

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
جامعة عمّار ثليجي بالأغواط  
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOAT



كلية التكنولوجيا  
FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

**Domaine :** Sciences et Technologies  
**Filière :** Hydraulique  
**Option :** Ressources en Eau

***Mémoire de MASTER***

***Présenté Par:***  
***DADA BOULEFAA***  
**THEME**

---

**Contributions a l'étude morphométrique et hydrologique de la haute  
vallée de l'Oued Sebgag**

---

*Soutenu publiquement le : 04/06/2017 devant le jury composé de:*

***Mr. GAFSIM***

***Président***

***Mr. STAMBOUL. M***

***Rapporteur***

***Mr. SEKKOUM.M***

***Co-Rapporteur***

***Mr. GUIDOUM.A***

***Examineur***

***Mr. HAMLAT.A***

***Examineur***

***Année Universitaire 2016/2017***



## Remerciements

Tout d'abord, nous remercions **ALLAH** tout puissant de nous avoir donné la force et les moyens pour accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements et notre profonde reconnaissance à nos directeurs de mémoire, monsieur le Professeur **M. STAMBOUL** et monsieur **M. SEKKOUM** enseignants chercheurs à l'université Amar Thelidji (Laghouat) pour leurs conseils et leurs orientations significatives.

Nous remercions aussi monsieur **GAFSLM**, qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de jury, qu'il trouve ici l'expression de notre reconnaissance.

Nous sommes très honorés par la présence de Monsieur **GUIDOUM.A** et monsieur **HAMLAT.A** qui ont bien voulu examiner ce manuscrit et juger ce travail.

Nous exprimons notre gratitude à l'ensemble des enseignants du Département des Génie civil,

Merci particulièrement à ma Femme.

Nos remerciements s'adressent en particulier à :

Bendabla Dine : Subdivisionnaire de la subdivision de l'Hydraulique d'Aflou

Sid Ahmed : Chef centre de ANRH à Aflou

Toumi Slimene : Ingénieur en Hydraulique

Nous adressons également nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à l'aboutissement de ce travail.

*Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail*

*À mon père*

*À mon frère et mes sœurs*

*À ma belle famille*

*À mes très chers enfants, la lumière de ma vie :*

*Faysal*

*Que ce travail soit un exemple pour vous*

*À toute ma famille et mes amis, à tous ceux qui me*

*sont chers*



## Tables des Matières

<b>Introduction Générale :</b> .....	01
--------------------------------------	----

### **Chapitre N° I : Morphométrie**

1- Introduction :	04
2-Rapport de confluence :	05
3-Rapport des longueurs :	06
4-Densité de drainage :	07
5-La fréquence des cours d'eau :	08
6-Coefficient d'allongement (E) :	08
7-Le coefficient de torrencialité (Ct) :	09
8-Coefficient de compacité et modèle de représentation :	09
-Coefficient de compacité gravilium :	09
09- modèle de représentation:	10
Rectangle équivalent :	10
10-Etude de relief :	10
13Représentation altimétrique du BV :	11
12-La Courbe hypsométrique :	11
13-Le profil en long :	13
14 Indice de pente :	14
Indices de pente de Roche Ip :	14
Indices de pente globale Ig :	14
15-La dénivelée spécifique :	15

### **Chapitre N° II : Géologie de la région**

1) Cadre géographique générale :	16
2) Situation Géologique du Djebel Amour :	17
3) Analyse stratigraphique:	18
4) Le Trias .....	18
5) Le jurassique supérieur :	19
5-1) Le Portlandien: .....	19
a) - Les marnes à gypse .....	19
b) La corniche calcaire (calcaires oolithiques) :	19
6) Le Crétacé :	19
a) Le Crétacé inférieur :	19
a-1) Le Barrémien: .....	19
a-2) L'Aptien :	19
a-3) L'Albien :	19
a-3-1) L'Albien inférieur :	19

a-3-2) L'Albien Supérieur : .....	20
b- Le Crétacé Supérieur : .....	20
b-1) Le Cénomaniens .....	20
b-2) Le Turonien : .....	20
7) Tertiaire : .....	22
Le Mio-Plio-Quaternaire : .....	22
8) Quaternaire: .....	22
Le Quaternaire ancien : .....	22
Le Quaternaire récent : .....	22
9) Tectonique : .....	23

### **Chapitre N° III : Hydro- Climatologie**

1) Introduction: .....	24
2) Choix des stations: .....	24
3) Les phénomènes climatiques: .....	25
a) L'humidité: .....	25
b) Insolation : .....	25
c) Nébulosité: .....	26
d) Evaporation: .....	26
4) Etude de précipitations : .....	28
a) Variation de la pluviométrie annuelle : (tableau N° 11): .....	28
5) Etude statistique: .....	30
a) Le coefficient pluviométrique : .....	31
b) Précipitations Saisonnières ou régime saisonnier: .....	32
6) Etude des précipitations mensuelles : .....	33
a) Détermination de la lame d'eau précipitée sur le bassin versant de l'Oued Sebga : ...	35
7) Etude des températures : .....	35
a) Variations des températures moyennes mensuelles à la station d'Aflou : .....	35
b) Caractérisation du climat : .....	36
c) Méthodes graphiques : .....	36
c-1) Diagramme Ombro-thermique : .....	36

8) Les indices climatiques :	37
a) Indice De Martonne :	37
a-1) Indice annuel :	37
b) Indice pluviométrique de Moral :	37
9) Déficit d'écoulement :	39
a) Facteur fondamental du bilan hydrique :	39
b) Evapotranspiration potentielle ETP :	39
b-1) Formule de Thornthwaite :	39
c) Evapotranspiration réelle ETR :	40
c-1) Formule de Turc:	40
c-2) Méthode de Wundt:	40
c-3) Formule de Coutagne:	41
c-4) Méthode de Verdeil:	41
10) Calcul du bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite :	42
11) Le bilan hydrologique :	44
a) Ruissellement superficiel:	44
b) Infiltration:	44
Conclusion:	45

#### Chapitre N° IV : Etude Hydrologique

1) Introduction :	46
2) Etude des débits:	47
2.1) Station de l'Oued Sebgag( aval) :	47
a) Débits mensuels : (2005-2012) :	47
a-1) Variation mensuelle des débits en fonction des précipitations :	48
a-2) Les variations saisonnières des débits:	48
b) Etude des débits moyens annuels (Tableau N° 26) :	49
b-1) Variation des débits annuels moyens bruts (m <sup>3</sup> /s) :	49
b-2) Coefficient d'immodération:	51
b-3) Coefficients de variation:	51

c) Variations des débits annuels moyens spécifiques (l/s/Km <sup>2</sup> ) :.....	51
d) L'irrégularité interannuelle des modules et leur répartition statistique:...	51
e) L'hydraulicité:.....	51
3) Bilan moyen annuel de l'écoulement:.....	53
4) Etude Statistique des débits moyens annuels (1980/1981 -1998/1999) :.....	54
a) Caractéristiques de l'échantillonnage:.....	54
5) construction des courbes IDF:.....	59
a) Pluies de courtes durées de différentes fréquences et leurs intensités:.....	59
b) Construction des courbes IDF:.....	61
c) Pluies de courtes durées et courbes HDF-IDF:.....	61
d) Pluies de courtes durées selon la formule de Bennour (1993) :.....	62
e) Hydrogramme de Crue:.....	63
6) Etude des crues:.....	64
a) Formule d'ISKOVSKI :.....	64
b) Formule de Mallet - GAUTHIER:.....	65
c) Formule de TURAZZA:.....	65
d) Formule de SOKOLOVSKY:.....	65
e) Temps de concentration du bassin Versant tc:.....	66
f) Formule de California:.....	67
Conclusion Générale:.....	68
Références bibliographiques .....	70

- Listes des Figures

- Fig. N° 1 : Situation géographique du secteur d'étude .....	02
- Fig. N° 2 : Situation géologique du secteur d'étude (Echelle : 1/50.000) .....	03
- Figure N° 3 : Carte du réseau hydrographique du Bassin versant de Sebgag.....	04
- Figure N° 4 : Carte du relief de la région de Sebgag. ....	05
- Fig. N° 5 : Rapport de confluence (La Haute vallée de Sebgag). ....	06
- Fig. N° 6 : Rapport de longueur (La Haute vallée de Sebgag). ....	07
- Fig. N° 7 : Rapport des Aires (La Haute vallée de Sebgag). ....	07
- Fig. N° 8 : La Courbe hypsométrique de l'amont de l'Oued Sebgag. ....	11
- Fig. N° 9 : La Courbe de fréquence altimétrique de l'amont de l'Oued Sebgag. ....	12
- Fig. N° 10 : Profil en long (Amont de l'Oued Sebgag) .....	13
- Fig. N° 11 : Schéma structural des Chaînes alpines de la Méditerranée occidentale (d'après Chalouan et al., 2008, modifiée) .....	16
- Fig. N° 12 : Situation géographique du Djebel Amour et de la région d'étude : d'après Google Earth .....	17
- Fig. N° 13 : Les différentes parties de l'Atlas saharien en Algérie. Source : d'après Google Earth. ....	18
- Fig. N° 14 : Carte géologique simplifiée de la région de Sebgag (D'après Stamboul M). .....	21
- Fig. N° 15 : Coupe géologique de la région de Sebgag (D'après Stamboul M). ....	21
- Fig. N° 16 : Coupe sériée à travers les structures du Djebel Amour (d'après (Nouar, 1992). ....	22
- Fig. N° 17 : Humidité relative à Aflou. 1967-1979 .....	25
- Fig. N° 18 : Durée d'insolation en heures à Aflou. 1990-1999 .....	26
- Fig. N° 19 : Courbe Nébulosité à Aflou (ANRH Aflou) .....	27
- Fig. N° 20 : Courbe d'évaporation moyenne mensuelle. ....	27
- Fig. N° 21 : Variations des précipitations moyennes annuelles des cinq stations .....	29
- Fig. N° 22 : la variation interannuelle des précipitations .....	30
- Fig. N° 23: Précipitations saisonnières. ....	33

- Fig. N° 24 : Précipitations mensuelles .....	34
- Fig. N° 25: Variation mensuelle de température à la station d'Aflou .....	36
- Fig. N° 26: Diagramme Ombro-thermique .....	36
- Fig. N° 27 : Abaque de l'indice d'aridité annuel de De. Martonne .....	37
- Fig. N° 28: La carte mondiale des terres arides Source:UNEP/GRID 1991 dans WRI..38	
- Fig. N° 29 : Déficit d'écoulement (ETR) à Aflou selon l'abaque de Wundt .....	40
- Fig. N° 30 : Déficit d'écoulement (ETR) selon l'abaque de VERDEIL. ....	41
- Fig. N° 31 : Graphe représentant le bilan hydrique par la méthode de THORNTHWAITE	
- Station d'Aflou .....	43
- Fig. N° 32 : Bassin versant de Chélif .....	46
- Fig. N° 33: Variation des Moyennes mensuelles interannuelles des débits (m <sup>3</sup> /s) (2005-	
- 2012). ....	48
- Fig. N° 34 : Variation mensuelle des débits en fonction des précipitations. ....	48
- Fig. N° 35 : Variation saisonnière des débits moyens mensuels et des précipitations	
- moyennes mensuelles de l'Oued Sebgag. ....	49
- Fig. N° 36 : Variations interannuelles des modules de l'Oued Sebgag .....	50
- Fig. N° 37 : Evolution du coefficient d'hydraulicité .....	53
- Figure N° 38 : Courbe enveloppe (loi normale) .....	55
- Fig. N° 39 : Ajustement des débits moyens annuels à une loi Log-Normale .....	57
- Fig. N° 40 : Histogramme selon la loi log normale .....	57
- Fig. N° 41 : Courbes Hauteur -Durée (Station d'Aflou ) .....	59
- Fig. N°42: Courbes Hauteur -Durée (Station d'Aflou) .....	61
- Fig. N° 43 : Courbes Hauteur-Durée-Fréquence selon la formule de Bennour. ....	62
- Fig. N° 44 : Présentation de hydrogramme .....	63
- Fig. N°45 : Constitution d'un hydrogramme .....	64
-	

- Liste des Tableaux

- Tableau N° 01 : Caractéristiques du bassin versant de la haute vallée de Sebgag .....	04
- Tableau N°02 : Différentes classes de bassin versant en fonction de KG.....	09
- Tableau N° 03 : Calcul des surfaces cumulées .....	11
- Tableau N° 04 : Calcul des pentes .....	13
- Tableau N° 05 : Paramètre de calcul de l'indice du pente de Roche Ip. ....	14
- Tableau N° 06: Classification d'ORSTOM. ....	15
- Tableau N° 07 : Différentes classes de relief en fonction de Ds .....	15
- Tableau N° 08: Coordonnées des stations pluviométriques (ANRH Aflou) .....	24
- Tableau N° 09 : Humidité relative à Aflou. (ANRH Aflou) .....	25
- Tableau N° 10 : Insolation à Aflou. (ANRH Aflou) .....	26
- Tableau N° 11 : Nébulosité à Aflou (ANRH Aflou) .....	26
- Tableau N° 12 : Evaporation moyennes mensuelles. (ANRH Aflou) .....	27
- Tableau N° 13 : Variation de la pluviométrie annuelle (ANRH Aflou). ....	28
- Tableau N° 14 : Etude statistique .....	30
- Tableau N° 15 : Calcul le période de retour .....	30
- Tableau N° 16 : Valeurs du coefficient pluviométrique .....	31
- Tableau N° 17 : La variation saisonnière des cinq stations. ....	32
- Tableau N° 18 : la variation mensuelle des cinq stations (ANRH Aflou). ....	33
- Tableau N° 19 : Evaluation du volume moyen des précipitations .....	35
- Tableau N° 20 : Températures moyennes mensuelles et annuelles Aflou (ANRH Aflou). ....	35
- Tableau N° 21 : ETP calculée par la méthode de Thornthwaite à la station d'Aflou ....	39
- Tableau N° 22 : Bilan hydrique moyen à la station d'Aflou par la méthode de Thornthwaite. ....	43
- Tableau N° 23 : ETR à la station d'Aflou selon les différentes méthodes .....	43
- Tableau N° 24 : Ruissellement superficiel pour la station d' Aflou .....	44
- Tableau N° 25 : L'infiltration pour la station d' Aflou .....	44

- <b>Tableau N° 26</b> : Moyennes mensuelles interannuelles des débits (m <sup>3</sup> /s) (ANRH Aflou 2005-2012). .....	47
- <b>Tableau N° 27</b> : variations saisonnières des débits .....	48
- <b>Tableau N° 28</b> : Débit moyen annuels de l'oued Sebgag (ANRH Aflou) .....	50
- <b>Tableau N° 29</b> : Valeurs caractéristiques des modules au niveau de Bassin Versant ...	51
- <b>Tableau N° 30</b> : Débits spécifiques et lame d'eau écoulée .....	51
- <b>Tableau N° 31</b> : Hydraulicité de l'Oued Sebgag .....	52
- <b>Tableau N° 32</b> : Caractéristiques de l'échantillon. ....	55
- <b>Tableau N° 33</b> : Résultat de l'ajustement par la loi Normal .....	56
- <b>Tableau N° 34</b> : Test des débits moyens annuels à une loi Log-Normale (X-Square) .	58
- <b>Tableau N° 35</b> : Test des débits moyens annuels une loi Log-Normale (Kolmogrov-Smirnov) .....	58
- <b>Tableau N° 36</b> : Pluies de courtes durées pour différentes périodes de retour. ....	59
- <b>Tableau N° 37</b> : Intensités maximales de durée t (h) et de période de retour T (ans). ..	60
- <b>Tableau N° 38</b> : Pluie maximale journalière fréquentielle, Station Sebgag .....	61
- <b>Tableau N° 39</b> : Calcul des débits maximaux .....	67

## Introduction Générale

Cette étude consiste à l'analyse statistique des données hydroclimatiques et hydrologiques du bassin versant de la vallée de Sebgag. La vallée de Sebgag est située au niveau de l'Atlas Saharien Central (Le Djebel Amour) au Nord Ouest de la wilaya de Laghouat et fait partie du bassin de Cheliff.

L'objectif de cette étude est de traiter les données disponibles sur l'ensemble du bassin versant pour connaître le fonctionnement hydrologique de l'Oued Sebgag et de voir l'influence de la morphologie sur l'hydrologie de la région.

Les enjeux de cette étude sont divers à savoir l'enjeu technique et économique (calcul des ouvrages hydrauliques), social et environnemental qui consiste à assurer le bien être de la population. Ce mémoire de fin d'études est composé des chapitres suivants :

1. Le premier chapitre s'intéresse à la géologie et la présentation de la zone d'étude
2. Le deuxième chapitre consiste à l'étude hydroclimatique
3. Le troisième chapitre c'est l'étude morphométrique du bassin versant de la haute vallée de l'Oued Sebgag.
4. Le quatrième chapitre consiste le vif du sujet est s'intéresse à l'étude statistique des pluies et débit de la vallée de Sebgag.

Ces calculs peuvent servir :

- Comme un outil d'aide à la décision
- Un moyen pour déterminer le débit max de crues en cas de risque d'inondation
- Un outil de base pour les techniciens du secteur :
  - Ouvrages hydrauliques
  - Les systèmes d'irrigation.

**Situation géographique de la région d'étude :**

A 20 kilomètres à l'Ouest d'Aflou, il existe un certain nombre de sources pérennes donnant naissance à l'Oued Sebgag qui reçoit en aval plusieurs affluents pour former l'Oued Touil, puis l'Oued Cheliff. Au niveau de la haute vallée l'Oued Sebgag présente un parcours de 10 kilomètres et le bassin versant recouvre une superficie de 126,5 km<sup>2</sup>

La zone d'étude est se localise principalement au niveau de la commune de Sebgag, elle est limitée

- Au Nord : Djebel Guern Arif et Djebel Oum El Guedour ,
- Au Sud : Ragoubet Abd El Hakem et Djebel Ed Doura
- A l'Ouest : Djebel Choucha .
- A l'Est : Bled Guebbour El Achacha et Sidi Abdelkader.



Secteur d'étude

Fig. N° 1 : Situation géographique du secteur d'étude



# Chapitre N° (I)

# MORPHOMETRIE

**I-1-Introduction :**

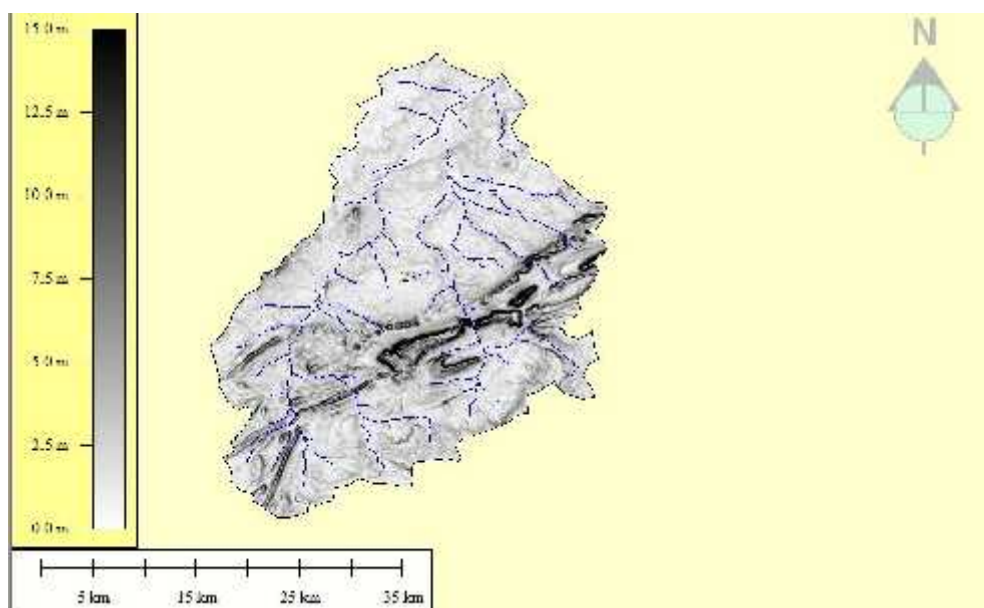
Sur un plan purement hydrographique, les crêtes du Djebel amour dessinent une ligne de partage des eaux qui, pour les unes, vont rejoindre les Dayas, les Sebkhas et les Chotts parsemés sur les Hauts Plateaux Oranais. Tandis que les autres sont à l'origine des oueds qui circulent sur la Hamada avant d'aller se perdre en bordure des sables du Grand Erg Occidental.

Dans leur grande majorité, les cours d'eau issus de l'Atlas répondent bien à leur appellation.

Dans cette étude nous donnons quelques détails sur le bassin versant de Sebtag et nous nous intéressant particulièrement à sa haute vallée.

**Tableau N° 01 : Caractéristiques du bassin versant de la haute vallée de Sebtag**

Ordre	Nombre	Longueurs cumulées en kms	Longueurs moyennes en kms	Aires en km <sup>2</sup>	Rapports de confluence	Rapports des longueurs	Rapports des aires
1	485	185	0,38	75			
2	112	71	0,63	24,2	4,33	1,66	3,10
3	27	32	1,19	13,1	4,15	1,89	1,85
4	8	21	2,63	9,2	3,37	2,21	1,42
5	2	8	4	4,5	4	1,52	2,04
6	1	2	2	0,5	2	0,5	9
<b>Moyenne arithmétique</b>					<b>3,57</b>	<b>1,55</b>	<b>3,48</b>
<b>Méthode graphique</b>					<b>4,21</b>	<b>1,85</b>	<b>3.15</b>



**Figure N° 3 : Carte du réseau hydrographique du Bassin versant de Sebtag.**

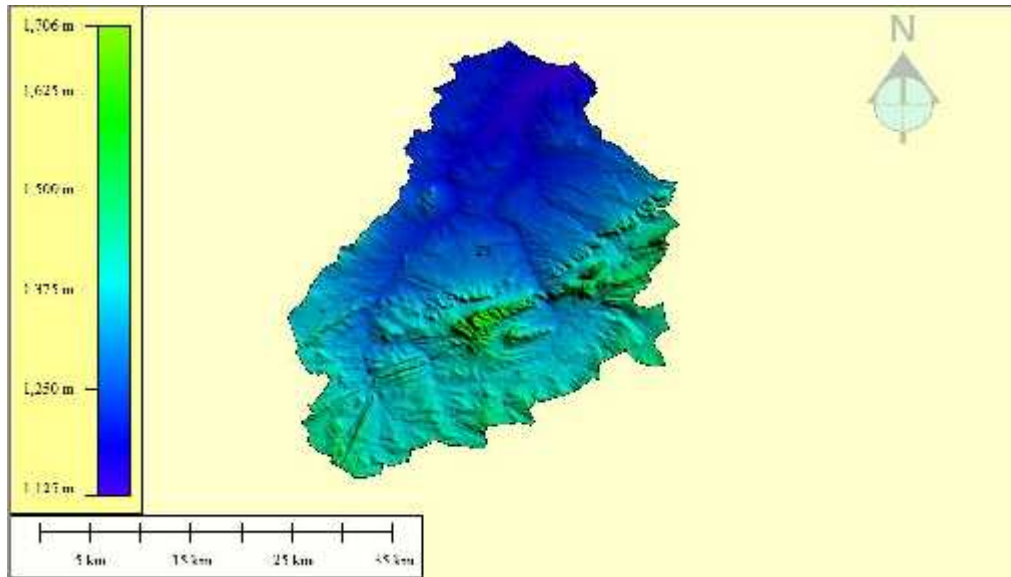


Figure N° 4 : Carte du relief de la région de Sebgag.

## 2-Rapport de confluence

Le rapport de confluence c'est un nombre sans dimension exprimant le développement de réseau de drainage. 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 RC varie de 3 à 5 pour une région où la géologie n'a aucune influence.

Il est défini comme étant le quotient du nombre de talwegs d'ordre  $x$  par celui des talwegs d'ordre supérieur  $x+1$  :

$$Rc = N_x / N_{x+1}$$

Si l'on admet que, pour un bassin parfaitement organisé  $Rc = 2$ ; le bassin de la haute vallée de Sebgag est mal hiérarchisé.

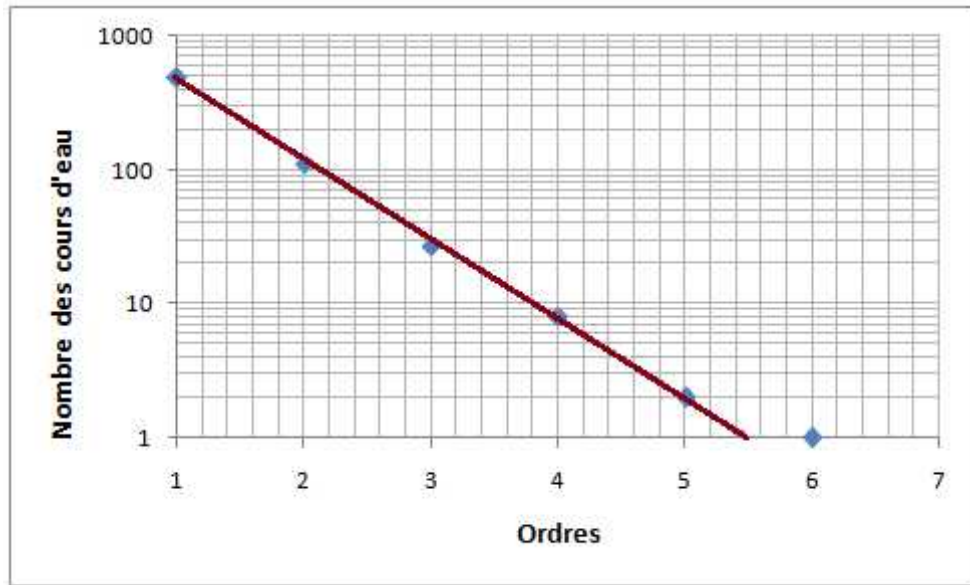


Fig. N° 5 : Rapport de confluence (La Haute vallée de Sebgag).

Les points portés sur le diagramme semi-logarithmique avec les ordres en abscisse. Si les points sont alignés suivant une droite le réseau est bien organisé et les nombres de cours d'eau ainsi que les aires successifs forment une série géométrique inverse. L'exponentielle de la pente de la droite obtenue donne les rapports moyens.

$$a = \frac{\text{Log } N_n - \text{Log } N_{(n+1)}}{(n+1) - n}$$

### 3-Rapport des longueurs

Il est donné par le quotient de la longueur moyenne des talwegs d'ordre  $x+1$  par celle des talwegs d'ordre  $x$ , les longueurs d'ordres successifs forment une série géométrique directe. il est donné par la relation suivante :

$$RI = L_{(x+1)} / L_{(x)}$$

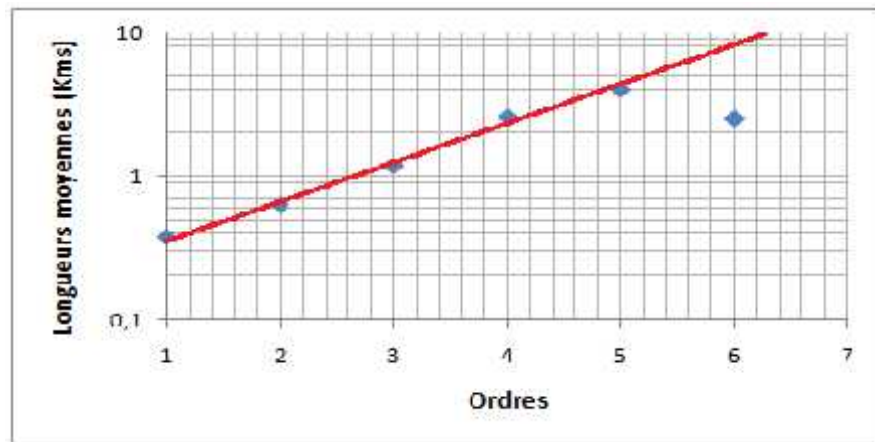


Fig. N° 6 : Rapport de longueur (La Haute vallée de Sebgag).

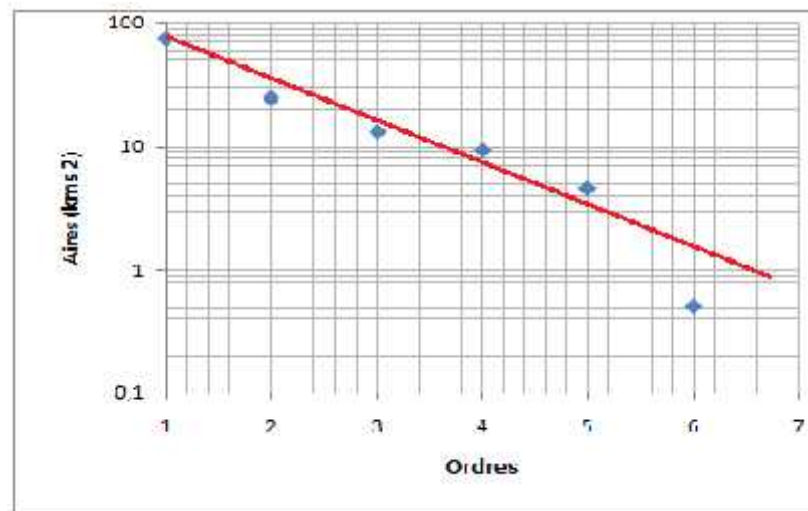


Fig. N° 7 : Rapport des Aires (La Haute vallée de Sebgag).

#### 4-Densité de drainage

La densité de drainage, introduite par Horton, est la longueur totale du réseau hydrographique par unité de surface du bassin versant :

La densité de drainage, introduite par Horton, est la longueur totale du réseau hydrographique par unité de surface du bassin versant :

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

Avec :

D : Densité de drainage (Km/Km<sup>2</sup>); Li : Longueur de cours d'eau (Km) ;

A : Surface du bassin versant (Km<sup>2</sup>).

$$D_d = 319/126,5 = 2,52 \text{ km/km}^2$$

La densité de drainage dépend de la géologie (structure et lithologie) des caractéristiques topographiques du bassin versant et, dans une certaine mesure, des conditions climatologiques et anthropiques. En pratique, les valeurs de la densité de drainage varient de 3 à 4 pour des régions où l'écoulement n'a atteint qu'un développement très limité et se trouve centralisé ; elles dépassent 1000 pour certaines zones où l'écoulement est très ramifié avec peu d'infiltration. 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 un vecteur hydrographique unitaire (section du réseau).

La densité de drainage au niveau de l'amont de l'Oued Sebgag est égale à **2,52 km/km<sup>2</sup>**, ceci traduit que le bassin présente dans son ensemble une formation géologique perméable, l'écoulement est plutôt limité et centralisé ainsi que l'infiltration est augmentée.

### 5-La fréquence des cours d'eau :

C'est le rapport du nombre total de thalwegs à la surface du bassin versant :

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

Où :

F : Densité hydrographique (Km<sup>2</sup>) ; N : Nombre de cours d'eau ;

A : Superficie du bassin versant.

$$F = 635/126,5 = 5,02\text{km}^{-2}$$

Une densité de drainage moyenne, traduit que la région présente un substratum perméable, à couvert végétal important et à relief peu accidenté.

### 6-Coefficient d'allongement (E)

Il est donné par la relation suivante :

$$E = \frac{2\sqrt{A/\pi}}{L_0} \qquad L_0 = \frac{\sum l}{n}$$

Où,

A : la surface totale du bassin versant (Km<sup>2</sup>) ;

$L_0 = 10,83 \text{ kms}/6 = 1,805$

n : nombre d'ordre supérieur (n=6) ;

l : longueur moyenne des talwegs (Km).

**E = 7,03, cette valeur traduit un bassin versant allongé.**

### 7-Le coefficient de torrentialité (Ct) :

C'est le rapport entre la fréquence des cours d'eau d'ordre 1 avec la densité de drainage. Ce paramètre permet l'estimation de la grandeur de l'énergie érosive du cours d'eau.

Ct pour le bassin de l'amont de l'Oued Sebgag est égale à 16,28 Km/km<sup>4</sup>. Cette valeur traduit que le bassin ne représente pas des caractéristiques morphométriques adaptés à l'écoulement, ainsi qu'il est constitué par des formations perméables dont l'infiltration est importante.

On l'exprime par la relation :

$$CT = F1 \times Dd$$

D<sub>d</sub>: densité de drainage = 2,52

F<sub>1</sub>: La fréquence des cours d'eau d'ordre 1 = 6,46

CT = 16,28

### 8-COEFFICIENT DE COMPACTITE ET MODELE DE REPRESENTATION :

**1-COEFFICIENT DE COMPACTITE GRAVILIUS :** La connaissance de cet indice permet de comparer le périmètre du bassin versant à celui d'un cercle ayant la même superficie car un bassin allongé ne réagira pas de la même façon qu'un bassin de forme arrondie.

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

où :

A : superficie du bassin versant en (km<sup>2</sup> = 126,5 Km<sup>2</sup>)

P : Périmètre du bassin versant en (km). 52,4 Km

K<sub>G</sub> : proche de 1 pour un bassin versant de forme quasiment circulaire et supérieure à 1 lorsque le bassin est de forme allongée.

**Tableau N°02 :** Différentes classes de bassin versant en fonction de K<sub>G</sub>

Intervalle de K <sub>G</sub>	Forme du bassin versant
De 1 à 1,25	Circulaire à assez allongé
De 1,25 à 1,50	Assez allongé à allongé
De 1,50 à 1,75	Allongé

K<sub>G</sub> = 1.38 (K<sub>G</sub> > 1); le bassin est allongé ce qui implique l'existence d'une érosion importante au niveau du bassin.

## 09-MODELE DE REPRESENTATION :

**Rectangle équivalent** : le rectangle équivalent est un modèle mis au point par M. Roche pour comparer les bassins entre eux du point de vue de l'influence de leurs caractéristiques sur l'écoulement

- La longueur du rectangle équivalent  $L$  (km)

$$L = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.128} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2} \right]$$

$$L = 19,8 \text{ km}$$

- La largeur du rectangle équivalent  $l$  (km)

$$l = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.128} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2} \right]$$

$$l = 6,4 \text{ km}$$

## 10-ETUDE DU RELIEF :

La notion de relief peut être considérée sous deux aspects :

- L'altitude liée à l'histoire orogénique du massif.
- Les pentes qui traduisent l'évolution morphologique et les conditions structuro-lithologiques du bassin.

du fait qu'elles constituent une variable continue, leur étude ne pourra s'effectuer que par voie statistique ce qui nous amène à construire :

- La courbe de répartition hypsométrique présentant en ordonnée le pourcentage de la surface du bassin qui se trouve au dessus d'une altitude donnée.
- La courbe de fréquence altimétrique donnant par un diagramme en échelon les surfaces du bassin comprises entre des altitudes données.

Les caractérisation numérique des séries d'observation étant alors effectuée par des paramètres statistiques classiques :

- Tendances centrale de la série.
- Dispersion des valeurs individuelles autour de la valeur centrale.
- Dissymétrie et aplatissement des courbes de fréquence.

### 11-Répartition altimétrique du BV :

La répartition hypsométrique de la superficie totale par tranche d'altitude est la suivante :

Tableau N° 03 : Calcul des surfaces cumulées

Altitudes (m)	Surfaces (km <sup>2</sup> )	Surfaces en %	Surfaces cumulées en %
1600-1700	0,5	0,4	0,4
1500-1600	5,5	4,3	4,7
1400-1500	58,5	46,2	50,9
1300-1400	61,5	48,6	99,5
1200-1300	0,6	0,5	100

### 12-La Courbe hypsométrique :

Partant de cette répartition il est possible d'établir la courbe hypsométrique qui présente en abscisses les altitudes et en ordonnées les pourcentages de la fraction de surface.

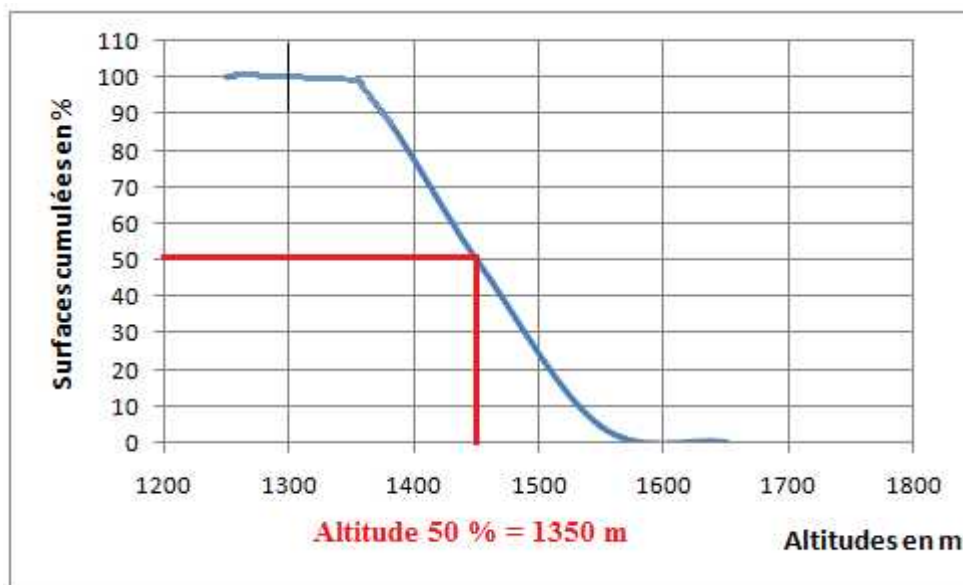


Fig. N° 8 : La Courbe hypsométrique de l'amont de l'Oued Sebgag.

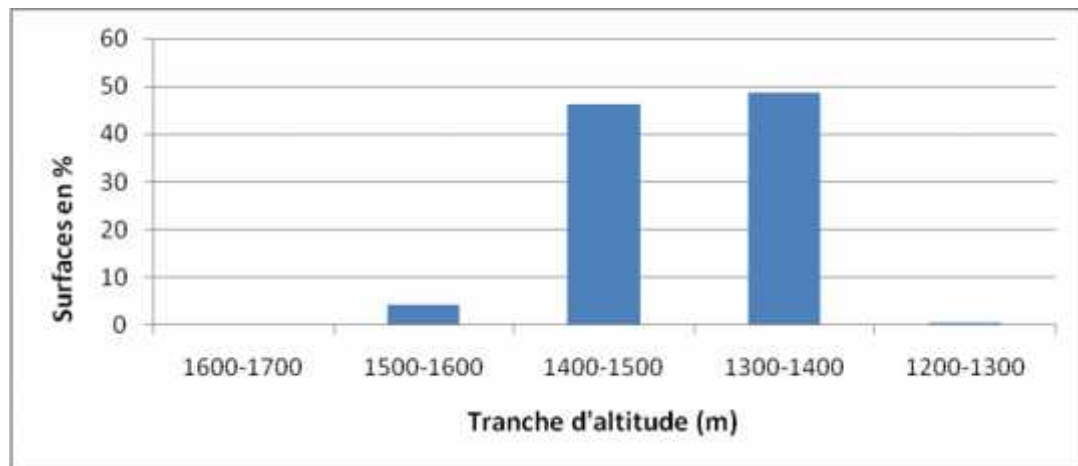


Fig. N° 9 : La Courbe de fréquence altimétrique de l'amont de l'Oued Sebga.

- Une pente faible vers les hautes altitudes (1500 - 1700 m) qui indique la présence de reliefs dont la surface représente 4,7 % de la superficie totale du bassin versant.
- La présence d'une pente assez forte en tête du bassin et au niveau du raccordement avec la partie aval (1300 m) indique la présence d'un plateau intermédiaire dont la surface représente 94,8 % de la superficie totale du bassin versant.
- L'existence d'une pente très faible vers les basses altitudes (1200 - 1300 m) indique la présence d'une vallée encaissée qui représente 0,4 % de la surface totale.

La courbe hypsométrique présentant une concavité orientée vers le bas, il faut admettre une érosion très active à l'époque actuelle.

Ces courbes permettent de déterminer les altitudes caractéristiques :

- 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 :

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

Avec :

$H_{moy}$  : altitude moyenne du bassin [m] ;

$A_i$  : aire comprise entre deux courbes de niveau [km<sup>2</sup>] ;

$h_i$  : altitude moyenne entre deux courbes de niveau [m] ;

$A$  : superficie totale du bassin versant [km<sup>2</sup>].

- Altitude la plus fréquente (maximum du diagramme des fréquences altimétriques) = 1350 m
- Altitude médiane correspond à l'altitude de fréquence 50 % (altitude correspondant à 50 % de la surface cumulée) = 1405 m

### 13-Le profil en long :

Réalisé à partir de la carte topographique 1/50.000 de Guern Arif.

Tableau N° 04 : Calcul des pentes

Altitudes (m)	Distances (m)	Dénivelées (m)	Pentes (%)	Observations
1360-1350	1500	10	6,67	Grés
1350-1320	3100	30	9,68	Grés
1320-1290	1900	30	15,79	Argiles sableuses
1290-1280	1000	10	10	Calcaires dolomitiques

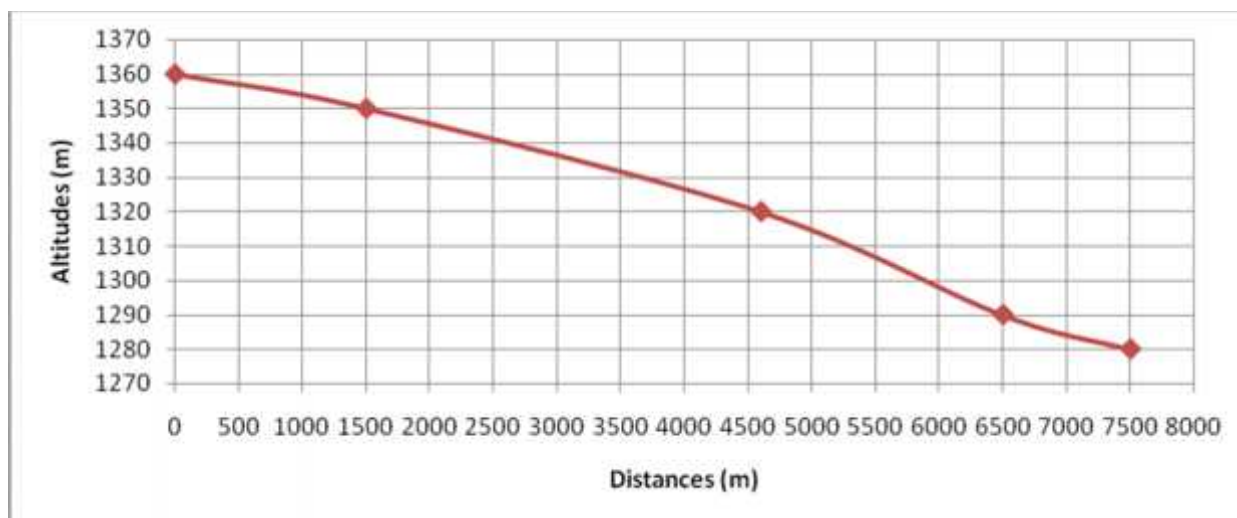


Fig. N° 10 : Profil en long (Amont de l'Oued Sebgag)

- De l'amont jusqu'à l'altitude 1350 m, l'oued circule dans les grés du Barrémien, Aptien, Albien. La pente qui est de 6,67 % va s'accroître rapidement à l'aval du confluent avec un système d'oueds dont le plus important est le Chabat El-Forah. L'accélération de l'érosion résultant de la confluence donnant une pente de 9,68 %
- Entre les altitudes 1320 et 1290 m, l'oued traverse sur une longueur de 1,9 kms les formations argilo-sableuses du Mio-Pliocène. L'accroissement brusque de la pente qui passe à 15,79 % en amont de l'Oued Tinesli pourrait être lié à la présence d'une faille vers le nord.

## 14-INDICES DE PENTE

### Pente moyenne

C'est le rapport entre la dénivelée totale et la longueur du rectangle équivalent

$$I_{\text{moy}} = D/L$$

où

D : Dénivelée totale du rectangle équivalent ( $H_{\text{max}} - H_{\text{min}} = 1700 - 1200 = 500 \text{ m}$ ) ;

L : Longueur du rectangle équivalent (19,8 Km)

$$I_{\text{moy}} = 0,025$$

### Indices de pente de Roche Ip

L'indice de pente Ip défini par Roche est calculé directement à partir du rectangle équivalent ; est égal à :

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

L : longueur du rectangle équivalent 19,8 km, racine de L = 4,45

ai : représente la fraction en % de la surface A comprise entre deux courbes de niveau voisine distantes de di.

**Tableau N° 05 : Paramètre de calcul de l'indice du pente de Roche Ip.**

Altitudes (m)	Différence d'altitude (di)	Surfaces en % (ai)	(di) * (ai)	Racine de [(di) * (ai)]
1600-1700	100	0,4	40	6,32455532
1500-1600	100	4,3	430	20,73644135
1400-1500	100	46,2	4620	67,97058187
1300-1400	100	48,6	4860	69,71370023
1200-1300	100	0,5	50	7,071067812
			Somme	171,8163466

$$I_p = 38,61 \%$$

### Indices de pente globale Ig

L'aptitude de terrain au ruissellement dans un bassin versant est contrôlée en grande partie par l'influence du relief. Pour mettre ça en évidence, on a utilisé l'indice de pente global Ig donné par la relation suivante:

$$I_g = D / L$$

Où,

Ig : indice globale de Roche

D: dénivelée (m).

Sur la courbe hypsométrique déjà tracée, on prend les points tels que la surface supérieure ou inférieure soit égale à 5% de la surface totale.

H5 et H95 sont les altitudes entre lesquelles s'inscrivent 90% de la surface du bassin. La dénivelée D est donc égale à H5-H95.

H5% =1550m ; H95% =1362,5 m ; L =19800 m.

Ig = 0,0095 %.

**Tableau N° 06: Classification d'ORSTOM.**

Classe	Type de relief	Indice de pente globale
1	Relief très faible	Ig 0,002
2	Faible	0,002 Ig 0,005
3	Assez faible	0,005 Ig 0,01
4	Modéré	0,01 Ig 0,02
5	Assez fort	0,02 Ig 0,05
6	Fort	0,05 Ig 0,5
7	Très fort	0,5 Ig

D'après la classification d'ORSTOM, on peut dire que le bassin versant de la haute vallée de l'Oued Sebga présente un relief assez faible.

### 15-La dénivelée spécifique :

La dénivelée spécifique permet de définir les différents types de relief des bassin versant suivant la classification de (ORSTOM : Office de Recherche Scientifique d'Outre-mer). Elle donnée par la relation suivante :

$$DS = Ig \cdot A$$

où

*Ig* : indice de pente global.

*A* : superficie du bassin versant.

On peut distinguer différentes classes de relief en fonction de Ds :

**Tableau N° 07 : Différentes classes de relief en fonction de Ds**

Ds 10 m	R1 : relief très faible
10 m Ds 25 m	R2 : relief faible
25 m Ds 50 m	R3 : relief assez faible
50 m Ds 100 m	R4: relief modéré
100 m Ds 250 m	R5 :relief assez fort
250 m Ds 500 m	R6 : relief fort
Ds > 500 m	R7 : relief très fort

La dénivelée spécifique est de 4,3 m donc ce qui caractérise un relief très faible.

# Chapitre N° (II) Géologie de la région

### 1) Cadre géographique générale :

Géographiquement l'Atlas Saharien est considéré comme le domaine de transition entre le domaine des Hauts Plateaux au Nord et le domaine saharien au Sud.

L'Atlas Saharien est une chaîne montagneuse intracontinentale orientée SW-NE, dans son ensemble elle est constituée par la succession de chaînes montagneuses de direction SW au NE on' a : Mont de Ksour, Mont de Djebel Amour, Mont des Ouled Nail.

Orographiquement, la chaîne de l'Atlas Saharien Central est caractérisée par des crêtes qui atteignent en moyenne 1400 à 1500m; les altitudes maximales près d'Aflou s'élèvent à 1721m (Djebel Guern Arif), 1707m (Djebel Sid Okba) et 1583m (Djebel Zlag).

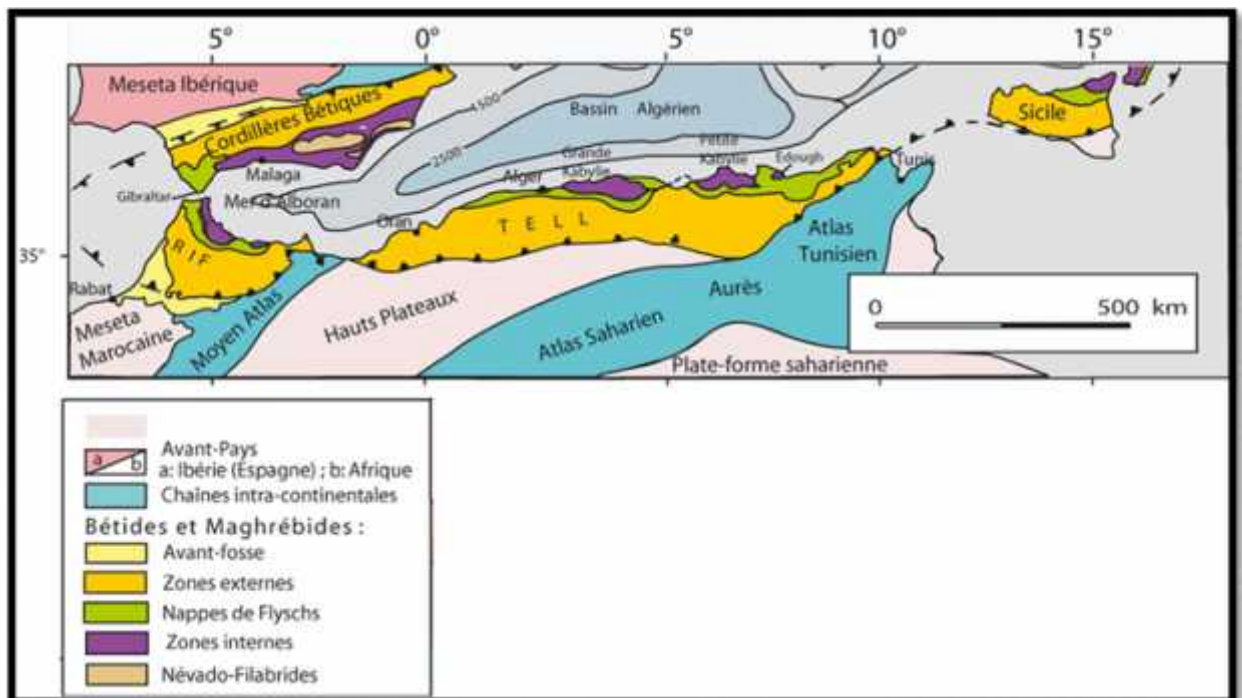


Fig. N° 11 : Schéma structural des Chaînes alpines de la Méditerranée occidentale

(d'après Chalouan et al., 2008, modifiée)

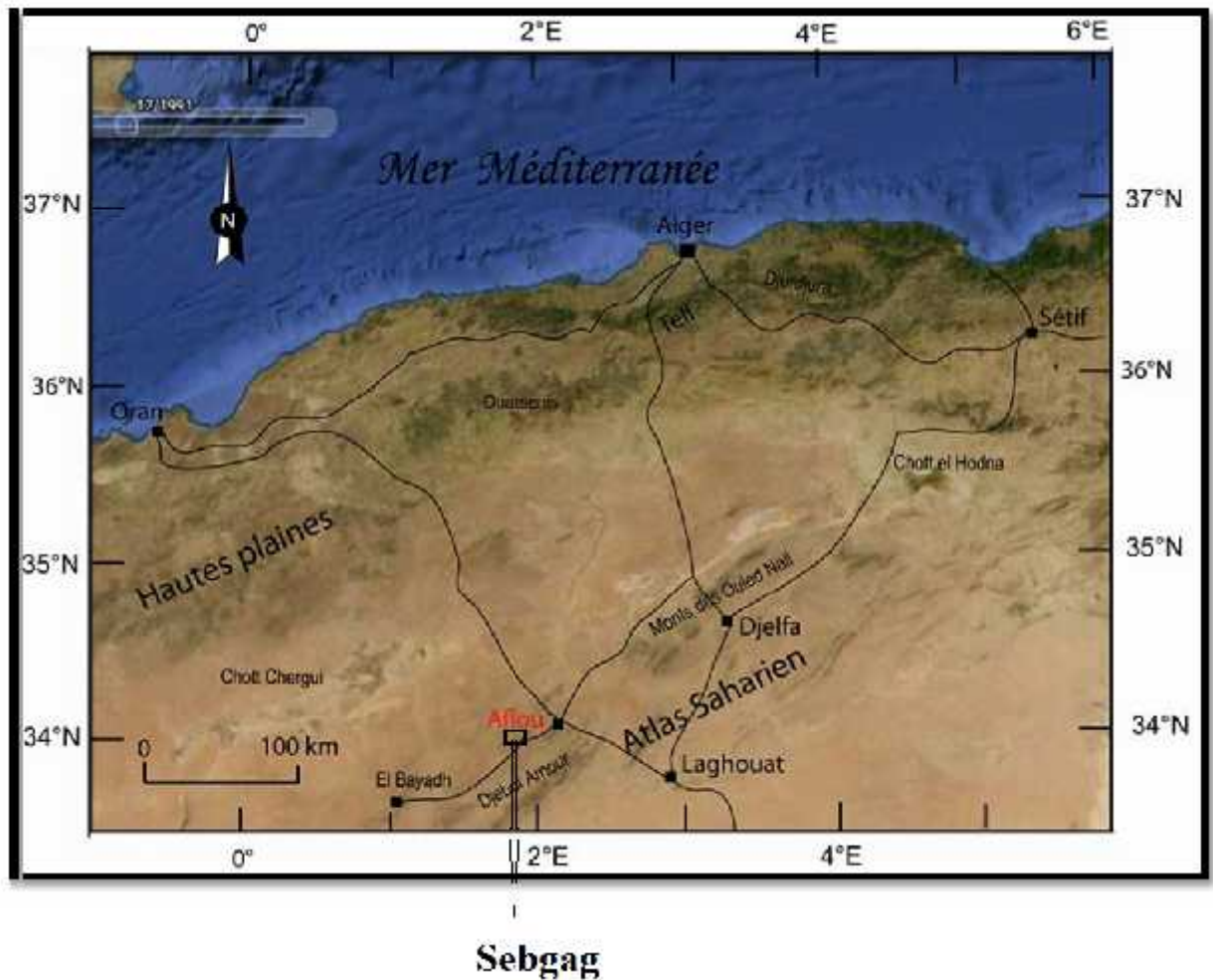


Fig. N° 12 : Situation géographique du Djebel Amour et de la région d'étude : d'après Google Earth

## 2) Situation Géologique du Djebel Amour :

La région d'étude appartient au Djebel Amour et fait partie de l'Atlas Saharien qui est constitué d'une chaîne montagneuse dont les caractéristiques sont fondamentalement semblables sur toute l'étendue du Maroc au Nemmemcha .

L'Atlas Saharien se décompose en Algérie de cinq faisceaux qui relient d'Est en Ouest

- 1- Les Monts des K'sour .
- 2- Le Djebel Amour
- 3- Les Monts des Ouled Nail
- 4- Les Aurés
- 5- Les Nemmemcha.

Ces faisceaux sont décalés les uns par rapport aux autres, mais rattachés entre eux par une série de plis secondaires légèrement obliques à la direction principale.

L'Atlas Saharien est limité au Nord par un accident moyen qui est la faille Nord Atlasique et au Sud par un autre accident celui de la faille Sud Atlasique.

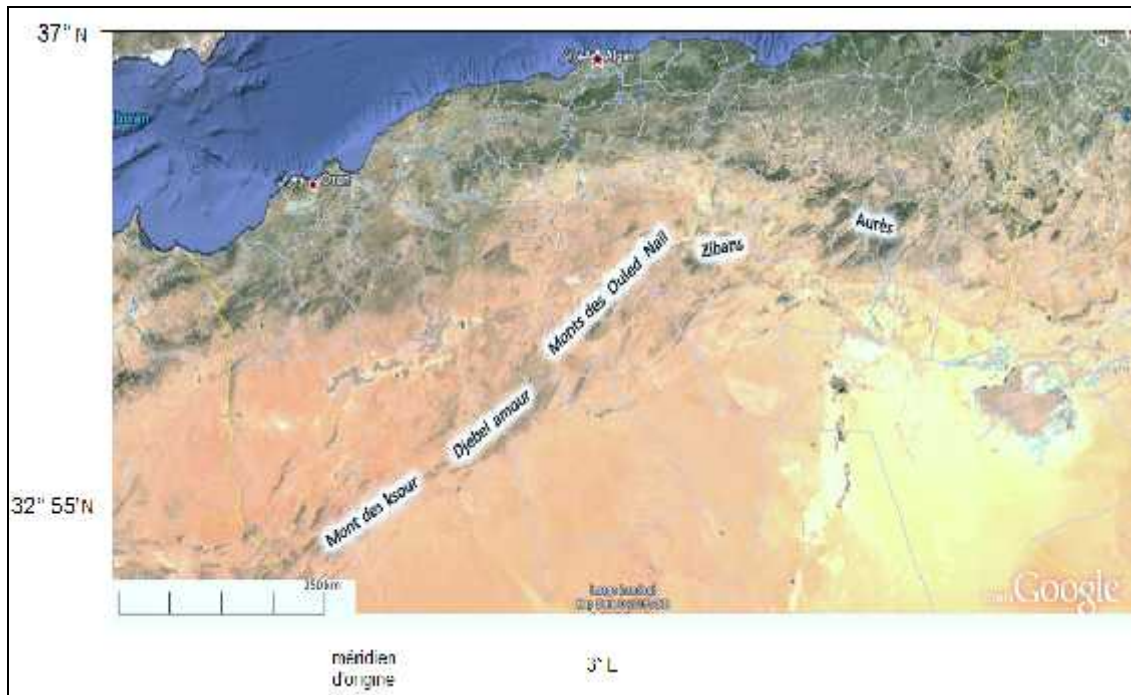


Fig. N° 13 : Les différentes parties de l'Atlas saharien en Algérie. Source : d'après Google Earth.

### 3) Analyse stratigraphique:

Les documents en notre possession ont permis de reconnaître la stratigraphie suivante :

- Des pointements de Trias diapirique
- Le jurassique Supérieur au niveau de Djebel Kaddour Ben Eddine
- Le Crétacé inférieur et moyen qui forme le synclinal de Sebga
- Le Crétacé supérieur affleure au niveau de Djebel Guern Arif et de Djebel Oum El Gueddour.
- Les formations du Mio-Plio-Quaternaire qui se localisent au niveau de la dépression de Sebga.

**4) Le Trias :** Il existe dans le Djebel Amour comme sur l'ensemble du domaine Atlasique, des points où l'on peut observer des formations caractérisées par un mélange d'argiles, de marnes, parfois de grès, brunâtres, violines ou versicolores avec des intercalations de gypse ou de halite et présentant des intrusions de roches vertes en dykes ou emballées dans les argiles.

Ces formations apparaissent généralement en contact anormal avec des niveaux d'âges variés. Dans leur ensemble, ces affleurements soulignent le passage d'accidents N 30°, témoins de rejets profonds. Au niveau du secteur d'étude le Trias apparait au niveau de Chabet Bellouasia vers le nord est du secteur d'étude

## 5) Le jurassique supérieur :

### 5-1) Le Portlandien:

*a) - Les marnes à gypse :* Alternant avec des bancs de calcaires. L'épaisseur au niveau de Sebgag est de 100 à 150 m très variable de 30 à 200 m, le gypse forme à certains endroits des barres plurimétriques (El - Ghicha, Taouiala et Sebgag).

*b) - La corniche calcaire (calcaires oolithiques) :* Ce sont des calcaires noduleux bioclastiques, ces calcaires alternent avec des couches marneuses parfois gypseuses. Vers le toit, cette série se termine par une assise de calcaire oolithique d'épaisseur moyenne de 100 m.

## 6) Le Crétacé :

*b) Le Crétacé inférieur :* Il montre deux séries détritiques : Barrémien et Albien inférieur, séparées par l'intervalle carbonaté de l'Aptien. Il Affleure au niveau du synclinal de Sebgag situé au sud du village (Hassi Merdoufa, Dramine et Dar Amor)

*a-1) Le Barrémien:* Formation fluviatile représentée par une épaisse série continentale de grès grossiers à dragées de quartz (Grès à dragées Inférieurs) intercalés de minces niveaux argileux souvent rouges. Ce sont des grès de couleur ocre rouge en petits ou gros bancs admettant de fines interstratifications d'argiles et des intercalations de petits niveaux de calcaires dolomitiques gris vers le sommet, alternant avec des argiles rouges à fines passées gréseuses à stratifications entrecroisées.

La roche est généralement friable avec un ciment calcaire qui peut dans certains cas faire défaut. Les dragées correspondent ici à du quartz roulé dont le diamètre varie de quelques millimètres à 2 ou 3 centimètres.

*a-2) L'Aptien :* caractérisé par une formation carbonatée (20 à 30 m d'épaisseur) . L'Aptien est reconnaissable en raison de la présence une corniche dont l'épaisseur varie de 15 à 50 m. Il est principalement constitué se sont des calcaires jaunâtres, parfois en plaquettes intercalées avec des marnes vertes gypseuses.

### *a-3) L'Albien :*

*a-3-1) L'Albien inférieur :* Présente une épaisseur supérieure à 300 m, ce sont généralement des grès rougeâtres à rosâtres, moyens à grossiers contenant des dragées de quartz de 2 à 3 centimètres de diamètre et présentant des traces de minéralisation (Pyrite). On trouve des débris de bois silicifiés.

**a-3-2) L'Albien Supérieur :** Sur une épaisseur de 100 m, on peut observer des intercalations de marnes vertes parfois gypseuses et de bancs de calcaires à patine beige et cassure grise. La série se termine par des marnes vertes à poutres et de calcaires avec de fréquentes intercalations de calcaires argileux.

**c) Le Crétacé Supérieur :** Constitue les synclinaux perchés, il affleure au nord du secteur d'étude au niveau des Djebels Guern Arif et Oum El Gueddour. A Oum El Gueddour.

**b-1) Le Cénomaniens :** l'épaisseur de la formation est de 200 à 250m. La formation est constituée de marnes gypsifères verdâtres, parfois intercalées de calcaires dolomitiques d'épaisseur métrique.

Au sommet de la série apparaissent des bancs de gypse dont l'épaisseur ne dépasse pas un mètre

**b-2) Le Turonien :** L'épaisseur de la formation est de 120 à 150 m. A Oum El Gueddour le Turonien débute par une alternance de calcaires micritiques parfois dolomitiques à patine beige, à cassure rose avec des marnes verdâtres gypsifères.

Cette formation se continue par des calcaires massifs et de très rares nodules de silice.

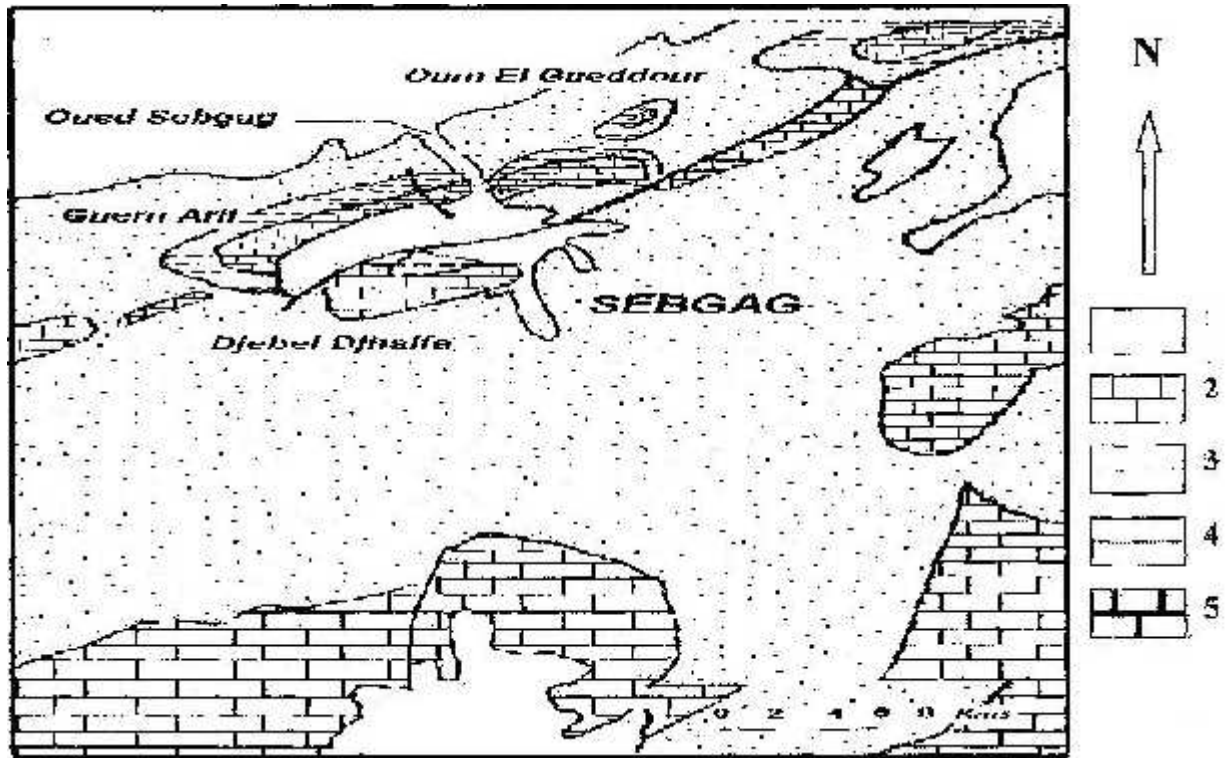


Fig. N° 14 : Carte géologique simplifiée de la région de Sebgag (D'après Stamboul M).

**Légende :**

- 1 - Mio - Plio - Quaternaire : Sables et argiles.
- 2 - Turonien : Calcaires dolomités
- 3 - Cénomaniens : Marnes vertes gypseuses.
- 4 - Barrémien-Albien-Aptien : Grés et marnes
- 5 - Jurassique Supérieur : Calcaires et marnes.

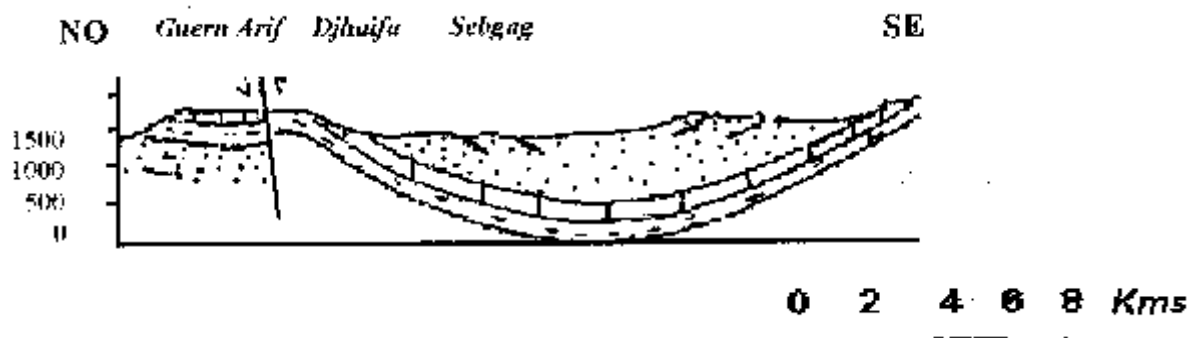


Fig. N° 15 : Coupe géologique de la région de Sebgag (D'après Stamboul M).

## 7) Tertiaire :

### a) Le Mio-Plio-Quaternaire :

Il est très difficile de les séparer; ils occupent de vastes étendues. Dans la région d'étude (Au nord et au sud de Guern Arif et Oum El Gueddour), ils comblent les dépressions ; leur puissance dépasse parfois les 150 m (Les forages de Lashaou).

Le Mio-Pliocène est caractérisé par des dépôts détritiques, il est constitué de la base au sommet par :

- ❖ des argiles grises alternant avec des sables grossiers siliceux et des calcaires à éléments bréchiques.
- ❖ des marnes gréseuses alternantes avec des grès jaunâtres et quelques passées de calcaires et gypses.
- ❖ des argiles rouges avec des niveaux calcaires.

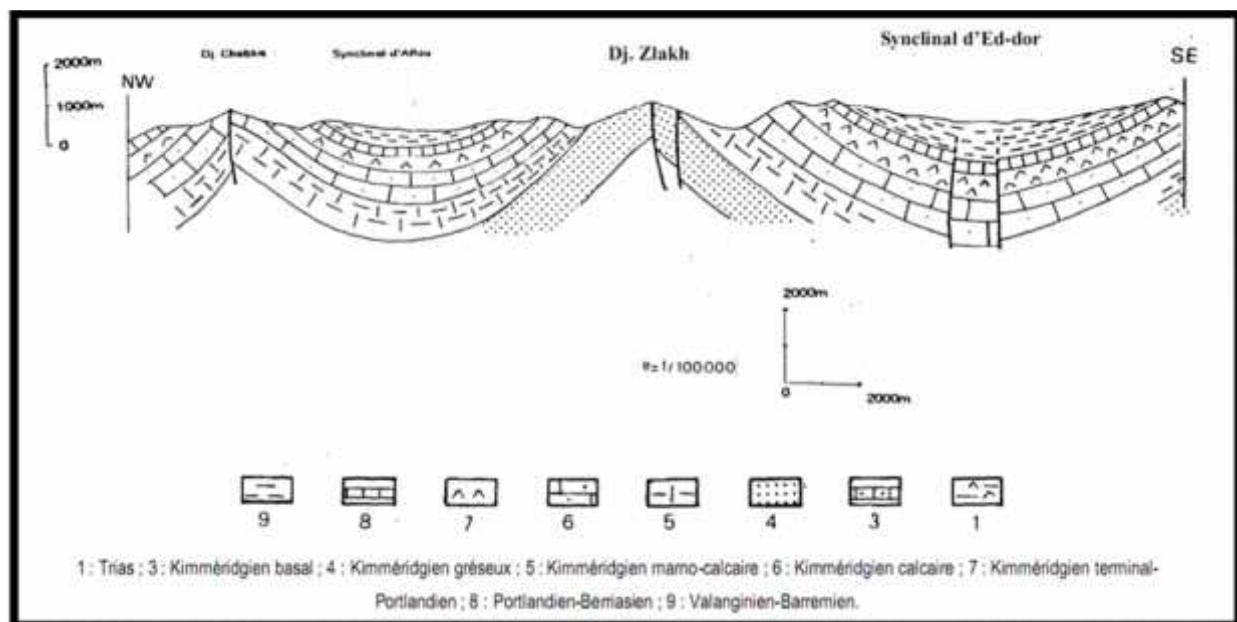


Fig. N° 16 : Coupe sériée à travers les structures du Djebel Amour

(d'après (Nouar, 1992).

## 8) Quaternaire:

### a) Le Quaternaire ancien :

Il est déposé sur de très vastes étendues, généralement entre les collines témoins du Mio-Pliocène et forme parfois les berges des Oueds qui atteignent plusieurs mètres.

### b) Le Quaternaire récent :

Largement représenté dans le Djebel Amour. On le rencontre au niveau de la cuvette synclinale d'Aflou. Au Nord, entre Aflou et Gueltet Sidi Saad, le Quaternaire est formé par des argiles sableuses de couleur grisâtre parfois rougeâtre.

## **9) Tectonique :**

Avant d'atteindre la Plate-forme Saharienne, L'Atlas Saharien forme la dernière barrière qui a subi plusieurs phases de déformation au Méso-Cénozoïque, ayant abouti à la formation de structures tectoniques :

Des anticlinaux souvent très allongés, généralement coffrés et faillés au cœur de direction SW-NE caractérisant l'Atlas saharien. Ces failles ont mis à jour un Trias accompagné de roches vertes.

Les anticlinaux présentent des couches largement redressées.

Des synclinaux typiques, des formations où ils sont établis dans les grés du Barrémien et de l'Albien, ce sont des systèmes larges à fonds plats et à flancs redressés parfois jusqu'à la verticale et très fracturés.

Généralement, les synclinaux sont remplis de grés du Barrémien, quant aux synclinaux perchés de Gourou, Sidi Okba et Oum El Guedour, ils sont formés exclusivement de calcaire aptien, de grés albien et de marne gypseuse du cénoomanien et le tout est surmonté par des calcaires dolomitiques turoniens.

Des plis qui présentent de rapides ennoyages axiaux et se relayant pour donner la structure en « Chenille processionnaires » définie par E.Ritter (1902) (In Laghouat M Y, 2011).

# Chapitre N° (III) Hydro Climatologie

**1) Introduction:**

L'étude hydrogéologique est très liée à l'étude climatologique c'est à dire aux différentes composantes qui régissent le climat (pluviométrie, vents température, humidité, évaporation, ...).

La connaissance des facteurs climatiques (pluviométrie, température.....) est indispensable pour quantifier les ressources en eau et de déterminer les différents termes du bilan d'eau.

Dans un pays comme l'Algérie caractérisé par le contraste entre le climat méditerranéen de la bordure littorale et le climat désertique du sud en passant par le climat des montagnes, des hauts plateaux, il est nécessaire de pouvoir préciser le type climatique du secteur que l'on étudie.

Notre région d'étude, sur le plan météorologique, constitue une zone de transition entre plusieurs phénomènes climatiques, notamment, le passage du régime climatique méditerranéen au climat saharien caractérisé par des influences desséchantes qui règnent, pendant une partie de l'année, sur le Sahara septentrional.

Le relief caractérisé par les derniers chaînons de l'Atlas Saharien et formant une barrière aux influences méditerranéennes accentue les contrastes climatiques entre l'Atlas Saharien et la Plate Forme Saharienne.

**2) Choix des stations :**

Les données disponibles intéressent cinq stations du secteur d'étude qui couvrent pratiquement la majeure partie du bassin versant (Tableau N°1).

**Tableau N° 08: Coordonnées des stations pluviométriques (ANRH Aflou)**

Station	Code	Coordonnées (m)			(Installation)
		X	Y	Z	
Aflou	010208	34°6'46''	2°6'8''E	1406	1874
Brida	010101	33°56'56''	1°45'6''E	1400	Après 1960
Taouialla	130341	33°52'1''	2°48'19''E	1257	//
Sebgag	010102	34°00'10''	1°54'16''E	1402	Après 1960
Gueltat Sidi Saad	010205	34°17'50''	1°56'32''E	1110	//

### 3) Les phénomènes climatiques :

#### a) L'humidité :

L'humidité montre l'état de l'atmosphère en précisant s'il est plus ou moins proche de la condensation. C'est à ce paramètre que se rattache la « sensation » d'humidité ou de sécheresse de l'air.

Elle est définie par le rapport à la pression atmosphérique, à la température, à la quantité de vapeur d'eau présente dans l'atmosphère. Elle est exprimée en pourcentage.

Tableau N° 09 : Humidité relative à Aflou. (ANRH Aflou)

	Périodes	J	F	M	A	Mai	J	Jt	At	S	O	N	D	Moyenne
<b>Aflou</b>	<b>1967-1979</b>	67	67	59	52	45	36	32	32	46	57	64	73	52,5

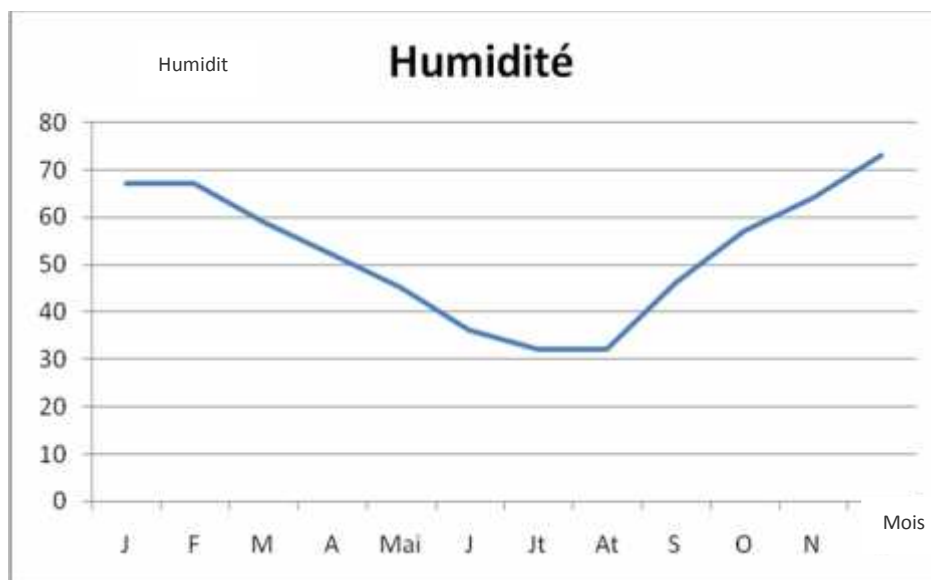


Fig. N° 17 : Humidité relative à Aflou. 1967-1979

Le taux hygrométrique de l'air est de 32 % en mois de Juillet et Août tout étant les mois les plus secs. Décembre est le mois le plus humide avec 73 % (figure N° 17).

#### b) Insolation

Défini comme la durée d'ensoleillement horaire ou journalière. L'insolation représente la durée d'ensoleillement horaire ou journalière. Le tableau suivant (tableau N° 08) montre les distributions moyennes quotidiennes de la durée d'insolation horaire pour la station d'Aflou.

Tableau N° 10 : Insolation à Aflou. (ANRH Aflou)

	Périodes	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D
<b>Aflou</b>	<b>1973-1990</b>	58	62	74	84	95	109	109	99	89	77	66	57

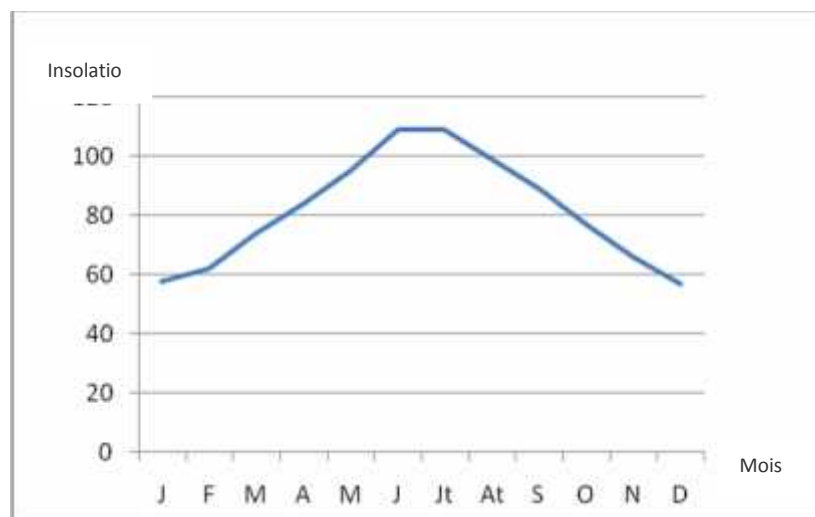


Fig. N° 18 : Durée d'insolation en heures à Aflou. 1990-1999

La répartition de la durée moyenne quotidienne d'insolation (**figure N° 18**) présente un maximum en mois de juin et Juillet avec 109 heures, et un minimum en décembre avec 57 heures.

### **c) Nébulosité :**

Intéresse la fraction du ciel couvert par les nuages. Elle varie entre 0 pour un ciel clair à 10 octas pour un ciel entièrement couvert. On dispose des observations rapportées par Seltzer (1913-1938) réalisées à Aflou .les résultats sont portés dans le tableau 04.

Tableau N° 11 : Nébulosité à Aflou (ANRH Aflou)

	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D	Année
<b>Aflou</b>	4,5	4,7	4,1	3,8	3,6	3,0	2,0	2,2	2,8	3,2	4,0	4,2	3,5

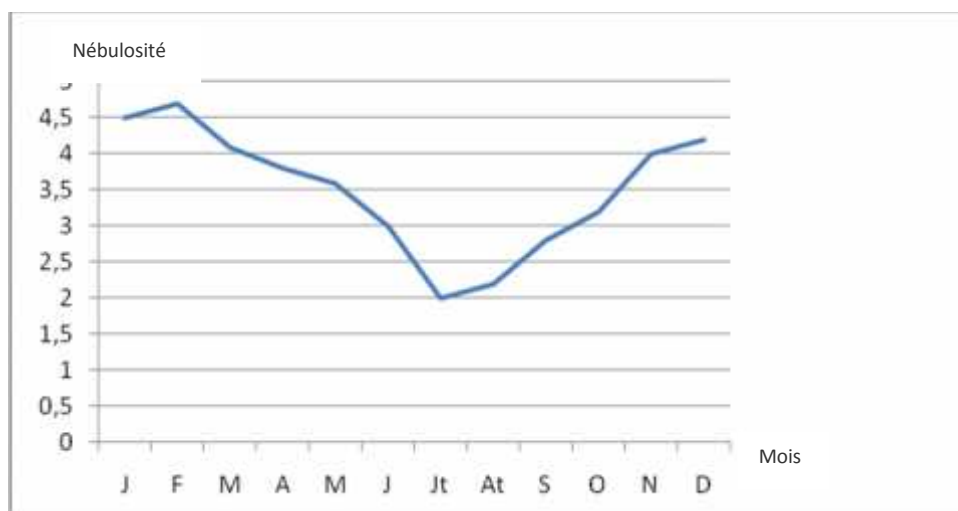


Fig. N° 19 : Courbe Nébulosité à Aflou (ANRH Aflou)

La nébulosité à Aflou (**figure N° 19**) est : Du Novembre au Mai, ce sont les mois où il y'a plus de nuages par rapport à la moyenne, tandis que les mois allant du Juin au Septembre sont plus clairs.

**d) Evaporation :**

L'évaporation moyenne annuelle au niveau de la région d'Aflou est de 47,46 mm/an. La répartition mensuelle de l'évaporation est donnée dans le tableau suivant :

Tableau N° 12 : Evaporation moyennes mensuelles. (ANRH Aflou)

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	Ot	N	D	Moy
E	9,11	12,07	25,43	35,13	62	85,6	108,52	95,22	65,1	40,1	19,52	11,73	<b>47.46</b>

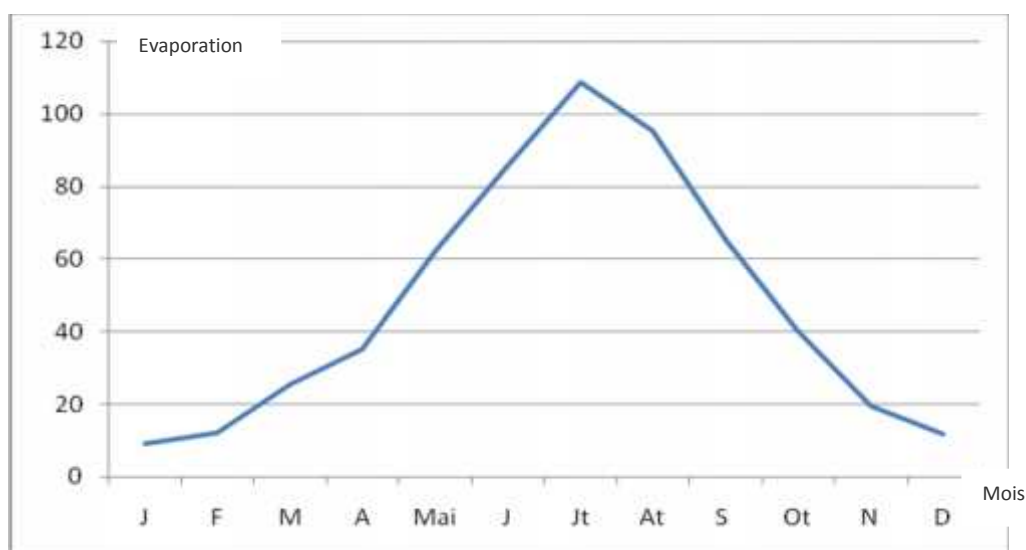


Fig. N° 20 : Courbe d'évaporation moyenne mensuelle.

L'évaporation la plus élevée est observée au mois de Juillet avec 108,52 mm, par contre, la plus faible est observée au mois de Janvier avec 9,11 mm (**figure N° 20**).

#### **4) Etude de précipitations**

La pluviométrie demeure le paramètre le plus important, elle conditionne l'écoulement saisonnier, le régime des cours d'eau et l'alimentation des nappes d'eau souterraines.

##### **a)Variation de la pluviométrie annuelle : (tableau N° 11)**

Les hauteurs des précipitations moyennes annuelles pour les différentes périodes sont fournies par l'ANRH et présentent de nombreuses lacunes, il faut prendre ces valeurs avec précaution.

**Tableau N° 13 : Variation de la pluviométrie annuelle (ANRH Aflou).**

	<b>Brida</b>	<b>Taouiala</b>	<b>Sebgag</b>	<b>Aflou</b>	<b>Gueltat S .Saad</b>
<b>1990</b>	133,6	<b>159,9</b>	76,72	243,8	
<b>1991</b>	<b>189,8</b>	<b>177,2</b>	<b>134,34</b>	<b>387</b>	
<b>1992</b>	103,38	111,7	114,6	202,79	
<b>1993</b>	<b>81,9</b>	108,3	<b>74,1</b>	168,89	<b>25,8</b>
<b>1994</b>	<b>158,6</b>	<b>168</b>	107,8	<b>313,29</b>	170,2
<b>1995</b>	126,2	<b>173,5</b>	109,2	<b>330,6</b>	<b>200,8</b>
<b>1996</b>	136,86	<b>137,9</b>	<b>128,22</b>	<b>311,19</b>	<b>145,3</b>
<b>1997</b>	<b>208,15</b>	<b>151,5</b>	<b>202,16</b>	<b>310,6</b>	<b>216,9</b>
<b>1998</b>	104,34	112,2	61,9	210	<b>151</b>
<b>1999</b>	<b>150,4</b>	121,1	<b>153,1</b>	191,5	<b>139,5</b>
<b>2000</b>	102,74	98,5	<b>65,1</b>	<b>159</b>	46,9
<b>2001</b>	100,43	97,5	<b>42,6</b>	168,9	108,8
<b>2002</b>	119,57	106,8	65,8	248,3	101,2
<b>2003</b>	<b>146,7</b>	<b>193,1</b>	<b>177,7</b>	<b>368,2</b>	167,7
<b>2004</b>	136,04	111,3	84,5	245	59,4
<b>2005</b>	<b>156,79</b>	<b>170,9</b>	<b>138,1</b>	<b>309,49</b>	<b>218,7</b>
<b>2006</b>	<b>186,4</b>	110	103	<b>438,62</b>	60,4
<b>2007</b>	114,14	<b>80</b>	50,8	186,22	83,6
<b>2008</b>	<b>160,85</b>	<b>192,3</b>	<b>177,1</b>	<b>348,7</b>	<b>141,8</b>
<b>2009</b>	<b>147,19</b>	114,7	<b>198,4</b>	<b>328,24</b>	116,1
<b>2010</b>	132,38	95,6	<b>139,9</b>	273,81	
<b>2011</b>	<b>139,78</b>	<b>211,9</b>	<b>191,1</b>	<b>309,7</b>	
<b>Moyenne</b>	<b>138,01</b>	<b>136,54</b>	<b>118,01</b>	<b>275,17</b>	<b>126,71</b>

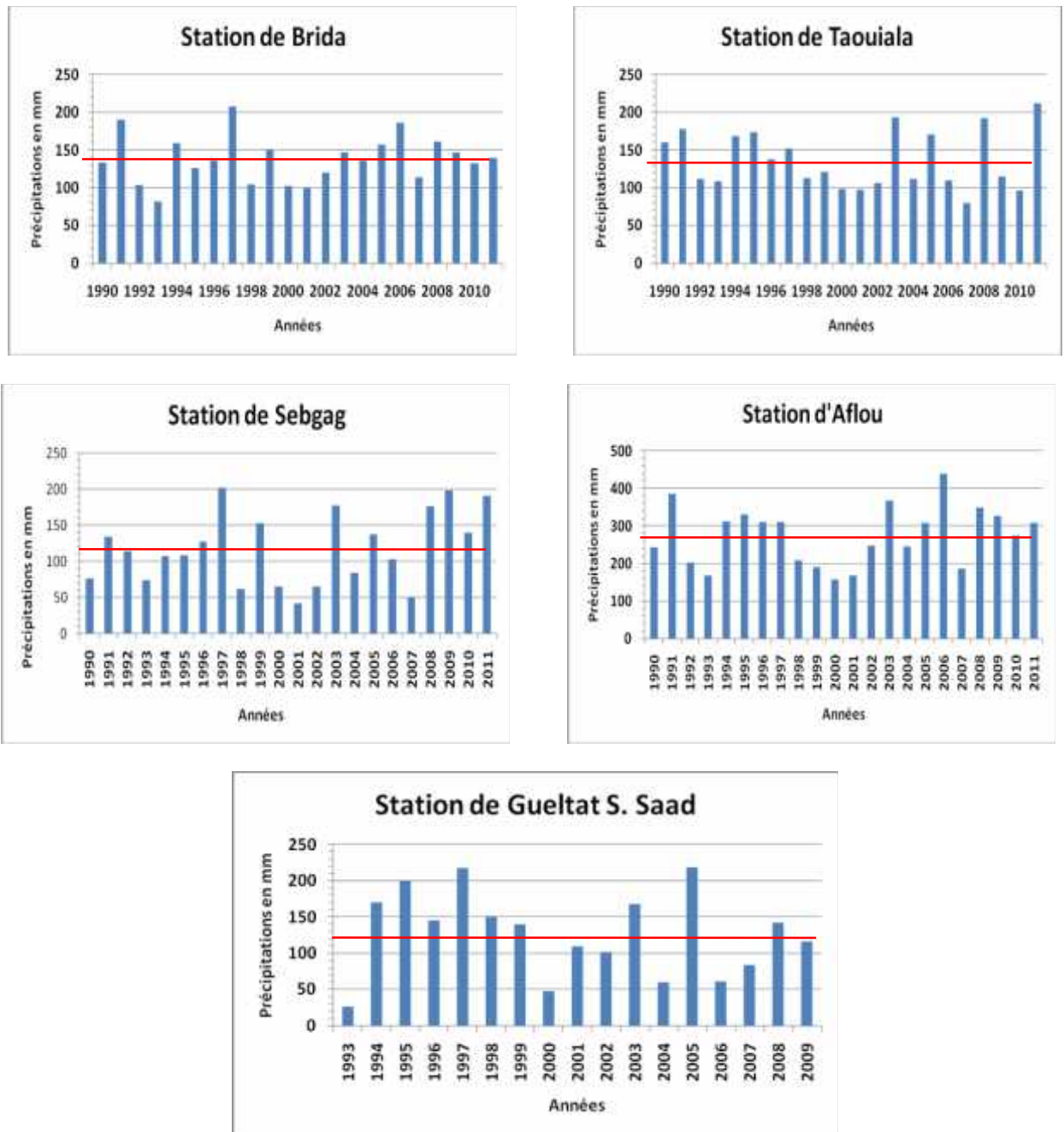


Fig. N° 21 : Variations des précipitations moyennes annuelles des cinq stations

La comparaison des moyennes pluviométriques des stations Brida, Taouiala, Sebga, Aflou et Gueltat Sidi Saad (**figure N° 21**) pour les périodes d'observations montre qu'elles sont équivalentes et présentent pratiquement la même évolution.

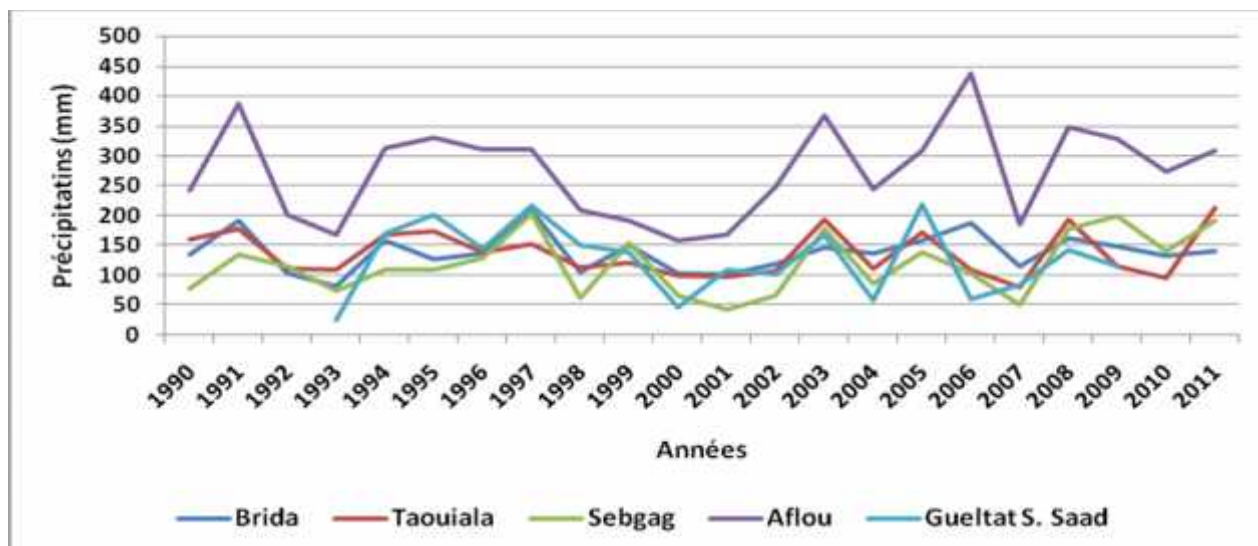


Fig. N° 22 : la variation interannuelle des précipitations

La figure n° 22 visualise cette évolution : on constate trois périodes où la pluviométrie est élevée : [1991-1992], [1994-1998] et de [2002 à 2010 à exception 2004 et 2007]

### 5) Etude statistique :

Tableau N° 14 : Etude statistique

	Brida	Taouiala	Sebgag	Aflou	Gueltat S.Saad
MOY	138,0109	136,5409	118,0109091	275,17455	126,7117647
(écart type)	31,47278	38,26011	49,98935381	78,269736	58,84665329
Coef de V	<b>0,228046</b>	<b>0,28021</b>	<b>0,42359943</b>	<b>0,2844367</b>	<b>0,464413493</b>

Comme le coefficient de variation est inférieur à 0,5 on peut penser que les précipitations annuelles des cinq stations suivent la loi normale d'équation:  $U = \frac{P - P_{moy}}{\sigma}$

Tableau N° 15 : Calcul le période de retour

Stations	Précipitations décennales (mm)	Précipitations centenaires (mm)	Précipitations millénaires (mm)	Période de retour (ans)	
	[F=0,9 ; $\mu=1,28$ ]	[F=0,99 ; $\mu=2,32$ ]	[F= 0,998 ; $\mu =3,09$ ]	Précipitations minimales	Précipitations maximales
Brida	178,29	211,03	235,26	12	29
Taouiala	185,51	225,30	254,76	7	17
Sebgag	182	233,98	272,48	8	10
Aflou	375,36	456,76	517,03	7	22
Gueltat S. Saad	202,03	263,23	308,55	11	8

a) Le coefficient pluviométrique :

C'est un paramètre climatique très important, définit comme étant le rapport de la pluviométrie d'une année à la pluviométrie moyenne pour une station donnée.

$$H = P_i / P_{\text{moy}}$$

Avec :

H : coefficient pluviométrique

P<sub>i</sub> : pluviométrie d'une année donnée

P<sub>moy</sub> : pluviométrie moyenne pour une période de N années.

Tableau N° 16 : Valeurs du coefficient pluviométrique

	Brida	Taouiala	Sebgag	Aflou
1990	0,97	1,17	0,65	0,89
1991	1,38	1,30	1,14	1,41
1992	0,75	0,82	0,974	0,74
1993	0,594	0,79	0,63	0,61
1994	1,15	1,23	0,914	1,14
1995	0,91	1,27	0,93	1,20
1996	0,99	1,01	1,07	1,13
1997	1,51	1,11	1,71	1,13
1998	0,76	0,82	0,52	0,76
1999	1,09	0,89	1,30	0,70
2000	0,74	0,72	0,55	0,58
2001	0,73	0,71	0,36	0,61
2002	0,87	0,78	0,56	0,90
2003	1,06	1,41	1,51	1,34
2004	0,99	0,82	0,72	0,89
2005	1,14	1,25	1,17	1,12
2006	1,35	0,81	0,87	1,59
2007	0,83	0,59	0,43	0,68
2008	1,17	1,41	1,50	1,27
2009	1,07	0,84	1,68	1,19
2010	0,96	0,70	1,19	0,99
2011	1,01	1,55	1,62	1,12

	Gueltat S. Saad
1993	0,20
1994	1,34
1995	1,58
1996	1,15
1997	1,71
1998	1,19
1999	1,10
2000	0,37
2001	0,86
2002	0,80
2003	1,32
2004	0,47
2005	1,73
2006	0,48
2007	0,66
2008	1,12
2009	0,92

Le coefficient pluviométrique nous permet de déterminer les années excédentaires et les années déficitaires.

H > 1 : Année excédentaire ; H < 1 : Année déficitaire

L'étude de l'évolution annuelle des cinq stations pour la période 1990/2011 (**tableau N° 14**) a mis en évidence 10 années excédentaires pour les stations de Brida et Taouiala, 11 pour les stations de Sebgag et d'Aflou

Pour la station de Gueltat Sidi Saad et durant la période 1993-2009 on note 09 années excédentaires

**b) Précipitations Saisonnières ou régime saisonnier :**

La méthode consiste à grouper les mois trois par trois de telle sorte que le début de chaque trimestre ou saison est marqué par un solstice ou par un équinoxe.

Il en résulte quatre totaux pluviométriques saisonniers qui sont :

- Hiver (Décembre, Janvier, février) 90 jours et 1/4.
- Printemps (Mars, Avril, Mai) 92 jours.
- Eté (Juin , Juillet , Août) 92 jours .
- Automne (Septembre, Octobre, Novembre) 91 jours.

Le tableau suivant représente la variation saisonnière des cinq stations :

**Tableau N° 17 : La variation saisonnière des cinq stations.**

	Moyenne saisonnière	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Indice saisonnier
<b>Aflou</b>	mm	121,11	88,87	32,98	90,29	<b>HAPE</b>
	%	36,34	26,67	9,90	27,09	
<b>Sebgag</b>	mm	31,27	38,07	22,66	41,52	<b>APHE</b>
	%	23,42	28,51	16,97	31,10	
<b>Gueltat S.Saad</b>	mm	33,79	35,13	8,47	28,84	<b>PHAE</b>
	%	31,81	33,07	7,97	27,15	
<b>Brida</b>	mm	43,21	51,62	12,64	37,13	<b>PHAE</b>
	%	29,88	35,70	8,74	25,68	
<b>Taouiala</b>	mm	53,51	61,34	26,55	67,05	<b>APHE</b>
	%	25,67	29,43	12,74	32,17	

L'étude de la répartition saisonnière de la pluviosité montre que pour (**figure N° 15**)

- Les stations de Sebgag et Taouiala présentent le même indice saisonnier. L'Automne est la saison la plus humide avec un pourcentage 31,09 % pour Sebgag et 32,16 % pour Taouiala ; et une période sèche correspondant à l'Eté avec 16,97% pour Sebgag et 12,73 % pour Taouiala.

Les stations de Brida et Gueltat Sidi Saad ont le même indice saisonnier, le printemps est la saison la plus pluvieuse avec un pourcentage qui varie de 35,7 pour Brida et 33,07 pour Gueltat Sidi Saad, tandis que l'Eté est la saison la plus sèche avec une valeur voisine de 8 %

Toutefois on remarque pour la station d'Aflou, une période relativement pluvieuse regroupant les saisons d'Automne, d'Hiver et de printemps et une saison sèche représentée par l'Été.

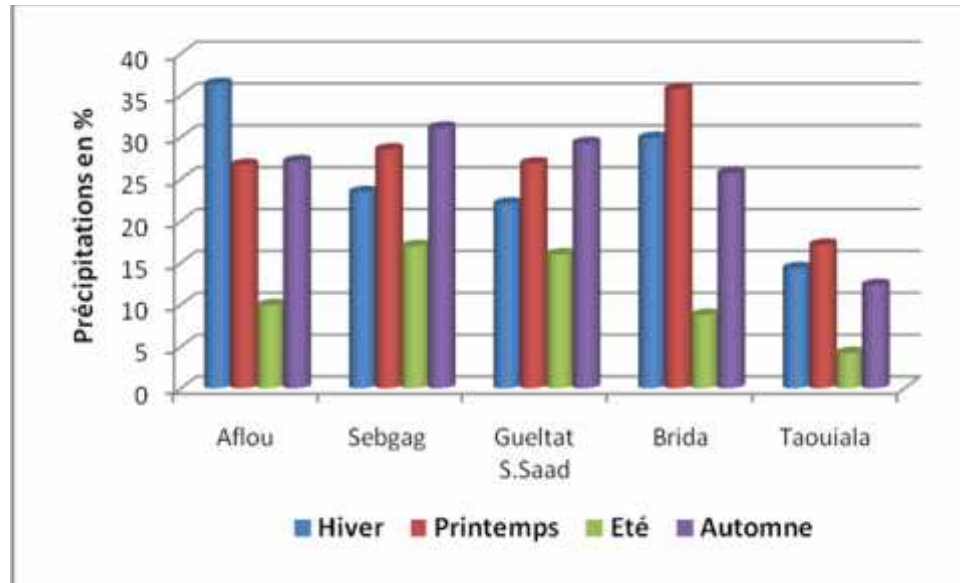


Fig. N° 23: Précipitations saisonnières.

6) Etude des précipitations mensuelles :

Tableau N° 18 : la variation mensuelle des cinq stations (ANRH Aflou).

Mois	Jan	Fev	Mars	Av	Mai	J	Jt	At	Sep	Oct	Nov	Déc	Année
<b>Aflou</b>	81,95	19,06	23,83	37,58	27,46	11,35	12,18	9,45	35,08	22,03	33,175	20,1	333,245
<b>Sebgag</b>	10,44	8,87	12,55	15,62	9,9	10,44	4,62	7,6	12,67	12,75	16,1	11,96	133,52
<b>Gueltat S.Saad</b>	10,53	10,91	13,4	11,43	10,3	4,27	0,29	3,91	12,75	9,87	6,22	12,35	106,23
<b>Brida</b>	16,8	14,52	25,31	14,95	11,36	7,82	3,01	1,81	8,85	17,9	10,38	11,89	144,6
<b>Taouiala</b>	21,91	16,42	24,54	20,86	15,94	6,9	12,53	7,12	21,94	22,4	22,71	15,18	208,45

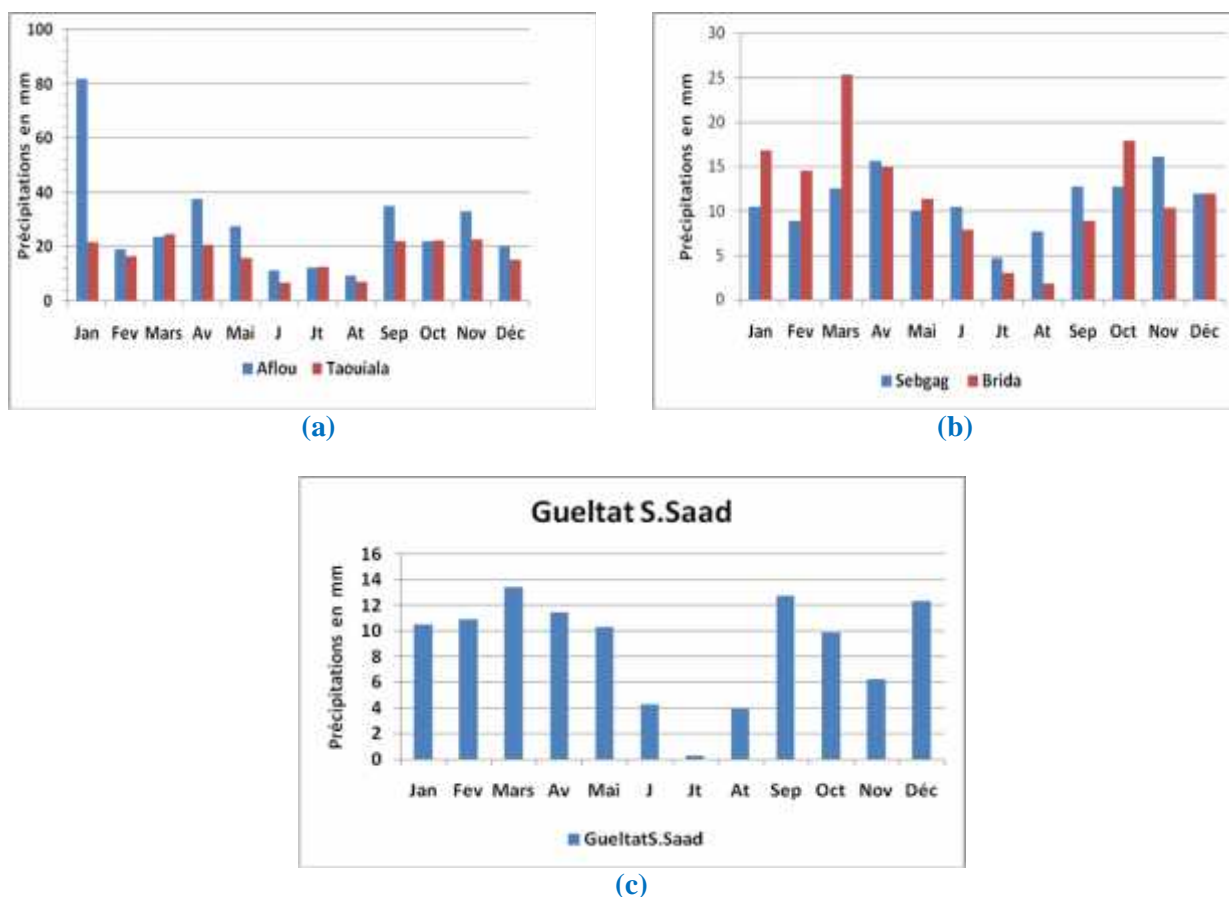


Fig. N° 24 : Précipitations mensuelles

**Station de Sebgag :** La pluviométrie mensuelle varie d'un minimum de 4,62 mm en juillet à un maximum de 16,1 mm le mois de novembre, un maximum secondaire apparaît le mois d'avril avec 15,62 mm [(figure N° 24 (b))].

**Station de Brida (1967-1995) :** A la station de Brida (1968-2006) les minima apparaissent pendant la période estivale avec 3,01 mm le mois de juillet et un minimum absolu de 1,81 en août, les valeurs les plus élevées apparaissent le mois d'octobre (17,9 mm) et janvier avec 16,8 mm [figure N°24 (b)].

**Pour station d'Aflou (2001-2012) :** Janvier le mois le plus pluvieux avec une lame précipitée de 81,95 mm, suivie d'un maximum secondaire de 37,58 mm le mois d'avril. Le minimum apparaît en août avec 9,45 mm [figure N° 24 (a)].

**A la station de GueltatS.Saad (1967-2007) :** Le minima des précipitations mensuelles apparaît le mois de juillet avec 0.29 mm tandis que le maximum apparaît le mois de mars avec 13,4 mm [Figure N°14 (c)].

**La station de Taouiala (1967-1987) :** Mars est le mois le plus pluvieux avec une lame précipitée de 54,24 mm. Le minimum apparaît en juin avec 6,9 mm [figure N° 24 (a)].

a) **Détermination de la lame d'eau précipitée sur le bassin versant de l'Oued Sebgag :**  
 Pour l'évaluation du volume moyen des précipitations tombées sur la partie amont de l'Oued Sebgag et en raison du nombre insuffisant de stations pluviométriques nous nous sommes donc limités à l'application seulement de la méthode de Thiessen. Le volume moyen calculé est de 500,36 million de m<sup>3</sup>.

**Tableau N° 19 : Evaluation du volume moyen des précipitations**

Bassin versant	Stations	Précipitations moyennes (mm)	Surface en Km <sup>2</sup>	Volume en million de m <sup>3</sup>
Amont Oued Sebgag	Brida	144,6	280,4	40,54
	Sebgag	133,52	460	61,42
	Taouiala	208,45	20	4,17
	Aflou	333,24	311,4	103,77
	Gueltet S.S	106,23	600	63,74
	Sidi Bouzid	208,79	1038,4	216,81
	O.Morra	105,03	94,4	9,91
	TOTAL		2750,6	<b>500,36</b>

**7) Etude des températures :**

Liée à la radiation solaire, la température est un élément essentiel du climat car elle influence sur la transformation des eaux en vapeur, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol. Donc, elle agit sur le degré d'évapotranspiration et par conséquent sur le ruissellement, l'infiltration et sur le taux de salinité des eaux en particulier de surface. Toutefois, la température a un rôle important dans la variation des composantes du bilan hydrologique.

a) **Variations des températures moyennes mensuelles à la station d'Aflou :**

On dispose des données de températures moyennes mensuelles et annuelles de la station d'Aflou pour une période de 21 ans (1990/2011). Ces données sont mentionnées dans le tableau suivant :

**Tableau. N° 20 : Températures moyennes mensuelles et annuelles Aflou (ANRH Aflou).**

Station	Période	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D	Moy.
Aflou	1990-2011	3,9	4,4	8,05	10,75	16,05	19,3	24,2	24,75	20,75	15,2	10,6	5,65	13,63

- L'amplitude maximale des températures mensuelles moyennes interannuelles s'observe (Tableau N°18) entre le mois de Juin et Septembre avec un maximum de 24,75 °C en Août, les températures les plus basses s'observent pendant l'hiver avec 3,9°C en janvier et 4,4 °C en février. L'écart entre le maximum et le minimum est de 20,85°C . La moyenne annuelle est 13,63 °C.

D'après ces résultats, on remarque que les mois de juillet et août, sont les plus chauds tandis que janvier et février sont les plus frais (figure N° 25).

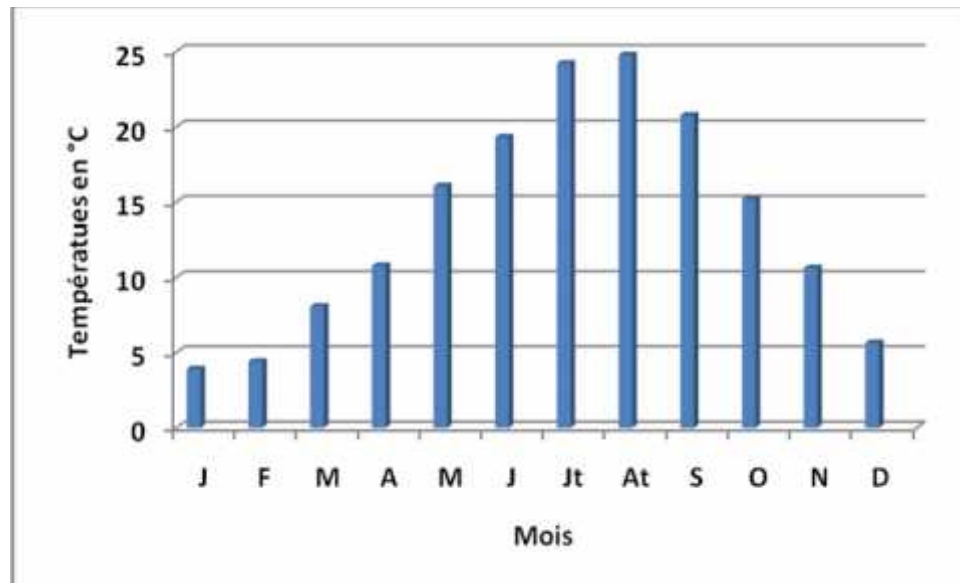


Fig. N° 25: Variation mensuelle de température à la station d'Aflou

### b) Caractérisation du climat

Les indices bioclimatiques, permettent de caractériser le niveau de sécheresse ou d'aridité d'un lieu ou d'un climat. Les paramètres souvent utilisés pour caractériser le climat sont la moyenne des précipitations et des températures.

Les méthodes couramment utilisés sont les suivants :

### c) Méthodes graphiques

#### c-1) Diagramme Ombro-thermique

C'est un des indices les plus utilisés. Cet indice tient compte des moyennes mensuelles des précipitations (P en mm) et de la température (T en °C) et donne une expression relative à la sécheresse estivale en durée et en intensité (Gausson et Bagnouls, 1952). Un mois donné est considéré comme sec quand  $p < 2t$ , c'est-à-dire quand les pertes en eau (supposées causées par une température trop forte) sont supérieures aux apports (précipitations).

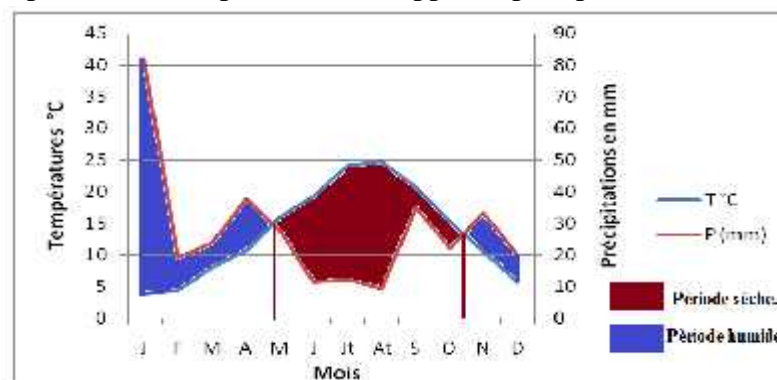


Fig. N° 26: Diagramme Ombro-thermique

Appliquée à la station d'Aflou, il résulte que la saison sèche s'étend du début de mai jusqu'à la fin-octobre.

**8) Les indices climatiques :**

**a) Indice De Martonne :**

**a-1) indice annuel :**

En 1923, De MARTONNE a défini un indice d'aridité "A" comme suite :

$$A = \frac{P}{T+10}$$

**P** : précipitations moyennes annuelles (mm) = 333,245 mm

**T** : température moyennes annuelles (°C) = 13,63

- A < 5 : climat hyperaride
- 5 < A < 7,5 : climat désertique
- 7,5 < A < 10 : climat steppique
- 10 < A < 20 : climat semi-aride
- 20 < A < 30 : climat tempéré

A=14, 10 pour la station d'Aflou donc un climat semi-aride

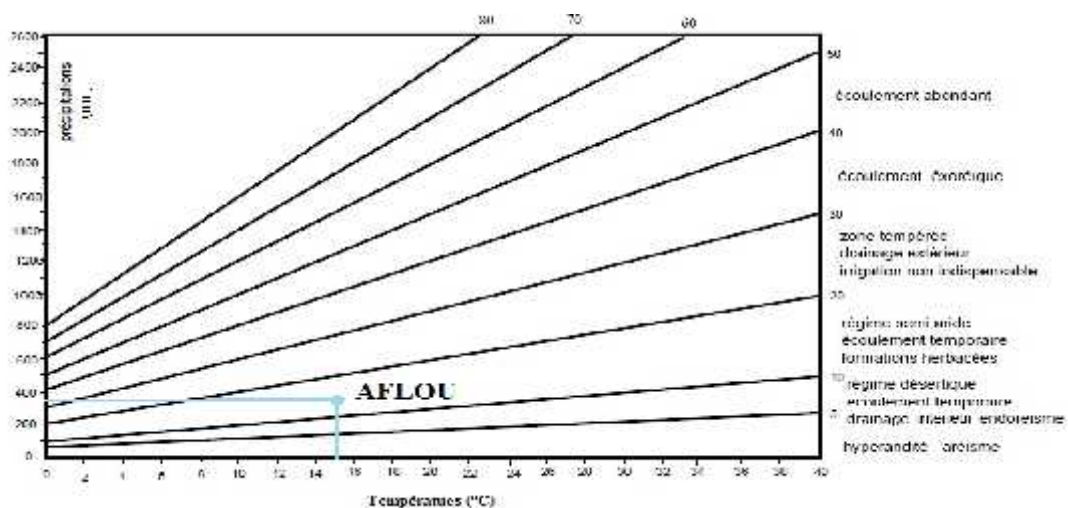


Fig. N° 27 : Abaque de l'indice d'aridité annuel de De Martonne

**b) Indice pluviométrique de Moral :**

l'indice pluviométrique de Moral (IA), permet de distinguer un climat sec (IA < 1) d'un climat humide (IA > 1) définit comme suite:

$$(IA) = \frac{P}{T^2} - 10T + 200$$

- IA : indice pluviométrique annuel
- P : Précipitation moyenne annuelle en mm
- T : température moyenne annuelle en °C

- IA < 1 on a climat sec
- IA > 1 on a climat humide Avec

L'indice pluviométrique pour la station d'Aflou est égal à 1.5 caractérisant un climat humide. Toutes ces méthodes ont qualifié le climat du secteur d'étude comme étant aride, la carte des étages bioclimatiques, établie par UNEP/GRID 1991 dans WRI (**Figure N° 28**) le confirme.

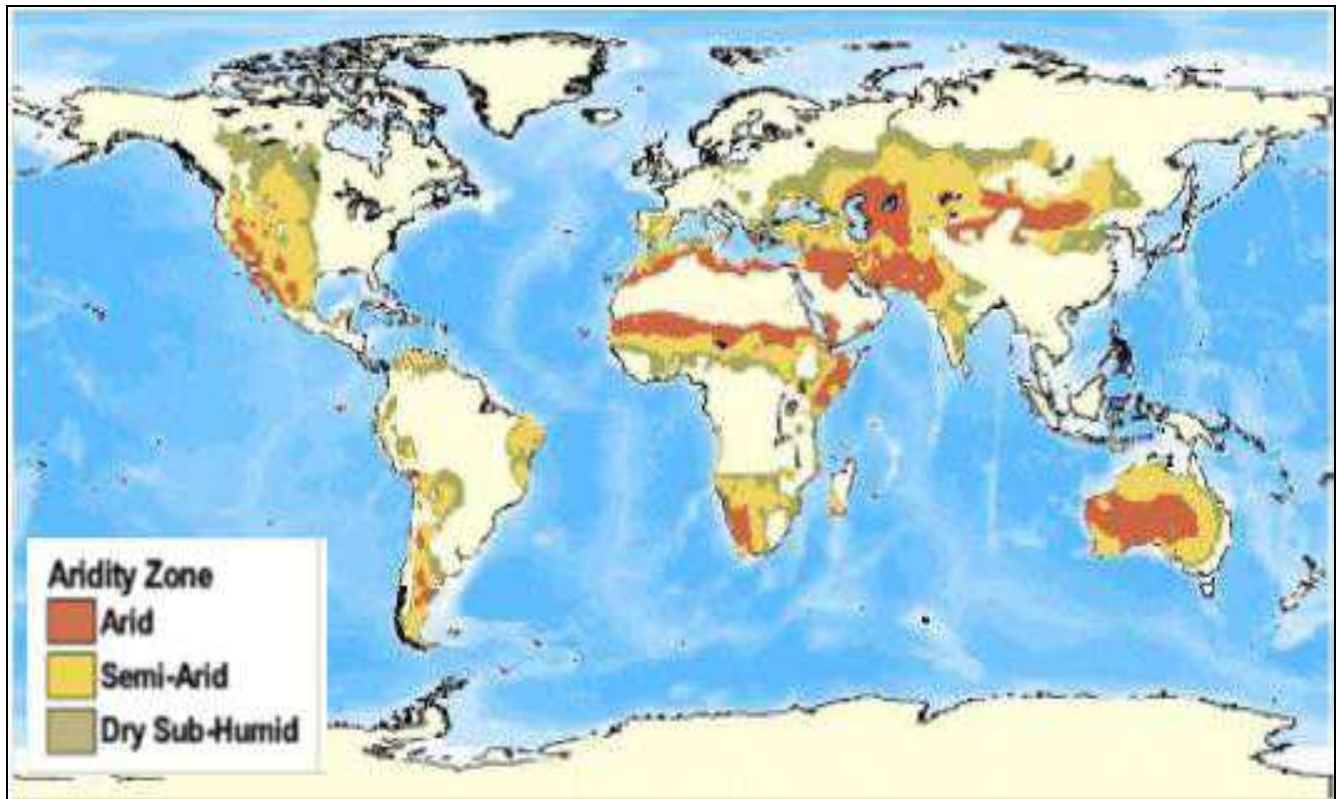


Fig. N° 28: La carte mondiale des terres arides Source: UNEP/GRID 1991 dans WRI.

## 9) Déficit d'écoulement

### a) Facteur fondamental du bilan hydrique :

Il regroupe à la fois :

- Des processus d'évaporation physique de l'eau contenue dans le sol.
- Des processus de transpiration, correspondant à l'utilisation de l'eau atmosphérique et de l'eau du sol par des végétaux et au rejet de vapeur d'eau dans l'atmosphère.

Dans les pays arides à semi-arides l'approche de la connaissance des quantités d'eau évapotranspirées est délicate. L'utilisation des méthodes classiques de calcul donne des valeurs de l'Etr supérieures aux précipitations.

Dans ces conditions, s'il est possible sous certains climats d'extrapoler les résultats d'une station à un ensemble régional, cette démarche n'est plus possible en Algérie où l'on passe en quelques kilomètres du climat méditerranéen humide au climat de montagne puis au climat désertique sans compter les micro-climats locaux qui sont multiples.

### b) Evapotranspiration potentielle ETP :

C'est la quantité d'eau susceptible d'être évaporée par une surface d'eau libre ou par un couvert végétal dont l'alimentation en eau n'est pas le facteur limitant.

L'estimation de l'évapotranspiration potentielle, a été établie par la formule de Thornthwaite.

#### b-1) Formule de Thornthwaite :

$$ETP = 16 [10T / I]^a \text{ (mm)}$$

Où :

**ETP** : L'évapotranspiration potentielle non corrigée, (mm).

**T** : La température moyenne mensuelle en C°.

**I** : L'indice annuel de chaleur,  $I = \sum_{i=1}^{12} i$

**i** : L'indice mensuel de chaleur,  $i = [T/5]^{1.514}$

**a** : L'exposant climatique, ( $a = 0.016 I + 0.5$ )

Les valeurs de l'ETP calculées par cette formule doivent être corrigées à l'aide d'un facteur correctif **K**, qui dépend du temps et du lieu de la station intéressée:

$$ETP \text{ corrigée} = ETP \cdot K$$

$I = 60,80$  et  $a = 1,47$

L'application de la formule de THORNTHWAITE au niveau de la station d'Aflou a donné :

**Tableau N° 21 : ETP calculée par la méthode de Thornthwaite à la station d'Aflou**

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D	Année
ETP non corrigée	8,32	9,93	24,19	37,04	66,85	87,71	122,40	126,52	97,59	61,70	36,28	14,36	692,90
K (facteur de correction)	0,88	0,85	1,03	1,09	1,2	1,2	1,22	1,16	1,03	0,97	0,87	0,86	12,36
ETP corrigée (mm)	7,32	8,4	24,92	40,37	80,22	105,25	149,33	146,76	100,51	59,85	31,56	12,35	766,91

ETP corrigée = 766,91 mm, soit 230,13 % des précipitations.

**c)Evapotranspiration réelle ETR :**

L'évapotranspiration réelle est une réponse, en termes de vapeur d'eau, d'un milieu donné à la demande exercée par l'évapotranspiration potentielle, compte tenu de la quantité d'eau disponible.

L'évapotranspiration réelle est estimée à l'aide des formules de TURC, COUTAGNE, WUNDT et P. Verdeil.

**c-1) Formule de Turc :**

En utilisant la hauteur annuelle de pluie et la température moyenne annuelle, la formule de Turc nous permet d'évaluer l'évapotranspiration réelle annuelle.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

**ETR :** Evapotranspiration réelle (en mm/an)

**P :** Hauteur annuelle de pluie (en mm) = 333,245 mm

**T :** Température moyenne annuelle (en °C) = 13,63 °C

**L = 300 + 25 T + 0,05 T<sup>3</sup> = 3172,89**

**A Aflou l'ETR = 349,16 mm**

**c-2)Méthode de Wundt :**

Cette méthode permet d'obtenir à partir d'un diagramme le déficit d'écoulement en fonction de la température et des précipitations.

**ETR Aflou = 320 mm**

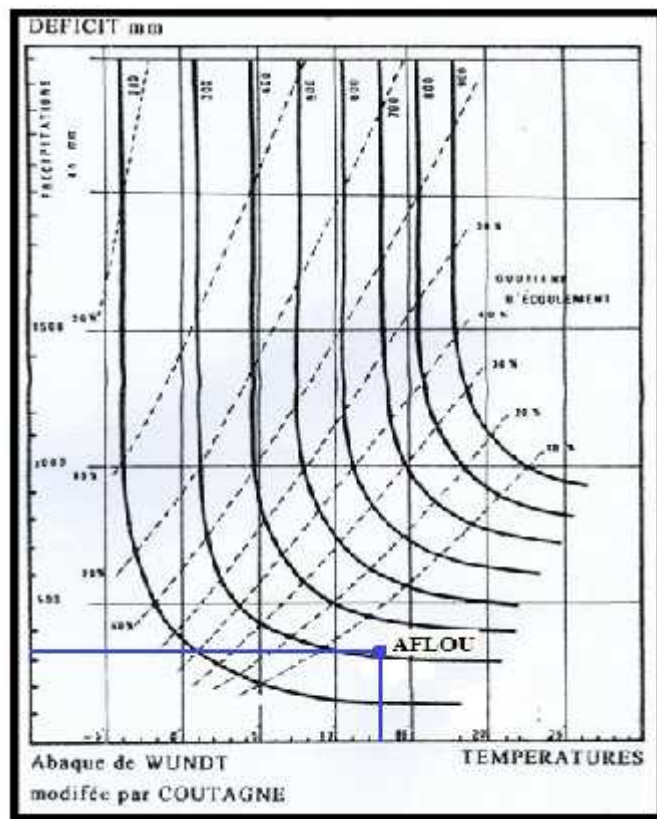


Fig. N° 29 : Déficit d'écoulement (ETR) à Aflou selon l'abaque de Wundt

**c-3)Formule de Coutagne :**

D'après **Coutagne**, les précipitations moyennes annuelles P (mm) et la température moyenne annuelle (T °C) sont utilisées selon la formule suivante pour évaluer **ETR** :

$$ETR = P - P^2 \text{ avec : } = 1 / 0.8 + 0.14T$$

Où : **P** : La précipitation moyenne annuelle, en m = 0.333245 m

**T** : La température moyenne annuelle, en C° =13,63 °C

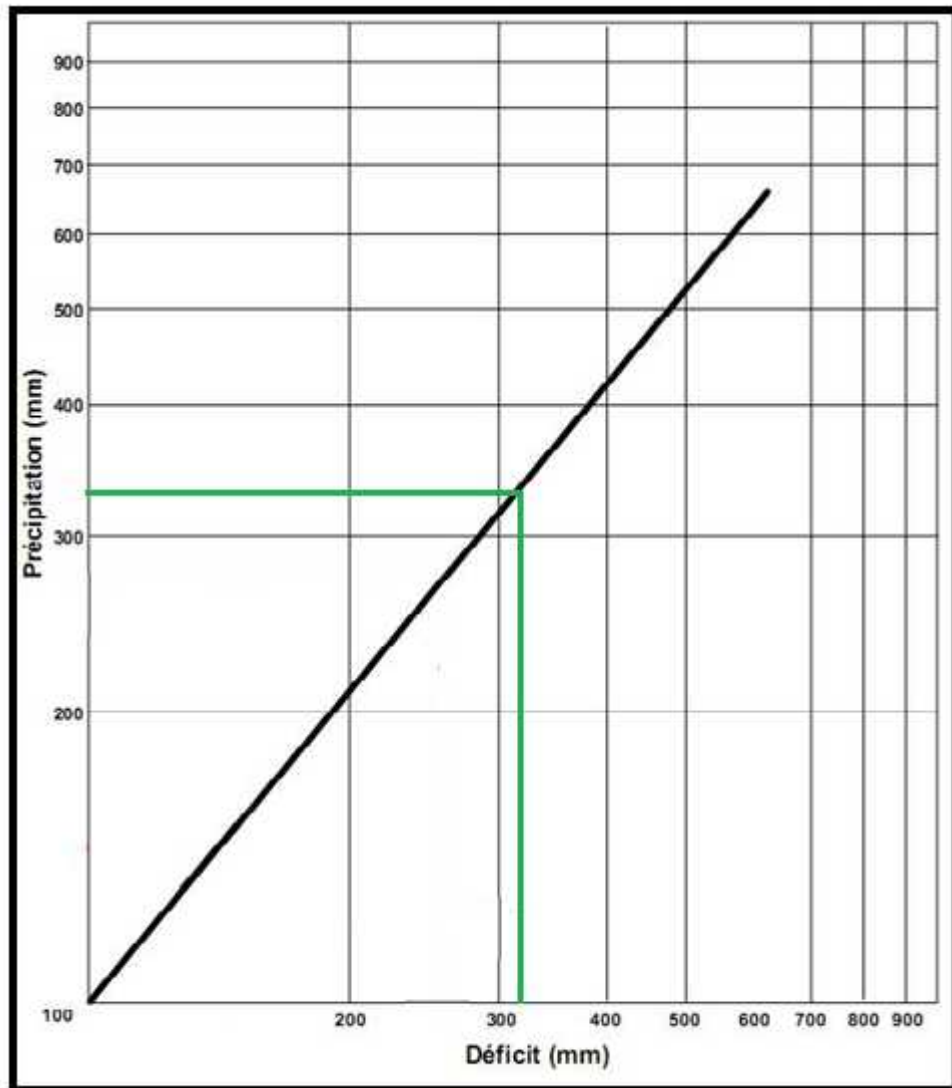
Cette formule n'est valable que pour des valeurs du P comprise entre :  $1/8 < P < 1/2$  .

= 0,37 1/8 =0,3378 et 1/2 = 1,3513

on a  $P < 1/2$  ETR = P

**c-4)Méthode de Verdeil :**

En 1989, Verdeil a établi un abaque bi-logarithmique pour les régimes semi-arides où les précipitations ne dépassent pas les 600 mm, en tenant compte que des précipitations. **Selon l'abaque l'ETR =320 mm**



**Fig. N° 30 : Déficit d'écoulement (ETR) selon l'abaque de VERDEIL.**

### 10) Calcul du bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite :

Cette méthode est utilisée pour les climats sub-humide et semi-aride, ce qui convient à notre secteur d'étude, vu les caractéristiques de son climat. Elle est basée sur la notion de réserve d'eau facilement utilisable (RFU). L'estimation de ce paramètre a été faite par l'application de la formule de Hallaire 1960 (cité par J.Ricard1979).

$$\text{RFU} = (C - F / 100) * h * D + 30 \text{ mm}$$

Avec :

**RFU** : Réserve facilement utilisable en (mm)

**C** : Capacité de rétention aux champs

**F** : Capacité au point de flétrissement des plantes

**h** : profondeur de la couche traversée par les racines

**D** : Densité apparente du sol, supposée :  $D = 1$

**30 mm** : correspondent au déracinement capillaire.

Hallaire propose :

**C - F = 05 %** : un sol sableux

**C - F = 10% -15%** : un sol limoneux

**C - F = 20 %** : un sol argilo - limoneux

Selon la majeure partie du sol de la région on prend **C-F = 10 %**  
profondeur **h = 1200 mm**.

$$\text{RFU} = (10 / 100) * 650 * 1 + 30 \text{ mm}$$

$$\text{RFU} = 150 \text{ mm.}$$

Dans cette méthode, on se base sur le principe suivant:

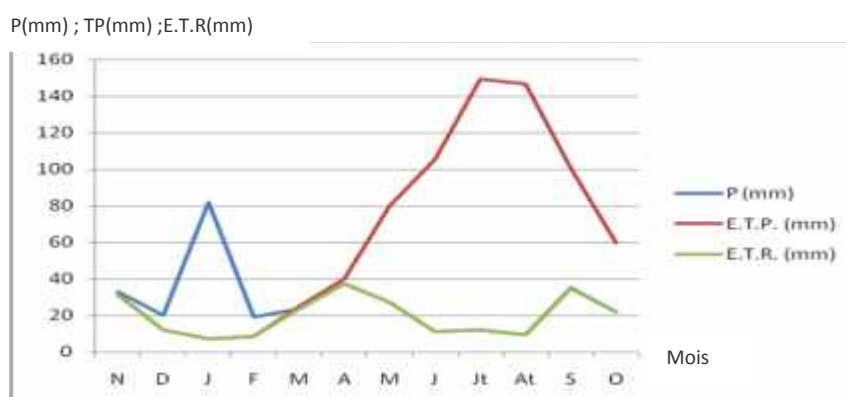
Si :  $P > ETP$      $ETR = ETP$      $RFU = P - ETP$ .

Si :  $P = ETP$     Les précipitations sont suffisantes pour alimenter le sol mais il n'y aura pas de surplus pour alimenter la RFU donc  $[RFU = 0]$ .

Si :  $P < ETP$     on a épuisement des réserves, dans ce cas on aura un déficit du bilan ( $ETP - ETR$ ), ou encore ( $ETP - P$ ) qui représentera la quantité d'eau qu'il faudra ajouter à l'ETR pour atteindre l'ETP.

**Tableau N° 22 : Bilan hydrique moyen à la station d'Aflou par la méthode de Thornthwaite.**

	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	Année
<b>P (mm)</b>	33,17	20,1	81,95	19,06	23,83	37,58	27,46	11,35	12,18	9,45	35,08	22,03	<b>333,24</b>
<b>E.T.P. (mm)</b>	31,56	12,35	7,32	8,44	24,91	40,37	80,22	105,25	149,33	146,76	100,51	59,85	<b>766,87</b>
<b>Variation de la réserve (mm)</b>	1,61	7,75	74,63	10,62	-1,08	-2,79	-52,76	-93,90	-137,15	-137,31	-65,43	-37,82	/
<b>RFU</b>	1,61	9,36	84	94,62	93,54	90,75	38	0	0	0	0	0	
<b>E.T.R. (mm)</b>	31,56	12,35	7,32	8,44	23,83	37,58	27,46	11,35	12,18	9,45	35,08	22,03	<b>238,63</b>
<b>Déficit (mm)</b>	0	0	0	0	1,09	2,79	52,76	93,9	137,15	137,31	65,43	37,82	<b>528,25</b>
<b>Excédent (mm)</b>													<b>0</b>



**Fig. N° 31 : Graphe représentant le bilan hydrique par la méthode de THORNTHWAITE Station d'Aflou**

L'observation du bilan hydrologique nous amène à dire que l'année hydrologique débute le mois de novembre ou la réserve utile commence à se reconstituée pour atteindre des maxima durant la période allant de janvier à fin avril avec un maximum absolu de 94,62 mm en février, l'épuisement du stock se fait sentir à partir du mois de juin ou l'ETP devient importante pendant la période sèche qui s'étale jusqu'au mois de septembre avec un maximum de 149,33 mm en juillet suivie de 146,76 mm en Août.

**Tableau N° 23: ETR à la station d'Aflou selon les différentes méthodes**

Méthode	ETR	
	mm	% des P
Wundt	<b>320</b>	<b>96,02</b>
Verdeil	<b>320</b>	<b>96,02</b>
Thornthwaite	<b>238,63</b>	<b>71,61</b>

### 11) Le bilan hydrologique

Un système hydraulique qui peut être un lac, une rivière, un aquifère, ou un bassin versant comme notre cas est conditionné par une équation de base qui permet de distribuer les précipitations s'écrit : Variation de stock=entrées -sorties

Les **entrées** : qui peuvent être des précipitation, infiltration dans le sol, percolation ou bien des apports artificiels (stockage souterrain d'eau).

Les **sorties** : comme l'évaporation, la transpiration, le ruissellement de surface, le ruissellement souterrain, et le pompage.

Le calcul du bilan hydrologique est fonction de plusieurs facteurs du système hydrologique tels que: les précipitations, le ruissellement, l'infiltration et l'évaporation.

Le bilan s'écrit selon la formule :  $P = E + R + I$

Où :

**P** : Pluviométrie moyenne annuelle en mm

**E** : Evapotranspiration réelle moyenne annuelle en mm

**R** : Ruissellement moyen annuel en mm

**I** : Infiltration moyenne annuelle en mm

#### a) Ruissellement superficiel :

estimé comme suite par la formule de Tixeront-Berkaloff :

$$R = P^3 / 3(ETPc)^2$$

appliqué à la station de Laghouat, on' a :

$$R=(333,24)^3 / 3(766,87)^2$$

Tableau N° 24 : Ruissellement superficiel pour la station d'Aflou

Station	P (mm)	ETP selon Thornthwaite (mm)	Ruissellement	
			mm	% des P
Aflou	333.24	766,87	20.97	6,29

#### b) Infiltration :

L'infiltration est déduite à partir de l'équation principale du bilan

$$P = ETR + R + I \text{ donc } I = P - (ETR + R)$$

L'application de la formule pour la station d'Aflou a donné les résultats mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau N° 25 : L'infiltration pour la station d'Aflou

Méthode	P (mm)	ETR(mm)	R (mm)	I (mm)
Thornthwaite	333,24	238,63	20,97	73,64 soit 22,10 % des P.
Wundt		320		/
P. Verdeil		320		/

**Conclusion :**

D'après les résultats, la méthode de Thornthwaite nous donne des valeurs acceptables. Les différentes méthodes de calcul de l'infiltration ne tiennent pas compte ni de la lithologie ni de la pente du terrain. Les résultats restent généraux et ne reflètent pas la réalité, elles doivent être prises avec prudence. Le traitement des données climatiques ne nous permettant pas de pousser plus loin nos estimations, nous demanderons à l'étude hydrologique une amélioration ou une confirmation des hypothèses que nous avons avancées ici.

# Chapitre N° (IV)

## Etude Hydrologique

## 1-Introduction :

La nécessité de comprendre l'évolution des données hydrométriques recueillies au niveau d'une station de jaugeage, servira d'une part l'évaluation des apports liquides à différentes échelles de temps, et d'autre part l'analyse de la variabilité événementielle de l'écoulement.

Sur un plan purement hydrographique, les crêtes du Djebel Amour dessinent une ligne de partage des eaux qui, pour les unes, vont rejoindre les Dayas, les Sebkhass et les Chotts parsemés sur les Hauts Plateaux Oranais. Tandis que les autres sont à l'origine des oueds qui circulent sur la Hamada avant d'aller se perdre en bordure des sables du Grand Erg Occidental.

Dans leur grande majorité, les cours d'eau issus de l'Atlas répondent bien à leur appellation d'oueds, puisqu'ils à sec la majeure partie de l'année. Une exception est l'Oued Sebtag située à l'Ouest d'Aflou qui est l'unique rivière de l'Atlas saharien Central qui se déverse dans la mer Méditerranée et qui constitue la source de l'un des plus importants cours d'eau d'Algérie : le Chélif. Un autre oued important, l'Oued Djeddi, naît sur le versant méridional de l'Atlas au Sud d'Aflou, et se déverse dans le Chott Melrhir au Sud de Biskra, après avoir longé le pied de l'Atlas.

Le bassin versant de Chélif fait partie du bassin hydrographique Chélif-Zahrez qui couvre une superficie d'environ 56 227 Km<sup>2</sup>. Il est limité à l'Ouest par Oranie-Chott-Chergui, à l'Est par Algérois-Hodna-Soummam, au Nord par le bassin de Méditerranée et au Sud par le Sahara. La pluviométrie moyenne annuelle est de **418 mm**, soit un volume d'eau précipitée de **23 500 Millions de mètre cube**. Alors les écoulements superficiels annuels estimés à environ **1947 Millions de mètre cube**.



Fig. N° 32 : Bassin versant de Chélif

L'Oued Sebgag constitue l'affluent le plus important de l'Oued Cheliff d'une longueur de 33 Km Kilomètres, il draine une superficie de 859,26 km<sup>2</sup>, il prend naissance à 20 kilomètres à l'Ouest d'Aflou ou il existe un certain nombre de sources pérennes donnant naissance à l'Oued Sebgag amont qui reçoit en aval plusieurs affluents pour former l'Oued Touil, puis l'Oued Cheliff. L'Oued Sebgag amont a un parcours de 10 kilomètres et son bassin versant recouvre une superficie de 126,5 km<sup>2</sup>.

### **L'OUED SEBGAG :**

L'objectif de cette étude hydrologique intéresse les débits relatifs aux périodes de (1979-1999) et (2005-2012).

## **1) Etude des débits**

### **2.1- Station de l'Oued Sebgag : aval**

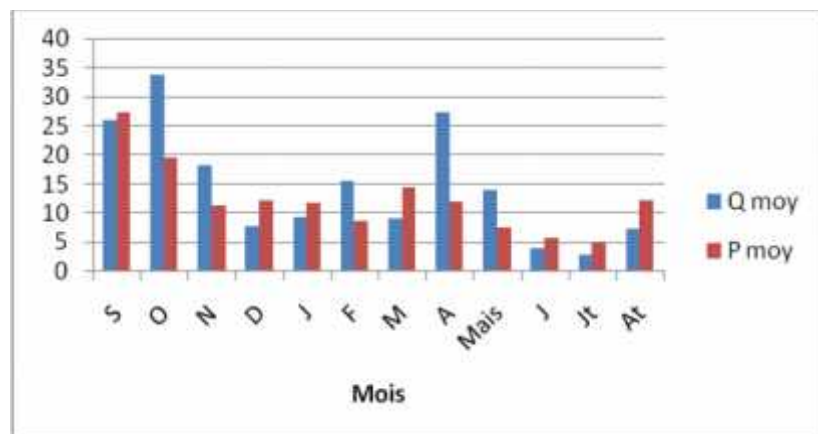
#### **a) Débits mensuels : (2005-2012)**

Les débits sont généralement variables avec un régime très irrégulier au cours de l'année, on remarque deux maxima en automne et en printemps liés aux averses pluviales très fréquentes en ces deux saisons.

**Tableau N° 26 : Moyennes mensuelles interannuelles des débits (m3/s) (ANRH Aflou 2005-2012).**

Année	S	O	N	D	J	F	M	A	Mai	J	Jt	At	Moy ann
<b>2005</b>	38,6	11	11,1	10	30,9	31,6	3,8	15,4	66,3	0	0	0	<b>18,23</b>
<b>2006</b>	0	0	0	15,4	0	16,5	0	28,5	0	0	0	0	<b>5,03</b>
<b>2007</b>	1,2	13,5	0	0	0	16,2	6	0	1,2	26	0	19,5	<b>6,97</b>
<b>2008</b>	41	67,3	0	13,8	26,5	12,5	13,7	1,7	0	0	0	0	<b>14,71</b>
<b>2009</b>	43	0	0	6,1	0	9,3	8,5	13,5	25	0	0	31,5	<b>11,41</b>
<b>2010</b>	0	41	0	0	0	10,8	0	65,5	0	0	0	0	<b>9,78</b>
<b>2011</b>	27,5	100,5	83,5	13	6,5	10,7	39,5	69	11	0,5	17	7,5	<b>32,18</b>
<b>2012</b>	57,5	36,8	51,2	4,7	11	17	2	25,6	8	5	6,5	0	<b>18,78</b>
<b>Moy</b>	26,1	33,76	18,23	7,88	9,36	15,6	9,19	27,4	13,94	3,94	2,94	7,31	14,63
	22,79	35,55	31,76	6,09	12,64	7,13	13,09	26,55	22,84	9,08	6,12	11,96	
<b>CV</b>	0,873	1,053	1,742	0,77	1,351	0,46	1,424	0,969	1,639	2,3	2,08	1,636	

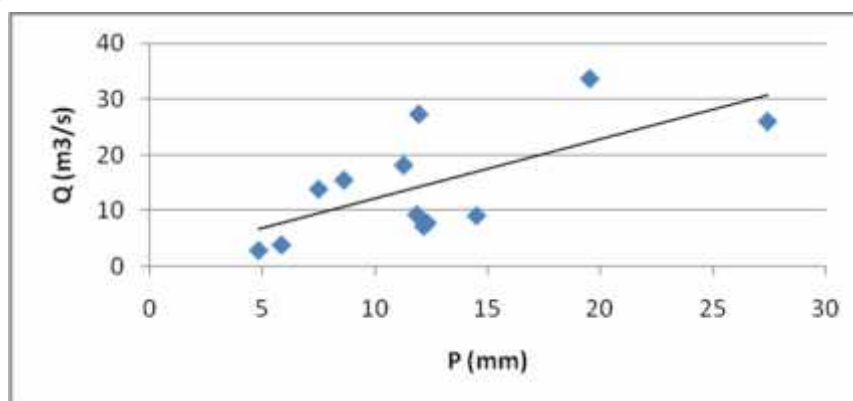
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	Mais	J	Jt	At
<b>P moy</b>	27,39	19,51	11,26	12,3	11,84	8,61	14,49	11,93	7,49	5,84	4,83	12,15
<b>Q moy</b>	26,1	33,76	18,23	7,88	9,36	15,58	9,19	27,4	13,94	3,94	2,94	7,31



**Fig. N° 33: Variation des Moyennes mensuelles interannuelles des débits (m<sup>3</sup>/s) (2005-2012).**

**a-1) Variation mensuelle des débits en fonction des précipitations**

D'après cette analyse, on constate une relation moyenne entre les précipitations et le régime des débits. L'équation de régression est :  $Q = 1,071 P + 1,450$  (Figure N°34) avec un coefficient de corrélation  $R = 0,67$



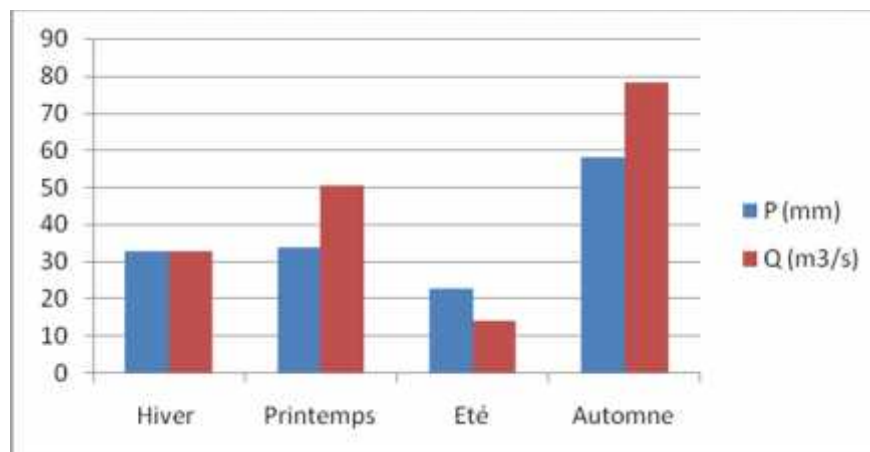
**Fig. N° 34 : Variation mensuelle des débits en fonction des précipitations.**

**a-2) Les variations saisonnières des débits :**

Le tableau 28 montre la répartition saisonnière des débits durant la période 2005-2012

**Tableau N° 27 : variations saisonnières des débits**

	Hiver	Printemps	Eté	Automne
P (mm)	32,75	33,91	22,82	58,16
Q (m <sup>3</sup> /s)	32,82	50,53	14,19	78,09



**Fig. N° 35 : Variation saisonnière des débits moyens mensuels et des précipitations moyennes mensuelles de l'Oued Sebgag.**

La distribution saisonnière des débits (**figure N°35**) montre, que c'est l'automne suivit du printemps que s'effectuent l'essentiel des écoulements, cela s'explique par la présence des pluies orageuses durant ces deux saisons.

#### **b) Etude des débits moyens annuels (Tableau N° 26)**

L'écoulement moyen annuel ou l'abondance annuelle est une notion fondamentale en hydrologie. C'est le volume d'eau écoulé en 365 jours à la sortie d'un bassin.

Le module brut ou absolu est généralement exprimé en (m<sup>3</sup>/s) et le module spécifique se traduit en (L/s/Km<sup>2</sup>).

Nous disposons de série de données hydrométriques représentant 19 ans d'observations

#### **b-1) Variation des débits annuels moyens bruts (m<sup>3</sup>/s)**

Le régime annuel est très irrégulier d'une année à l'autre, il apparaît que, durant plusieurs années la majeure partie des débits moyens annuels est inférieure au débit moyen interannuel. Les variations annuelles des modules portées **sur la figure N° 36** montrent que le débit moyen est de l'ordre de **0,71 m<sup>3</sup>/s**, débit relativement élevé qui peut s'expliquer par l'existence de crues très importantes durant les années 1985/86 et 1992/93.

Tableau N° 28 : Débit moyen annuels de l'oued Sebgag (ANRH Aflou)

Bassin	Oued Sebgag	
Station	Sebgag	
Année	Q (m <sup>3</sup> /s)	q (l/s/Km <sup>2</sup> )
1979/1980	0.000	0
1980/1981	1.467	1.71
1981/1982	0.949	1.10
1982/1983	0.219	0.25
1983/1984	0.000	0
1984/1985	0.416	0.48
1985/1986	1.800	2.09
1986/1987	0.510	0.59
1987/1988	0.036	0.04
1988/1989	0.566	0.66
1990/1991	0.659	0.77
1991/1992	0.859	1.00
1992/1993	1.504	1.75
1993/1994	0.355	0.41
1994/1995	0.000	0
1995/1996	0.000	0
1996/1997	0.109	0.13
1997/1998	1.056	1.23
1998/1999	0.080	0.09
<b>Moyenne</b>	<b>0.71</b>	<b>0.82</b>
<b>Ecart type</b>	<b>0.56</b>	<b>0.65</b>
<b>Cv</b>	<b>0.79</b>	<b>0.79</b>

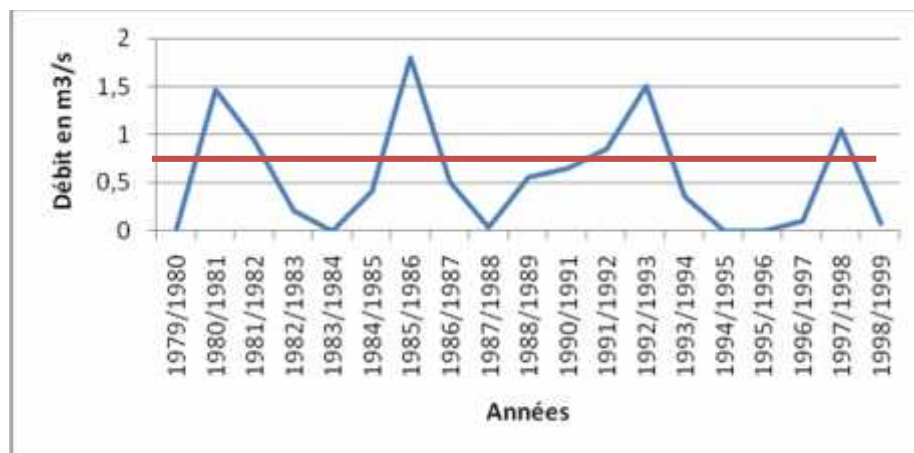


Fig. N° 36 : Variations interannuelles des modules de l'Oued Sebgag

**b-2) Coefficient d'immodération :**

Le coefficient d'immodération est élevé avec une valeur égale à 50 ce qui explique l'importance des fluctuations des modules et les valeurs de l'hydraulicité durant cette période.

**b-3) Coefficients de variation**

La variation inter annuelle peut être aussi précisée par le coefficient de variation. La valeur du coefficient de variation est élevée et présente une valeur de 0,79. Ceci est lié à l'alimentation pluviale irrégulière du cours d'eau.

**Tableau N° 29 : Valeurs caractéristiques des modules au niveau de Bassin Versant**

Station	Moyenne (m <sup>3</sup> /s)	Max (m <sup>3</sup> /s) (Année)	Min (m <sup>3</sup> /s) (Année)	Nombre d'Année > moyenne	Coefficient Immodération R=Q <sub>M</sub> /Q <sub>m</sub>	Coefficient de variation
Sebgag	0.71	1.800 (85 /86)	0.036 (87 /88)	6 sur 15	50.00	0.79

**c) Variations des débits annuels moyens spécifiques (l/s/Km<sup>2</sup>)**

L'abondance spécifique des bassins varie d'une part en fonction de la distribution des précipitations et d'autre part en fonction des caractéristiques physiographiques de chaque bassin, à savoir la lithologie, le couvert végétal. C'est donc un élément purement géographique.

**Tableau N° 30 : Débits spécifiques et lame d'eau écoulée**

Bassin	Cours d'eau	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (l/s/Km <sup>2</sup> )	E (mm)
Sebgag	Oued Sebgag	0.71	0.82	<b>26.06</b>

Q : module annuel (m<sup>3</sup>/s) ;

q : débit spécifique (l/s/Km<sup>2</sup>) ;

E : lame d'eau écoulée (mm)

Le bassin versant de l'Oued sebgag leur débit spécifique est 0.82 l/s/Km<sup>2</sup> équivalent à une lame d'eau écoulée de 26.06 mm.

**d) L'irrégularité interannuelle des modules et leur répartition statistique :**

C'est le rapport du débit d'une année particulière Q<sub>i</sub> au débit moyen d'une longue série d'observation (Q<sub>moy</sub>), peut être calculé par les variations de l'hydraulicité c'est-à-dire le rapport du débit d'une année particulière Q<sub>i</sub> au débit moyenne d'une série d'observation (Q<sub>moy</sub>).

**e) L'hydraulicité :**

L'étude de la variation des débits moyens annuels et la distinction entre les différents régimes des cours d'eau s'effectue par l'évaluation d'un coefficient k<sub>i</sub> appelé coefficient de débit. Il correspond au rapport débit moyen annuel en m<sup>3</sup>/s au débit moyen inter-annuel.

Ce coefficient k<sub>i</sub> appelé aussi coefficient d'hydraulicité peut avoir les valeurs suivantes :

K<sub>i</sub> > 1 pour caractériser une année humide.

K<sub>i</sub> = 1 pour caractériser une année moyenne.

K<sub>i</sub> < 1 pour caractériser une année sèche.

Dans le **tableau N°29** nous avons présenté les valeurs de l'hydraulicité calculée durant les 19 années. L'analyse de ce tableau, montre que les années de faible hydraulicité ( $Q_i/Q_{moy}$ ) sont les plus prépondérantes. En effet, plus de 50% des années hydrologiques sont déficitaires. Ce fait confirme l'hypothèse formulée au chapitre II quant à la tendance climatique « sèche » de ces deux dernières décennies. Certaines valeurs sont élevées, conséquence aux fortes crues de saison froide qu'avaient connue ces bassins.

L'évolution de l'hydraulicité mise en évidence par le graphique correspondant (**Figure N° 37**) montre des fluctuations des débits d'une année à l'autre, ce qui témoigne de l'irrégularité de l'écoulement, qui est liée à l'alimentation essentiellement pluviale irrégulière des cours d'eau.

Nous remarquons une forte hydraulicité durant les années 1981/1981, 1985/1986 et 1992/1993 dû à des excédents pluviométriques relativement remarquables.

**Tableau N° 31 : Hydraulicité de l'Oued Seb gag**

<b>Bassin</b>	<b>Seb gag</b>		
<b>Station</b>	<b>Seb gag</b>		
<b>Année</b>	<b>Q</b>	<b>Ki = <math>Q_i / Q_m</math></b>	<b>Variations annuelles</b>
1979/1980	0.000	0.00	<b>Sèche</b>
1980/1981	1.467	2.066	Humide
1981/1982	0.949	1.337	Humide
1982/1983	0.219	0.308	<b>Sèche</b>
1983/1984	0.000	0	<b>sèche</b>
1984/1985	0.416	0.586	<b>sèche</b>
1985/1986	<b>1.800</b>	<b>2.535</b>	Humide
1986/1987	0.510	0.718	<b>sèche</b>
1987/1988	<b>0.036</b>	<b>0.050</b>	<b>sèche</b>
1988/1989	0.566	0.797	<b>sèche</b>
1990/1991	0.659	0.928	<b>sèche</b>
1991/1992	0.859	1.21	Humide
1992/1993	1.504	2.118	Humide
1993/1994	0.355	0.500	<b>sèche</b>
1994/1995	0.000	0	<b>sèche</b>
1995/1996	0.000	0	<b>sèche</b>
1996/1997	0.109	0.154	<b>sèche</b>
1997/1998	1.056	0.418	<b>sèche</b>
1998/1999	0.080	0.113	<b>sèche</b>

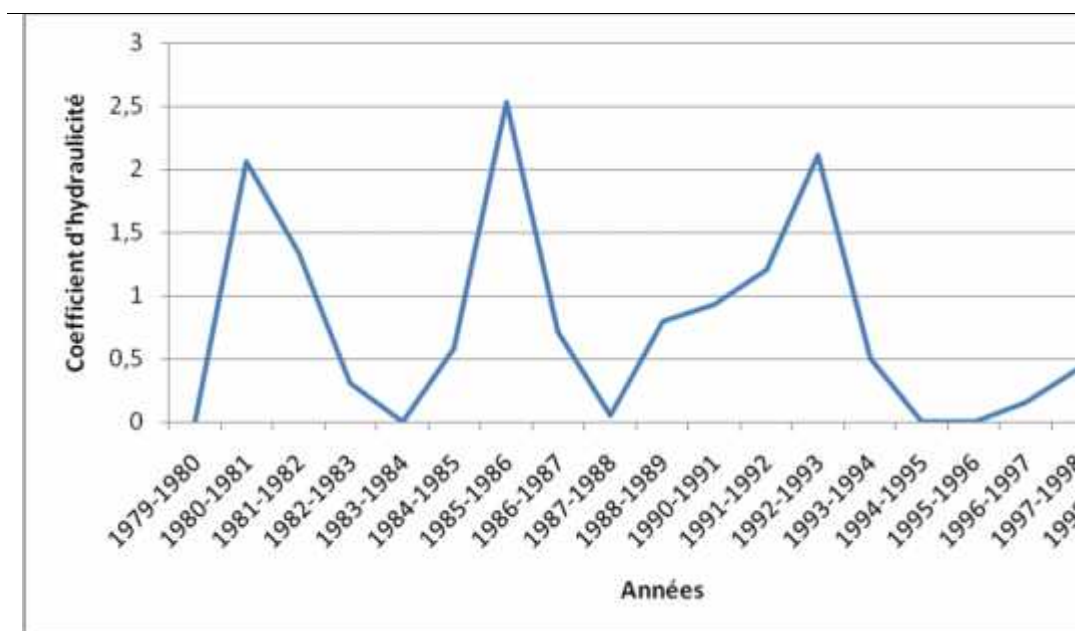


Fig. N° 37 : Evolution du coefficient d'hydraulicité

### 3) Bilan moyen annuel de l'écoulement

Le bilan moyen annuel de l'écoulement est exprimé par la hauteur d'eau (P) précipitée dans le bassin en (mm) et par la lame d'eau écoulee équivalente (E) (mm).

La différence de ces deux notions P-E donne le déficit moyen annuel de l'écoulement (D) en (mm). Le rapport E / P correspond au coefficient moyen annuel de l'écoulement (C).

Station	P	E	D	C %
Sebgag	118	26,06	91.94	22.08

L'étude du déficit montre le terme du bilan hydrologique  $D = P - E$ . Cette différence correspond à la hauteur d'eau reçue par le bassin en période considérée et l'écoulement dans l'oued de ce même bassin pendant cette même période.

Le bassin versant de l'Oued Sebgag présente une lame d'eau écoulee moyenne par rapport à la hauteur pluviométrique, qui se traduit par une forte évaporation.

Le déficit moyen annuel de l'écoulement enregistré au niveau reste relativement élevé (91.94 mm). Le coefficient moyen annuel de l'écoulement C, ne représente que 22.08 % d'eau, le reste est repris par l'évapotranspiration E.

#### 4) Etude Statistique des débits moyens annuels (1980/1981 -1998/1999) :

L'analyse fréquentielle des débits moyens annuels, présente un grand intérêt dans l'élaboration des projets d'aménagements hydrauliques. Dans ce travail, nous essayons de trouver une loi d'ajustement de la distribution des débits annuels.

##### a) Caractéristiques de l'échantillonnage.

La première opération consiste à la caractérisation de l'échantillon qui permet de se familiariser avec les données à étudier, les indicateurs qui décrivent les séries statistiques peuvent être classés en trois catégories.

- le premier indicateur informe sur la position des données telle que la moyenne arithmétique;
- la deuxième catégorie des indicateurs, renseignent sur la dispersion des données et leur niveau de regroupement autour de la moyenne à savoir, la variance, l'écart type et les valeurs extrêmes minimale et maximale ;
- la dernière catégorie d'indicateurs, caractérisant la forme de l'échantillon de données et regroupant un ensemble de coefficients tels que les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement. Ces indicateurs sont très utilisés en pratique et en particulier dans les études hydrologiques des cours d'eau.

Soit  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  un échantillon aléatoire de taille  $n$  issu d'une population de taille infinie, les caractéristiques empiriques de cette échantillon sont :

Moyenne arithmétique ou moment non centré d'ordre 1 :

Ecart type.

Variance.

Coefficient de variation ou écart relatif :

Le test graphique montre que les débits moyens annuels s'ajustent bien à la loi de normale à un seuil de probabilité égale à 0.05.

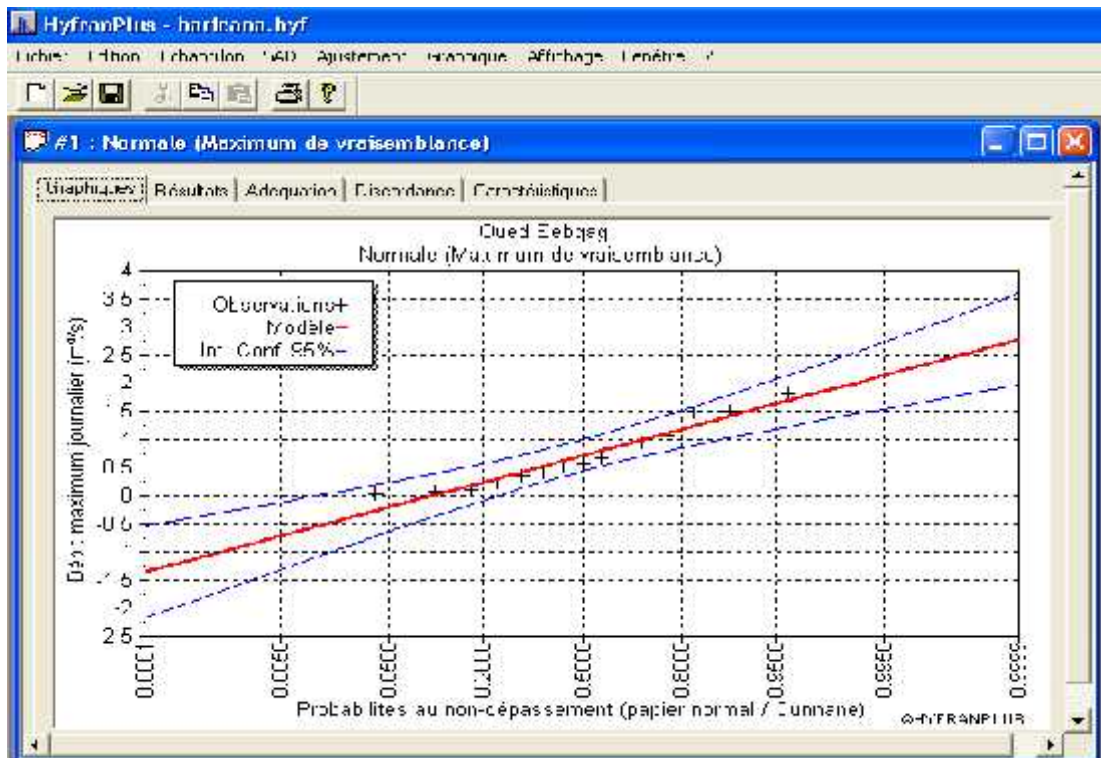


Figure N° 38 : Courbe enveloppe (loi normale)

Tableau N° 32 : Caractéristiques de l'échantillon.

	Caractéristiques de la population	Caractéristiques de l'échantillon
Nombre de données (n):		15
Minimum:	Aucun	0.0360
Maximum:	Aucun	1.80
Moyenne:	0.706	0.706
Ecart-type:	0.555	0.555
Médiane:	0.706	0.706
Coefficient de variation (CV):	0.787	0.787
Troncature inférieure (T <sub>inf</sub> ):	0.00	0.000
Coefficient d'aplatissement (K):	0.00	0.00

**Caractéristiques :**

- Nombre d'années : 15
- Moyenne : 0.706
- Ecart Type : 0.555
- Médiane : 0.706

Tableau N° 33 : Résultat de l'ajustement par la loi Normal

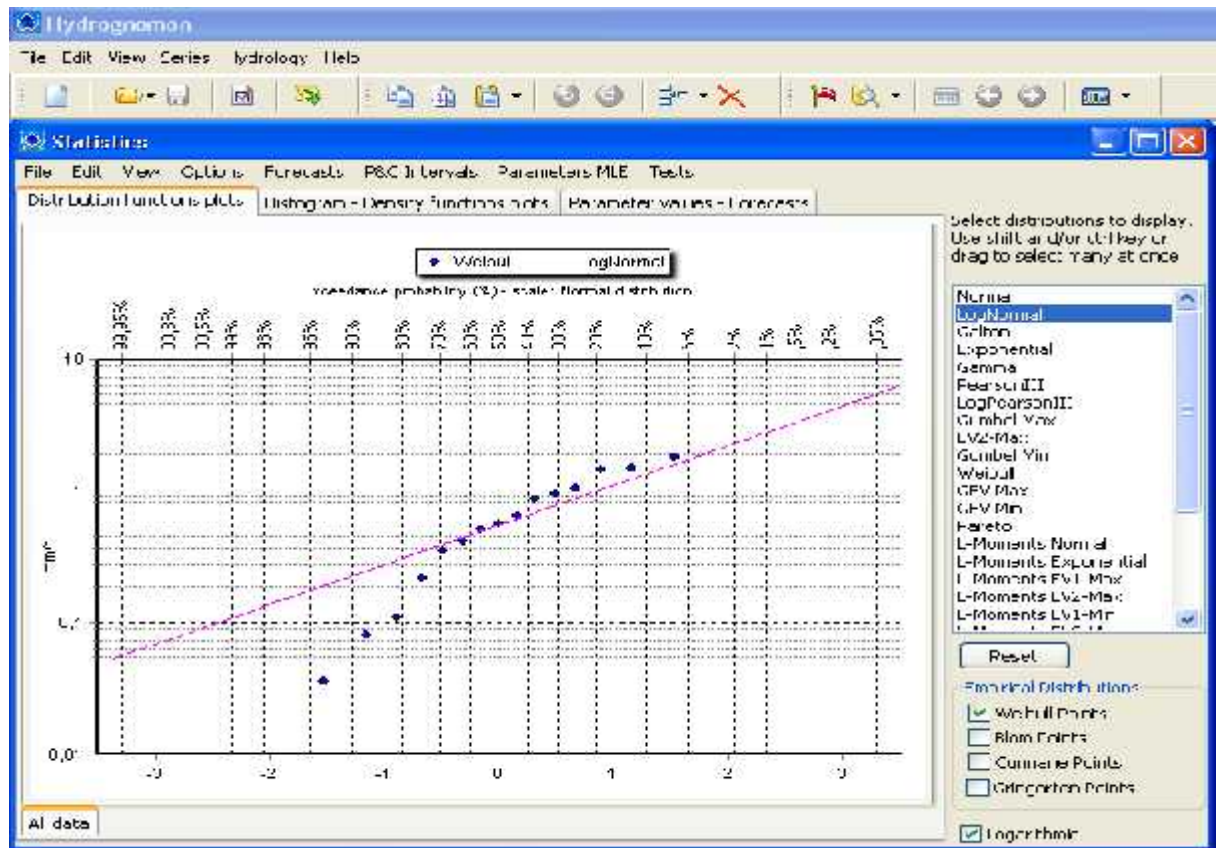
The screenshot shows the 'HyfranPlus - horisana.hyf' software interface. The main window is titled '#1 : Normale (Maximum de vraisemblance)'. It contains a menu bar with options like 'Fichiers', 'Edition', 'L'échantillon', 'SAL', 'Ajustement', 'Graphique', 'Affichage', and 'Fenêtre'. Below the menu is a toolbar with various icons. The main area is divided into several sections:

- Graphiques**: A tabbed interface with 'Résultats' selected.
- Print**: A field containing the file path 'C:\Program Files\MRS ETE-YFR&NRIIS\horisana.hyf' and a 'Taille' field set to '5'.
- Titre**: A field containing 'Oued Sebga'.
- Table**: A table with 5 columns: 'T', 'r', 'XT', 'Form type', and 'Intervalle de confiance'. It lists 14 rows of data.
- Paramètres estimés**: A section with input fields for 'mu' (0.706667) and 'sigma' (0.556400).
- Niveau de confiance**: A dropdown menu set to '95%'.
- Buttons**: 'OK' and 'Annuler' buttons at the bottom right.

The table data is as follows:

T	r	XT	Form type	Intervalle de confiance
10000.0	0.9999	2.77	0.416	1.96 - 3.85
2000.0	0.9995	2.53	0.374	1.80 - 3.27
1000.0	0.9990	2.42	0.355	1.73 - 3.12
200.0	0.9950	2.14	0.306	1.54 - 2.74
100.0	0.9900	2.00	0.283	1.41 - 2.55
50.0	0.9800	1.85	0.250	1.31 - 2.38
20.0	0.9500	1.62	0.222	1.18 - 2.08
10.0	0.9000	1.2	0.192	1.03 - 1.87
5.0	0.8000	1.17	0.168	0.913 - 1.50
3.0	0.6667	1.115	0.150	0.841 - 1.39
2.0	0.5000	1.077	0.141	0.825 - 1.317
1.4206	0.3000	0.913	0.134	0.719 - 0.916
1.2100	0.2000	0.833	0.160	0.7019 - 0.969

At the bottom left, there is a label 'r = Probabilité au non-dépassement'. At the bottom right, there is a label 'Ajuste période de retour' and a '1 d.a.' field.



L'ajustement selon la loi log – normale :

Fig. N° 39 : Ajustement des débits moyens annuels à une loi Log-Normale

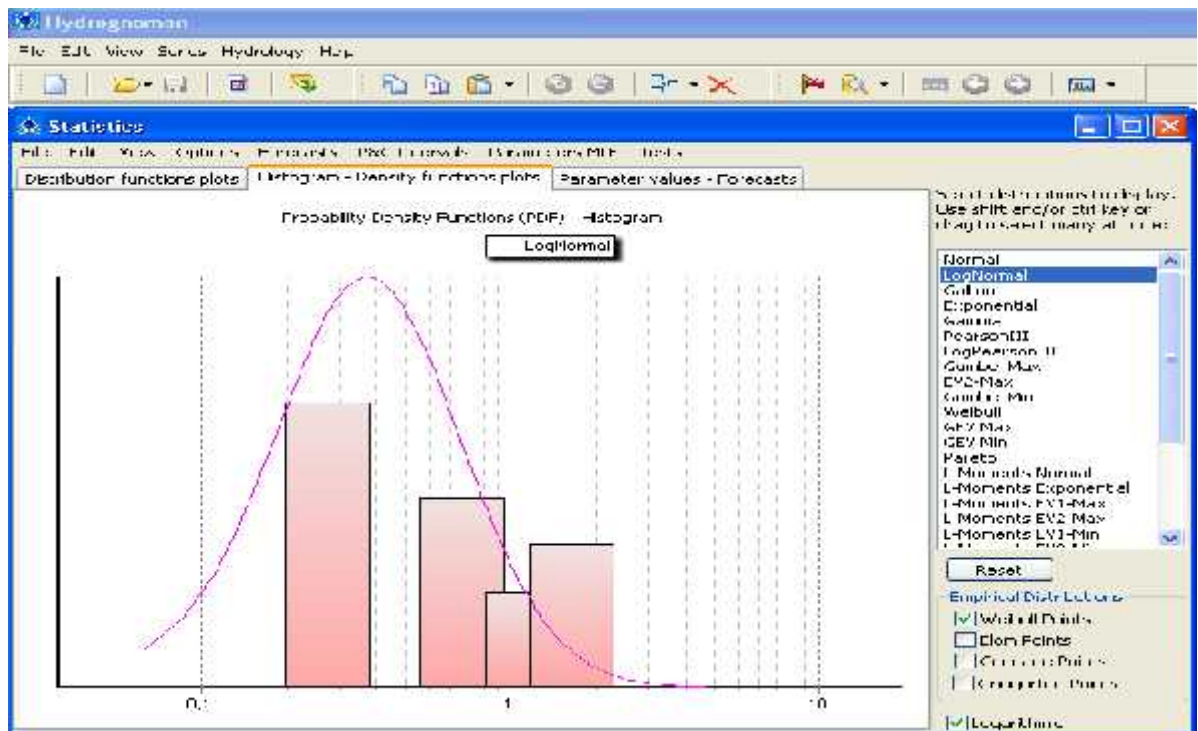


Fig. N° 40 : Histogramme selon la loi log normale



**5) CONSTRUCTION DES COURBES IDF :**

**a) Pluies de courtes durées de différentes fréquences et leurs intensités :**

Pour une période donnée (24 h) et une fréquence donnée, on peut estimer les pluies de courtes durées par la loi de BODY.

$$P\%(t) = P j\% (T/24)^b$$

**P%(t) :** Pluie fréquentielle de durée t.

**P j% :** Pluie journalière fréquentielle ;

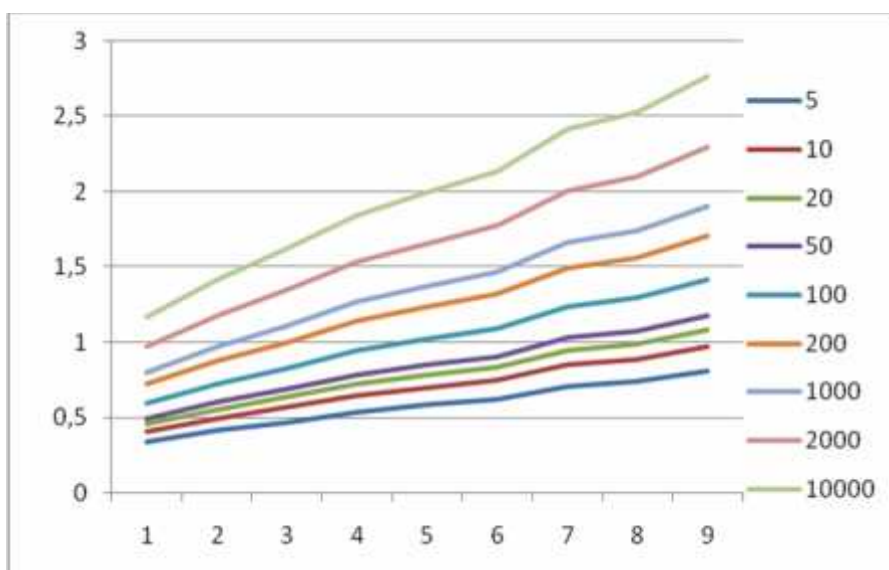
**T:** durée de l'averse ;

**b :** Exposant climatique **b = 0,27** (source ANRH AFLOU)

Les calculs ont donné les résultats suivant :

**Tableau N° 36 : Pluies de courtes durées pour différentes périodes de retour.**

Durée de l'averse (heure)	Période de Retour (An)								
	5	10	20	50	100	200	1000	2000	10000
<b>0.25</b>	0.341	0.414	0.472	0.539	0.583	0.624	0.706	0.738	0.808
<b>0.50</b>	0.411	0.499	0.570	0.650	0.703	0.752	0.851	0.890	0.974
<b>0.75</b>	0.459	0.557	0.636	0.726	0.785	0.840	0.949	0.992	1.087
<b>1</b>	0.496	0.602	0.687	0.784	0.848	0.907	1.026	1.073	1.174
<b>2</b>	0.598	0.726	0.828	0.946	1.022	1.094	1.237	1.293	1.416
<b>4</b>	0.721	0.875	0.999	1.140	1.233	1.319	1.492	1.560	1.707
<b>6</b>	0.805	0.977	1.114	1.272	1.375	1.472	1.664	1.740	1.905
<b>12</b>	0.970	1.177	1.343	1.534	1.659	1.775	2.010	2.100	2.297
<b>24</b>	1.170	1.420	1.620	1.850	2.000	2.140	2.420	2.530	2.770



**Fig. N° 41 : Courbes Hauteur -Durée (Station d'Aflou )**

L'intensité moyenne d'une averse s'exprime par le rapport entre la hauteur de pluie observée et la durée t de l'averse :

$$I_{\text{moy}} = H/t$$

Ou,  $I_{\text{moy}}$  : est l'intensité moyenne de la pluie (mm/h)

Au cours d'une même averse, l'intensité des précipitations varie à chaque instant suivant les caractéristiques météorologiques de celle-ci. Plutôt que de considérer l'averse entière et son intensité moyenne, on peut s'intéresser aux intensités observées sur des intervalles de temps au cours desquels on aura enregistré la plus grande hauteur de Pluie. On parle alors d'intensité maximale.

$$I_{\text{max}} = H_{\text{max}} / t$$

Ou,  $I_{\text{max}}$  : est l'intensité maximale de la pluie (mm/h) ; Cette notion d'averse est très importante en milieu urbain pour la détermination des débits des eaux pluviales et des petits bassins versants pour l'évaluation des débits de crues.

**Tableau N° 37 : Intensités maximales de durée t (h) et de période de retour T (ans).**

Durée de l'averse (heure)	Période de Retour (An)								
	5	10	20	50	100	200	1000	2000	10000
0.25	1,364	1,656	1,888	2,156	2,332	2,496	2,824	2,952	3,232
0.50	0,822	0,998	1,140	1,300	1,406	1,504	1,702	1,780	1,948
0.75	0,612	0,743	0,848	0,968	1,047	1,120	1,265	1,323	1,449
1	0,496	0,602	0,687	0,784	0,848	0,907	1,026	1,073	1,174
2	0,299	0,363	0,414	0,473	0,511	0,547	0,619	0,647	0,708
4	0,180	0,219	0,250	0,285	0,308	0,330	0,373	0,390	0,427
6	0,134	0,163	0,186	0,212	0,229	0,245	0,277	0,290	0,318
12	0,081	0,098	0,112	0,128	0,138	0,148	0,168	0,175	0,191
24	0,299	0,363	0,414	0,473	0,511	0,089	0,101	0,105	0,115

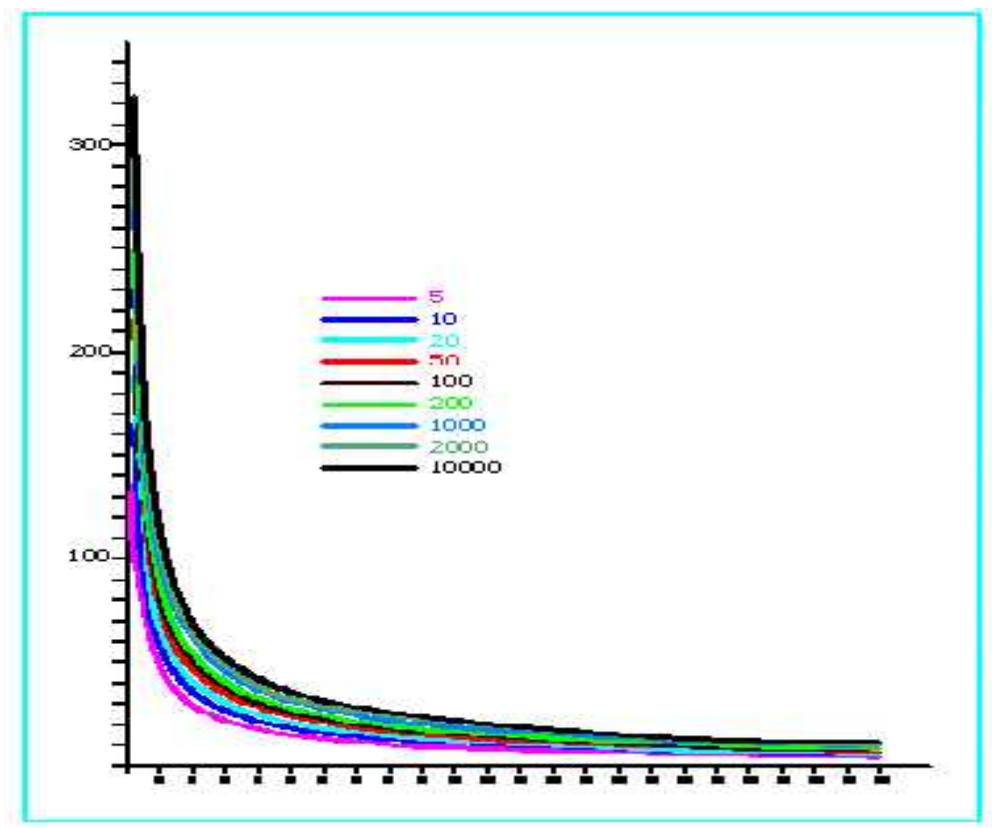


Fig. N°42: Courbes Hauteur -Durée (Station d'Aflou)

Courbes Intensité-Durée-Fréquence (Station de Ghardaïa) selon formule de Benour

**b) Construction des courbes IDF :**

Les courbes Intensité -Durée - Fréquence IDF sont construites dans le but de permettre, de synthétiser l'information pluviométrique au droit de la station représentative de la zone d'étude et, d'autre part de Calculer succinctement les débits de projet et d'estimer les débits de crue et des eaux pluviales tout en Définissant la pluie de projet de type uniforme caractérisée par une intensité constante pour toute sa Durée.

A partir des résultats obtenus au tableau précédent, il est alors possible de les représenter graphiquement dans le but de tracer les courbes IDF pour les temps de retour 2, 5, 10, 20, 50, 100,1000, et 10000 ans.

On peut conclure que dans le tableau suivant les pluies journalières maximales fréquentielles

**Tableau N° 38 : Pluie maximale journalière fréquentielle, Station Sebga**

Période de Retour (An)	10	20	50	100
Pmaxj (mm)	49.01	63.29	84.80	94.61

**c) Pluies de courtes durées et courbes HDF-IDF**

Pour mieux caractériser l'écoulement fluvial extrême ayant trait aux crues, il faut descendre à l'échelle des pluies horaires pour une analyse complète des phénomènes avers-crues, dans le bassin.

L'estimation des pluies de courtes durées par dépouillement et calage de la pluviométrie locale n'est pas possible en raison d'insuffisance de données. Donc en l'absence des données suffisantes, des formules empiriques pour l'estimation des pluies de courte durée sont utilisées.

**d) Pluies de courtes durées selon la formule de Bennour (1993)**

Bennour (1993) utilise une relation « développée pour les régions sahariennes », donnant la hauteur de pluie de fréquence donnée pour une durée donnée:

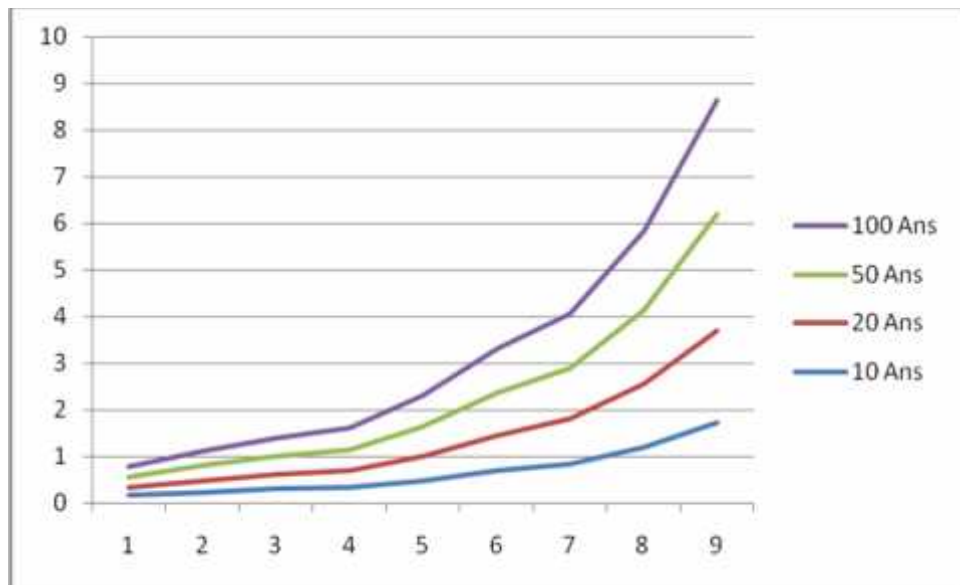
$$P_{t,p\%} = P_{\max j,p\%} * 0.55 * t^{0.25}$$

$P_{\max j,p\%}$  : Pluie maximale journalière de probabilité donnée ;

$P_{t,p\%}$  : Pluie de courte durée de probabilité donnée ;

$t$  : est la durée en heure.

Les hauteurs et les intensités de pluies de courtes durées obtenues par application de la formule de Bennour.



**Fig. N° 43 : Courbes Hauteur-Durée-Fréquence selon la formule de Bennour.**

**e)Hydrogramme de Crue**

On appelle « Hydrogramme » la représentation graphique du débits instantané , en un point du cours d'eau ,en fonction du temps.

Cette courbe représente la somme du débit de base  $Q_b$  et du débit directe ou écoulement direct , ou ruissellement direct  $Q_d$ .

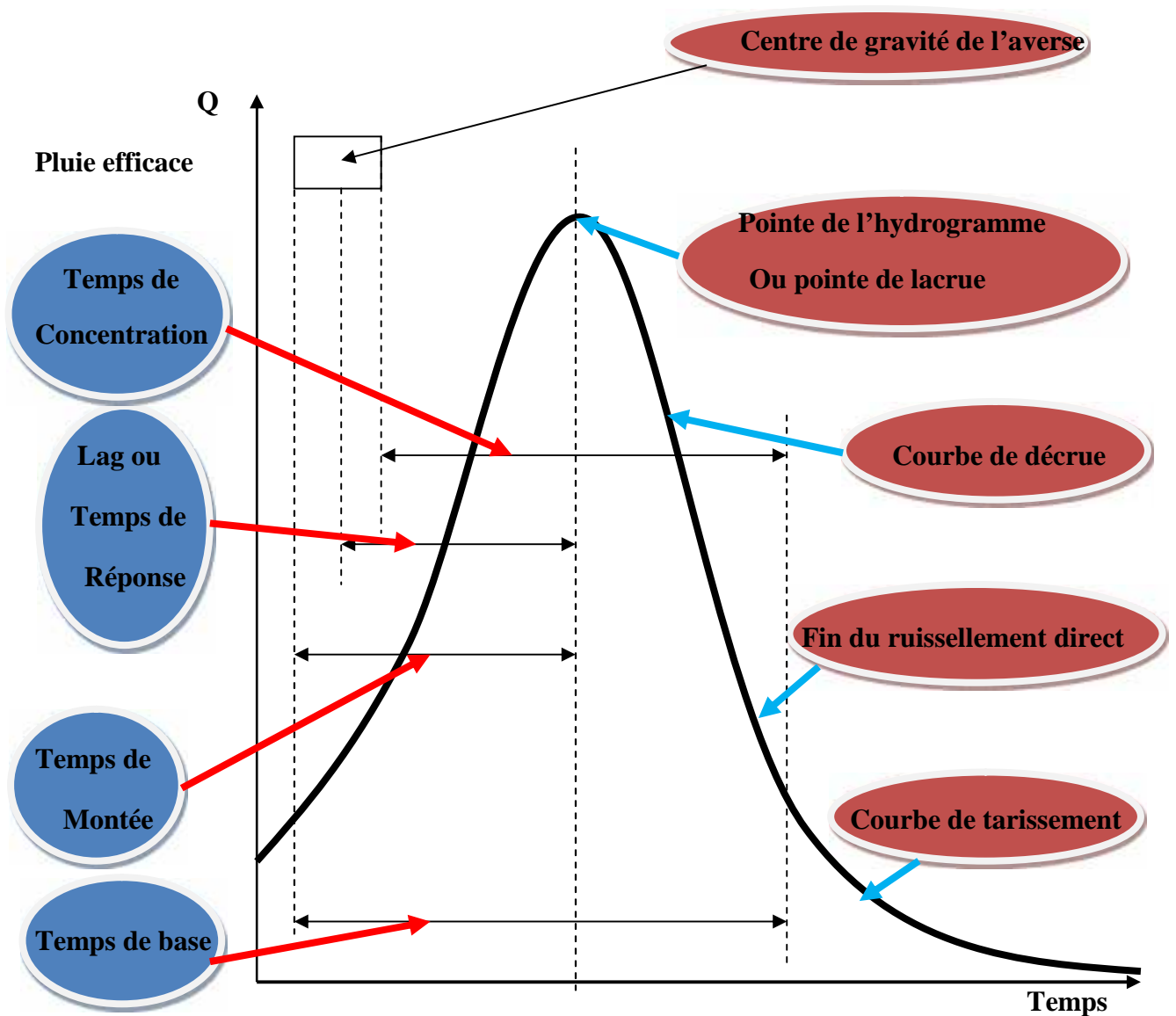


Fig. N° 44 : Présentation de hydrogramme

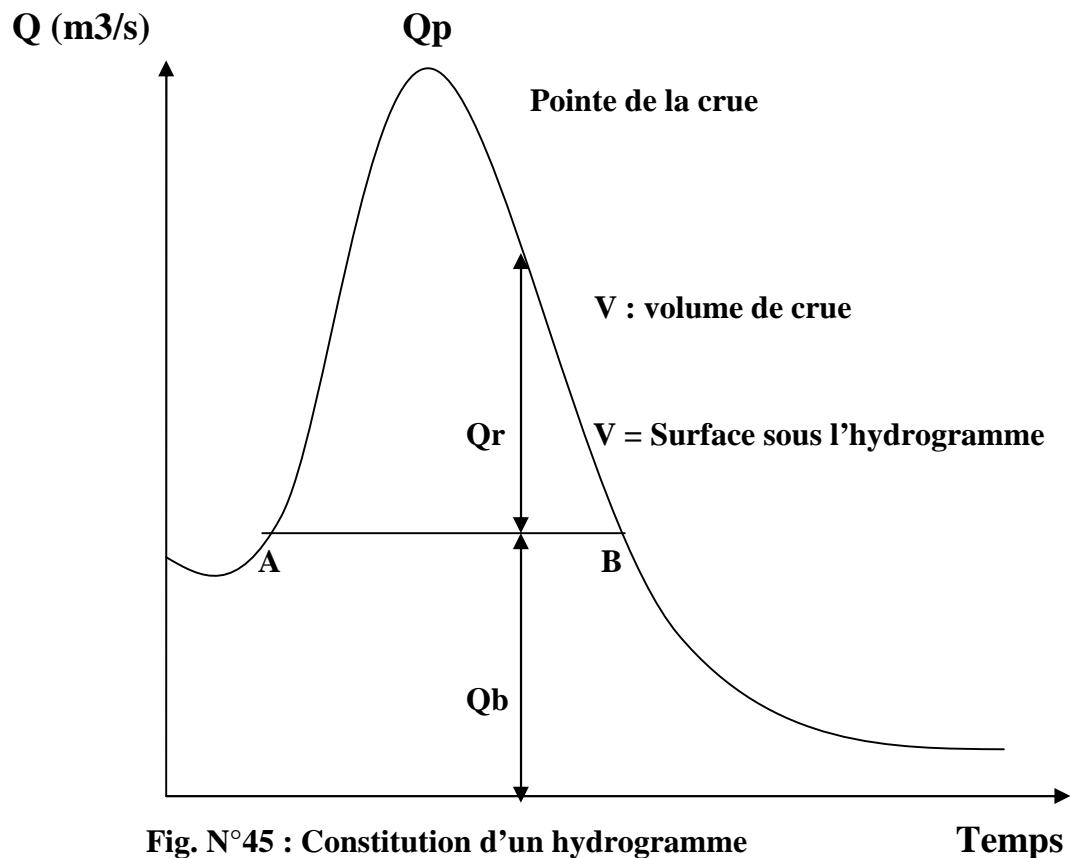


Fig. N°45 : Constitution d'un hydrogramme

Il nous donne les caractéristiques principales de la crue :

- 1- La forme de la crue
- 2- Le volume de la crue
- 3- La durée de la crue
- 4- Le débit maximum de la crue (débit de pointe)

### 6) Etude des crues :

Plusieurs méthodes ont été développées pour déterminer le débit ( $Q_p$ ) et  $V$ . On exposera quelques unes.

#### a) Formule d'ISKOVSKI :

$$Q_{\max} = n \cdot m \cdot \bar{P} \cdot A$$

Ou :  $Q_{\max}$  : Débit maximal (m³/s)

$\bar{P}$  : Précipitation moyenne interannuelle.

A : Surface du Bassin Versant.

n : Coefficient caractérisant la morphologie du bassin versant et le type de sol (n=0.082)

m : Coefficient variant de 10 à 1 suivant l'étendue du bassin versant (m=6.87)

**b)Formule de Mallet - GAUTHIER:**

Celle ayant donné les meilleurs résultats est dite de MALLET – GAUTHIER. Nous avons pour le calcul de la crue centennale :

$$Q_{max} = 2 k \log (1 + 20H) S \frac{\sqrt{1 + 4 \log T - \log S}}{\sqrt{L}}$$

Le coefficient k dépend des caractéristiques topographiques et climatologiques des terrains.

K : Constante comprise 1-3

H : Précipitation moyenne interannuelle (m)

S : Surface de Bassin Versant (km)

L : Longueur du talweg principale (km)

T : période de retour

**c)Formule de TURAZZA:**

$$Q_{max} = \frac{C.I.A}{3.6}$$

A : surface de bassin versant (Km<sup>2</sup>)

i : Intensité moyenne maximale des précipitations pendant une durée égale temps de concentration (mm/h)

C : coefficient de ruissellement de la crue considérée pour P% , il dépend de la probabilité de la crue

- C varie entre 0.6 et 0.8
- Crue décennale c = 0.6
- Crue centennale c = 0.7
- Crue millénaire c = 0.8

**d)Formule de SOKOLOVSKY:**

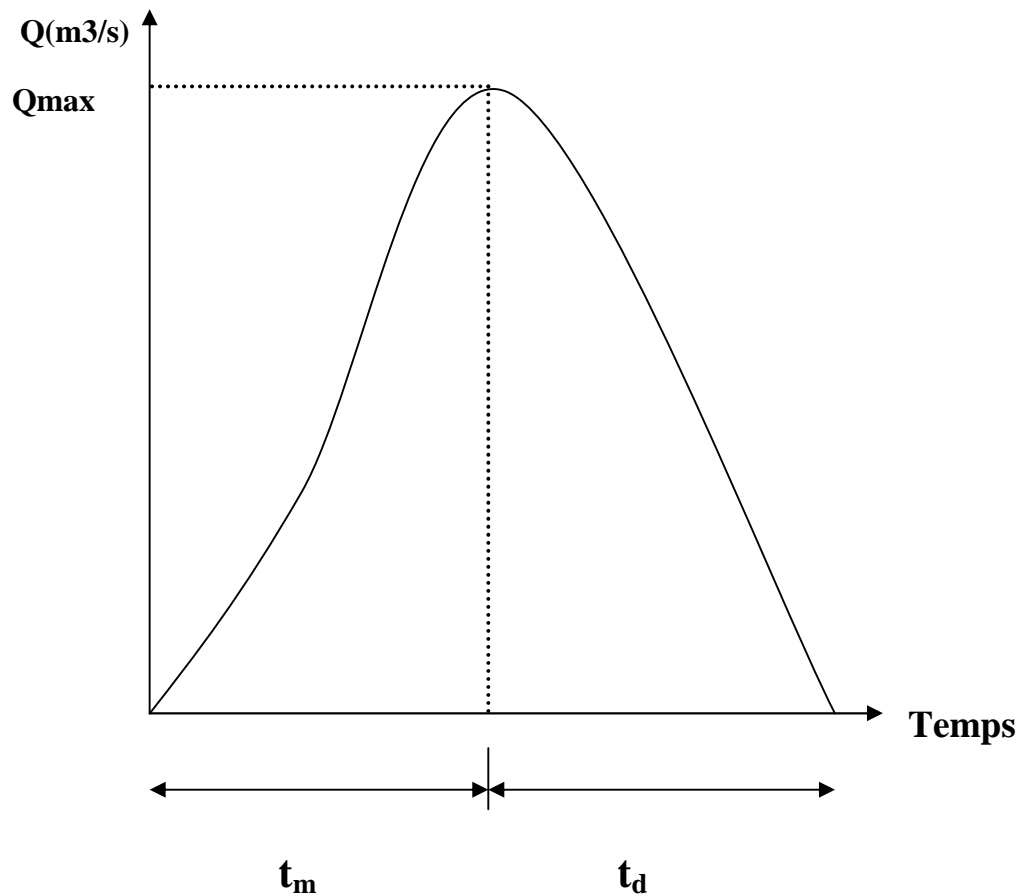
SOKOLOVSKY considéré que l'Hydrogramme de crue présente 2 branches de courbe, l'une pour la montée, l'autre pour la décrue, chacune d'elle ayant sa propre équation.

**Montée :**

$$Q_t = Q_{max} (t/t_m)^2$$

**Décrue**

$$Q_t = Q_{max} (t_d - t/td)^3$$



Où

$t_m$  : est le temps de montée de la crue, qui selon Sokolovsky, peut être égal au temps de concentration  $t_c$ .

$$t_d = * t_m$$

: étant un coefficient qui est fonction de la taille du bassin versant et de la perméabilité du sol, et a pour valeurs :

- = 2 : pour les bassins versants dont la superficie est inférieure à  $5 \text{ km}^2$ .
- = 2 à 3 : pour les bassins versants non boisés.
- = 3 à 4 : pour les grands bassins versants boisés et perméables.

Pour le bassin versant de l'Oued Sebgag, prend une valeur de 3.

**e) Temps de concentration du bassin Versant  $t_c$ :**

Le temps de concentration  $t_c$ , des eaux sur un bassin versant se définit comme le maximum de durée nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point du bassin et l'exutoire de ce dernier. C'est le temps que met la particule d'eau la plus éloignée pour arriver à l'exutoire.

Théoriquement on estime que  $t_c$  est la durée comprise entre la fin de la pluie nette et la fin du Ruissellement Pratiquement le temps de concentration peut être déduit de mesures sur le terrain ou s'estimer à l'aide de formules le plus souvent empiriques.

**f) Formule de California**

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

T<sub>c</sub> : temps de concentration du bassin versant (h)

L : longueur du thalweg principal (m)

H<sub>max</sub> : Altitude max du bassin versant (m)

H<sub>min</sub> : Altitude min du bassin versant (m)

$$T_m = T_c = 2.73 \text{ heure}$$

$$T_d = 8.19 \text{ heure}$$

Donc :  $t_d = 3 \times 2.73$

**Tableau N°39 : Calcul des débits maximaux**

Formules	Q max	Observation
Mallet - GAUTHIER:	858.380	Période de retour 10 ans
	931.63	Période de retour 50 ans
	1170.65	Période de retour 100 ans
TURAZZA	700.915	

## Conclusion Générale

Géographiquement l'Atlas Saharien est considéré comme le domaine de transition entre le domaine des Hauts Plateaux au Nord et le domaine saharien au Sud. L'Atlas Saharien est une chaîne montagneuse intracontinentale orientée SW-NE, dans son ensemble elle est constituée par la succession de chaînes montagneuses de direction SW au NE on a : Mont de Ksour, Mont de Djebel Amour, Mont des Ouled Nail. Au niveau de la région d'étude ces montagnes sont caractérisées par des crêtes qui atteignent en moyenne 1400 à 1500m; les altitudes maximum près d'Aflou s'élèvent à 1721m (Djebel Guern Arif), 1707m (Djebel Sid Okba) et 1583m (Djebel Zlag ).

Du point de vue lithostratigraphique le Portlandien comporte un ensemble lithologique de nature marno-calcaire à dominance marine qui repose sur une série à dépôts continentaux.

Le Crétacé débute par une puissante série gréseuse, correspondant à une sédimentation continentale (stratification entrecroisée) et se termine par une formation marine qui constitue des marnes et des calcaires du Cénomanién Turonien.

### Au plan climatique,

Les données disponibles intéressent cinq stations du secteur d'étude qui couvrent pratiquement la majeure partie du bassin versant L'étude climatologique montre que notre région fait partie des zones arides à semi arides est caractérisée par une faible pluviométrie avec une grande variabilité annuelle et interannuelle. Les moyennes annuelles des précipitations sont comprises entre 275,17 mm à Aflou et 126,7 mm à Gueltat Sidi Saad. La température moyenne interannuelle est de 13,63 °C.

La sécheresse, selon le diagramme ombrothermique de Gaussen, s'étend du début de mai jusqu'à la fin-octobre

Le calcul du bilan hydrologique montre que les deux méthodes : seule la méthode de Thornthwaite nous donne des valeurs acceptables :

L'ETR est de l'ordre 238,63 mm soit 71,61 % des précipitations et que l'infiltration est de l'ordre de 22,10 % soit 73,64 mm, le ruissellement ne représente que 20,97 mm, soit 6,29 % des précipitations.

L'étude morphométrique : nous a permis de conclure que le bassin versant de la haute vallée de Sebgag est un bassin allongé avec un coefficient de compacité de Gravilius  $K_c = 1,38$  ce qui implique l'existence d'une érosion importante au niveau du bassin.

L'étude de la courbe hypsométrique montre que l'altitude moyenne est de 1350 m et l'altitude la plus fréquente est de 1300 à 1400 m et que les montagnes représentent 4,7 % de la superficie totale du bassin versant, Un plateau intermédiaire dont la surface représente 94,8 % de la superficie totale et une vallée encaissée de 0,4 % de la surface totale.

L'étude hydrologique : Les difficultés rencontrées, lors de l'élaboration de cette partie sont liées en premier lieu, à l'indisponibilité des données spatiales et hydrologiques et la manque des stations de jaugeage.

Pour notre région l'hydrologie reflète un régime d'écoulement irrégulier lié à l'irrégularité du régime pluvial. Les crues sont particulièrement dues aux averses très fréquentes à la fin du printemps et au début d'automne.

Enfin nous recommandons, pour mieux cerner les problèmes hydro-climatologiques, il est souhaitable d'installer des stations météorologiques et hydrométriques, sur l'ensemble du bassin ce qui permet de mieux préciser les différents paramètres hydroclimatiques..

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- **Abderrazak BOUANANI** : Hydrologie, Transport solide et modélisation  
Etude de quelques sous bassins de la Tafna  
(NW – Algérie)
- 2- **A.N.R.H** : Données climatologique du station d'Aflou
- 3- **DJAID FATIMA ; SAFI ALIA** : faisabilité et conception d'une retenue au  
niveau de la Haute vallée de l'oued Sebgag (Dj-Amour , Atlas Saharien central)  
« Wilaya de Laghouat » , Thèse de université de Laghouat
- 4- Elément d'hydrologie de surface « **Par J.P. LABORDE** » Professeur à l'Université  
de Nice - Sophia Antipolis.
- 5- Hydrologie et d'hydrogéologie « **par MERRIEN-SOUKATCHOFF** » école de  
Mine de Nancy Année universitaire 2003/2004
- 6- **INITIATION A L'HYDROLOGIE DE SURFACE : « COURS »** par  
Abdelwaheb SARI AHMED maitre de conférences Associe Université de Bab Ezzouar  
Alger (2 eme édition 2009).
- 7- **LAIDI EL HADI ; ZITTOUT AISSA** : Etude de faisabilité du barrage khneg  
Sidi Brahim « Wilaya de Laghouat » , Thèse de université de Laghouat
- 8- **MADANI STAMBOUL** : « 1983 » Contribution à l'échelle Hydrogéologique de  
la haute vallée de Oued Sebgag du Djebel Amour « Thèse de université d'Oran ».
- 9- **MADANI STAMBOUL** : « 1984 » Résultat préliminaire sur l'étude géologique  
et Hydrologique de la région de Sebgag 4<sup>ème</sup> semaine des sciences de la terre ALGER
- 10- **MADANI STAMBOUL** : « Contribution à l'échelle hydrogéologique de  
l'atlas saharien » thèse présent en vue de l'obtention du grade de docteur et science.
- 11- **Mr MEHAIGUENE MADJID** : Bilan hydrologique et ressources en eau  
de surface du bassin Cheliff-Zahrez
- 12- **Professeur André Muzy** : Cours en Hydrologie Générale
- 13- **TOUABIA.B** : Cours Magistral d'hydrologie .ENSH . Blida .Algérie.
- 14- **Logiciels** :  
Logiciel : Hydro gnomon  
Logiciel : Hydrlab