



N°Réf :

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf de Mila

Institut des Sciences et de Technologie

Département de sciences et Technique

**Projet de Fin d'Etude préparé En vue de l'obtention du diplôme
LICENCE ACADEMIQUE
En Hydraulique
Spécialité : Sciences Hydrauliques**

Thème :

**Caractéristiques Hydro-Climatologique du sous-
bassin versant d'oued el kaim-Mila.**

Préparé par :

-Khellaf Skandar

-Bouhoun Mehdi

-Ferhi Laid

Dirigé par :

Mr : Kemoukh Sami

Année Universitaire : 2014/2015

Remerciement

Nous remercions en premier lieu ; notre dieu qui a éclairé nos itinéraire du savoir, de nous avoir donné la force et la patience de terminer ce travail.

Nous tenons à remercier chaleureusement nos rapporteur, Monsieur le professeur KAMOUKH SAMI qui a accepté de diriger ce travail, nous lui exprime ici toute nos gratitude ; nous tenons à remercier votre encadrement et votre bienveillance pendant ce travail.

L'attention, le respect et le professionnalisme de tous les membres de l'équipe des enseignants ont contribué à ce qu'on acquiert de nouvelles habitudes, de bonnes conduites et du savoir.

Nous remercions les étudiants de la promotion 2015 du département Hydraulique.

DÉDICACE

Je dédie fruit de mon travail :

*Aux deux plus chère être dans ma vie,
ma mère et mon père.*

A mes soeurs et mes frères.

A toute la famille DERRADJI,

*KHELLAF
bouhounET ferhi*

A tout mes amis.

A tout mes collègues de la promotion 3ème année

Sommaire

Introduction Générale	2
CHAPITRE 01 CADRE MORPHOLOGIQUE	
I. Introduction	4
I-2 Caractéristiques morphologiques du sous-bassin versant d'Oued El Kaïm.....	4
I-2-1 Situation géographique du sous-bassin versant d'Oued El Kaïm....	4
I-2-2 Paramètres du sous-bassin versant	6
I-2-2-1 Paramètres physiques	6
I-2-2-1-1 La géologie	6
I-2-2-1-2 La végétation	6
I-2-2-2 Paramètres géométriques.....	6
I-2-2-2-1 Superficie	6
I-2-2-2-2 Périmètre	6
I-2-2-2-3 Indice de forme ou compacité (Indice de Grailuis).....	6
I-2-2-2-4 Rectangle équivalent	7
I-2-2-2-5 Longueur du talweg principal "Lp".....	7
I-2-2-3 Paramètres morphologiques	7
I-2-2-3-1 La densité de drainage "Dd"	7
I-2-2-3-2 Coefficient de torrencialité "Ct"	8
I-2-2-3-3 Temps de concentration "Tc"	8
I-2-2-3-4 La vitesse d'écoulement de l'eau "Ve"	8
CHAPITRE 02 CADRE HYDROCLIMATOLOGIQUE	
II- Caractéristiques Climatiques.....	11
II.1.Pluviométrie.....	11
II-1.1 Pluviométrie Moyenne Annuelle	11
II-1.2 Pluviométrie Moyenne Mensuelle "P.M.M"	12
II-1.3 Pluviométrie Moyenne Saisonnière "P.M.S"	13
II. 2 La température	13
II-3 Relation précipitation- température (Graphe Ombro-Thermique)	15
II-4 L'Humidité	16
II-5 L'Aridité	18
II-6 Le vent	18
II-7 L'évaporation	18
II-8 Bilan hydrologique	19
II-8-1 Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)	19
II-8-2 Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR)	20
II-8-2-1 Formule de TURC	20
II-8-2-2 Formule de Coutague	21
II-8-2-3 Méthode de Wundt	21
II-9 Calcul du Ruissellement "R"	23
II-10 Calcul d'infiltration moyenne "I"	24
II-11 Comblement de la retenue	24
II-12 Calcul des apports liquides	24
II-12-1-1 Formule de Sami	24
II-12-2 Formule de Turc	24
II-12-3 Formule Algérienne	25
II-12-4 Formule de Moullet- Gauthier	25
II-12-5 Formule de l'ANRH	25
II-12-6 Formule de Padoun	25
II-13 Calcul des débits maximaux "Qmax"	26
II-13 -1 Formule rationnelle	26
II-13-2 Crue moyenne d'après la formule de SAMI	26

II-13-3 Formule de Giandotti	26
II-13-4 Formule de Sokolovsky.....	26
II-13-5 Formule de Turazza.....	27
II-14 Estimation des apports solides	27
II-14-1 Première méthode (formule de Fournier)	28
II-14-2- Deuxième méthode	29
II-14-3 Troisième méthode (formule de Texceront)	29
II-15 Commentaire	30
Conclusion Général	
Conclusion Général.....	32

Liste des tableaux

Tableau 01 : Tableau récapitulatif des différents paramètres géomorphologiques du bassin versant de l'Oued El Kaïm.....	9
Tableau 02 :Pluviométries Moyennes Mensuelles durant la période : 1987-2012 (station du Barrage Grouze).....	12
Tableau 03 : Pluviométries Moyennes Saisonnières durant la période : 1987-2012(station du Barrage Grouze).....	13
Tableau 04 : Températures Moyennes Mensuelles et Saisonnières durant la période : 1987-2012(station du Barrage Grouze).....	14
Tableau 05 :Répartition de Températures Moyennes Saisonnières durant la période : 1987-2012(station du Barrage Grouze).....	15
Tableau 06 : Valeurs moyennes mensuelles des pluviométries et températures durant la période : 1987-2012 (Station Barrage Grouze).....	16
Tableau 07 : Valeurs moyennes mensuelles et saisonnières de l'humidité relative durant la période : 1987-2012 (Station du Barrage Grouze).....	17
Tableau 08 : Evaporation moyenne mensuelle et saisonnière durant la période : 1987-2012 (Station du Barrage Grouze).....	18
Tableau 09 : Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP) selon Thornthwait durant la période : 1987-2012 (Station Barrage Grouze).....	20
Tableau 10 :Récapitulatif des valeurs de l'ETR et de l'ETP à 1987-2012 (Station Barrage Grouze)...	21
Tableau 11 : Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) selon Thornthwait durant la période : 1987-2012 (Station Barrage Grouze).....	21
Tableau 12 : Calcul des apports liquides par différentes formules.....	25
Tableau 13 : Calcul des débits Qmax pour différentes fréquences.....	27
Tableau 14 : Calcul des apports solides.....	29

Liste des figures

Fig. 01 : Carte de situation des bassins versant en Algérie(Mébarki, 1982).....	4
Fig. 02: Situation du barrage réservoir d'Oued El Kaïm dans le Kébir –Rhu (Mébarki, 2005).....	5
Fig. 03: Réseau hydrographique d'Oued El KaïmExtraite de la carte topographique N° =73 de la feuille de Constantine échelle1 / 50 000.....	5
Fig. 04 : Distribution des précipitations moyennes mensuelles durant la période 1987-2012 (station du Barrage Grouze).	11
Fig. 05 : Répartition de précipitations moyennes saisonnières durant la période : 1987-2012 (Station du Barrage Grouze).....	13
Fig 06 : Répartition de Températures Moyennes Saisonnières durant la période : 1987- 2012(station du Barrage Grouze).....	15
Fig. 07: Graphe Ombro-Thermique durant la période : 1987-2012 (Station du Barrage Grouze).....	16
Fig. 08: Répartition de l'humidité durant la période : 1987-2012 (Station du Barrage Grouze).....	17
Fig 09 : digramme de Wundt qui tient compte de la température et de la précipitation moyenne annuelle.....	21
Fig. 10 : Représentation graphique du bilan hydrologique pour la période : 1987-2012 (Station Barrage Grouze).....	23

Introduction

Générale

INTRODUCTION GENERALE

Le travail présenté dans ce projet s'inscrit dans les programmes de recherche du Laboratoire de hydrolique. le secteur étudié fait partie de la wilaya de Mila, la commune d'Oued Athmenia. Il est situé à environ 30Km à la wilaya de Constantine, 15Km au Sud de la ville de Mila, 7km vers le Nord du village d'Oued Athmenia et localisé dans la partie SW du massif de Djebel Akhal.

La retenue d'Oued El Kaïm à été crée par la construction d'un barrage principale sur l'Oued El Kaïm et une digue de col en rive droite de la retenue

L'étude des caractéristique hydro climatologique du sous bassin versant d oued el kaim a été menée en adoptant une double approche :

- **Une approche Hydrologique** :ou modèle pluie-débit, est un outil numérique de représentation de la relation pluie-débit à l'échelle d'un bassin versant. Il permet de transformer des séries temporelles décrivant le climat d'un bassin versant donné (séries de précipitations et de températures par exemple, séries qui sont les entrées du modèle hydrologique) en une série de débits (sortie du modèle hydrologique).
- **Une approche Climatologique** : Et mon père a enseigné toutes les caractéristiquesClimatologique de température de l'air, l'humidité, le vent et la sécheresse et l'évaporation à travers les séries et Statistiques.

Chapitre I

CADRE

MORPHOLOGIQUE

I-1 Introduction :

Pour le cas des bassins versants, il est indispensable de comprendre les principales caractéristiques hydroclimatiques de la région, essentiellement les précipitations et la température qui nous conduisent à calculer certains éléments nécessaires tel que l'évapotranspiration, le ruissellement et l'infiltration, pour arriver finalement à établir un bilan hydrologique et sa relation avec le système hydrologique de la région.

I -2 Caractéristiques morphologiques du sous-bassin versant d'Oued El Kaïm:

Selon la carte de situation des bassins versants en Algérie, notre sous-bassin versant appartient au bassin Kébir-Rhumel (fig 1).

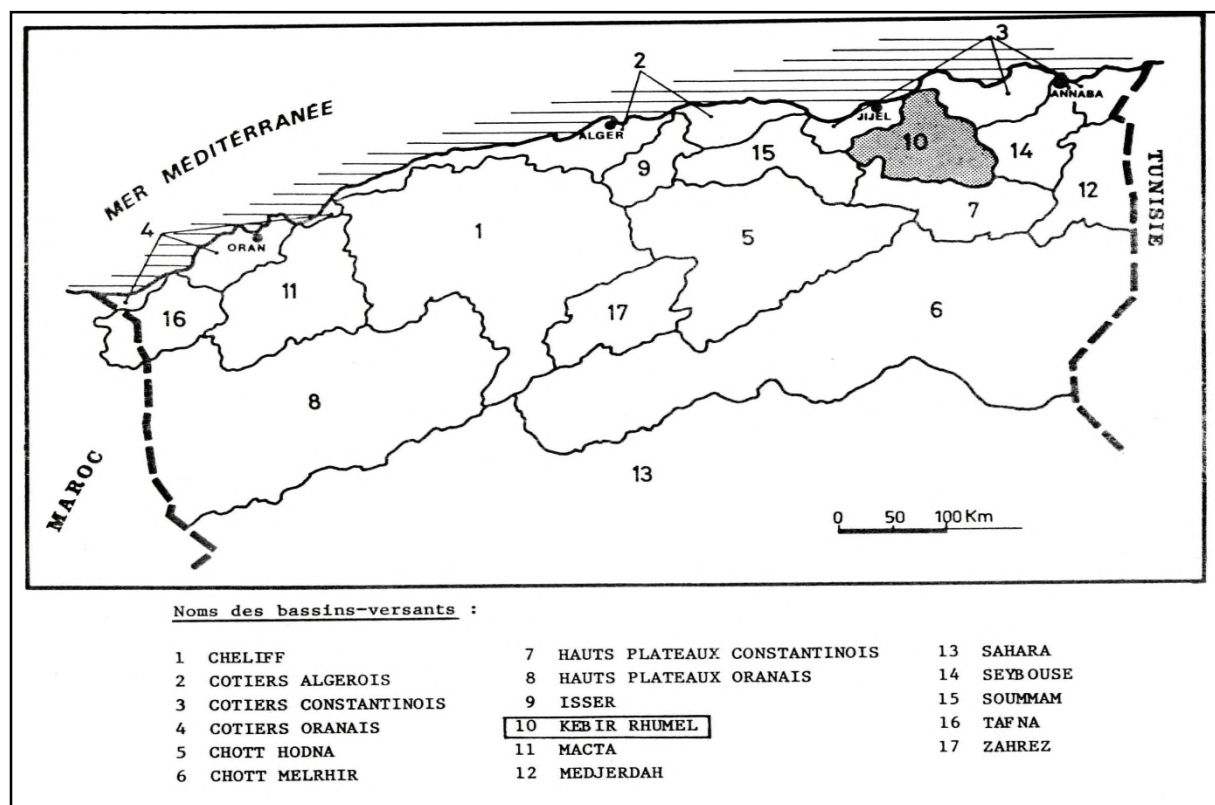


Fig. 01 : Carte de situation des bassins versant en Algérie
(Mébariki, 1982).

I-2-1 Situation géographique du sous-bassin versant d'Oued El Kaïm :

La carte du réseau hydrographique (fig 2.) montre que le bassin supérieur correspondant à des sous bassins à l'amont de l'Oued Rhumel : le sous-bassin de l'Oued Bou Merzoug, de l'Oued Seguin, de l'Oued Dekri et de l'Oued Athmenia.

Le dernier sous bassin est drainé par l'Oued Athmenia et ses affluents : Oued Bou Hammdoun et Oued El Kaïm.

Notre étude concerne le sous-bassin d'Oued El Kaïm. Il est limité au Nord par le sous- bassin versant d'Oued Ras El Ma, par le sous-bassin versant d'Oued Bou Hammdoun du côté SW et par le sous-bassin versant d'Oued Maïa du côté NE, qui appartient au sous-bassin versant d'Oued Koton.



Fig. 02: Situation du barrage réservoir d'Oued El Kaïm dans le Kébir –Rhumel
(Mébarki, 2005).

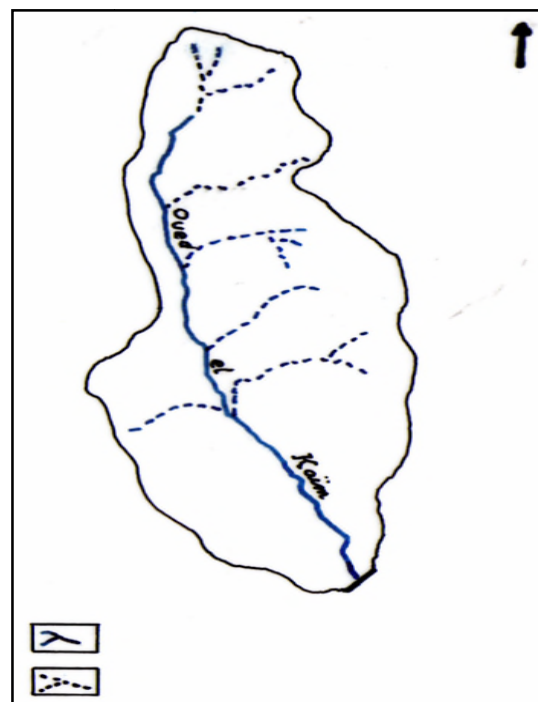


Fig. 03: Réseau hydrographique d'Oued El Kaïm.
Extraite de la carte topographique N° =73 de la feuille de Constantine échelle
1 / 50 000

I-2-2 Paramètres du sous-bassin versant :

Un bassin versant est l'ensemble de la surface topographique qui draine la totalité des eaux tombant sur cette surface.

I-2-2-1 Paramètres physiques :

I-2-2-1-1 La géologie :

L'ensemble de la cuvette de la retenue d'Oued ElKaïm est représentée par des formations sédimentaires constituées essentiellement d'argiles et des marnes du Moi-Pliocène continental, recouvertes par des calcaires lacustres (HPE, 1988).

I-2-2-1-2 La végétation :

La superficie du sous-bassin versant de l'Oued ElKaïm est occupée en grande partie par des cultures de Céréales et le Jachères, une petite partie par la culture maraîchères et le reste sont occupé par la végétation sauvage(HPE, 1988).

I-2-2-2 Paramètres géométriques :

I-2-2-2-1 Superficie :

La planimétrie de la superficie du sous-bassin versant de l'Oued ElKaïm effectuée sur la carte topographique de Constantine à l'échelle : 1/50 000 donne :

$$S = 16.57 \text{ km}^2. \quad (\text{HPE, 1988})$$

I-2-2-2-2 Périmètre :

Sur la même carte de Constantine au 50 000e le périmètre du sous-bassin versant est de l'ordre de :
P=12.25km.

I-2-2-2-3Indice de forme ou compacité (Indice de Grailuis) :

L'indice de forme ou compacité est donné par :

$$K_c = \frac{0.28P}{\sqrt{S}} (\text{HPE, 1988})$$

Avec :

K_c : indice de Grailuis.

P : périmètre du bassin versant en **km**.

S : superficie du bassin versant en **km²**.

$$K_c = 0,84$$

Nous avons $K_c = 0,84 < 1$, ce qui nous indique que le sous-bassin versant d' Oued ElKaïm est de forme allongée et non circulaire ($C = 0$).

I-2-2-2-4 Rectangle équivalent :

Le rectangle équivalent est la forme géométrique de longueur « **L** » et de largeur « **I** », qui à la même surface que le bassin versant. Ce paramètre permet facilement la comparaison entre deux bassins versant.

La longueur du rectangle est en fonction de la compacité comme la donne la formule ci-dessous :

$$L = \frac{K_c \sqrt{S}}{1.12} \left\{ 1 + \sqrt{\left(1 - \frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right\} \text{ (HPE, 1988)}$$

Où :

S : superficie du bassin versant (**km²**).

C : indice de forme.

On obtient : **L=2 .04km.**

La largeur du rectangle « **I** » est déterminée en fonction de la surface du bassin versant « **S** » et la longueur « **L** » :

$$S = L .I \text{ (HPE, 1988)}$$

On obtient: **I = 8 .12 km.**

I-2-2-2-5 Longueur du talweg principal “L_p**”:**

La longueur du talweg principal à été déterminée de la carte topographique de Constantine(E : 1/50 000) :

$$L_p = 5.75 \text{ km.}$$

I-2-2-3 Paramètres morphologiques :

I-2-2-3-1 La densité de drainage “D_d**” :**

C’est le rapport de la longueur totale des cours d’eau « **L_i** » à la surface du bassin versant « **S** » :

$$D_d = \sum L_i / S. \quad \text{(Réménieras, 1999)}$$

La densité de drainage « **D_d** » a été tirée des rapports de l’entreprise Hydro Projet Est. Elle est comme suit :

On a:

$$S = 16.57 \text{ km}^2. \quad \Rightarrow \sum L_i = 24.2 \text{ km.}$$

$$D_d = 1 .46 \text{ km/km}^2$$

I-2-2-3-2 Coefficient de torrentialité “C_t” :

Le coefficient de torrentialité est un paramètre qui permet d’avoir une idée sur l’importance de l’érosion :

$$C_t = D_d \cdot F1 \quad (\text{Réménieras, 1999})$$

Où :

F1 : la fréquence des cours d’eau de premier ordre par unité de surface, elle est donnée par :

$$F1 = N_1 / S$$

Avec :

N₁ : nombre des cours d’eau d’ordre (1)14.

S : superficie du bassin versant (**km²**).

Donc : **C_t = 1,22.**

Le coefficient de torrentialité sous-bassin versant de l’Oued ElKaïm est très faible, ce qui explique le faible taux de transport solide charrié par le cours d’eau.

I-2-2-3-3 Temps de concentration “T_c” :

Le temps de concentration “T_c”, est déterminé par la formule de Giandotti comme suit :

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L_p}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}} \quad (\text{Réménieras, 1999})$$

Avec :

T_c : Temps de concentration exprimé en heure ;

S : Superficie du bassin versant (**Km²**) ;

L_p : Longueur de talweg principale (**Km**), **L_p = 5.75 Km** ;

H_{moy} : Altitude moyenne en (**m**) ;

H_{min} : Altitude minimale en (**m**) ;

$$T_c = 3,59 \text{ heures.}$$

I-2-2-3-4 La vitesse d’écoulement de l’eau “V_e” :

Elle est donnée par : **V_e = L_p/T_c** (Réménieras, 1999)

Avec :

L_p = 5.75 km = 5 750 m.

T_c = 3,59 heures = 12924 seconds.

V_e = 0,44 m/s.

On observe que la valeur de T_c et la valeur de V_e sont 0,44 m/s, ce qui ne pose pas le problème d’affouillement au niveau d’Oued ElKaïm.

Tableau 01 : Tableau récapitulatif des différents paramètres géomorphologiques du bassin versant de l'Oued El Kaïm.

Paramètre	symboles	unités	valeurs
Superficie	S	Km ²	16.57
Périmètre	P	Km	12.25
Altitude maximale	H _{max}	m	966
Altitude moyenne	H _{moy}	m	875
Altitude minimale	H _{min}	m	800
Longueur du talweg principale	L _p	Km	5.75
Longueur du rectangle équivalent	L	Km	2.04
Largeur du rectangle équivalent	I	Km	8.12
Indice de forme	C	-	0.84
Densité de drainage	D _d	Km/km ²	1.46
Coefficient de torrentialité	C _t	-	1.22
Temps de concentration	T _c	Heure	3.59
Vitesse d'écoulement	V _e	m/s	0.44

Chapitre II

CADRE

HYDROCLIMATOLOGIQUE

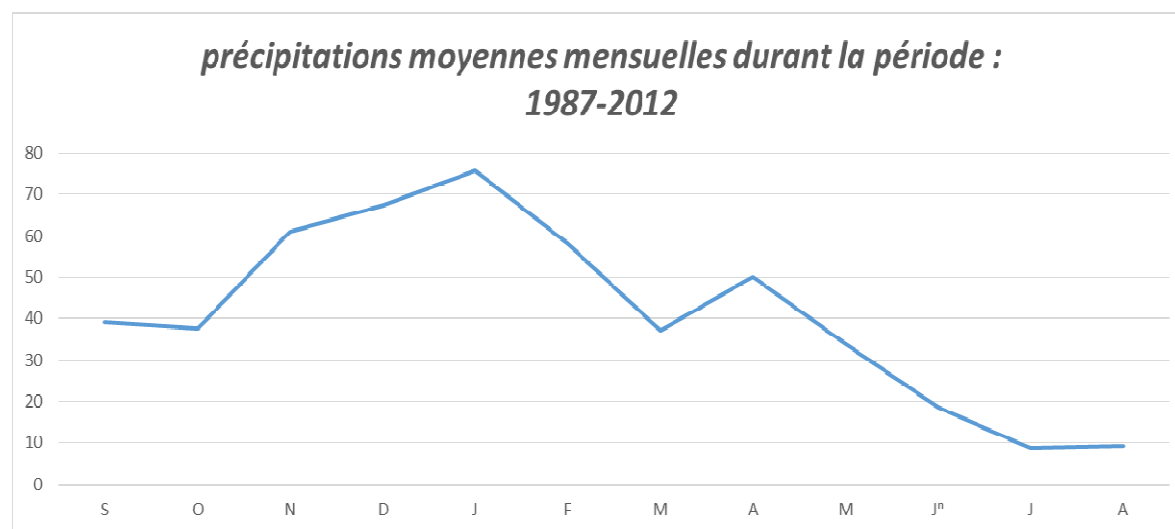
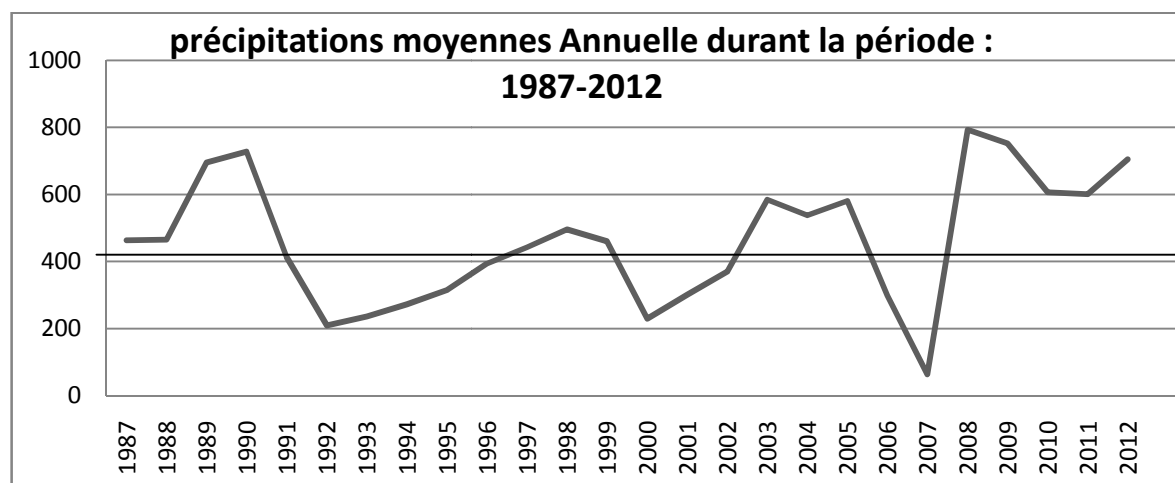
II- Caractéristiques Climatiques :

II. 1 Pluviométrie

II-1.1 Pluviométrie Moyenne Annuelle :

La région d'étude se trouve dans une zone de transition entre les hauts plateaux et le tell, à une altitude comprise entre 800 et 966 m.

Cette situation entraîne des taux de précipitation d'une moyenne annuelle de 462.26mm/an (HPE, 1988). La station la plus proche du site du barrage d'Oued El Kaïmest celle du barrage Grouze. Les données de cette station concernant la période 1987-2012.



**Fig. 04 : Distribution des précipitations moyennes mensuelles durant la période :
1987-2012 (station du Barrage Grouze).**

Tableau 02: Pluviométries Moyennes Mensuelles durant la période : 1987-2012 (station du Barrage Grouze).

Années	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J ⁿ	J	A	Total (mm)
1987	7,3	63,2	46,2	38,3	32,8	83,3	34,9	38,4	44,8	6,2	68	-	463,4
1988	18,4	8,5	186	-	31,4	34,2	48,4	51,9	36,9	46,5	3	0,6	465,8
1989	54,5	72,1	82,8	129,1	186	-	27,1	62	22,7	54,3	4,6	-	695,2
1990	9,7	8,8	85,7	66,3	148	149,31	166,41	52,3	34,5	4,6	1,3	0,8	727,72
1991	38,5	95,4	15,9	19,4	16,8	21,9	73	51,2	67,4	11	0,6	3	414,1
1992	7	3	6,6	36,7	15	28,1	9	27,9	59	6,7	7	3,7	209,7
1993	20,3	9,6	10,6	69,2	18,2	12,5	14,4	9,3	63,2	7,4	-	1,6	236,3
1994	8,5	77,5	8,4	28,8	53	44,6	15,5	32,6	3,5	-	0,4	-	272,8
1995	74,4	8,6	36	36,5	13,7	18,3	54,2	39,2	8,7	25,1	-	-	314,7
1996	7,3	9,8	13,1	42,7	51,3	119,5	-	33,3	53,5	48,5	3,9	11,3	394,2
1997	72	29,5	74,2	64,8	52,2	7,7	8,5	51,1	15,6	23,2	7	36,9	442,7
1998	76,6	24	133,4	31,6	14,1	28,8	19	78,6	58,8	22,1	2,3	6,7	496
1999	103,1	39,3	36,7	80,8	62,6	14,6	33,8	25,2	18,4	28,8	1,8	15,6	460,7
2000	5,2	19,3	11,9	36,5	13,4	11,9	23,2	23,1	58,5	16,5	-	10,1	229,6
2001	88,9	16,8	27	12,1	67,1	17	10,2	24,8	31,3	-	-	6,4	301,6
2002	11,7	11	129,9	97,7	13,8	27,2	29,6	18,3	12,4	2,8	-	15,8	370,2
2003	8,2	48,8	14	95,7	194,7	31,6	38,1	71,6	42,5	5,9	25,2	8,9	585,2
2004	20,9	46,2	136,7	134	60,9	12	-	64,1	0,7	28,4	-	34,3	538,2
2005	165,8	101,3	66,6	34,8	37,1	65,6	28,3	53,5	7,3	-	11,6	9,5	581,4
2006	-	-	-	-	83,7	31,3	21	43	108	-	11,6	-	298,6
2007	34,31		-	-	10,30	19,10	-	-	-	-	-	-	63,71
2008	31,50	40,50	48,60	180,10	200,20	135,10	30,70	90,10	12,50	20,30	-	3,20	792,8
2009	40,20	60,20	111,10	85,60	120,00	150,20	48,30	98,50	30,20	2,00	0,00	5,00	751,3
2010	25,90	22,50	35,60	90,60	150,30	123,30	45,60	70,50	30,20	12,00	0,20	0,40	607,1
2011	35,80	40,30	36,50	60,30	147,20	145,20	40,20	60,80	12,30	11,20	5,60	5,30	600,7
2012	15,80	50,60	112,20	80,20	180,20	122,30	35,60	80,50	15,30	6,30	3,60	2,60	705,2
Moyenne Mensuelle	39,27	37,78	61,07	67,46	75,92	58,18	37,17	50,07	33,92	18,56	8,76	9,08	462,26

II-1.2 Pluviométrie Moyenne Mensuelle“P.M.M” :

Cette série de données pluviométriques permet de faire ressortir les différents aspects pluviométriques caractérisant le sous-bassin versant et de cerner la variabilité des pluies sur 26 ans d’observations.

Selon les données, l’année la plus pluvieuse qu’a connu la région correspond à l’année 2008, durant laquelle a été enregistré le plus fort taux de précipitation avec une moyenne de 792,8 mm, alors que l’année sèche est l’année 2007 avec une basse quantité de précipitation de l’ordre de 63.71mm. La moyenne annuelle de précipitation au cours 26 ans est de 462.26 mm/an.

II-1.3 Pluviométrie Moyenne Saisonnière“P.M.S” :

Tableau 03 : Pluviométries Moyennes Saisonnièresdurant la période : 1987-2012(station du Barrage Grouze).

<i>Saisons</i> <i>Période</i>	<i>Pluviométrie</i> <i>6Moyennes</i>	<i>Automne</i>	<i>Hiver</i>	<i>Printemps</i>	<i>Eté</i>
1987-2012	<i>P.M.S (mm)</i>	138,12	201,57	121,17	36,39
	<i>P.M.S (%)</i>	26,45	38.6	23.2	6,69

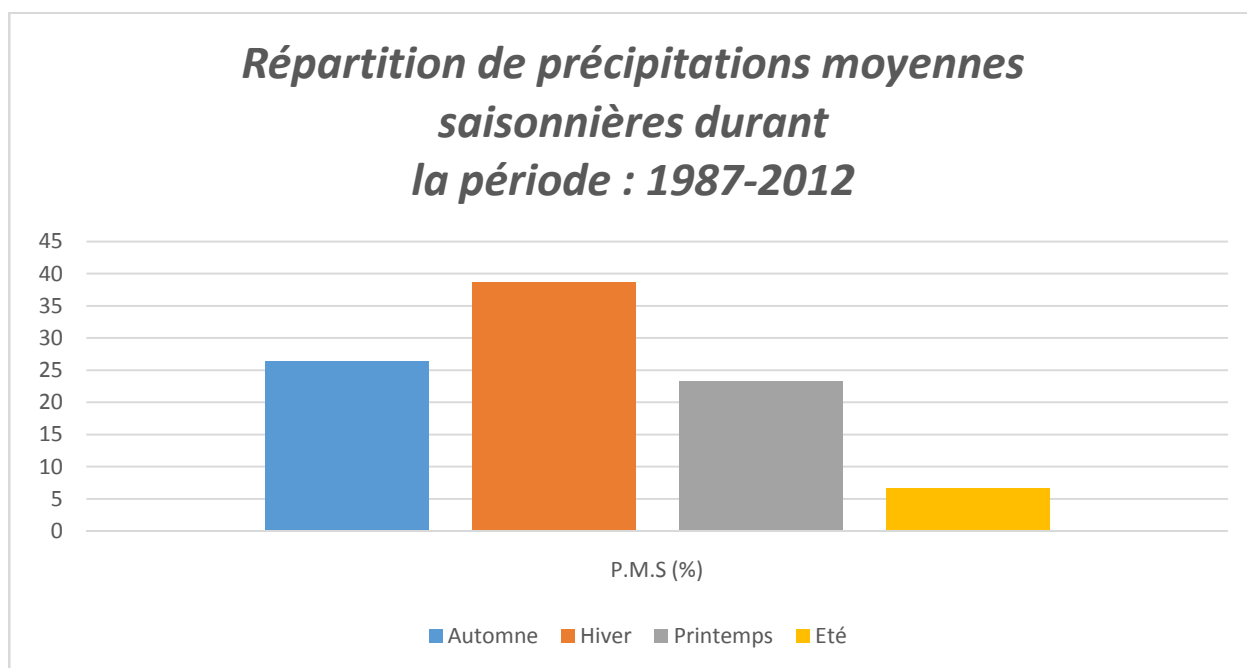


Fig. 05 : Répartition de précipitations moyennes saisonnières durant la période : 1987-2012 (Station du Barrage Grouze).

L’histogramme de répartition de la pluviométrie moyenne saisonnière, montre que presque la moitié de la lame reçue par le bassin versant se manifeste en hiver

II. 2 La température :

La température est un facteur qui contrôle le bilan hydrologique et permet l’estimation de l’évapotranspiration.

C’est bien évident que les contrastes importants de température (écart considérable de température) entre le jour et la nuit à un effet négatif sur le comportement des sols et des roches. En effet, les contrastes importants de température entraînent la désagrégation mécanique des roches.

Année	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	Moyenne
1987	24,09	18,64	12,3	9,33	9,17	8,9	11,82	14,46	17,98	23,29	25,6	28,12	16.97
1988	23,09	17,89	12,75	9,18	7,78	9,8	12,93	14,30	17,97	23,84	25,62	27,32	16.87
1989	21,94	17,94	12,25	9,63	7,48	10,17	12,96	14,36	17,67	23,34	25,16	27,42	16.69
1990	21,49	17,89	11,65	8,83	8,98	9,6	12,56	14,46	16,92	24,14	24,66	26,33	14.45
1991	22,74	17,69	12,7	8,75	7,53	8,87	12,70	14,31	17,82	22,54	24,76	27,00	16.45
1992	22,79	17,74	11,25	8,98	7,23	9,72	12,76	14,06	16,97	22,69	25,16	26,80	16.34
1993	22,69	17,64	12,2	9,8	7,88	9,92	13,98	16,51	17,02	23,59	25,11	27,42	16.98
1994	22,64	17,54	12	8,78	7,93	9,97	12,50	14,52	18,02	23,54	28,76	28,60	17.06
1995	21,64	17,92	12,2	9,5	7,7	10	12,60	15,59	17,59	24,20	25,3	27,15	16.78
1996	21,7	17,6	12,5	8,81	8,01	9,87	13,96	15,01	17,4	23,80	25	27,25	16.74
1997	22,49	17,5	11,84	9,5	8,88	9,6	13,37	14,20	17,01	23,51	25,5	28,00	16.78
1998	21,5	13,6	11,1	5,5	6,2	7,2	9,50	13,40	15,3	23,70	24,6	25,50	15.17
1999	21,3	18,3	9,4	6,5	6,2	4,5	10,10	13,40	20,1	24,30	23,5	28,90	15.54
2000	22,1	14,9	11,3	8,1	3,6	7,2	11,20	14,60	19,1	22,30	24,9	26,40	15.47
2001	20,9	18,2	10,56	9,55	6,65	9,22	12,56	14,22	17,65	22,65	27,95	27,25	16.44
2002	22,5	16,33	11,3	10,02	6,55	10,12	11,58	14,11	17,24	22,55	25,82	27,65	16.31
2003	21,4	15,53	11,56	8,65	4,66	7,66	12,33	14,85	16,25	22,26	24,85	25,66	15.47
2004	21,5	17,56	11,47	8,88	4,99	8,33	10,22	14,66	18,58	23,54	23,98	26,59	15.85
2005	23,5	17,3	10,98	9,23	3,99	7,11	10,33	13,54	18,69	22,56	24,59	26,98	15.73
2006	20,3	16,98	10,88	7,33	7,66	8,25	11,88	14,54	17,87	23,22	24,85	28,57	16.02
2007	21,3	16,56	11,88	8,98	8,56	8,23	12,58	15,32	17,83	23,33	25,65	28,84	16.58
2008	22,85	16,2	12,57	8,55	8,58	9,1	12,66	13,99	19,57	24,55	26,55	29,22	17.03
2009	21,35	17,88	12,55	9,57	7,22	9,14	12,45	14,10	20,66	22,36	26,23	27,58	16.75
2010	20,56	17,57	11,35	7,54	4,65	7,63	10,21	14,55	17,35	22,53	25,65	27,36	15.57
2011	20,3	16,66	10,54	8,35	5,25	7,65	10,25	13,66	16,99	21,33	24,88	27,88	15.31
2012	20,1	17,88	10,65	7,25	5,55	8,22	10,33	13,25	17,24	20,33	25,58	27,66	15.33
T moyennes	21.87	17.20	12.44	8.65	6.88	8.69	11.93	14.38	17.79	23.07	25.39	27.44	16.18
T MIN	20.1	13.6	9.4	5.5	3.6	4.5	9.5	13.25	15.3	20.33	23.5	25.5	14.45
T MAX	24.09	18.64	12.75	10.02	9.17	10.17	13.98	16.51	20.66	24.55	28.76	29.22	17.06

Tableau 04 : Températures Moyennes Mensuelles et Saisonnières durant la période : 1987-2012 (station du Barrage Grouze).

Tableau 05 : Répartition de Températures Moyennes Saisonnières durant la période : 1987-2012(station du Barrage Grouze).

<i>La période 1987-2006</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>Moyenne en °C</i>
<i>Moyenne mensuelle en °C</i>	21.87	17.2	12.44	8.65	6.88	8.69	11.93	14.38	17.79	23.07	25.39	27.44	<i>16.18</i>
<i>Moyenne saisonnière en °C</i>	<i>17.17</i>			<i>8.07</i>			<i>14.7</i>			<i>25.3</i>			

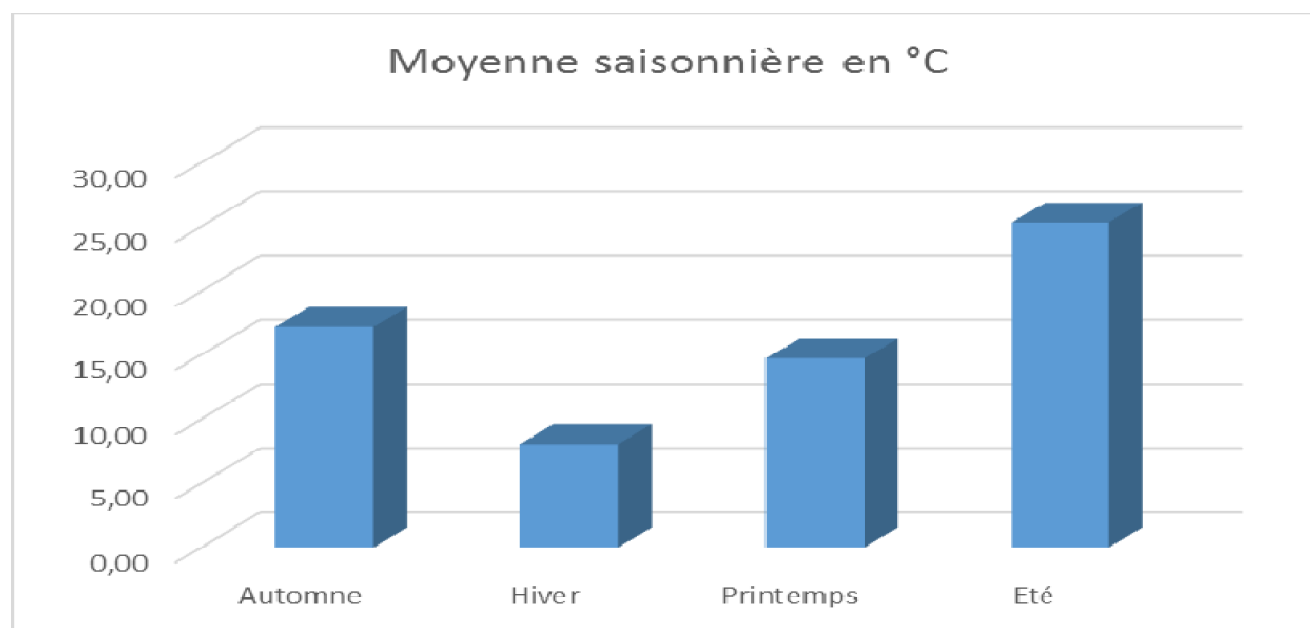


Fig 06 : Répartition de Températures Moyennes Saisonnières durant la période : 1987-2012(station du Barrage Grouze).

L'examen du tableau (04) illustrant les variations de température, montre que la température moyenne saisonnières est de l'ordre de 16.18°C en Eté et de 25.3°C en Hiver et la température moyenne mensuelles atteint son maximum au mois de Aoute (27.44°C) et son minimum au mois de Janvier (6.88°C). La moyenne annuelle de la température est de l'ordre de 16.18 °C.

II-3 Relation précipitation- température (Graphe Ombro-Thermique) :

Le grapheombro-thermique (courbe pluvio-thermique) est établi selon la règle de Ganssen et Bagnons (1953), dont le principe est le suivant :

Lorsque on dit un mois sec, c'est celui où le total moyen des pluviométries est inférieur ou égal au double de la température moyenne du même mois ($P \leq 2T$) (Degoutte, 1997).

Tableau 06 : Valeurs moyennes mensuelles des pluviométries et températures durant la période : 1987-2012 (Station Barrage Grouze).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P (mm)	39,27	37,78	61,07	67,46	75,92	58,18	37,17	50,07	33,92	18,56	8,76	9,08
T (°c)	21 ,87	17,20	12,44	8,65	6,88	8,69	11,93	14,38	17,79	23 ,07	25,39	27,44

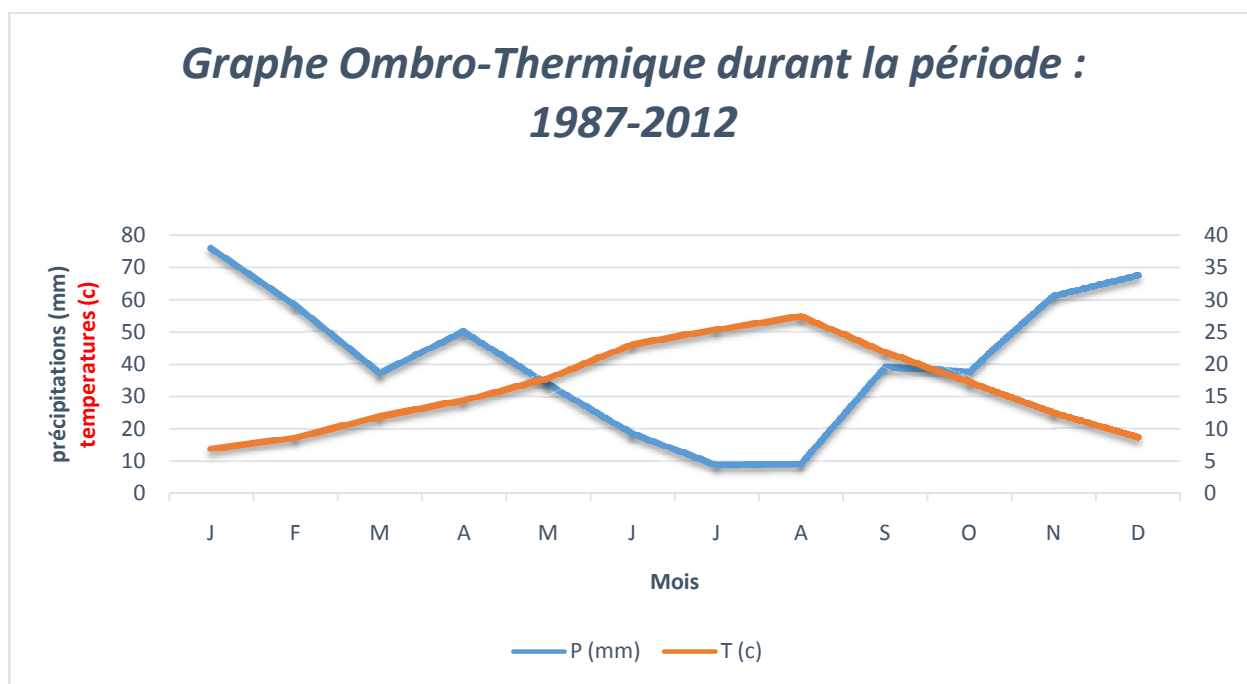


Fig. 07: Graphe Ombro-Thermique durant la période : 1987-2012 (Station du Barrage Grouze).

La figure (07) montre que :

- La courbe thermique se situe au dessous de la courbe de précipitation depuis la janvier jusqu'à la moitié de Mai, tandis que du début de juin la courbe thermique se trouve au dessus de celle de la pluviométrie.
- Donc, la région subit annuellement une période de sécheresse, s'étalant entre le mois de Mai a fin du septembre.

II-4 L'Humidité :

L'humidité est le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air humide et la pression de saturation à la même température, elle est exprimée en %.

Elle peut jouer le rôle de facteur catalyseur pour les réactions d'altération chimique des roches à la surface, comme par exemple le phénomène d'oxydation.

Tableau 07 : Valeurs moyennes mensuelles et saisonnières de l'humidité relative durant la période : 1987-2012 (Station du Barrage Grouze).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
H.M.M	91,2	90,72	78,55	69,3	74,4	84,7	88,3	94,75	95,35	91,7	84,4	81,45
H.M.S	260,47			228,4			278,4			257,55		

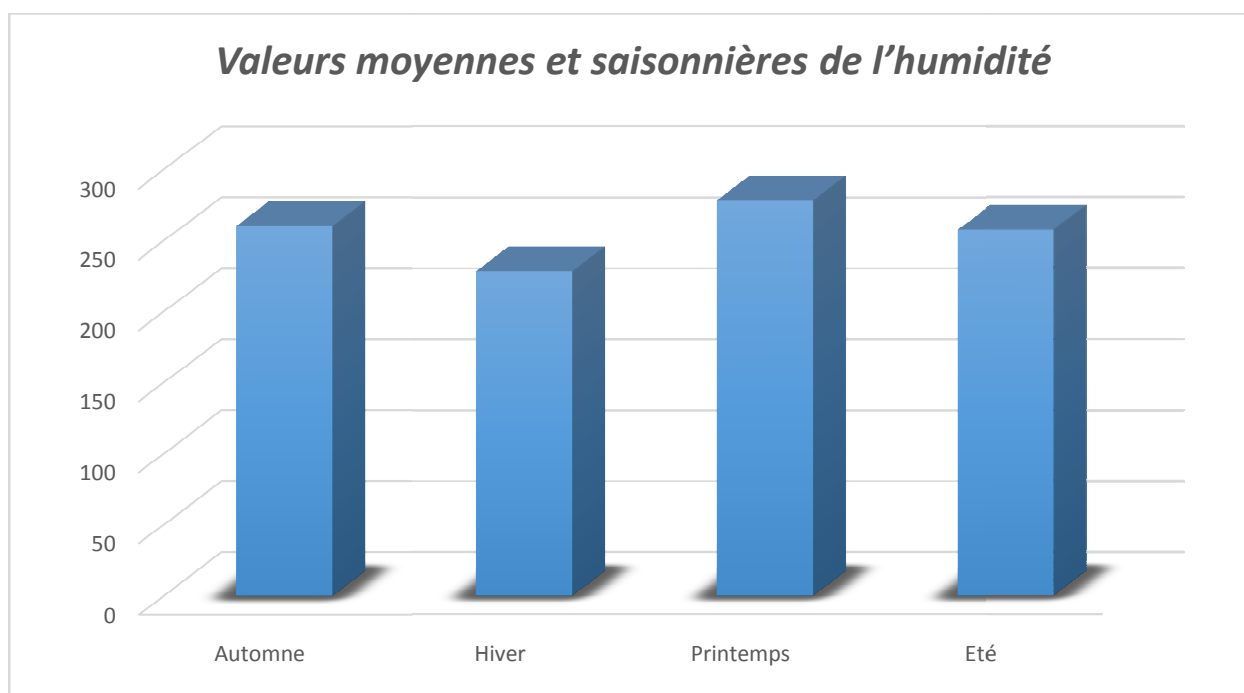
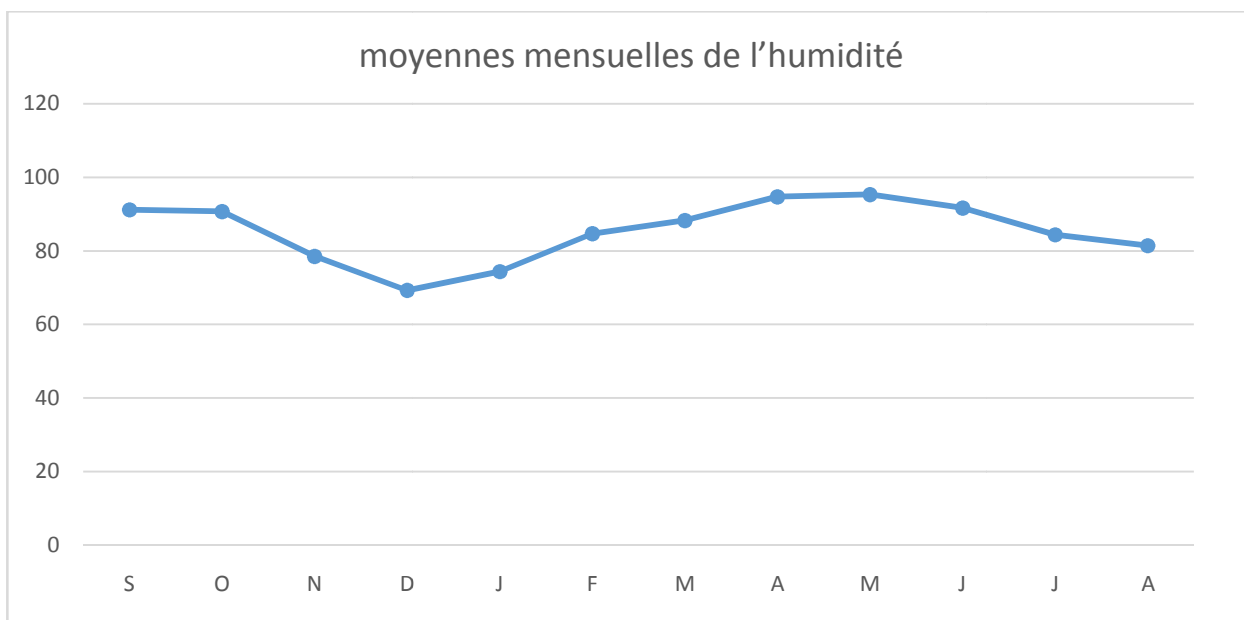


Fig. 08: Répartition de l'humidité durant la période : 1987-2012 (Station du Barrage Grouze).

Selon les résultats obtenues, l'humidité moyenne mensuelle atteint un maximum au mois Mai (95,35,%) et un minimum au mois de décembre (69,3%).

II-5 L'Aridité :

C'est l'état du climat qui permet d'évaluer le phénomène de désagréation et d'érosion. L'indice d'aridité " I " est donné par la formule de E. Martonne :

$$I = \frac{P_{\text{moy}}}{T_{\text{moy}} + 10} \quad (\text{Réménieras, 1999})$$

Avec : I : indice d'aridité de E. Martonne.

P_{moy} : précipitation moyenne annuelle (mm).

T_{moy} : température moyenne annuelle (°c).

E. Martonne donne aussi une classification correspondant des types de climats selon l'indice d'aridité "I" :

$I < 10$ =>la région est très sec.

$I < 20$ =>la région est sec.

$I < 30$ =>la région est humide.

$I > 30$ =>la région est très humide.

Pour la région étudiée: $I = 17.65$ =>Donc la région d'Oued El Athmenia est caractérisée par un climat sec..

II-6 Le vent :

La région d'Oued Athmenia est généralement traversée par des vents d'une vitesse moyenne de 1.346 m/s.

II-7 L'évaporation :

Tableau 08 : Evaporation moyenne mensuelle et saisonnière durant la période : 1987-2012 (Station du Barrage Grouze).

Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Moy- annuell e (mm)
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
Evaporatio n moyenne mensuelle	134.1	93.12	51.26	37.68	38.47	47.11	78.65	90.81	140.6	183.8	226.6	194.1	109.69
Evaporatio n moyenne saisonnière	92.82			41.08			103.35			201.5			

Le tableau 08, montre que l'évaporation atteint son maximum au mois de juillet(226,6mm) et son minimum au mois de décembre (37,68mm). L'évaporation moyenne annuelle est de l'ordre de 109,69mm.

II-8 Bilan hydrologique :

L'établissement d'un bilan hydrologique est indispensable pour quantifier les pertes en eau par évapotranspiration et le rapport d'eau infiltrée par rapport au ruissellement. Il est établi selon la formule suivante :

$$P = E.T.R + R + I + W_a$$

P : précipitation moyenne annuelle en *mm*.

ETR : évapotranspiration réelle en *mm*.

I : infiltration en *mm*.

R : ruissellement en *mm*.

W_a : variation des réserves.

II-8-1 Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) :

Selon Thornthwaite l'évapotranspiration correspond à l'évaporation à partir d'une surface d'un gazon court poussant activement et recouvrant totalement le sol de hauteur uniforme et bien pourvu d'eau.

Pour calculer l'ETP, on a utilisé la formule de C.W.Thornthwaite :

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a \quad (\text{Réménieras, 1999})$$

Avec :

ETP : évapotranspiration potentielle en *mm*.

T : température moyenne mensuelle en °C.

I : indice de chaleur, c'est la somme des indices thermiques moyennes mensuelles 'i' où :

$$I = \sum i \quad \text{avec: } i = (T / 5)^{1.514} \quad (\text{Réménieras, 1999})$$

a : l'exposant climatique égale à :

$$a = \frac{1.6 I}{100} + 0.5 = 0.016 I + 0.5 \quad (\text{Réménieras, 1999})$$

L'évapotranspiration corrigée est donnée par la relation suivante :

$$ETP_{\text{corrigée}} = ETP \times K = 16 \times (10T / I)^a \times K. \quad (\text{Réménieras, 1999})$$

Où : **K** : coefficient de correction en fonction de la latitude et du mois considéré.

Tableau 09 : Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP) selon Thornthwait durant la période : 1987-2012 (Station Barrage Grouze)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année 1987- 2012
P (mm)	39,27	37,78	61,07	67,46	75,92	58,18	37,17	50,07	33,92	18,56	8,76	9,08	462.26
T (°c)	21 ,87	17,20	12,44	8,65	6,88	8,69	11,93	14,38	17,79	23 ,07	25,39	27,44	16.18
I	9.33	6.49	3.97	2.29	1.62	2.3	3.73	4.95	6.83	10.12	11.7	13.16	76,49
ETP (mm)	97.86	64.68	37	19.77	13.32	19.93	34.42	47.5	68.55	107.3	126.57	144.7	781,64
K	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16	//
ETP_{cor} (mm)	100,79	62,73	31,82	16,60	11,58	16,94	35,45	46,75	82,94	130,90	156,94	167,85	861,34

II-8-2 Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR) :

D'après Thornthwait, plusieurs cas sont à considérer : (Réménieras, 1999)

comme étant la quantité d'eau évaporée ou transpirée effectivement par le sol, les végétaux et par les surfaces d'eau libre ; Elle dépend de l'aération et de la quantité d'eau disponible.

Pour l'estimation de l'ETR, on a utilisé plusieurs formules et méthodes qui utilisent la température et les précipitations.

II-8-2-1 Formule de TURC :

Cette formule est applicable à tous les climats du globe. Elle fait intervenir les précipitations et les températures moyennes annuelles.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left[\frac{P}{L}\right]^2}}$$

Où :

ETR : Evapotranspiration réelle ;

P : précipitation moyenne annuelle ;

L = 300+25T+0.05T³ ;

T : température moyenne annuelle.

P = 462.26mm ;

L = 916.29.

T = 16.18°C.

L'application de cette formule permet d'avoir un ETR de 430.21mm, ce qui représente 93.07% des précipitations.

II-8-2-2 Formule de Coutague :

Elle tient compte de la pluviométrie et de la température également et elle a la forme suivante :

$$D = P - \lambda p^2, \quad \text{avec } \lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14T} = 0.326 ;$$

λ : qui est un paramètre dépendant de la température ;

Où :

D : Déficit d'écoulement en (m/an) ;

P : précipitation moyenne annuelle en (m) = 0.46226m ;

T : température moyenne annuelle en °C = 16.18°C.

Cette formule est valable pour P comprise entre $1/8\lambda$ et $1/2\lambda$, cette condition est vérifiée $0.38 < 0.46 < 1.53$.

Elle donne une valeur de (D) égale 392.59mm soit 84.93% des précipitations.

II-8-2-3 Méthode de Wundt :

La valeur de l'ETR ou DE est déduite du digramme de Wundt qui tient compte de la température et de la précipitation moyenne annuelle, on obtient alors : Fig(09).

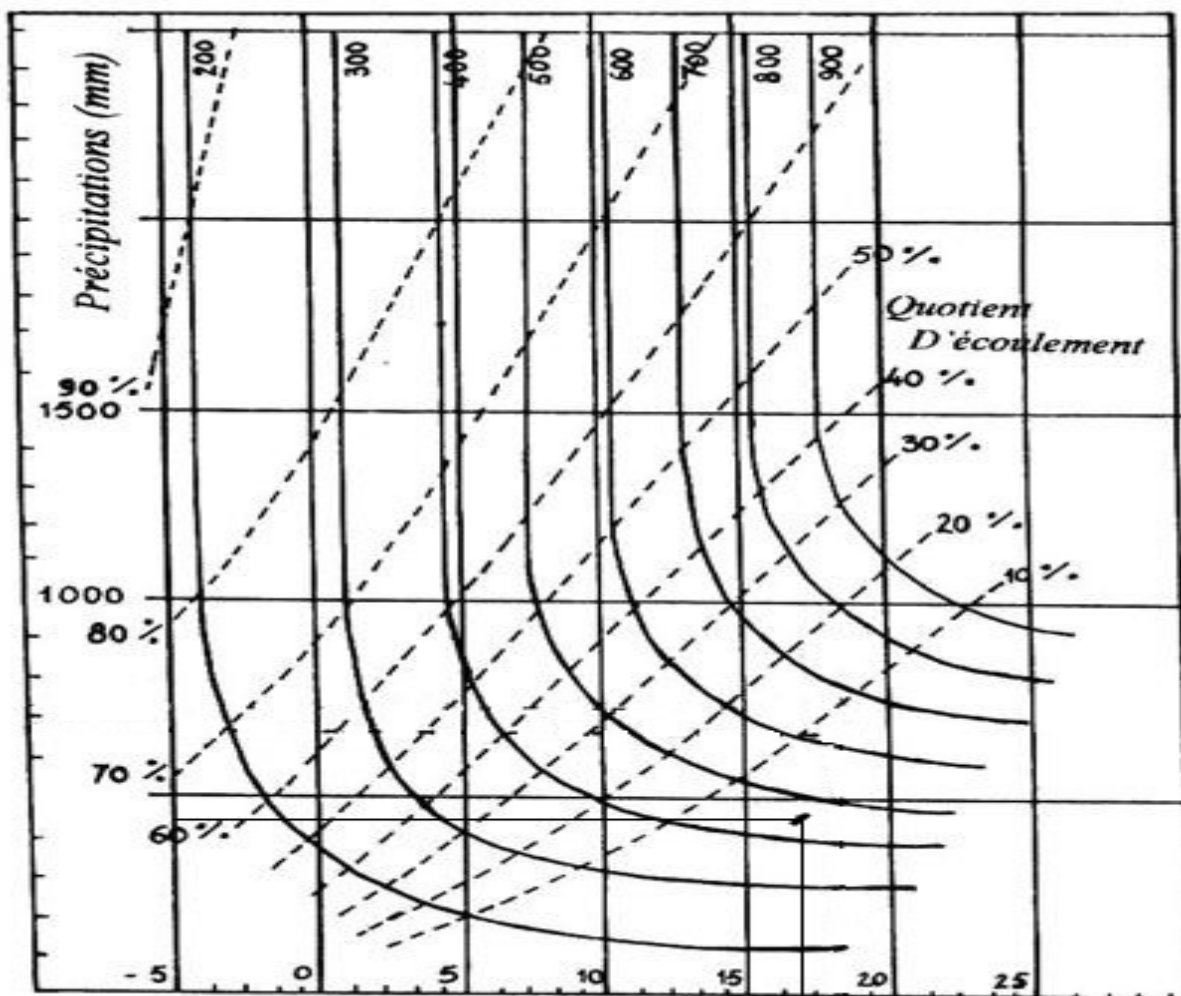


Fig 09 : digramme de Wundt qui tient compte de la température et de la précipitation moyenne annuelle

ETR= 443 soit 95.83% des précipitations.

On note que la méthode R.Verdeil n'est pas applicable pour notre région, car elle est établie uniquement pour les régions Semi-arides, où les précipitations ne dépassent pas les 100mm/an.

Le tableau (09), récapitule tous les résultats concernant l'évaluation l'ETR en calculées par les différentes méthodes.

Tableau 10: Récapitulatif des valeurs de l'ETR et de l'ETP à 1987-2012 (Station Barrage Grouze)

Paramètres	Méthodes	Valeurs (mm)	Valeurs en (%)
ETP (mm)	THORNTHWAITE	861,34	169.09
ETR (mm)	TURC	430.21	93.07
	COUTAGUE	392.59	84.93
	WUNDT	443	95.83

On peut dire que les valeurs de l'ETR obtenues par les différents méthodes sont assez proches, moyennement supérieure à celle obtenues par la méthode de WUNDT et Thornthwaite, avec une erreur de 15%.

Si : $P > ETP$: $ETR = ETP$; il reste une quantité d'eau $P-ETP$ qui va alimenter la RFU (Réserve Facilement Utile).

Si : $P < ETP$ et $RFU = 0$; $ETR = P$.

Si : $P < ETP$ et $RFU \neq 0$ $\left\{ \begin{array}{l} P + RFU > ETP, ETR = ETP. \\ P + RFU < ETP, ETR = P + RFU. \end{array} \right.$

Tableau 11 : Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) selon Thornthwait durant la période : 1987-2012 (Station Barrage Grouze)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	somme
P (mm)	39,27	37,78	61,07	67,46	75,92	58,18	37,17	50,07	33,92	18,56	8,76	9,08	497,24
ETP _{cor} (mm)	100,79	62,73	31,82	16,6	11,58	16,94	35,45	46,75	82,94	130,9	156,94	167,85	861,29
P-ETP (mm)	61,52	24,95	29,25	50,86	64,34	41,24	1,72	3,32	49,02	112,34	148,18	158,77	745,51
RFU (mm)	0	0	29,25	80,11	100	100	100	100	50,98	0	0	0	560,34
ETR (mm)	39.27	37.78	31.82	16.6	11.58	16.94	35.45	46.75	82.94	69.54	8.76	9.08	406,51
Excédent Wa (mm)	0	0	0	0	44.45	41.24	1.72	3.32	0	0	0	0	90,73
Déficit Agricole DA (mm)	60,73	62,22	68,18	83,4	0	0	0	0	17,06	30,46	91,24	90,92	441,99

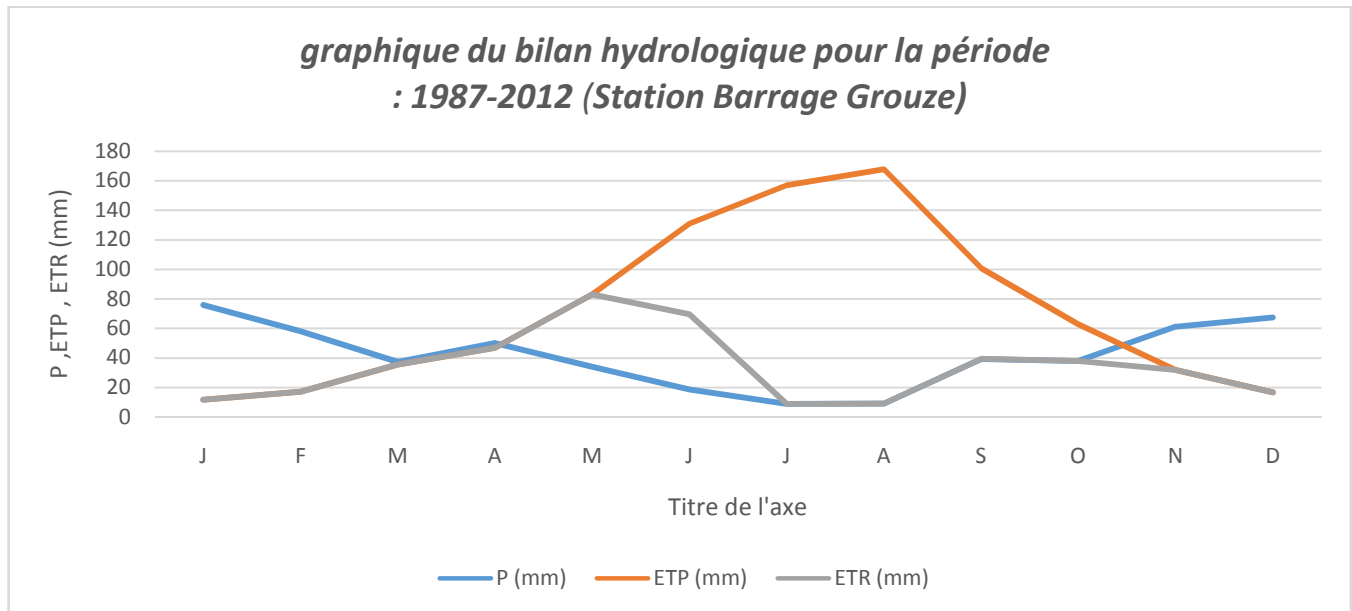


Fig. 10 : Représentation graphique du bilan hydrologique pour la période : 1987-2012 (Station Barrage Grouze).

Les résultats du bilan d'eau représenté par le graphique montre que :

- Au mois de Janvier, les valeurs de précipitations atteignent leur max (75.92mm), par contre, l'ETP atteint son min(11.58mm), cette dernière atteint son max(167.58mm) au mois de Aout, là où les précipitations atteignent leur min (8.76mm) au mois de juillet.
- La courbe qui représente *ETP* donne une meilleure symétrie que celle des précipitations, ceci est expliqué par l'homogénéité de *ETP* durant l'année par ce qu'elle est en fonction de la température. Par contre les précipitations sont irrégulières d'un mois à un autre ou d'une année à l'autre.
- La recharge en eau commence à partir du mois d'octobre.

II-9 Calcul du Ruissellement "R" :

Selon Thorntwaite :

$$R = \frac{P^3}{3(ETP)^2} \text{ (Réménieras, 1999)}$$

Avec :

$$P = 462.26 \text{ mm} = 0.46 \text{ m}$$

$$ETP = 861.34 \text{ mm} = 0.86 \text{ m.} \quad \Rightarrow R = 44.38 \text{ mm}$$

Soit: **R = 9.6 %** des précipitations.

II-10 Calcul d'infiltration moyenne" I " :

$$P = ETP + R + I + W_a. \quad (\text{Réménieras, 1999})$$

Où: W_a : excédent ou waters surplus en *mm*.

Avec :

$$ETP = 861.34 \text{ mm.}$$

$$R = 44.38 \text{ mm.}$$

$$P = 462.26 \text{ mm.}$$

$$\text{Considérons: } W_a = 0 \quad \Rightarrow \quad I = 443.46 \text{ mm}$$

Soit : **I = 95.93 %** des précipitations.

II-11 Comblement de la retenue :

Dans le cadre de la mobilisation des ressources en eau superficielles en vue d'une utilisation rationnelle et planifiée de ce facteur vital qui est l'eau.

L'Hydro Projet Est, à réaliser des études d'inventaire de site de retenues collinaires et de barrages à travers la wilaya de Mila, parmi celles, le sous-bassin versant d'Oued El Kaïm(HPE, 1988).

II-12 Calcul des apports liquides :

L'évaluation des apports liquides est estimée à partir des formules empiriques suivantes :

II-12-1-1 Formule de Sami :

$$L_e = \overline{P_a^2} (293 - 2.2\sqrt{S}) \quad (\text{Réménieras, 1999})$$

Avec :

L_e : lame d'eau écoulée (*mm/an*).

$\overline{P_a^2}$: Pluviométrie moyenne annuelle (*m*).

S : superficie du bassin versant (km^2) $\Rightarrow L_e = 60.69 \text{ mm/an.}$

$\overline{A} = L_e \cdot S \cdot 10^{-3}$ où : $\overline{A}$: apport d'eau ruisselée (Hm^3/an).

Alors que : **A=1.00 Hm^3/an .**

II-12-2 Formule de Turc :

$$L_e = P_a - \frac{\overline{P_a}}{\sqrt{0.9 + \frac{\overline{P_a^2}}{L^2}}} \quad (\text{HPE, 1988})$$

Où : **L = 300 + 25 T + 0.05T³**

T : la température moyenne annuelle (°C)

$L_e = 51.04 \text{ mm/an}$

alors que :

$\bar{A} = 0.84 \text{ Hm}^3/\text{an.}$

II-12-3 Formule Algérienne :

$$L_e = P_a \left(1 - 10^{-K \bar{P}_a^2} \right) 10^3 \text{ (HPE., 1988)}$$

Avec :

$$K = 0.18 - 0.01 \text{ Log } S$$

$L_e = 36.63 \text{ mm/an}$, on obtient: $\bar{A} = 0.60 \text{ Hm}^3/\text{an.}$

II-12-4 Formule de Malet- Gauthier :

$$L_e = 0.6 \bar{P}_a \left(1 - 10^{-0.36 \bar{P}_a^2} \right)$$

$L_e = 45.02 \text{ mm/an}$ donc : $\bar{A} = 0.75 \text{ Hm}^3/\text{an.}$

II-12-5 Formule de l'ANRH :

$$\bar{A} = 0.513 \times \bar{P}_a^{2.683} \times D_d^{0.5} \times S^{0.841} \text{ (HPE, 1988)}$$

Où : D_d : la densité de drainage (km/km^2).

$\bar{A} = 0.83 \text{ Hm}^3/\text{an}$

alors que :

$L_e = 50.04 \text{ mm/an.}$

II-12-6 Formule de Padoun :

$$L_e = 0.915 (P/1000)^{2.604} \times S^{0.842} \times 31.536. \quad \text{(HPE, 1988)}$$

$L_e = 41.14 \text{ mm/an}$

donc : $\bar{A} = 0.681 \text{ Hm}^3/\text{an.}$

Les résultats obtenus par les six formules sont motionnés dans le tableau suivant :

Formules	Sami	Turc	Formule Algérienne	Moulet-Gauthier	ANRH	Padoun
$L_e \text{ (mm/an)}$	60.69	51.04	36.63	45.02	50.04	41.14
$\bar{A} \text{ (Hm}^3/\text{an)}$	1.00	0.84	0.6	0.75	0.83	0.68
$\bar{A} \text{ (m}^3/\text{an)}$	100×10^6	84×10^6	60×10^6	75×10^6	83×10^6	68×10^6
Moyenne (Hm ³ /an)	0.78					

Tableau 12 : Calcul des apports liquides par différentes formules.

II-13 Calcul des débits maximaux " $Q_{\max}$ " :

II-13 -1 Formule rationnelle :

$$Q_{\max} = \frac{0.28 C_c P_{tc}}{T_c S} (\text{m}^3/\text{s}) (\text{HPE, 1988})$$

Où :

C_c : coefficient de compressibilité (0.4).

P_{tc} : pluies de courte durée (T_c).

T_c : temps de concentration en *heure*.

S : superficie du bassin versant (km^2).

II-13-2 Crue moyenne d'après la formule de SAMI :

$$Q_{\text{moy}} = 0.00741 \times P_{j_{\max}} \times S (\text{m}^3/\text{s}) (\text{HPE, 1988})$$

Où:

$P_{j_{\max}}$: pluie journalière maximale pour une fréquence donnée.

$$P_{j_{\max}} = \frac{\overline{PJ_{\max}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

Avec :

$\overline{PJ_{\max}}$: Moyenne des précipitations maximums journalières (mm).

C_v : coefficient de variation (0.35).

u : variable aléatoire de Gauss.

II-13-3 Formule de Giandotti :

$$Q_{\max} = \frac{P_{tc} 24}{P_j T_c} Q_{\text{moy}} \quad (\text{HPE, 1988})$$

II-13-4 Formule de Sokolovsky:

$$P_{tc} = P_{j_{\max}} (T_c / 24)^b. \quad (\text{HPE, 1988})$$

$$Q_{\max} = 0.168 \times P_{tc} \times (C_c \times S / T_c) (\text{m}^3/\text{s}).$$

Avec:

b : exposant climatique (0.40).

C_c : coefficient de ruissellement (0.40).

II-13-5 Formule de Turazza:

$$Q_{\max} = \frac{S P_{tc}}{3.6 T_c} \quad (\text{HPE, 1988})$$

Où: C: coefficient de ruissellement en fonction de la fréquence.

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus pour les débits :

Fréquence %	50	20	10	5	2	1	0.1
Période de retour en année	2	5	10	20	50	100	1000
Formule rationnelle	4.61	12.28	17.20	20.58	24.57	30.71	42.07
Formule Sokolovsky	5.03	13.42	18.79	22.48	26.84	33.55	45.96
Formule Giandotti	7.31	19.51	27.31	32.67	39.01	48.77	66.81
Formule Turazza	-	-	53.32	-	-	60.94	68.55
moyenne	5.65	15.07	29.155	25.24	30.14	43.49	55.84

Tableau 13 : Calcul des débits $Q_{\max}$ pour différentes fréquences.

Crue moyenne d'après la formule de Sami :

$$Q_{\text{moy}} = 14.06 \text{ m}^3/\text{s}.$$

II-14 Estimation des apports solides :

L'estimation des apports solides dépend de l'étendue et du relief du bassin versant, de la nature géologique et de la résistance des formations à l'érosion. Cette dernière est liée d'une part à la couverture végétale et d'autre part au régime des pluies et des amplitudes thermiques (HPE, 1988).

L'estimation des apports solides a été déterminée par trois méthodes :

II-14-1 Première méthode (formule de Fournier) :

Des études faites sur 96 bassins de différents climats ont conduit l'auteur à établir des relations entre l'érosion du sol par l'eau, et un coefficient climatique :

$$\left(\frac{P_{mens, \max}^2}{P_{an}} \right)$$

Où :

$P_{mens, \max}^2$: la pluie moyenne des mois le plus arrosé (mm).

P_{an} : précipitation moyenne annuelle (mm).

Ce coefficient tient compte de la répartition des précipitations dans l'année et de l'abondance des précipitations :

Formule A :

Pour les milieux à relief peu accidenté et avec :

$$8.10 < \left(\frac{P_{mens, \max}^2}{P_{an}} \right) < 20$$

$$E_s = 6.14 \left(\frac{P_{mens, \max}^2}{P_{an}} \right) - 49.78 \text{ (tonnes/km}^2\text{.an)}.$$

Formule B :

Pour les milieux à relief peu accidenté et avec :

$$\left(\frac{P_{mens, \max}^2}{P_{an}} \right) > 20$$

$$E_s = 27.12 \left(\frac{P_{mens, \max}^2}{P_{an}} \right) - 475.40 \text{ (tonnes/km}^2\text{.an)}.$$

Formule C :

Pour les régions à relief accidenté situés sous tous les climats, sauf sous le climats semi-arides et avec :

$$\left(\frac{P_{mens, \max}^2}{P_{an}} \right) > 9.70$$

$$E_s = 52.49 \left(\frac{P_{mens, \max}^2}{P_{an}} \right) - 513.21 \text{ (tonnes/km}^2\text{.an)}.$$

Formule D :

Pour des régions à relief peu accidenté situés sous climats semi-arides et avec :

$$\left(\frac{P_{mens, max}^2}{P_{an}} \right) > 8$$

$$E_s = 91.78 \left(\frac{P_{mens, max}^2}{P_{an}} \right) - 437.62 \text{ (tonnes/km}^2\text{.an)}.$$

II-14-2- Deuxième méthode :

Le même auteur propose une autre formule :

Formule universelle (E) :

$$E_s = (1/36) \left(\frac{P_{mens, max}^2}{P_{an}} \right)^{2.65} (H^2 / S)^{0.45} \text{ (tonnes/km}^2\text{.an)}.$$

Avec: H: la dénivelée en m.

II-14-3 Troisième méthode (formule de Texceront) :

$$t = K \cdot R^a$$

Où :

t: apport solide en suspension (kg/m³).

R : ruissellement moyen annuel (m).

K : coefficient de perméabilité du terrain.

Les paramètres utiles dans le constantinois : K = 0.92.

$$a = 0.79.$$

Le charriage a été pris à 20% de l'apport solide en suspension :

$$A_s = \frac{1.20 \bar{A}}{1000 S}$$

Avec :

$\bar{A}$: Apport moyen annuel en m³.

A_s : taux d'abrasion en t / km².an

Les résultats des trois méthodes sont représentés sur le tableau suivant :

Oued	Formules de Fournier					Formule de Texeront			
Oued El Kaïm	H (m)	$\frac{P_{mm}^2}{P_{an}}$ (mm)	Formule utilisée	E _s (t/km ² .an)	E _s par la Formule'E' (t/km ² .an)	R (mm)	t (kg/m ³)	$\bar{A}$ (Hm ³)	A _s (t/km ² .an)
	950	11.58	A	21.32	2476.03	0.055	0.093	2.92	19.66

Tableau 14 : Calcul des apports solides.

II-15 Commentaire :

Les résultats de la 1^{ère} et de la 3^{ème} méthode sont plus proche que celle de la 2^{ème} méthode, donc la méthode utilisé est celle de la méthode de Tesceron (3^{ème} méthode), parce que le volume mort nécessaire au stockage des sédiments est très réduit car :

- L'eau prévenance du transfert sera très propre car les sédiments seront au préalable déposés dans la grande retenue de Beni Haroun.
- Les apports solides du bassin versant du réservoir d'oued el Kaïm seront très réduits car la superficie de celui-ci est très faible et recouverte d'herbe dans sa plus grande partie.

Le volume des apports solides annuels du barrage de l'oued el kaïm est estimé à environ 2.92Hm^3 , soit d'environ $19.66\text{t}/\text{km}^2.\text{an}$. On adopte donc (Rapport ANB, 2000) :

Niveau minimum d'exploitation : 820m.

Niveau maximum d'exploitation : 841m.

Niveau des plus hautes eaux : 842.5m.

Volume utile : 31.5Hm^3 .

Volume pour sédiments : 2.1Hm^3 .

Volume total au niveau 841m : 33.6Hm^3 .

Conclusion

Générale

Conclusion générale

Le bassin versant d'Oued El Kaïm est destinée à noyer de 16.57 km^2 de terrain agricole dans le Sud de la wilaya de Mila, représente une masse d'eau de 0.78 Hm^3 et un périmètre de 12.25 km avec une altitude moyenne de 875 m dont l'altitude maximale est de 966 m et une altitude minimale de l'ordre 800 m , avec une densité de drainage de 1.46 Km/km^2 et un Coefficient de torrentialité de 1.22 , le temps de concentration est de 3.59 heure et une vitesse d'écoulement de 0.44 m/s , le Longueur du talweg principale est 5.75 km .

Ce travail a fait l'objet d'une description et d'une analyse des divers facteurs climatiques du bassin versant d' Oued El Kaïm. Les paramètres analysés concernent une période ancienne et une période récente de la station pluviométrique de barrage Grouze de 1987 à 2012 ;

- Les précipitations moyennes dans la région d'étude sont de l'ordre de 462.26 mm/an ;
- La variation des températures durant l'année se fait d'une manière progressive avec une moyenne de 16.18°C , sur l'ensemble de la région, avec une maximum au mois d'Août $27,44^\circ\text{C}$, et un minimum au mois de Janvier ($6,88^\circ\text{C}$) ;
- La lame d'eau d'écoulée sur le bassin versant du barrage de d' Oued El Kaïm est de 60.69 mm , obtenue par les différents méthodes
- L'ETR est de l'ordre de 430.21 mm , ce qui représente 93.07% des précipitations annuelles ;
- Le déficit des précipitations pour satisfaire l'évapotranspiration réelle serait de 392.59 mm , soit 84.93% de l'ensemble des précipitations annuelles, réparti entre le mois de Juillet et le mois d'Octobre, donnant ainsi une idée sur la quantité d'eau nécessaire à l'irrigation ;
- L'infiltration est de l'ordre de 443.46 mm soit (95.93%) des précipitations annuelles ;
- Le ruissellement est de 44.38 mm qui présente 9.6% des précipitations annuelles.

La connaissance de la circulation de l'eau dans le bassin d' Oued El Kaïm est primordiale, elle nous a permis de dégager certaines observations à caractères hydrologiques par l'entremise d'une station de jaugeage..

L'évaluation des ressources en eau de ce bassin est fondamentale sachant qu'à l'aval de cet espace existent trois secteurs d'utilisation gros consommateurs d'eau : la ville de Mila, l'industrie.

D'une manière générale, notre région est caractérisée par un climat Sub-humide (type méditerranéen), avec une saison pluvieuse allant de la mi-Octobre jusqu'au mois d'Avril et un été sec et chaud.

Références bibliographiques :

A.B.H.-C.S.M(2004), Les cahiers de l'Agence, Le bassin du Kebir-Rhumel, Agence de bassin hydrographique Constantinoise-Seybouse-Mellegue, Constantine.

A.B.H.-C.S.M(2005), Les cahiers de l'Agence, Qualité des eaux superficielles dans le bassin hydrographique Constantinoise- Seybouse- Mellegue 1998-2003, Agence de bassin hydrographique Constantinoise- Seybouse- Mellegue, Constantine.

BOURBIE, M. A., 2008, Impacts du barrage de Beni Haroun et de son système de transfert sur les milieux naturel et humain, « Mémoire d'ingénieur », en Aménagement de milieux physiques (en arabe).

Bouillin, J.P., 1971.Découverte de Mésozoïque épimétamorphique au Nord Est d'El Milia (petite Kabylie); la fenêtre des Beni-Toufout. C. R. Somm. Soc. Géol. Fr, p171.

Bouillin, J.P. et Raoult, J.F. (1971):Présence sur le socle kabyle du constantinois d'un olistostrome lié au charriage des flyschs; le Numidien peut être un néo-autochtone?Compte Rendu :Somm. Soc. géol. France, 7 :117

Bouillin,J.P., 1977. Géologie Alpine de la petite Kabylie dans la région de « Collo » et « d'El Milia » (Algérie). Thèse SC., Paris VI, p 551.

Bouillin, J.P., 1979. La transversale de Collo et d'El Milia (petite Kabylie) : une région clef pour l'interprétation de la tectonique alpine de la chaîne littorale d'Algérie. Mém. Soc. Géol. Fr., N.S., t. LVII ; n°135, p 1-84.

Bouillin, J.P., 1986. Le bassin magrébin une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'Ouest des Alpes. Bull. Soc. Géol. Fr., (8), t. II, n° 4, p 547-558.

Coiffait, Ph.A., 1992. Un bassin post-nappe dans son cadre structural l'exemple du bassin de Constantine (Algérie Nord Orientale). Thèse Sciences. Nancy I, p 502.

Durand Delga, M., 1969.Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berberie.Publ.Serv. Carte géol. Algérie, N. S., Bull. n° 39, p 89-131.

Mébarki, A., 2005. Hydrologie des bassins de l'Est Algérien : Ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse de doctorat d'état.Univ, Mentouri-Constantine, p 360.

Rapport ANB., 2000. Transfert de Beni Haroun. APD- Lot 1 bis – Vol 1, Rapport de synthèse. Edition provisoire.

Rapport ANB., 2002. Etude d'exécution et surveillance des travaux du barrage réservoir d'Oued Athmenia dans la wilaya de Mila : Rapport de commencement.

Rapport ANB., 2003. Etude d'exécution et surveillance des travaux du barrage réservoir d'Oued Athmenia dans la wilaya de Mila (Digues K1 et K2 : Rapport de Révision d'APD et d'Etudes d'Exécution).

Rapport ANB., 2004. Etude d'exécution et surveillance des travaux du barrage réservoir d'Oued Athmenia dans la wilaya de Mila (Digue K1 : les caractéristiques géotechnique et géologique du terrain et changement dans l'importance des travaux d'excavation).

Réménieras, G., 1999. L'hydrologie de l'ingénieur. Edition Eyrolles, p 456.

Tekkouk, M., 2005. Etude de la pollution par les sulfates des eaux du bassin versant de l'Oued DjenDjen (W de Jijel), thèse de Magistère.Univ. Mentouri-Constantine, p.

Vila, J.M. 1980. La Chaîne Alpine d'Algérie orientale et des confins Algero-Tunisiens. Thèse Sc. Univ. Paris VI, 3 vol, 665 p.

GHACHI A., 1986, Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie : le bassin de la Seybouse, Alger, O.P.U.

DUROSOY G., 1960, Les ressources en eau des massifs calcaires crétacés de la région de Constantine. Etude d'hydrogéologie appliquée, Direction de l'hydraulique et de l'équipement rural, service des études scientifiques, Clair bois-Birman reis, Alger.