



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieure et de La Recherche Scientifique

Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

Faculté des Sciences de la terre et de l'univers

Département de Géologie

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du grade de

MASTER EN SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Les Analyses des écoulements du bassin versant haut chélif

Présentée par :

❖ **NADOUR Mohamed**

❖ **ZOUATI Kaltoum**

Mr SAFA Aissa

PROFESSEUR

Univ. d'Oran2

Président

Mme. BAKHTI Amal

M.C.B

Univ. d'Oran2

Rapporteur

Mr. BOUZID Rabah

M.C.B

Univ. d'Oran2

Examineur

Oran; 2021

REMERCIEMENTS

Tout d'abord nous remercions le dieu tout puissant, qui nous a donné la force et la gesse pour réaliser ce modeste travail

Nous remercions notre encadreur Mme bakriti Amel qui Nous a suivi et nous a orienté jusqu'à l'aboutissement de ce modeste travail. Et à toute personne ayant contribué à la réalisation de ce travail.

Nous tenons aussi à exprimer nos sincères remerciements ////////////// pour d'avoir accepté de juger ce travail.

Keltouma ,Nador

TABLE DES MATIERES

Chapitre I : Considérations générales

Introduction Général	(1)
I -Localisation.....	(2)
II -Synthèse Géologique	(3)
II .1.Lithologie du Haut Chélif	(4)
III Synthèse géomorphologique	(5)
III.1. Paramètres géométrique.....	(5)
III.2. Caractéristiques de forme	(5)
III.2.1. Indice de compacité de GRAVELIUS (kc).....	(5)
III.2.2. Dimension du rectangle équivalent.....	(5)
III.3. Etude de relief.....	(7)
III.3.1. Indice de pente et dénivelée	(8)
IV.Hydroclimatologie.....	(9)
IV.1. Etude de précipitation	(9)
IV.1.1. Les stations pluviométriques	(9)
IV.1.2. Les précipitations moyennes mensuelles	(11)
IV.1.3. Variation annuelle des précipitations pour la période 1991-2010..	(12)
IV.1.4.Les précipitations saisonnières.....	(13)
IV.2.Etude de la température.....	(14)
IV.3. Le vent	(15)
IV.4.	
L'évaporation	(15)

IV.5. L'évapotranspiration	(16)
IV.6. Estimation du ruissellement et de l'infiltration	(16)
IV.6.1 Calcul de l'évapotranspiration (ETP) par la méthode de Thornthwaite.....	(16)
IV.6.2. Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR) par la méthode de turc	(18)
IV.6.3. Approche du bilan hydrique.....	(18)
IV.6.4. Estimation du ruissellement et de l'infiltration.....	(19)
IV.7 le régime climatique.....	(20)
Conclusion.....	(20)

Chapitre II : Traitement des données et analyse des écoulements

I Introduction	(21)
II . Rechercher et corriger les erreurs	(22)
II .1. Méthode des cumuls simples.....	(22)
II .2. Méthode des doubles masses.....	(23)
III. Variation de l'analyse des écoulements.....	(26)
III . 1. analyse des débits	(26)
III.1.1. Les variations annuelles des débits.....	(26)
III.1.2. Les variations mensuelles des débits	(26)
IV. Les régimes hydrologiques	(27)
IV.1. Définition du régime hydrologique d'un cours d'eau.....	(27)
IV.2.classification des régimes hydrologiques.....	(27)
V.régime des évènements extrêmes.....	(30)
Conclusion général	(31)

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation du bassin de Chéelif dans l'ensemble du Nord de l'Algérie (BAL et CHAREDI, 2006).....	(2)
Figure2 : situation géographique de la zone d'étude.....	(3)
Figure 3 : carte géologique de la plaine du Haut Chéelif (M.Mattauer , 1958).....	(4)
Figure4 : répartition spatiale des stations pluviométrique dans le bassin du Chéelif (ANRH d'Alger).....	(10)
Figure5 : Variation des précipitations moyennes mensuelles du Haut Chéelif (1991-2010).....	(11)
Figure6 : variation annuelle des précipitations du Haut Chéelif (1991-2010).....	(12)
Figure7 : Histogramme des précipitations saisonnières du Haut Chéelif (1991-2010).....	(13)
Figure8: température moyenne mensuelle de la station de Harrezza Barrage (1996-2009).....	(14)
Figure9: variation mensuelle de l'évaporation à la station de Harrezza Barrage (1996-2009)....	(16)
Figure10 : Résultats de l'ajustement au niveau de station Sobha.....	(23)
Figure11 : Méthode des doubles masses.....	(25)
Figure12 : Double cumul.....	(25)
Figure13: Variations annuelles des débits à la station de Sobha.....	(26)
Figure14: Variations mensuelles des débits à la station de Sobha.....	(26)
Figure15 : régime hydrologique (régime mixte).....	(28)
Figure16: courbe et histogramme de régime de l'évènement extrême.....	(30)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1 : caractères morphologiques des sous bassins versants du Haut Chéelif.....	(6)
Tableau n°2 : les altitudes caractéristiques des sous bassins.....	(8)
Tableau n°3 : indice de pente et classes de relief des sous bassins.....	(9)
Tableau n°4 : caractéristiques des stations pluviométriques du Haut Chéelif.....	(10)
Tableau n°5 : Précipitations moyennes mensuelles (en mm) pour la période de 1991-2010.....	(11)
Tableau n°6 : variation annuelle des précipitations (en mm) pour la période 1991-2010.....	(12)
Tableau n°7 : Les précipitations saisonnières du Haut Chéelif (en mm).....	(13)
Tableau n°8 : Températures moyennes mensuelles et annuelles pour la station de Harrezza Barrage (1996-2009).....	(14)
Tableau n°9 : Vitesses moyennes mensuelles des vents (km/h) à la station de Harrezza Barrage (1996-2009).....	(15)
Tableau n°10 : valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation (mm) à la station de Harrezza Barrage (1996-2009).....	(15)
Tableau n°11 : calcul de l'ETP selon la méthode de Thornthwaite, application à la station du Harrezza Barrage (1996-2009).....	(17)
Tableau n°12 : bilan hydrique de thornthwaite application, à la station de Harrezza Barrage (1991-2010).....	(19)
Tableau n°13 : Cumuls des valeurs sur 25 ans de stations pluviométriques du bassin de Chéelif.....	(22)
Tableau n°14 .Identification des stations sur le bassin versant.....	(24)
Tableau n°15 : Station fictive.....	(24)
Tableau n°16 : débits max.....	(30)

INTRODUCTION GENERALE

Les ressources en eau sont insuffisantes pour faire face aux besoins de plus en plus croissants des consommateurs, particulièrement en période de sécheresse qui peut engendrer des situations de déficits importants en eau de zone à forte densité de population. A cela, s'ajoutent l'industrie et l'agriculture qui sont aussi avérés de grands consommateurs.

Face à la période de sécheresse qui perdure depuis une vingtaine dans l'ouest de notre pays, un document de synthèse hydrologique matérialisé par des cartes est élaboré.

L'objet de cette étude est de procéder à une synthèse et une actualisation des connaissances abordées en tenant compte de toutes les données hydro climatiques et hydrogéologiques de Haut Chélif.

Pour la réalisation de cette étude, nous nous sommes basés sur les données recueillies auprès des différents organismes qui sont : l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) d'Alger, de Blida et de l'organisme National de météorologie (ONM) d'Alger.

L'étude s'articule autour des points suivants :

-l'étude consiste à localiser géographiquement le bassin versant qui couvre notre zone d'étude et à définir les sous bassins qui la constituent.

-La description lithologique des différentes formations géologique affleurent sur la zone d'étude et la détermination de la géométrie et la structure des l'aquifères.

-L'analyse et l'interprétation des données climatiques dont les principaux paramètres sont : La pluviométrie, la température, le ruissellement.

Chapitre I

Considérations générales

I -Localisation

Le bassin de Chélif se localise entre 34° et 36°30' de latitude Nord, et 0° et 3°30' de longitude Est, sur une superficie totale de **44 630km²**. Il fait partie du chapelet de dépressions sub-littorales de l'Afrique du Nord, rigoureusement plate et d'une altitude allant de **240 à 300** mètres et d'orientation générale S-O, N-E.

L'Oued principale est l'Oued Chélif. Avec ses **700 km**, il est le plus long oued d'Algérie. Il prend sa source près de la ville d'Aflou dans la région de Laghouat et jusqu'à la région de Sidi Laadjel (Ouerk), il prend le nom d'oued touil. Sa confluence avec l'oued Ourek, lui donne le nom d'oued Chélif. Il continue son trajet jusqu'au sud de la ville de Ksar El Boukhari ou il prend la direction Ouest pour arriver à Khemis Miliana. Le Haut Chélif commence près de Khemis Miliana au seuil de Djendel jusqu'à Ain Defla. Puis de Ain Defla au seuil du Doui jusqu'à Boukadir, c'est le moyen Chélif, Enfin de Boukadir à l'embouchure au niveau de Mostaganem, c'est le bas Chélif, pour enfin se jeter dans la mer méditerranéenne, ce que fait de lui un bassin Exoréique.

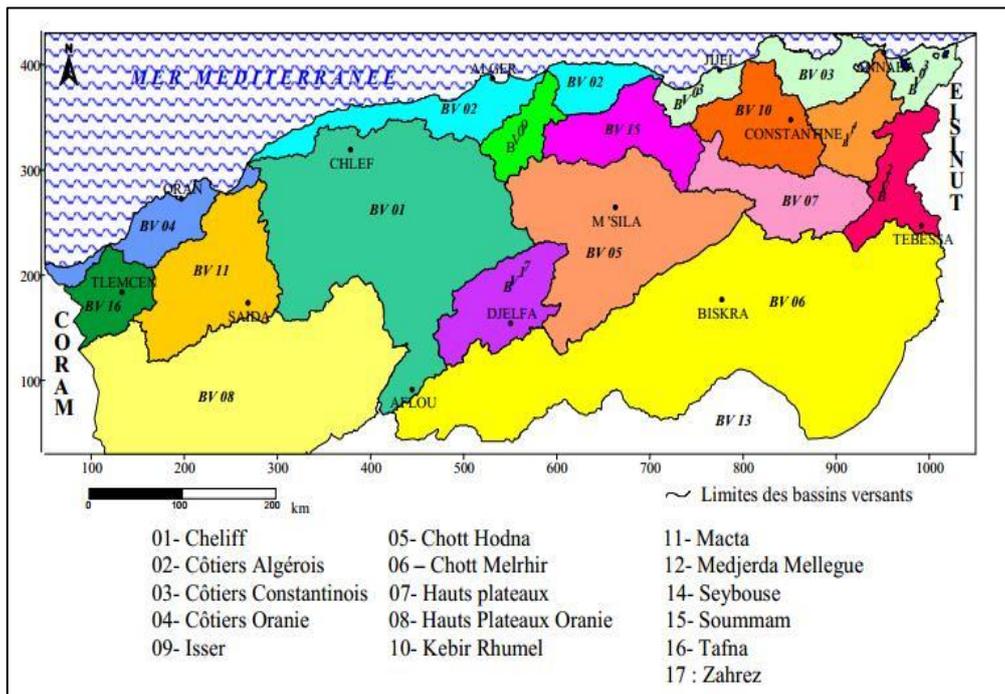


Figure 1: Localisation du bassin de Chélif dans l'ensemble du Nord de l'Algérie (BAL et CHAREDI, 2006)

D'après **BRIVES A, 1957**, la plaine de Chélif se trouve naturellement divisée en trois parties distinctes qui sont d'Ouest en Est :

- Plaine d'Orleansville et d'Inkermanne (bas Chélif)
- Plaine des Attafs (moyen Chélif)
- Plaines d'Affreville ou des Aribes (Haut Chélif) qui fait l'objet de notre étude.

La haute vallée de Chélif est située à 100 km au Sud d'Alger (*Figure.2*).

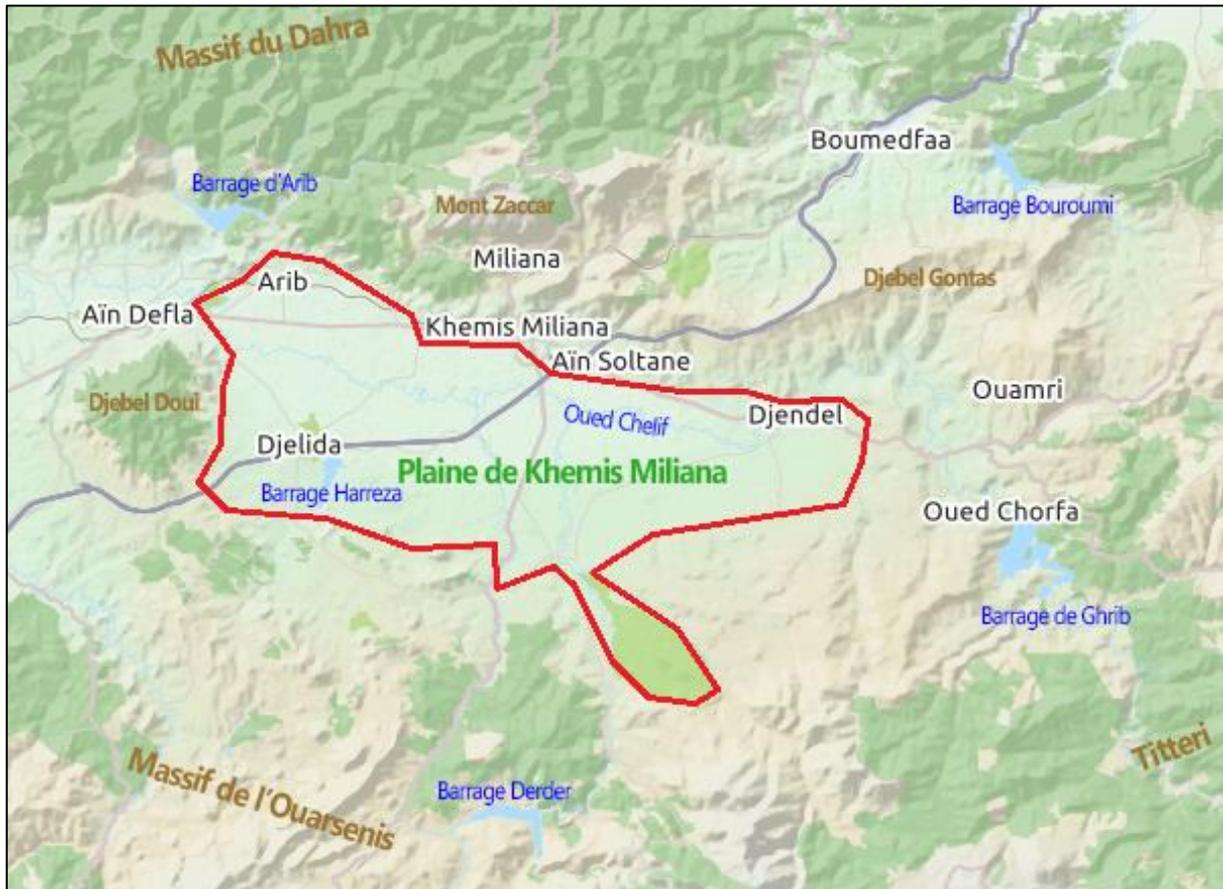


Figure2 : situation géographique de la zone d'étude

Elle est limitée :

- Au Nord, par le, massif du Dahra dont le point culminant est le Zaccar (1576 m).
- Au Sud, par les monts de l'Ouarsenis.
- A l'Est, par le Djebel (seuil de Djendel).
- A l'Ouest, par le Djebel Doui.

II -Synthèse Géologique

La plaine du Haut Chélif est une dépression de remplissage alluvionnaire formée de deux compartiments séparés par un seuil dont l'axe passe à côté d'Oued Souffay dans la partie S-E. Ce seuil est dû à une remontée du substratum crétacé qui traduit l'avancement des terrains crétacés vers le centre de la plaine. A l'Ouest de l'Oued Deurdeur, le comportement géologique appartient au bassin Miocène de Médéa dans lequel les formations grésos-conglomératiques du Miocène sont bien développées.

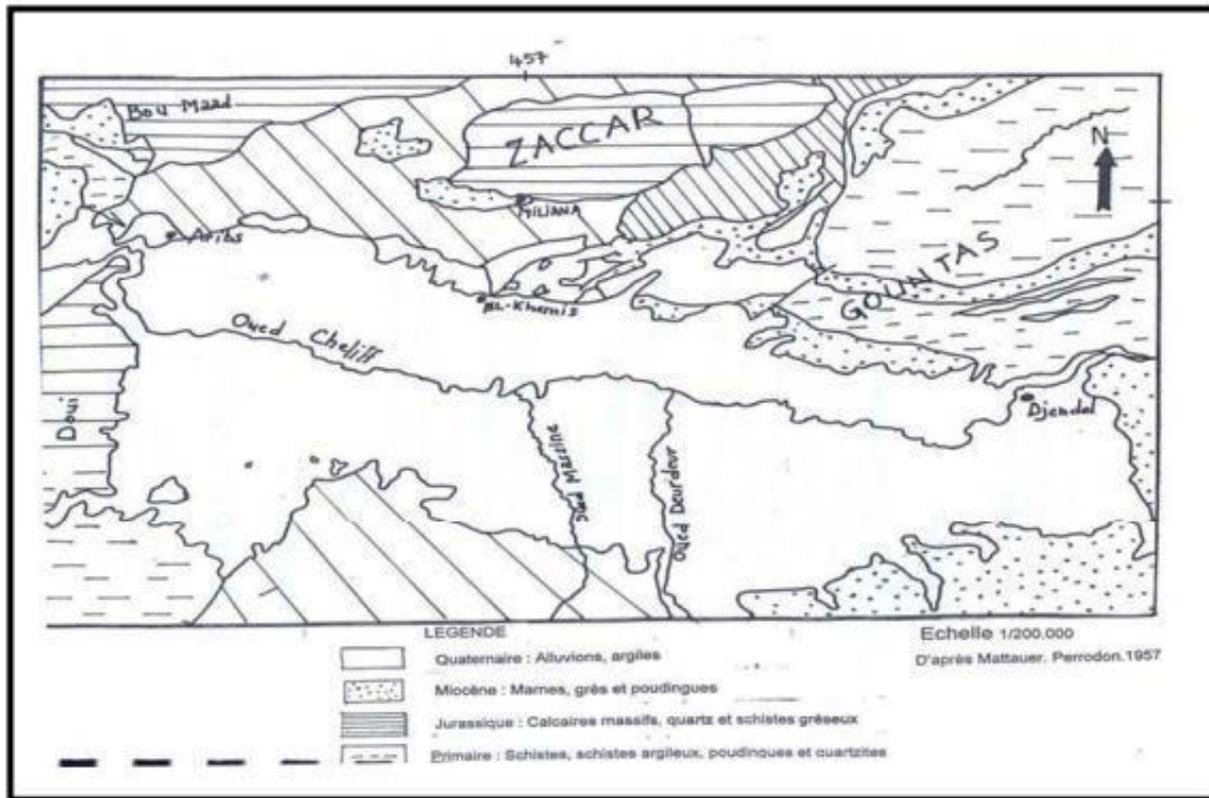


Figure 3 : carte géologique de la plaine du Haut Chélif (M.Mattauer , 1958)

II .1. Lithologie du Haut Chélif

La coupe lithologique transversale effectuée dans la plaine fait apparaître la dépression subsident et l'allure en synclinal des différentes formations constituant le sous-sol. On peut observer de bas en haut :

- Le crétacé inférieur, imperméable et s'étalant sur toute la largeur de la plaine. Il a servi de fond étanche lors de la réalisation du barrage de Ghrib.
- Les dépôts alluvionnaires de l'Oued Chélif, en premier lieu ; étant en contact avec la formation argileuse du Miocène, ils forment une couche d'alluvions argileuse d'une épaisseur de **32 m**.
- Les dépôts alluvionnaires grossiers de l'Oued Chélif proprement dit ; avec des épaisseurs pouvant dépasser les **70 m**, ils forment l'aquifère le plus important de la région.
- A la bordure d'Oued, le contact argileux du Miocène et dépôts alluvionnaires forme des lentilles d'alluvions argileuses.
- Finalement, un recouvrement limoneux surmonte l'ensemble, observé essentiellement au centre de la plaine, il rend l'aquifère captif à quelques endroits.

III Synthèse géomorphologique

La connaissance des caractéristiques topographiques et morphologiques, telles que : la forme, le relief, la disposition du réseau hydrographique, la nature du sol et le couvert végétal est très importante pour l'analyse du comportement hydrologique (l'écoulement, l'infiltration etc.) d'un bassin versant.

III.1. Paramètres géométriques

Après avoir délimité le bassin versant, on a procédé à sa planimétrie pour définir sa superficie et son périmètre. Le bassin du Haut Chélif est d'une superficie de 2388 km², et d'un périmètre de 236 km.

III.2. Caractéristiques de forme

III.2.1. Indice de compacité de GRAVELIUS (kc)

La forme de bassin versant joue un rôle très important sur l'hydrogramme résultant d'une averse à l'exutoire du bassin. En effet, un bassin allongé ne réagira pas de la même manière qu'un bassin plus au moins ramassé, vu que les conditions physiques et le relief sont constants. Kc compare le périmètre du bassin versant à celui d'un cercle d'une même surface.

$$k_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \approx 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Avec

Kc : indice compacité de GRAVELIUS ;

P : périmètre de bassin en km ;

A : surface de bassin en km² ;

KC=1bassin circulaire.

1<KC<1.3bassin compact.

KC>1.3bassin allongé.

Le coefficient **kc** est supérieur à 1 et d'autant plus voisin de cette valeur que le bassin est compact. Avec **kc** = 1,60, le bassin versant du haut Chélif correspond à un bassin peu compact et allongé.

III.2.2. Dimension du rectangle équivalent

Le rectangle équivalent est un modèle de représentation développé par **ROCHE**. Ce modèle permet la comparaison entre les bassins du point de vue caractéristiques tel que l'écoulement ; le bassin devient similaire à un rectangle de même périmètre, les courbes de niveau deviennent parallèles à sa largeur. La longueur et la largeur du rectangle sont calculées à l'aide des relations suivantes :

1. La longueur (L)

$$L = \frac{kc \cdot \sqrt{A}}{1.12} (1 + \sqrt{1 - (1.12/kc)^2})$$

2. La largeur (l)

$$l = \frac{kc \cdot \sqrt{A}}{1.12} (1 - \sqrt{1 - (1.12/kc)^2})$$

Avec :

L : la longueur du sous bassin versant, en km.

l : la largeur du sous bassin versant en km.

A : la superficie du sous bassin versant en km².

Kc : indice de compacité de GRAVELIUS.

Les résultats obtenus des de formes des sous bassins versants concentrés sont représentés dans (**tableau n° 1**).

Code	Nom	Périmètre (km)	Superficie (km ²)		Rectangle équivalent		kc	forme
					L (km)	l (km)		
0115	O.Chélif Harbil	165.342	780.167	585	71.35	11.10	1.65	Allongé
0116	Deurdeur	179.268	850.954	892	78.83	10.75	1.72	Allongé
0117	O. Chélif Harrezza	142.463	756.698	471	59.91	10.96	1.44	Allongé
		236	2387.816	650	119.64	19.95	1.60	Allongé

Tableau n°1 : caractères morphologiques des sous bassins versants du Haut Chélif.

Les valeurs de l'indice de compacité obtenues pour les sous bassins Oued Chélif Harbil et Oued Deurdeur montrent que nous avons affaire à des bassins qui présentent une forme assez allongée avec des valeurs de « kg » pratiquement identique, respectivement égales à 1.65 et 1.72. le bassin de l'Oued Chélif Harrezza est plus ramassé que les précédents mais présente néanmoins une forme allongée avec un indice de compacité égale à 1.44. la dimension du rectangle équivalent confirme l'allongement des trois sous bassins. ($L > 51$).

Dans l'ensemble, les formes des sous bassins sont plus ou moins semblables et traduisent des temps de concentration plus ou moins longs.

III.3. Etude de relief

Le relief est un facteur essentiel dans la détermination de l'aptitude des terrains au ruissellement et l'évaporation. Le relief du bassin versant du Haut Chélif est caractérisé par :

- Le massif du Dahra situé au Nord dont la partie, méridionale représentée par Djebel Zaccar avec une altitude maximale de 1576 m.
- Au centre, les plaines de l'Oued Chélif qui forment une étroite bande d'une dizaine de kilomètres de largeur avec une altitude moyenne de 250 m.
- Au Sud, les collines qui constituent les piémonts de l'imposant massif de l'Ouarsenis se dressent en rangs dispersés ne sont pas très étendues (5 à 10 kilomètres de large).

La courbe hypsométrique met en relief la pente du bassin. Elle représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude.

Les principales caractéristiques altimétriques correspondent à :

- 1- L'altitude moyenne (H) : c'est le rapport entre la somme des surfaces élémentaires par l'altitude moyenne correspondent et la surface totale du bassin versant (A).

$$H = \frac{\sum a_i \cdot h_i}{A}$$

a_i : Surface élémentaire entre deux courbes de niveau (km^2).

h_i : Altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m).

A : surface totale du bassin versant (km^2).

- 2- L'altitude maximale (H_{max}) traduite par le point le plus haut du bassin.
- 3- L'altitude médiane ($H_{\text{méd}}$) correspondant à 50% de la surface cumulée.
- 4- L'altitude minimale (H_{min}) caractérisant le point le plus bas de bassin.

Les résultats obtenus pour les trois (03) sous bassins de l'étude sont, mentionnés dans le (tableau n°2).

Sous-bassins versant	H _{min} (m)	H _{max} (m)	H _{méd} (m)	H _{moy} (m)
O.Chélif Harbil	300	1300	700	507.3
O.Deurdeur	300	1800	1020	439.6
O.Chélif Harrezza	300	1600	520	848.3

Tableau n°2: les altitudes caractéristiques des sous bassins.

Le bassin de Deurdeur présente l'altitude maximale la plus élevées (1800 m) alors que l'altitude minimale (300 m) est commune pour les trois. Il est à remarquer aussi qu'en générale les valeurs du tableau ainsi que celles des

III.3.1. Indice de pente et dénivelée

a- Indice de pente globale (I_g)

Cet indice représente la pente moyenne de 90% de la superficie du bassin, il est obtenu à partir de la courbe hypsométrique, en prenant la dénivelée (D) entre les altitudes H_{5%}-H_{95%}.

$$I_g = \frac{D}{l}$$

Avec :

D : la dénivelée égale à H_{5%}-H_{95%} (m).

l : la largeur du rectangle équivalent (km).

b- La dénivelée spécifique (D_s)

$$D_s = I_g \sqrt{A}$$

Pour permettre une comparaison des bassins versants entre eux du point de vue de relief, on détermine la dénivelée spécifique qui sert de base à une classification proposée par l'ORSTOM.

Avec :

- | | | |
|-------------|--------------------------------|---------------------|
| - Classe R1 | D _s < 10 m | relief très faible |
| - Classe R2 | 10 m < D _s < 25 m | relief faible |
| - Classe R3 | 25 m < D _s < 50 m | relief assez faible |
| - Classe R4 | 50 m < D _s < 100 m | relief modéré |
| - Classe R5 | 100 m < D _s < 250 m | relief assez fort |
| - Classe R6 | 250 m < D _s < 500 m | relief fort |
| - Classe R7 | D _s > 500 m | relief très fort |

Les résultats des calculs sont portés dans le (tableau n°3).

code du sous bassin	Nom du sous bassin	Superficie (km ²)	Ig	Ds	Classement de relief
0115	O. Chélif Harbil	780.167	9.02	249.99	Relief fort
0116	O. Deurdeur	850.954	11.90	348.57	Relief fort
0117	O.Chélif Harrezza	756 .698	9.78	266.76	Relief fort

Tableau n°3: indice de pente et classes de relief des sous bassins.

Toutefois, les résultats (tableau n°3) permettent de montrer que les plus fortes valeurs de l'indice de pente globale (Ig) et la dénivelée spécifique (Ds) concernent les sous bassins Oued Deurdeur (0116) et Oued Chélif Harrezza (0117).

Ces valeurs traduisent bien d'ailleurs l'importance du volume montagneux et la forte incision du relief dans ses secteurs.

On constate, par ailleurs, que les sous bassins qui caractérisent le bassin du Haut Chélif se classent dans la catégorie du relief fort.

IV. Hydroclimatologie

IV.1. Etude de précipitation

Nous engloberons sous le terme de « précipitation » toutes les eaux météoriques qui tombent à la surface de la terre tant sous forme liquide que solide. Ces dernières constituent l'un des plus importants paramètres climatiques du bilan hydrologique.

Les précipitations permettent, dans une certaine mesure, de préciser le débit d'écoulement et d'estimer la recharge des nappes au niveau du bassin versant. Par conséquent, leur étude est une étape importante en hydrogéologie.

IV.1.1. Les stations pluviométriques

Les sous bassins versants de notre zone d'étude possèdent des postes d'observation pluviométriques répartis sur l'ensemble du bassin (*Fig.04.*). La gestion et le suivi de ces derniers se sont fait par intermittence accusant parfois des interruptions de plusieurs mois à plusieurs années, suite aux conditions d'insécurité que connaît la région.

Nous avons choisi d'étudier les enregistrements de trois stations (*Fig.04.*), celle de domaine Ferroukhi, Bordj El Amir AEK et El Ababsa. Celles-ci ont récolté des informations pendant une longue période, ce qui nous a permis d'avoir des transcriptions de données qui s'étalent sur une période de vingt années (1991-2010).

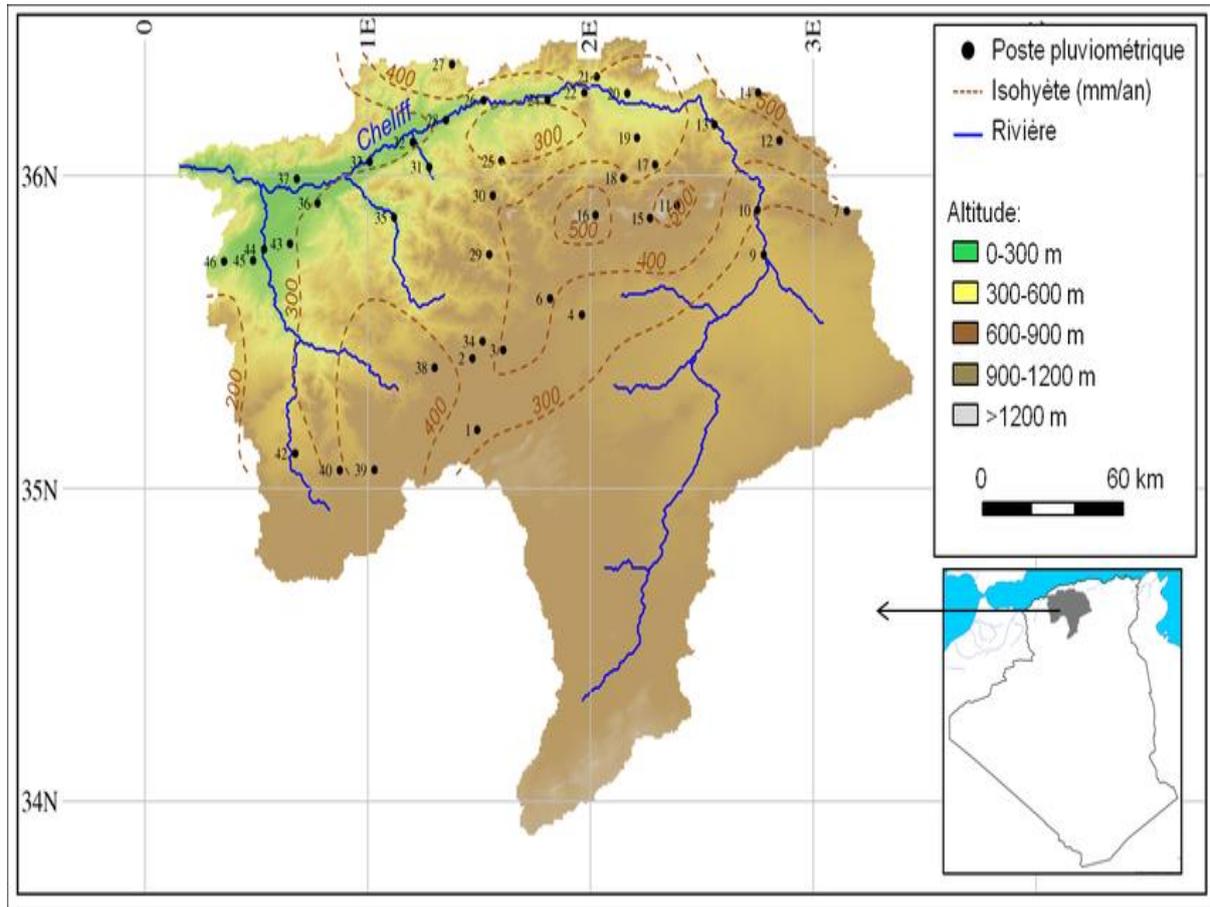


Figure4 : répartition spatiale des stations pluviométrique dans le bassin du Chélif (ANRH d’Alger).

Station	Code	Coordonnées Lambert Nord Algérie		Altitude Z (m)
		X (km)	Y (km)	
Domaine Ferroukhi	011510	469.8	321.55	313
Bordj El Amir AEK	011603	461.1	285.3	1080
Harrezza Barrage	011718	455.35	321.4	315

(ANRH,Alger)

Tableau n°4: caractéristiques des stations pluviométriques du Haut Chélif.

IV.1.2. Les précipitations moyennes mensuelles

Pour mieux connaitre la pluviosité sur le Haut Chélif, nous avons pris en considération trois (3) stations : Domaines Ferroukhi, Bordj El Amir AEK et El Ababsa. La période d’observation est de vingt ans (1991-2010).

Mois Station	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	Moyenne annuelle
Domaine Ferroukhi	25.2	35.9	42.6	50.7	58.6	46.1	37.1	34.9	20.9	5.2	0.8	4.5	362.5
Bordj El Amir AEK	37.5	39.5	46.9	50.1	70.4	47.6	35.1	32.0	28.4	5.1	2.9	7.7	403.2
Harrezza Barrage	22.9	28.2	44.2	44.3	46.8	44.9	38.3	31.0	26.5	3.4	0.3	5.0	335.8

(ANRH, Alger)

Tableau n°5: Précipitations moyennes mensuelles (en mm) pour la période de 1991-2010.

Le tableau (tableau n°5) montre que les précipitations enregistrées au niveau des trois stations sont irrégulières avec des pics atteignent pour la station Domaine Ferroukhi (58.6 mm), Bordj El Amir AEK (70,4 mm) et Harrezza Barrage (46,8 mm). Des valeurs minimales inferieures à (7 mm) sont enregistrées aux mois de Juin, Juillet et Aout.

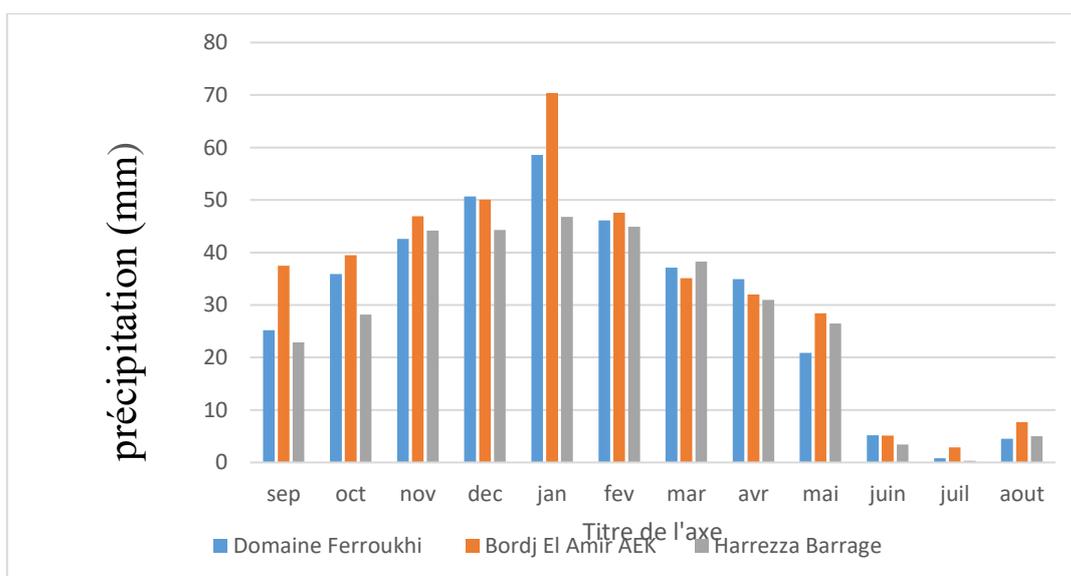


Figure5 : Variation des précipitations moyennes mensuelles du Haut Chélif (1991-2010).

L'histogramme de la répartition des précipitations moyennes mensuelles sur les trois stations pluviométriques (*Figuer6.*) montre :

- Une période correspondant aux mois de novembre, décembre, janvier, février. Cette période correspond à la saison hivernale durant laquelle les précipitations représentent 53,86 % (en moyenne pour les trois stations) du total annuel.
- Une période sèche, correspondant à la saison estivale durant laquelle les précipitations ne représentent que 3,16 % du total annuel.

IV.1.3. Variation annuelle des précipitations pour la période 1991-2010

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Domaine Ferroukhi	485,6	276,4	188,2	501,1	572,5	292,7	451,3	451,1	206,6	301,4
Bordj El Amir AEK	640,3	316	294,8	608	465,1	286,5	586	447,9	241,5	454,9
Harrezza Barrage	329,9	238,9	225,2	394,8	459,3	275,7	333,5	300,6	185,4	440,9

2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
234,6	348,2	390,3	316,3	433,2	324,4	483,8	447,5	443,1	460,5
244,7	460,3	546,9	393,3	518,4	305,1	310,5	363,8	364,4	340,7
237,9	389,7	315,8	322,9	356,3	317,8	362	495,5	441,7	470,3

(ANRH, Alger).

Tableau n°6: variation annuelle des précipitations (en mm) pour la période 1991-2010.

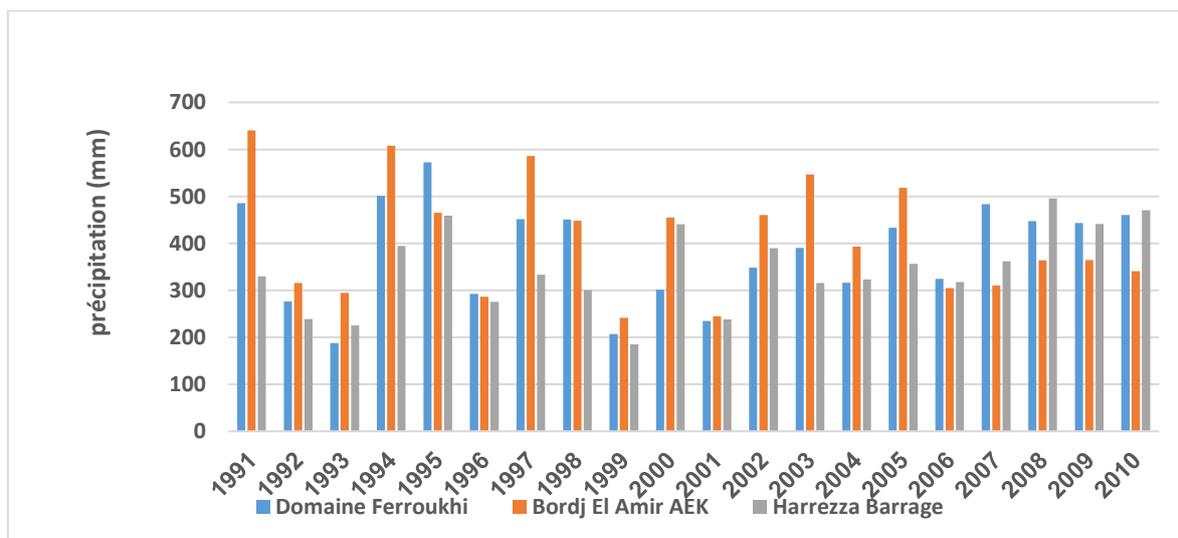


Figure6 : variation annuelle des précipitations du Haut Chélif (1991-2010).

Durant la période 1991-2010, une pluviométrie comprise entre 200 et 600 mm est enregistrée au niveau de toutes les stations pluviométriques.

Les stations ont continué à enregistrer des courbes régulières. Donc, nous pouvons conclure qu'il n'y a pas eu une d'évolution significative du niveau des précipitations pendant une vingtaine d'années au niveau du bassin du Haut Chélif.

IV.1.4. Les précipitations saisonnières

	Automne	Hiver	Printemps	Été
Domaine Ferroukhi	103,7	155,4	92,9	10,5
Bordj El Amir AEK	132,9	168,1	95,5	15,7
Harrezza Barrage	95,3	136	95,8	8,7

Tableau n°7: Les précipitations saisonnières du Haut Chélif (en mm).

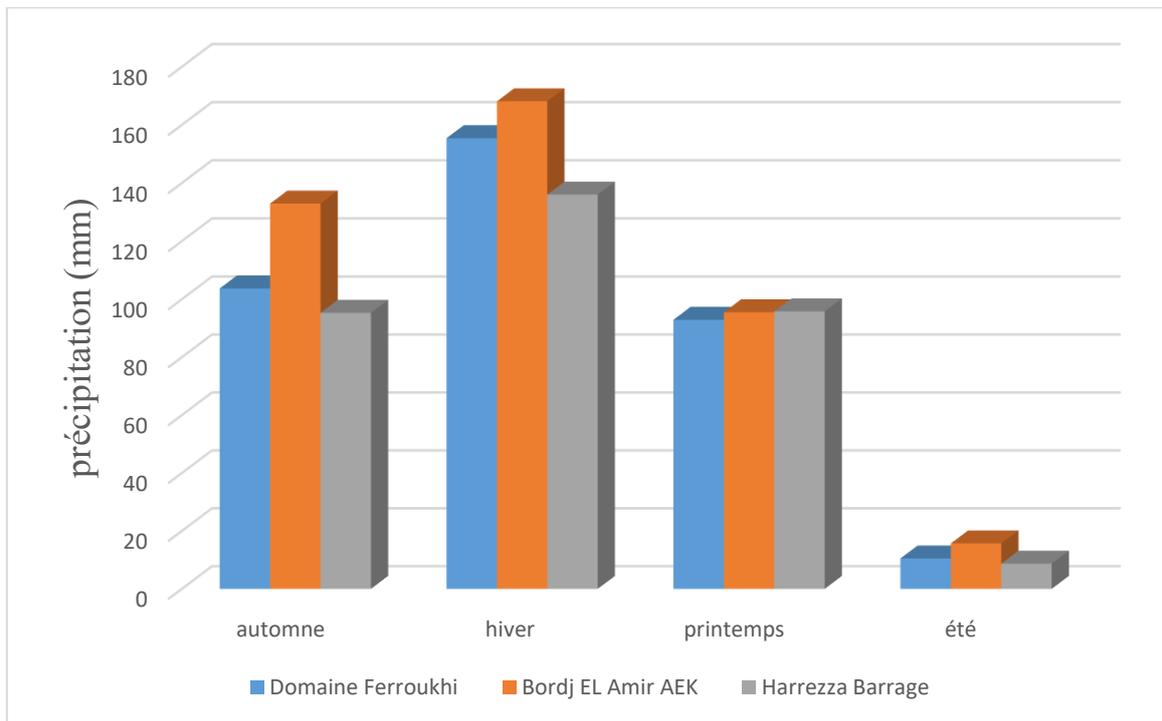


Figure7 : Histogramme des précipitations saisonnières du Haut Chélif (1991-2010).

L'étude des précipitations saisonnières indique que :

- Les fortes précipitations sont enregistrées en hiver [130-170 mm].
- Les précipitations d'automne et de printemps sont relativement importantes [90-130 mm].
- La saison d'été est la moins pluvieuse [08-16 mm].

IV.2. Etude de la température

Les températures traduisent la prépondérance des influences continentales sur les influences maritimes. Elles varient selon l’altitude, la vitesse et la direction des vents. L’amplitude de leur variation, tant annuelle que journalière, est caractéristique de notre région connue pour ses hivers froids et ses étés brulants.

Selon les données enregistrées par l’Office National de la Météorologie (ONM), on note les valeurs suivantes concernant la station de Harrezza Barrage (1996-2009).

Mois Paramètres	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	mars	Avril	Mai	juin	Juillet	Aout	Moyenne annuelle
T° minimale (C°)	19,1	16,2	10,8	7,1	6,1	6,4	9	10,4	14,2	19,7	22,1	22,3	13,4
T° maximale (C°)	30,1	25,2	17,8	13,5	12,3	15	17,6	19,4	24,2	31,1	36,1	38,7	23,6
T° moyenne (C°)	24,6	20,7	14,3	10,3	9,2	10,7	13,3	14,9	19,2	25,4	29,1	30,5	18,5

(ONM,Alger)

Tableau n°8: Températures moyennes mensuelles et annuelles pour la station de Harrezza Barrage (1996-2009).

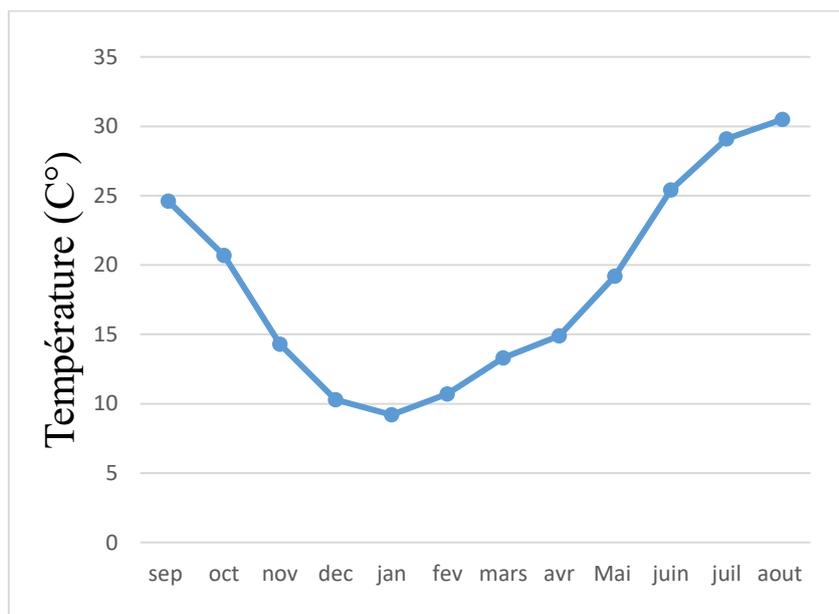


Figure8: température moyenne mensuelle de la station de Harrezza Barrage (1996-2009)

La courbe de variation des températures moyennes mensuelles montre :

- Une moyenne annuelle de l'ordre de 18,5°C (station de Harrezza Barrage).
- Un pôle froid qui correspond aux mois de Décembre, Janvier et Février, ou la température minimale atteint 9,2°C au mois de Janvier.
- Un pôle chaud qui correspond aux mois de juin, juillet et Aout, avec une température maximale de 30,5°C au mois d'Aout.

IV.3. Le vent

C'est un agent climatique influant directement sur le climat d'une région. Le Haut Chélif est généralement traversé par des vents de direction Ouest et Nord-Est. Les vitesses moyennes mensuelles des vents à la station Harrezza Barrage, sont illustrées dans le tableau suivant :

Mois	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	mars	Avril	Mai	juin	Juillet	Aout	Moyenne
Vitesses (km/h)	2,1	4,6	2,5	3,7	2,4	3,6	2,9	3	3,6	1,5	1,9	1,8	2,8

(ONM,Alger)

Tableau n°9: Vitesses moyennes mensuelles des vents (km/h) à la station de Harrezza Barrage (1996-2009).

IV.4. L'évaporation

C'est le processus physique de la transformation de l'eau en vapeur d'eau. Les résultats disponibles pour l'estimation de l'évaporation à la station da Harrezza Barrage, sont mentionnées dans le tableau ci-dessus :

Mois	Septemb re	Octobre	Novemb re	Déceb re	Janvier	Février	mars	Avril	Mai	juin	Juillet	Aout
Evp (mm)	216,7	142,3	80,5	63,4	54,3	70,1	104,4	103,5	183,7	256,8	332,9	321,3

(ONM,Alger)

Tableau n°10 : valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation (mm) à la station de Harrezza Barrage (1996-2009).

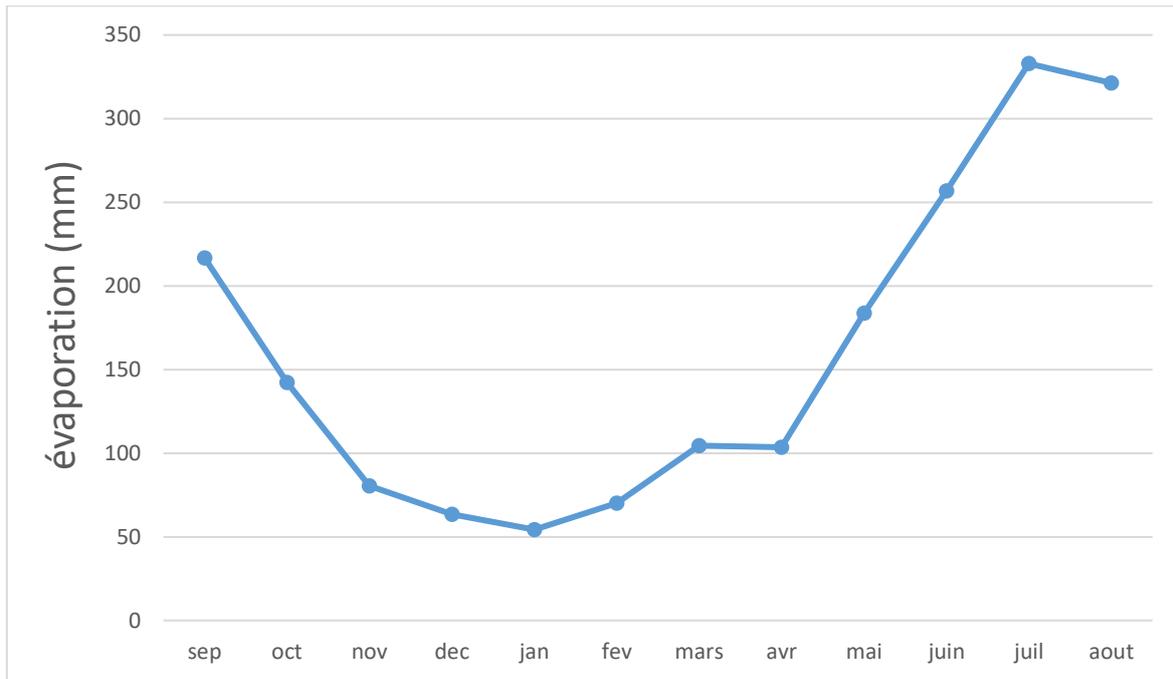


Figure9: variation mensuelle de l'évaporation à la station de Harrezza Barrage (1996-2009).

D'après l'analyse de l'évaporation au cours de la période (1996-2009), on remarque que le maximum d'évaporation a été enregistré (332,9 mm) au mois de Juillet (à la saison estivale), où la température est très importante. Le minimum d'évaporation a été enregistré (54,3 mm) au mois de Janvier (à la saison hivernale), où la température est faible.

IV.5. L'évapotranspiration

L'émission de la vapeur d'eau ou évapotranspiration (exprimée en mm), résulte de deux phénomènes : l'évaporation, qui est purement physique, et la transpiration des plantes. La recharge des nappes phréatiques par les précipitations tombant en période d'activité du couvert végétal peut être limitée.

En effet, la majorité de l'eau est évapotranspirée par la végétation. Elle englobe la perte en eau due au climat, les pertes provenant de l'évaporation du sol et de la transpiration des plantes.

IV.6. Estimation du ruissellement et de l'infiltration

IV.6.1 Calcul de l'évapotranspiration (ETP) par la méthode de Thornthwaite

La formule empirique de Thornthwaite est utilisée les climats semi-arides. Elle est basée sur la notion de réserve des sols en eau facilement utilisable (RFU) pour les plantes. On admet que la hauteur d'eau stockée dans le sol qui est reprise par l'évapotranspiration est de 100 mm au maximum. Le bilan est appliqué pour les bassins versants afin de calculer la recharge efficace de la nappe et la période d'irrigations.

Cette formule nous permet de calculer l'évapotranspiration potentielle à partir la relation suivante :

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a K$$

Avec :

ETP : évapotranspiration potentielle (mm).

T : température moyenne mensuelle du mois considéré (°C).

I : indice thermique annuel (°C).

i: indice thermique mensuel; $i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1,514}$

a: composant climatique: $a=0,016T+0,5$.

K : coefficient thermique mensuelle.

Le tableau résume les résultats obtenus par la formule de Thornthwaite :

Mois	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	mars	Avril	Mai	juin	Juillet	Aout
T(°C)	24,6	20,7	14,3	10,3	9,2	10,7	13,3	14,9	19,2	25,4	29,1	30,5
I	11,16	8,59	4,91	2,99	2,52	3,16	4,40	5,22	7,67	11,71	14,39	15,45
ETP	75,25	47,69	24,52	13,20	11,17	15,96	27,53	39,09	61,62	93,24	114,03	112,84
K	1,03	0,97	0,86	0,85	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16
ETP corrigé	77,51	46,26	21,09	11,22	9,72	13,57	28,36	42,61	74,56	112,82	140,26	130,89

Tableau n°11: calcul de l'ETP selon la méthode de Thornthwaite, application à la station du Harrezza Barrage (1996-2009).

Le principe de calcul du bilan hydrologique de Thornrhwaite est le suivant :

- Si $P > ETP$ on prend $ETP = ETR$, la quantité d'eau qui reste ($P - ETR$) va alimenter la réserve d'eau utile (REU) jusqu'à son maximum (100 mm) et si elle dépasse cette valeur il y aura un excédent (WS) qui va partir soit sous forme d'infiltration efficace vers la nappe, soit sous forme de ruissellement.
- Si $P < ETP$, la valeur de $ETP = P + REU$, jusqu'à égalisation avec ETP. Si la REU est nulle, il va se produire un déficit agricole $D = ETP - ETR$, ce dernier paramètre représente alors le besoin de cultures à l'irrigation.

IV.6.2. Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR) par la méthode de turc

L'évapotranspiration réelle (ETR) se calcul généralement par la formule du Turc à l'aide de l'équation suivante :

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

ETR : Evapotranspiration réelle moyenne annuelle (mm).

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

L : pouvoir évaporant de l'atmosphère.

$$L=300+0,05T^3+25T$$

T : température moyenne annuelle (°C).

L'ETR estimée est de 336,47 mm

IV.6.3. Approche du bilan hydrique

L'établissement du bilan hydrique consiste à évaluer la répartition des précipitations reçues sur une surface, entre les paramètres suivants :

Evapotranspiration réelle (ETR), Ruissellement (R) et l'Infiltration (I).

L'équation du bilan hydrique s'exprime par la relation :

$$P=ETR + R + I + Wa$$

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

R : ruissellement (mm).

I : infiltration moyenne (mm).

Wa : variation des réserves (négligeable).

Mois	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	mars	Avril	Mai	juin	Juillet	Aout	AN
P(mm)	22.9	28.2	44.2	44.3	46.8	44.9	38.3	31.0	26.5	3.4	0.3	5.0	335.8
ETP (mm)	77.5	46.3	21.1	11.2	9.7	13.6	28.4	42.6	74.6	112.8	140.2	130.8	708.8
ETR (mm)	22.9	28.2	21.1	11.2	9.7	13.6	28.4	42.6	74.6	3.4	0.3	5.0	261
REU (mm)	0	0	23.1	56.2	93.3	100	100	88.4	40.1	0	0	0	-
Excédent (mm)	0	0	0	0	0	24.6	9.9	0	0	0	0	0	34.5
Déficit (mm)	54.6	18.1	0	0	0	0	0	0	0	69.1	139.9	125.8	407.5

Tableau n°12: bilan hydrique de thornthwaite application, à la station de Harrezza Barrage (1991-2010).

D'après le tableau :

- Les précipitations sont supérieures à l'ETP du mois de Novembre jusqu'au mois de Mars. Au cours de cette période, les réserves en eau du sol ont été reconstituées. La valeur maximum du REU est calculée au mois de Février avec un excédent de 24,6 mm, le surplus d'eau va partir soit sous forme d'infiltration vers la nappe, soit de forme de ruissellement.
- Le déficit agricole est estimé de 263,6 mm il débute en mois de juin et se poursuit jusqu'au mois d'Octobre.

IV.6.4. Estimation du ruissellement et de l'infiltration

a- Le ruissellement (R) :

Le ruissellement peut être estimé à partir de la formule de *Tixeront berkloff* :

$$R = \frac{P^3}{3(ETP)^2}$$

R: Ruissellement (mm)

P : précipitation (mm)

ETP : Evapotranspiration potentiel (mm)

Le ruissellement calculé est de 25,12 mm, soit 7,48% des précipitations. Cette valeur obtenue reste discutable puisqu'elle ne tient pas compte de la nature lithologique et la perméabilité des terrains traversés.

b-L 'infiltration (I)

D'après la méthode du bilan hydrologique de Thorthwaite, l'ensemble des écoulements ont estimé à 34,5 mm Donc l'infiltration représenterait environ 17,2 mm

IV.7 le régime climatique

Les méthodes d'étude reposent, soit sur le calcul d'indices à partir des précipitations et des températures, soit sur une visualisation graphique de ces paramètres. Elles permettent de préciser la position et l'importance des périodes sèches et humides.

Conclusion

Dans cette partie du travail, nous avons abordé tout ce qui concerne le bassin versant haut Chélif et les considérations générales de ce dernier qui sont

-la structure géographique, la synthèse géologique, la lithologie du haut Chélif, synthèse géomorphologique, l'étude de relief et la pluviométrie, la température, le ruissellement et l'infiltration

Chapitre II

*Traitement des données et
analyse des écoulements*

I Introduction

L'ensemble des données pluviométriques de base est mise à notre disposition par la Direction Générale de la Météorologie. Les fichiers de ces données donnent les valeurs mesurées des pluies moyennes annuelles des diverses stations pluviométriques de la zone d'étude sur de longues périodes d'enregistrement. Ces données sont disponibles pour une station pluviométrique dans le bassin versant du **Haut Chélif**.

Si l'acquisition des données est un point central de l'activité hydrologique, il faut ensuite traiter, contrôler et gérer les données acquises. ne bénéficient pas de moyens informatisés et partiellement automatique ; il est donc nécessaire d'effectuer divers calculs et vérifications. Ce chapitre présente donc les étapes du passage de l'acquisition des données à leur utilisation effective, dans le cadre d'une analyse hydrologique.

La plupart des études, quand elles abordent la partie critique des données, commencent par la recherche de l'homogénéité. Cette étape essentielle consiste à examiner la stationnarité du phénomène étudié en recherchant à montrer que les caractéristiques de la série chronologique étudiée n'évoluent pas dans le temps et gardent une certaine stabilité (Beaulieu, 2009).

L'évaluation des données manquantes à une station a été déterminée à partir des valeurs provenant de la station voisine présentant le meilleur coefficient de corrélation et ayant fonctionnée durant le mois manquant. La formule la plus simple pour combler, sans erreur majeure les lacunes des séries, est de remplacer la valeur manquante par une moyenne pondérée par la tendance mensuelle des stations hydrométriques et pluviométriques (Musy et Laglaine, 1992).

II . Rechercher et corriger les erreurs

II.1. Méthode des cumuls simples

Le principe de la méthode consiste à vérifier la proportionnalité des valeurs mesurées pour chaque station. Le but est de valider les mesures tirées de la station.

On calcule le cumul des valeurs annuelles de la station et on le reporte sur un graphique. Si l'on obtient un effet de lissage, on conclut que les mesures proviennent de la même station. Dans le cas d'une dispersion les mesures sont alors à vérifier.

Nous avons reporté pour les deux chroniques de pluies, en abscisse le temps en années et en ordonnée le cumul des précipitations, tels que : $Y_k = \sum_{i=1}^k p_i$ pour les précipitations

Application

Nous avons appliqué la méthode pour stations(Sobha) pluviométriques du bassin de Chéelif. Les cumuls des valeurs observées sur 25 ans pour cette station sont Représente dans le tableau suivant :

	jan	fev	mars	avr	mai	juin	Juil	aout	sep	oct	nov	dec	Q ann	cuml
1978	23	18	11	0,3	0,6	3,2	0	0	22,86	55,14	47,9	60,11	242,11	242,11
1979	62,62	127,3	127	19,9	7,73	4,76	0,56	0,66	10,5	14,54	16,62	37,05	429	671,11
1980	48,97	24,58	11,2	30,5	15,25	12,86	14,56	7,44	6,2	5,81	5,82	46,96	230,15	901,26
1981	29,62	31,47	19,8	23,7	9,11	1,73	7,44	7,19	4,95	5,96	5,76	5,43	152,19	1053,45
1982	2,45	5,57	15	21	1,05	0,23	3,68	3,72	12,21	17,04	13,06	22,048	117,06	1170,51
1983	8,83	7,75	8,1	7,5	1,32	0	0	0	3,6	1	7,1	10,86	56,06	1226,57
1984	10,86	5,74	6,84	6,36	7,62	1,18	0	0	0	4,65	47,13	44,76	135,14	1361,71
1985	3,54	2,42	2,74	7,5	0,5	0	0	0	0	0,6	35,4	35,4	88,1	1449,81
1986	35,4	163	87	8,7	0	5,73	0	0	0	53	7,5	39,32	399,63	1849,44
1987	12,6	79,73	6,6	1,7	0,13	0	0	0	0	2,68	25,24	3,86	132,54	1981,98
1988	16,42	3	4,41	2,32	3,82	1,2	0	0	0	0	2,13	23,93	57,23	2039,21
1989	1,37	1,59	17,5	14,8	2,86	0,1	0	0	1,39	0	2,3	2,75	44,57	2083,78
1990	7,42	4,64	4,78	7,72	6,12	0	0	0	2,5	16,4	30,73	14,86	95,17	2178,95
1991	9,3	8,88	22,5	3,81	1,56	0	0	0	0	0	1,92	2,1	50,03	2228,98
1992	5,12	0,58	6,75	5,87	1,08	0	0	0	0	4,69	2,33	3,3	29,72	2258,70
1993	2,55	2,53	4,93	2,4	2,41	0	0	0	9,3	9	4	6,48	43,6	2302,30
1994	9,6	15,19	1,54	0,34	0	0	0	0	24	18,3	21,64	13,16	103,77	2406,07
1995	7,99	39,47	65,8	7,22	6,25	0	0	0	19,2	19,2	19,2	19,2	203,53	2609,60
1996	4,7	72,66	131	19,9	5,1	0	0	0	8,28	25,2	0,49	0,91	268,06	2877,66
1997	9,06	1	1,31	25,4	0,85	0	0	0	0	7,13	60,84	6,49	112,1	2989,76
1998	5,54	2,48	0,82	2,99	3,32	0	0	0	0	0,86	1,04	7,36	24,41	3014,17
1999	54,2	9,7	16,2	0,54	0		0	0		0	3	34,29	117,95	3132,12
2000	0,72	0,26	0,22	0,06	0	0	0	0	0	0,2	2,1	13,5	17,06	3149,18

Tableau n°13 : Cumuls des valeurs sur 25 ans de stations pluviométriques du bassin de Chéelif

A partir de ces différentes données, nous avons procédé à leur ajustement et les résultats obtenus s'observent sur la figure ci-dessous (Figure10).

Sur le figure suivant, on remarque un effet de lissage pour cet station et l'ensemble des points s'alignent bien selon une droite, (les mesures se répartissent de part et d'autre de la droite) . Ce résultat suggère que l'échantillon de données a été bien tiré d'une même population.

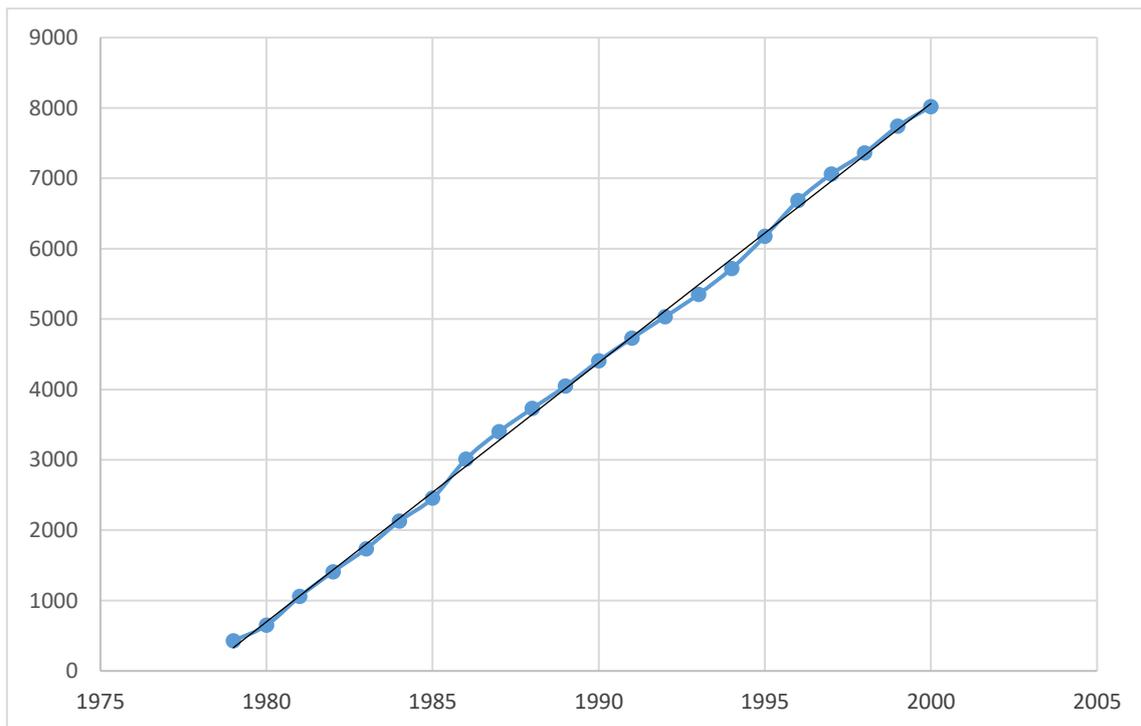


Figure n°10 : Résultats de l'ajustement au niveau de station Sobha

II.2. Méthode des doubles masses

Par moment, il est difficile d'identifier une station de référence. De ce fait, il faut répertorier sur un tableau toutes les stations appartenant au bassin versant considéré (Tableau n°14), en précisant la période d'observations, le nombre d'années d'observation (N) et les coordonnées géographiques de chaque station (X, Y) et l'altitude (Z) et d'en créer une station fictive F qui sera considérée comme station de référence (Tableau n°15). La valeur des précipitations sera la moyenne des pluies aux stations disponibles Son homogénéité doit être vérifiée par un test statistique (test de la médiane ou test de Wilcoxon par exemple).

Station	1971/72.....1987/88.....1999/00	N	X Km	Y km	Z m
A	-----				
B	-----				
C	-----				
D	-----				

Tableau n°14. Identification des stations sur le bassin versant

Station Année	A	B	C	D	Station fictive F
1971/72	X_{Ao}	X_{Bo}	X_{Co}	X_{Do}	$X_{Fo} = \frac{X_{Ao} + X_{Bo} + \dots +}{n}$
1972/73	X_{A1}	X_{B1}	X_{C1}	X_{D1}	X_{F1}
.					.
.					.
.					.
N	X_{AN}	X_{BN}	X_{CN}	X_{DN}	X_{FN}

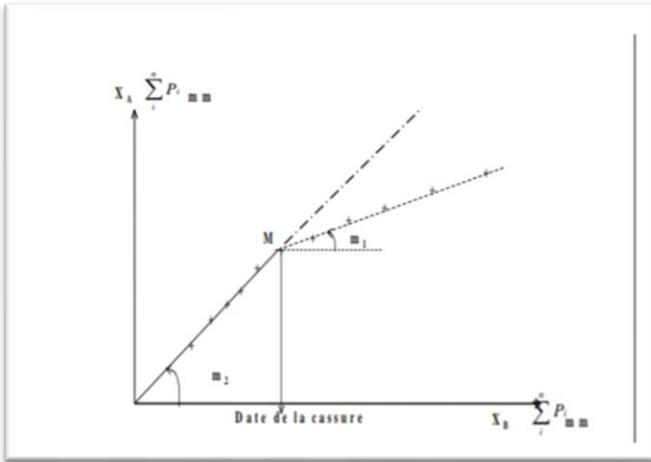
Tableau n°15 : Station fictive

Si nous revenons à notre exercice, la station de référence est celle de (X). Elle a été vérifiée par le test de la médiane. La station à étudier est celle de (Y) qu’il convient de vérifier, de corriger en cas d’erreurs et d’étendre pour son utilisation future. La méthode des doubles masses est considérée.

Les valeurs correspondantes à la même période d’observations sont reportées en coordonnées rectangulaires, obtenant une courbe de double cumul.

Si les données de la station contrôlée sont homogènes par rapport à celles de la station de base, la courbe des doubles cumuls avoisine une droite. Si elle possède une cassure à partir d'un point *M*, les observations à partir de ce point sont hétérogènes.

Dans le cas où l'hétérogénéité est détectée, la correction s'effectue par modification de la pente de la droite de double cumul des données antérieures ou postérieures à la date de la cassure. Seul le but visé par l'étude en cours peut indiquer quelle partie de la série est à corriger



On corrige les données observées en multipliant le rapport de pente m_1 / m_2 ou m_2 / m_1 par la valeur erronée dans la série observée respectivement selon que l'on soit après la cassure ou avant la cassure.

Figure n° 11. Méthode des doubles masses

La méthode de la double masse appliquée aux cumuls annuels des 2 stations a permis de confirmer l'hétérogénéité de la série des pluies annuelles de la station Y comme le montre la figure n°11

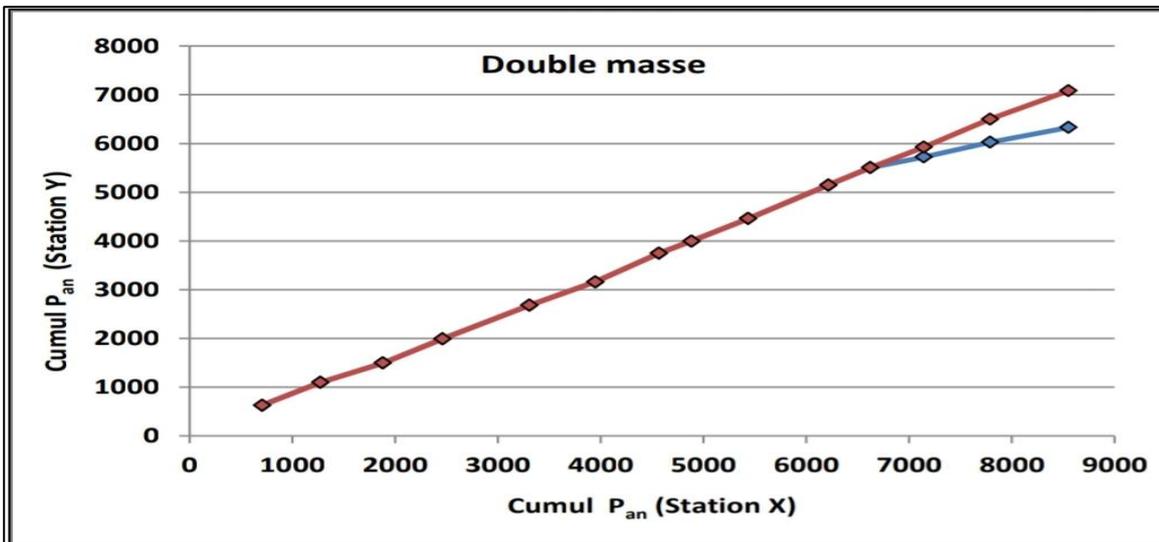


Figure n°12 Double cumul

Au vue de **la figure n°12**, la station Y présente une hétérogénéité qu'il convient de corriger

III. Variation de l’analyse des écoulements

III . 1. Analyse des débits

Le débit en hydrologie s’utilise essentiellement dans le processus de transformation de la pluie en débit dans un bassin versant et sa modélisation, la prévention du risque de crue et d’inondation.

III.1.1. Les variations annuelles des débits

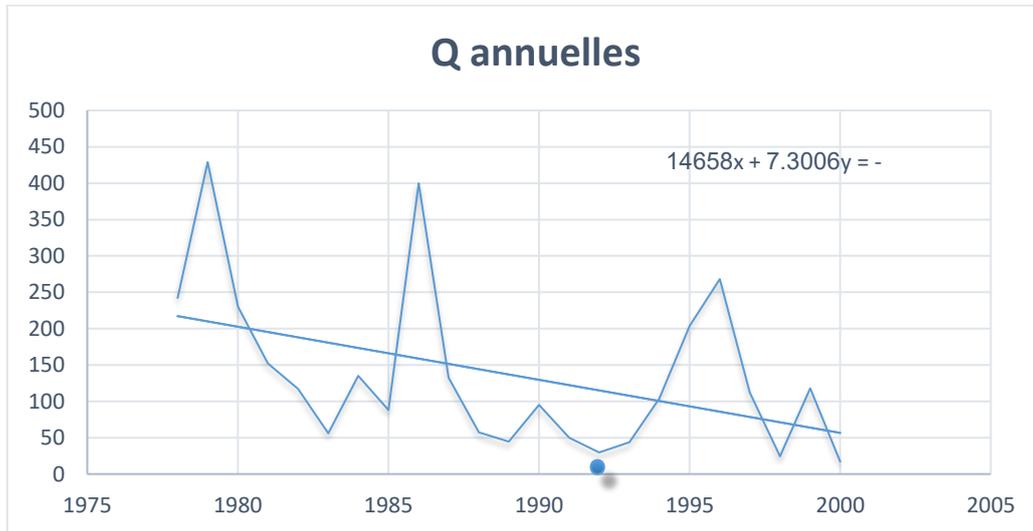


Figure n°13: Variations annuelles des débits à la station de Sobha

Les variations annuelles des débits de la station de Sobha sont représentées par un histogramme **figure n°13**. On observe une irrégularité pas assez prononcée, la période de **1979-1980** on remarque que le débit est fort, il mesure 429.02 m³/s

III.1.2. Les variations mensuelles des débits

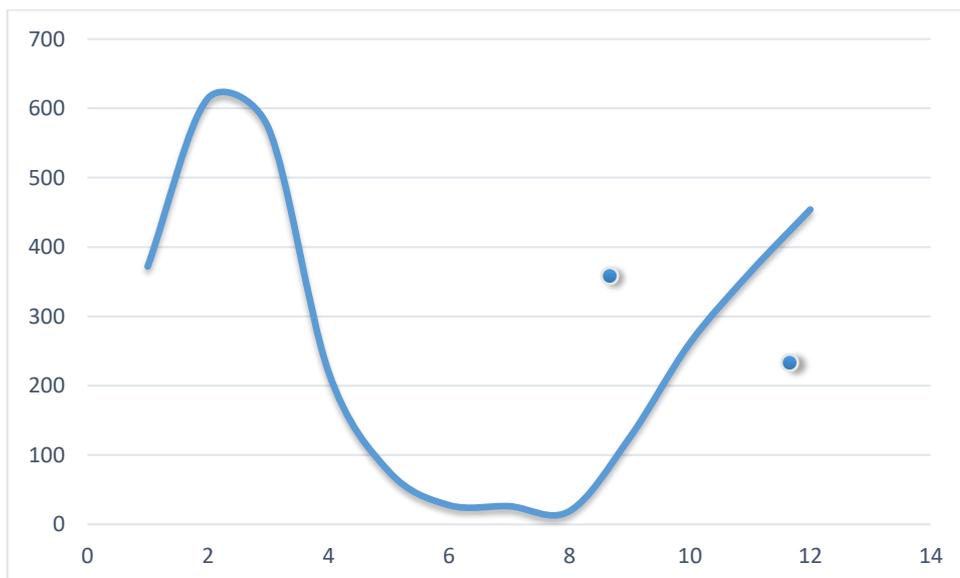


Figure n°14: Variations mensuelles des débits à la station de Sobha

Les variations mensuelles des débits de la station de Sobha sont représentées par un histogramme groupé **figure n°14**. On observe une irrégularité pas assez prononcée, le mois de février on remarque que le débit est fort, il mesure 614,51 m³/s , on note aussi que le débit est très faible au mois d'aout ,il mesure 19,01 m³/s

IV. Les régimes hydrologiques

IV.1. Définition du régime hydrologique d'un cours d'eau

Le régime hydrologique d'un cours d'eau résume l'ensemble de ses caractéristiques hydrologiques et son mode de variation. Il se définit par les variations moyennes de son débit en fonction du temps.

IV.2.classification des régimes hydrologiques

La classification des régimes hydrologiques est basée d'une part sur la complexité de la répartition des débits au cours de l'année (variations moyennes au cours de l'année des coefficients mensuels de débit) et d'autre part sur le mode d'alimentation, c'est-à-dire la nature et l'origine des hautes eaux (pluviale, nivale ou glaciaire).

Le coefficient mensuel de débits C_m est le rapport entre le débit moyen inter-mensuel (ou module mensuel) et le débit moyen inter-annuel (ou module annuel). Il permet de représenter la répartition en pourcentage, des débits mensuels au cours de l'année.

$$C_m(\%) = \frac{\text{débit mensuel moyen}}{\text{module interannuel}} \cdot 100$$

On peut également calculer le **coefficient d'écoulement annuel C_a** .

$$C_a(\%) = \frac{\text{lame moyenne écoulée}}{\text{pluie moyenne annuelle}} \cdot 100$$

Une des classifications des régimes hydrologiques des rivières les plus simples distingue trois principaux types de régimes, dans lesquels on regroupe des régimes aux modes d'alimentation différents :

-Régime simple (1 maximum, 1 minimum, 1 seul mode d'alimentation) :

(Régime glaciaire, Régime pluvial, Régime nival)

-Régime mixte (2 maxima et 2 minima, plusieurs modes d'alimentation) :

(Régime nivo-glaciaire, Régime nivo-pluvial, Régime pluvio-nival....)

-Régime complexe : plusieurs maxima et modes d'alimentation.

Application

Nous avons appliqué la méthode de classification de régimes hydrologiques des rivières, dans lequel on a conclure un régime mixte ; **la figure n°15** représente ce régime.

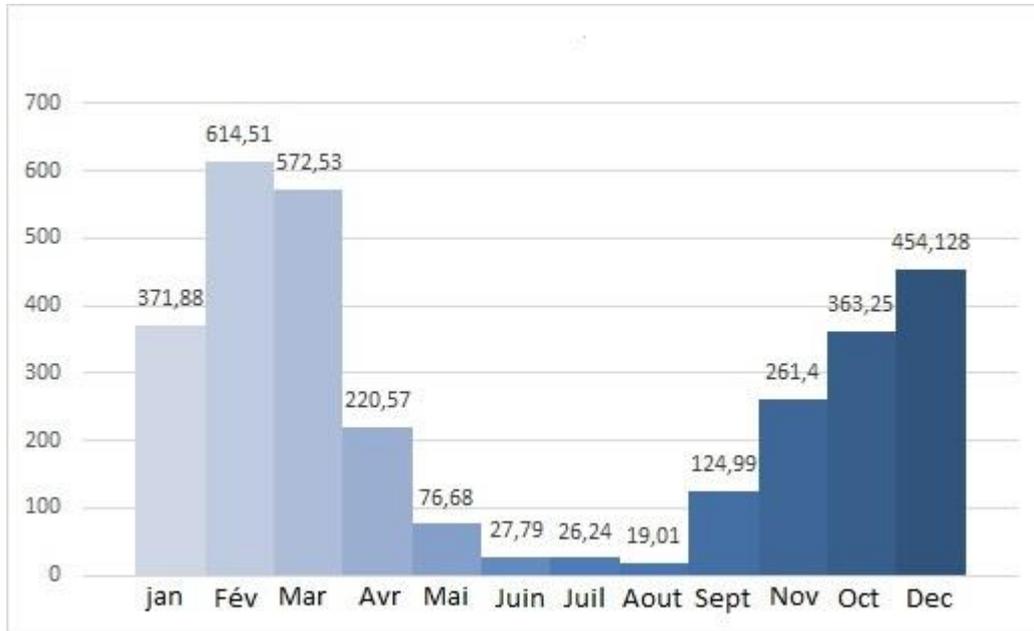


Figure n°15 : régime hydrologique (régime mixte)

Le régime mixte est caractérisé par deux maxima et deux minima des coefficients mensuels au cours de l'année hydrologique. Suivant les modes d'alimentation principaux on distingue le régime nivo-glaciaire, glacio-nival, nivo-pluvial, pluvio-nival.

Le régime nivo-glaciaire

Il présente les traits suivants :

- Un seul vrai maximum annuel assez précoce (en mai-juin-juillet), correspondant à la fonte nivale suivie de la fonte glaciaire.
- Variations diurnes relativement élevées pendant la saison chaude.
- Grandes variations d'une année à l'autre, mais cependant moindres que pour le régime nival.
- Ecoulement important.

Le régime nivo-pluvial

Il se caractérise par :

- Deux maxima nets, l'un assez prononcé vers avril-mai à la fonte des neiges, et l'autre en automne (vers novembre) plus modéré. Ce second maximum, dépendant des pluies tombées en automne, peut être faible (de coefficient inférieur à 1).
- Un étiage principal en octobre et un étiage secondaire en janvier, tous deux de l'ordre de 0,6 à 0,8.
- L'amplitude (rapport entre les coefficients mensuels extrêmes) est comprise entre 2 et 5.
- Variations d'une année à l'autre pouvant être importantes.

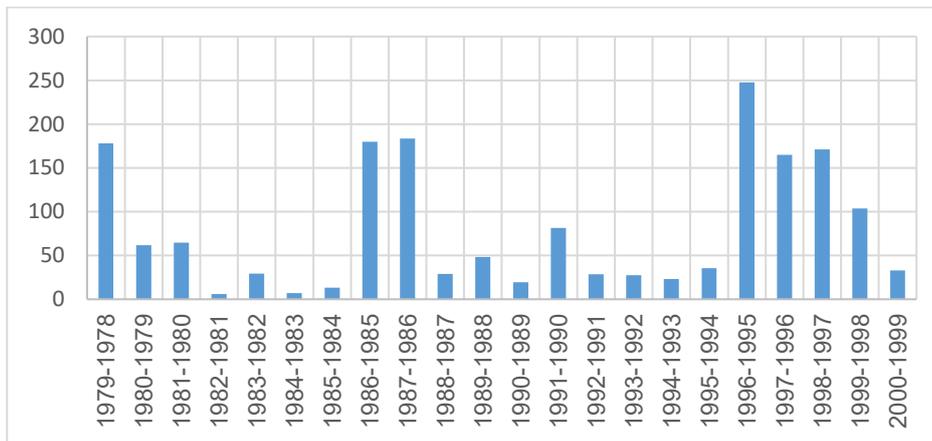
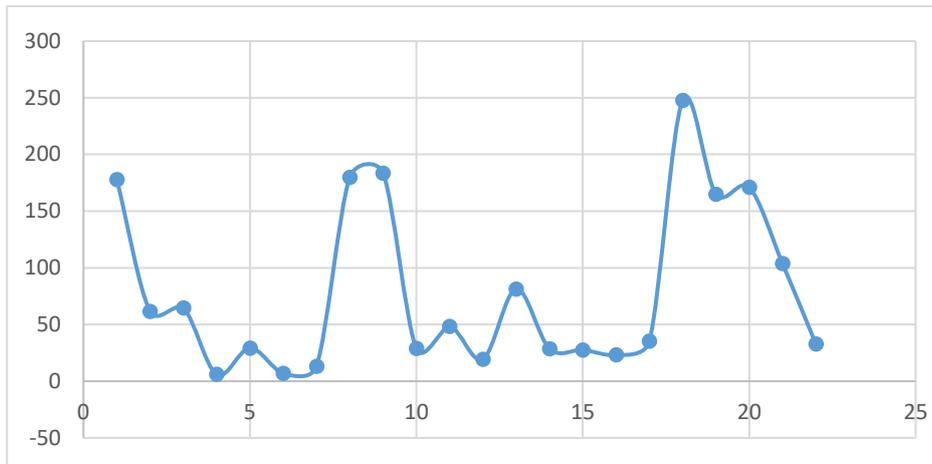
Le régime pluvio-nival

La tendance pluviale est d'autant plus marquée que le bassin se situe à basse altitude (650 à 750 mètres). Le régime pluvio-nival est caractérisé par :

- Deux maximums nets, mais c'est généralement le maximum pluvial en automne-hiver qui domine. La fonte des neiges ne fait que prolonger la crue hivernale en lui donnant un sursaut au printemps.
- Irrégularité d'une année à l'autre importante.
- Une amplitude plus ou moins faible.

Le régime des événements extrême dresse un état des connaissances scientifiques .l'évolution récente et futur des extrêmes de température, extrême hydrologique, cyclones tropicaux et tempêtes extratropicales est discutée, en détaillant les incertitudes liées à la variation naturelle du climat et à la modélisation numérique. Le changement climatique modifie déjà et va continuer à modifier les probabilités associées aux aléas météorologiques, rendant certains phénomènes extrêmes plus fréquents et/ou intenses, et d'autres moins. Pour autant, il ne faut pas vouloir tenir l'homme comme seul responsable de tel ou tel événement météorologique, mais plutôt se demander, en termes probabilistes, comment il a modifié le risque que l'évènement survienne.

V.régime des évènement extrême



Année	Qmax
1978-1979	178
1979-1980	61,6
1980-1981	64,72
1981-1982	6
1982-1983	29,25
1983-1984	7
1984-1985	13,2
1985-1986	179,81
1986-1987	183,46
1987-1988	28,96
1988-1989	48,36
1989-1990	19,44
1990-1991	81,4
1991-1992	28,62
1992-1993	27,6
1993-1994	23,18
1994-1995	35,419
1995-1996	247,59
1996-1997	164,94
1997-1998	170,99
1998-1999	103,8
1999-2000	32,91

Figure n°16: courbe et histogramme de régime des évènements extrêmes Tableau n°16 : débits max

Nous remarquons dans l’image ci-dessous que Qmax diminue et augmente dans différentes périodes de temps. Par exemple en 1978-1979, Qmax atteint 178, puis a commencé à diminuer jusqu’à devenir presque inexistant, atteignant 6 en l’an 1981-1982 et en l’année 1985-1986, il est passé a 179,81 et a atteint son apogée au cours de la période étudiée en l’an 1995-1996 pour atteindre 247,59

CONCLUSION GENERALE

Formant une dépression topographique Allongée Est-Ouest. La région du Haut Chélif orientale fait partie du grand bassin versant de Chélif.

La synthèse géologique montre que les formations formant le bassin sont représentées par les formations sableuses et alluviales du Quaternaire, les sables et grés du Miocène et les calcaires du Jurassique du Aribis, intensément fissurés et karstifiés .

L'étude géomorphologique et hydrologique à montré que le bassin versant du Haut Chélif présente une forme allongée , ce qui donne un temps assez important pour le cheminement de l'eau jusqu'à l'exutoire .

La vallée du Haut Chélif est caractérisée par un climat semi – aride. Avec un hiver humide, et un été chaud et une température moyenne annuelle de 18,5 ° C . Elle reçoit annuellement une précipitation moyenne de 367 mm (période 1991-2000) et les fortes précipitations sont enregistrées en hiver [130-170 mm] et la saison d'été est la moins pluvieuse [08-16 mm]. L'évapotranspiration représente 336 mm .

L'examen des débits des oueds montre que le régime dans ces derniers est de type fluvial, mais en période d'averse le régime devient de type torrentiel. Il est à noter que la période des évènements extrêmes est très fréquente dans la région avec des épisodes très prononcés. Il reste à faire qu'une étude détaillée des régimes des débits va aboutir à une étude de risque hydrologique au niveau de la région qui pourrait avoir un intérêt socioéconomique très important.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABH - CZ : Cadastre Hydraulique du bassin hydrographie du Cheliff - Aval du barrage de Boughzoul - Première partie : Haut et moyen Cheliff , 62 p .

BAHIR . M , MENNANI . A , JALAL . M et FAKIR . Y , 2002 : The impact of drought on the aquifer supplying the Moroccan town of Essaouira with drinking water . Sciences et changements planétaire et sécheresse , 13 (1) , 9-13 .

BAL . K , CHERIDI M. , 2006 : Cartographie hydrogéologique du bassin du haut et Moyen Chélif . Mémoire , USTHB , Alger .

BETTAHAR . N et DOUAOUL A , 2001 : Evolution spatiale de la dureté de l'eau dans les plaines du Chélif . Utilisation de l'approche géostatistique . Bulletin de l'Association de Géographie et d'Aménagement de Territoire , 9 , 115-121 .

BOUZELBOUDJEN . M , 1987 : Hydrogéologie et bilan de la nappe d'El Amra - El Abaddia par modèles mathématiques . (Bassin du Moyen Chélif , Algérie) . Thèse de Doctorat . Univ . Scie . Tech de Franche Comté Besançon , France .

BRIVES . A , 1957 : Les terrains du bassin du Chélif et du Dahra . Algérie .

C.G.G , 1969 : Etude géophysique des plaines du Chélif .

CASTANY . G , 1982 : Principes et méthodes de l'hydrogéologie (Dunod Université) .

DAKOURE . D , 2003 : Etude hydrogéologique et géochimique de la bordure Sud - Est du bassin Sédimentaire de Taoudeni (Burkina Faso - Mali) - Essai de modélisation . Thèse de Doctorat , Université de Paris VI , 255 p .

DJEDA . F , 1987 : Etude hydrogéologique et simulation par modèles mathématique da la nappe de Khmis - Miliana (bassin du Haut Chélif , Algérie) . Thèse de Doctorat . Univ . Scie . Tech de Franche Comté Besançon , France .

DJEDA . F , 2004 : Bilan hydrologique dans le bassin du Haut et Moyen Chélif . Relation Pluie / Débits par modélisation . Colloque international sur l'eau à Monastir - TUNISIE .

DRASS , 2001 : La qualité des eaux destinées à la consommation humaine , Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales de Poitou - Charente , France , 27 p .

IKHLEF . S , 2008 : Etude de la pollution de la nappe alluviale du Haut Chélif par les nitrates . Mémoire de Magister , Université Hassiba Ben Bouali , Chlef , 145 p .

KIRECHE . O , 1977 : Etude géologique et structurale des massifs à schistosités du Chélif . Tell Centro - Occidental . Thèse de Doctorat de 3ème Cycle . Univ . d'Alger .

MATTAUER . M , 1958 : Etude géologique de l'Ouarsenis oriental (Algérie) . Thèse Es science Paris . PP 296-313 , 06fig .