

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf -Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des sciences et Technique



N°Ref :.....

**Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de
MASTER**

Spécialité : Sciences Hydrauliques

***Contribution à l'étude hydrologique du bassin
versant de l'oued Bouhamdane W Guelma***

Réalisé par :

- M^{elle} : Ferhat Aicha
- M^{eme} : Yahia Samiha

Soutenu devant le jury :

Mr.	Koussa.M	M.A.A	CUAB MILA	Président
Mme.	Dib.I	M.A.A	CUAB MILA	Examineur
Mme.	Benchaiba.L	M.A.A	CUAB MILA	Promoteur

Année universitaire : 2015/2016

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

.....

.....

.....

.....

اللَّهُمَّ آمِينَ

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions ALLAH qui a illuminé mes chemins

Et qui m'a

Armé de courage pour achever mes études.

Et « quiconque ne remercie pas les gens, ne remercie pas Dieu»

Nous tenons à remercier M^{eme}. Benchaiba Leila, notre

Promoteur pour sa compétence et sa disponibilité.

Je voudrais également remercier mes enseignants au département

de l'hydraulique de centre l'Université de Mila.

Sans oublier ceux qui ont participé de près ou de loin à la

Réalisation de ce travail et ce qui nous ont fait l'honneur

De juger ce mémoire.

Merci



Je dédie ce mémoire à :

· Mes parents :

***Ma mère, zahiya** qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour tout son Assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*

***Mon père, saleh** qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi*

Mes sœurs** qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité. **BASMA IBTISEM HASNA ET CHEROUK

*Les petites enfants **Muhamed fuwaz batul et munsif***

*À Toute ma famille **FARHAT ET ALKAMA***

Mes professeurs qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

*Aux personnes qui ont partagé avec
Moi les plus beaux jours universitaire*

AICHA



Je dédie ce mémoire à :

· Mes parents :

***Ma mère**, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*

***Mon père**, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*

*Mes frères et sœurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité. **MARYEM AMEL ET KENZA, NOURELDINE***

ET MOHAMED

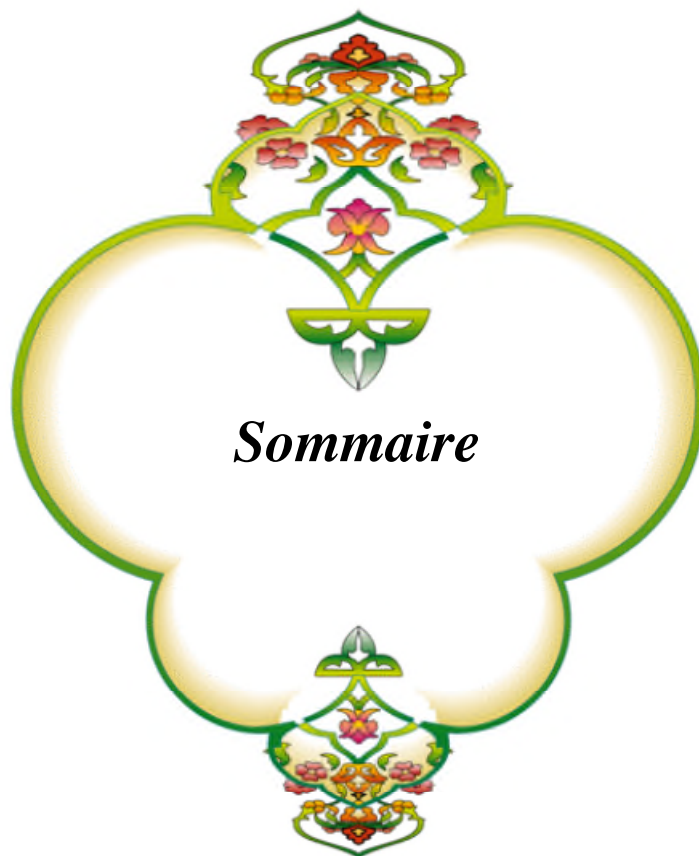
Mon marié MOHAMED.

À Toute ma famille yahia et goumidi

Mes professeurs qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

*Aux personnes qui ont partagé avec
Moi les plus beaux jours universitaire*

SAMIHA



Sommaire



SOMMAIRE

CHAPITRE I : LA CADRE MORPHO- STRUCTURAL ET LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE DU BASSIN VERSANT DE L'OUED BOUAMDANE

I. Cadre géographique du bassin versant de l'oued Bouamdane	3
I.1. Situation géographique.....	3
I.2. Délimitation du bassin versant	3
I.3. Les grands ensembles structuraux du bassin versant de l'oued Bouamdane	5
I.3.1. Les vallées alluviales	5
I.3.2. Les piedmonts	5
I.3.3. Les collines	5
I.3.4. La barrière montagneuse.....	5
I.4. Les caractéristiques morpho métriques du bassin	5
I.4.1. Les caractéristiques de la disposition dans les plans	5
I.4.1.1. Périmètre	5
I.4.1.2. La surface.....	5
I.4.1.3. La forme	6
I.4.1.4. Le rectangle équivalent.....	6
I.4.2. Caractéristiques des altitudes (le relief).....	6
1. La courbe hypsométrique	7
2. Les altitudes caractéristiques du bassin versant de l'oued Bouamdane	10
A. L'altitude moyenne	10
B. L'altitude médiane	10
I.4.3. Les indices de pente.....	10
A. L'indice de pente globale (I _g)	10
B. L'indice de pente de Roche I _p	11
C. La dénivelée spécifique (DS)	11
I.5. Les nuances spatiales	12
I.6. les caractéristiques hydrographiques du bassin versant de l'oued Bouamdane	14
I.6.1. Le réseau hydrographique.....	14
A. Densité de drainage D _d	15
B. Le temps de concentration	16
C. Profils en long	16
D. La vitesse d'écoulement de l'eau (V)	17
Conclusion.....	18

Chapitre II : La cadre géologique et lithologique

I. Les caractéristiques géologiques du bassin versant de l'oued Bouamdane.....	20
I.1. Les mouvements tectoniques	20
I.1.1. La phase éocène	20
I.1.2. La période comprise entre la phase éocène et la phase de l'éocène inférieur	20
I.1.3. La phase miocène	20

I.1.4.La néotectonique	20
I.1.5.Les formations pas ou peu tectoniques	23
II. Le cadre structural actuel	23
II.1.La tectonique	23
II.1.1.Le quaternaire.....	23
II.1.2 Le mio- pliocène continentale	23
II.2.La nappe Numidienne.....	23
II.3.La nappe Tellienne	23
II.4.La nappe Néritique Constantinoise.....	23
II.5.L'unité ultra tellienne.....	24
II.6.La série de Ain El Kerma	24
III. Les formations lithologiques	24
III.1.Les roches résistantes.....	24
III.2.Les roches moyennement résistantes	24
III.3.Les roches tendres	24
IV. La perméabilité.....	26
Conclusion.....	27

Chapitre III : Les types de couverture végétale

I. Le couvert végétal du bassin versant de l'oued bouhamdane	29
I.1.Les Différents types d'occupation du sol du bassin versant l'oud Bouhamdane	29
I.1.1.Les surfaces bien protégées.....	29
I.1.2.Les surfaces incomplètement protégées	29
I.1.3.Les surfaces mal protégées ou nues	29
II. L'analyse de la couverture végétale du bassin versant l'oued Bouhamdane....	29
Conclusion.....	31

Chapitre IV : Les données climatiques fondamentales et leur rôle sur l'écoulement.

I. Les caractéristiques climatiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane	33
I.1.Le réseau pluviométrique et les séries d'observations	33
I.2.Comblement des lacunes	34
I.3.Contrôle de la fiabilité des séries pluviométriques.....	35
I.4.Evaluation de la lame d'eau moyenne précipitée sur le bassin.....	36
I.4.1. Méthode de la moyenne arithmétique des précipitations.....	36
I.4.2. Méthode de TIHESSEN	37
I.4.3. Méthode des isohyètes.....	38
I.5.Distribution statistique des pluies annuelles	40
Conclusion.....	43
II. Les températures et facteurs climatiques	44
II.1.Les températures	44
II.2.facteurs climatiques	44

a. L'humidité relative de l'air	44
b. La durée d'insolation	45
c. Le vent	46
d. Evaporation	47
e. Précipitation	48
III. Relation température – précipitation	48
IV. L'évapotranspiration	49
IV.1. Formule dite ANRH-Penman (1997)	49
IV.2. Interprétation des résultats et comparaison	51
Conclusion	52

CHAPITRE V: Les écoulements annuels Leurs variations et le régime de L'écoulement.

I. Ressources en eau de surface du bassin versant de l'oued Bouhamdane	54
I.1 Le réseau hydrométrique et les données d'observation des débits	54
I.2. L'écoulement moyen annuel	54
I. 2.1 Evaluation de l'écoulement avec les données de mesure	54
I. 3. Le bilan hydrologique et le déficit d'écoulement	54
I.4. Variations interannuelles de l'écoulement	55
I.4.1. L'hydraulicité et ses variations	55
I.4.2. Répartition fréquentielle des modules	57
I.4.3. Variation mensuelle de débit	57
I.4.4. Variation mensuelle des débite de l'oued Bouhamdane (année humide 2004/2005 et année sèche 1996/1997)	58
Conclusion	60

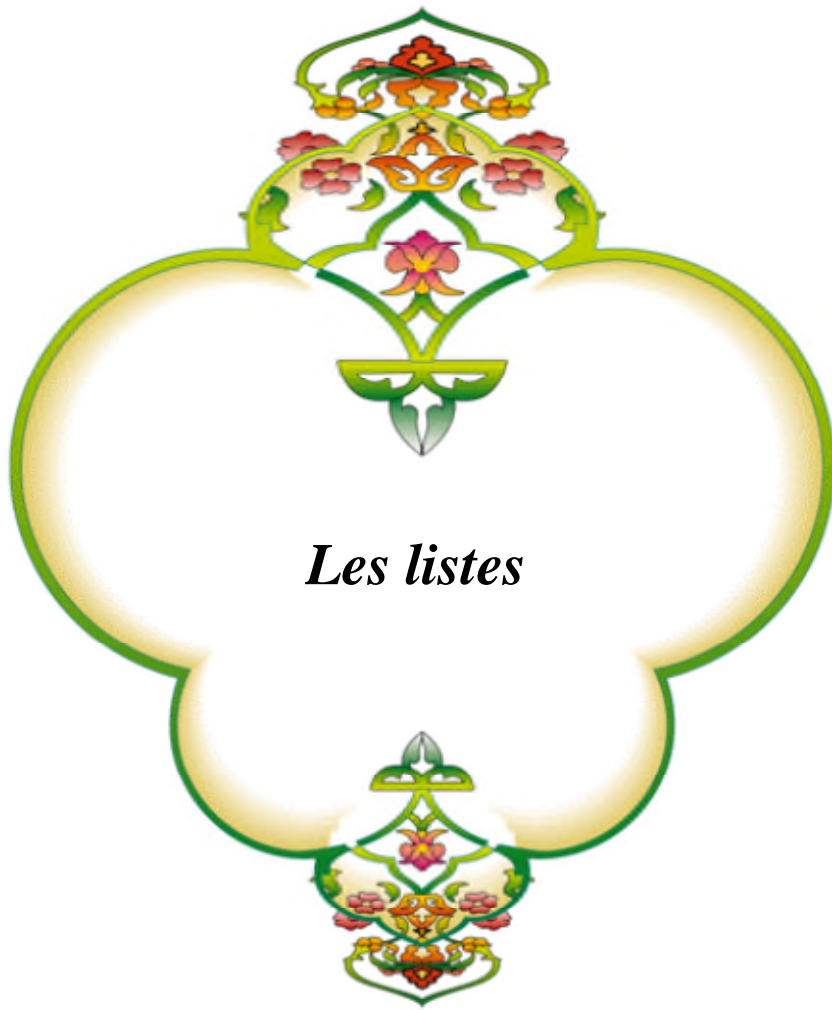
Chapitre VI : Etude des crues

I. DEFINITION	62
II. La période de retour de crues	62
III. La genèse des crues	62
III.1 Les crues d'orage : crues fluviales	62
III.2 Les fortes crues généralisées : crue torrentielles	63
III.3 Exemple	63
VI. Différentes méthodes d'estimation des crues	63
VI.1 Ajustement des débits de crues à une loi statistique	63
VI.1.1. Analyse statistique	63
VI.1.2. Méthode du Gradxe	64
Conclusion	66

Chapitre VII : La mobilisation des ressources En eau de surface dans le bassin De l'oued Bouhamdene

I. La petite hydraulique et ses limites	68
I.1. La localisation géographique de ces aménagements élémentaires	68
I.2. Les impacts de ces aménagements	69
La grande hydraulique : le barrage de hammam Dbagh	70
II.1. Caractéristiques techniques du barrage	71

II.2. La digue	71
II.2.1. Les problèmes posés par l'envasement.....	73
II.2.2. Les moyens de lutte contre l'envasement du barrage	73
a .Reboisement	74
b. correction torrentielle	74
Conclusion.....	75
Conclusion général	



Les listes

Chapitre I : la cadre morpho- structural et le réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Tableau.I.1: Indice de compacité pour le bassin versant de l'oued Bouhamdane ..	6
Tableau .I. 2:La répartition du bassin de l'oued Bouhamdane en km2 et en % par tranche d'altitude	8
Tableau .I. 3:Les altitudes moyennes des sous bassins versants de l'oued Bouhamdane	10
Tableau .I. 4:Les altitudes médianes des sous bassins versants de l'oued Bouhamdane	10
Tableau .I.5 : Classification de l'O.R.S.T.O.M de la dénivelée spécifique	11
Tableau .I.6: Indice de pente pour les différents sous bassins	12
Tableau .I.7 : Répartition du relief par classe des pentes du bassin versant de l'oued Bouhamdane	12
Tableau .I.8: Classification de nombre de cour d'eau de l'oued Bouhamdane1 ...	14
Tableau .I. 9: Densité de drainage.....	15
Tableau .I. 10: Temps de concentration des sous bassins versants de l'oued Bouhamdane	16
Tableau .I. 11 : Les vitesses d'écoulement V (m/s) des sous bassins versants l'oued Bouhamdane	17

Chapitre II. La cadre géologique et lithologique

Tableau III. 1: Répartition des différents types de roches dans le bassin versant	25
Tableau .VI. 2 :La distribution des classes de perméabilité du bassin versant.....	26

Chapitre III : Les types de couverture végétal

Tableau .II. 1: Répartition en % des types d'occupation du sol	30
--	----

Chapitre IV : Les données climatiques fondamentales et leur rôle sur l'écoulement.

Tableau .I.1: Application de la méthode de moyenne arithmétique Au calcul de la pluie moyenne annuelle.....	37
Tableau .I.2: Application de la méthode de THIESSEN au calcul de la pluie moyenne annuelle.....	37
Tableau .I.3 : Estimation de la lame d'eau moyenne précipitée sur le bassin par la méthode des isohyètes.....	39
Tableau .I.4 : Teste d'adéquation pour les échantillons et intervalles de confiance des différentes stations (1968/69-1999/00)	42
Tableau. I.5. Précipitations annuelle fréquentielles en (mm) (1968/69-1999/00)..	43
Tableau II .6.Températures moyennes mensuelles de stations du Guelma (2005-2014)	44
Tableau II .7 .Humidité relative moyenne mensuelle (%) de station Guelma (2005-2014)	45
Tableau II.8.la durée Moyenne mensuel d'insolation (heur/an) à la station de Guelma (2005-2014).....	45

Tableau II.9.Vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s) à la station de Guelma (2005-2014).....	46
Tableau II.10. Evaporation moyenne mensuelle (mm) à la station de Guelma (2005-2014)	47
Tableau 2 II.11.Les variations moyenne mensuelles des précipitations (mm) station de Guelma (2005-2014.....	48
Tableau III.12.Les variations mensuelles des précipitations et température moyenne D'après la formule de Gaussen (2005-2014).....	49
Tableau IV.13.Evolution du coefficient correctif mensuel Km	50
Tableau IV.14.Coefficients d'évaluation des durées théoriques d'insolation.....	50
Tableau IV.15 ANRH-Penman (1997)-Evapotranspiration et bilan station de Medjez amar II (Kr = 0.83)	50

Chapitre : V Les écoulements annuels Leurs variations et le régime de L'écoulement.

Tableau I.1.Débit absolu, débit spécifique et lame écoulée (1990/2011)	54
Tableau I. 2.Bilan moyen annuel de l'écoulement (1990/ 2011)	55
Tableau I.3.Débit moyen annules, coefficient d'hydraulicité .coefficient variation. 55	
Tableau I.4. Les débits moyens annuels et durée de récurrence	57
Tableau I.5.Variabilité des débits mensuels (1990-1991 /2010-2011).....	58
Tableau I.6.Variabilité des débits mensuels de l'année humide (2004-2005).....	58
Tableau I.7.Variabilité des débits mensuels de l'année sèche (1996-1997).....	59

Chapitre : VI Etude des crues

Tableau .VI.1 Analyse statistique Du débit	64
--	----

Chapitre : VII La mobilisation des ressources En eau de surface dans le bassin De l'oued Bouhamdene

Tableau. I.1 Localisation géographique et capacité de ces aménagements élémentaires.....	69
Tableau II.2. Caractéristiques techniques du barrage Hammam Debagh et de la retenue	72

List des figures

Chapitre I : la cadre morpho- structural et le réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Figure .I.1 Carte de situation géographique du bassin versant de l'oued Bouhamdan	4
Figure . I. 2 hypsométrique du bassin versant de l'oued Bouhamdane	7
Figure . I. 2 Courbe hypsométrique du sous bassin de l'oued Bouhamdane élémentaire.....	7
Figure . I. 3 Courbe hypsométrique du bassin de l'oued Bouhamdane	9
Figure. I.4 Carte des pentes du bassin versant de l'oued Bouhamdane	13
Figure. I.5 réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Bouhamdane	15
Figure I.6 Profile en long de l'oued bouhamdane et de ses principaux affluents ..	17

Chapitre II. La cadre géologique et lithologique

Figure. I.1 Extrait de la carte géologique régionale	21
Figure .III.2 Carte lithologique du bassin versant de l'oued Bouhamdane	25
Figure. IV. 3 Carte perméabilité du bassin versant de l'oued Bouhamdane	26

Chapitre III : Les types de couverture végétale

Figure .II.1 Carte de couverture végétale du bassin versant de l'oued Bouhamdane	30
--	----

Chapitre IV : Les données climatiques fondamentales et leur rôle sur l'écoulement.

Figure .I.1 Equipement en station pluviométrique et hydrométrique du bassin versant de l'oued Bouhamdane.....	33
Figure .I.2 Régression linéaire A l'échelle annuelle des précipitations	35
Figure .I.3 Critique des données pluviométriques par la méthode de doubles cumuls station de Madjaz Amar	36
Figure .I.4 Découpage de la surface du bassin vessant d'oued bouhamdane (méthode dutihessen).....	38
Figure .I.5 carte pluviométrique du bassin vessant d'oued bouhamdane (Méthode des isohyètes)	39
Figure .I.6 Ajustement des précipitations annuelles à une loi de Gauss.	41
Figure II .7. Variation Températures moyennes mensuelles de stations Guelma (2005-2014).....	44
Figure. II .8. Humidité relative en (%), Station de Guelma (2005-2014)	45
Figure. II.9. Durée moyenne mensuelle d'insolation en heures, Station de Guelma (2005-2014).....	45
Figure. II.10. La vitesse moyenne mensuelle du vent en (m/s), Station Guelma (2005-2014)	46
Figure II.11. La Direction des vents dominant : Nord-Ouest à Nord	47

Figure. II.12. Evaporation moyenne mensuelle en (mm), Station de Guelma (2005-2014)	47
Figure II.13 Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma (2005-2014)	48
Figure III.14 Diagrammes ombrothermiques (2005-2014)	49

Chapitre : V Les écoulements annuels Leurs variations et le régime de L'écoulement.

Figure. I.1 Représentation graphique de coefficients de L'hydraulicité (C.h)	56
Figure I.2 Ajustement graphique des débits moyens annuels à une loi log-normale (1990-2011)	58
Figure. I.3 Variabilité des débits mensuels (1990-1991 /2010-2011)	58
Figure. I.4 Variations mensuelles des débits de l'année humide (2004-2005)	59
Figure I .5 Variations mensuelles des débits de l'année sèche (1996-1997)	59

Chapitre : VI étude des crues

Figure VI.1 Ajustement graphique des débits de crue à une loi de Galton	64
---	----

Chapitre : VII La mobilisation des ressources En eau de surface dans le bassin De l'oued Bouhamdene

Figure .I.1. La localisation géographique des retenues collinaires	69
Figure .II.2 Disposition générale des ouvrages	71
Figure .II.3 Coup en travers du barrage Hammam Debagh	73

ملخص

يقع حوض واد بوحمدان شمال شرق الجزائر حيث يحتل الجهة الغربية لولاية قالمة تقدر مساحته بحوالي 1105 كم² كما يتميز هذا الحوض بمناخ شبه جاف.

تعد العوامل الجيولوجية و الهيدرومناخية و الهيدرو جيولوجية من أهم الميزات المؤثرة على المصادر المائية من حيث اختلافها من موارد سطحية و أخرى جوفية.

سمحت لنا الدراسة الهيدرو لوجية بإلقاء نظرة على الحالة التي وصل إليها المخزون المائي وقد تمت هذه الدراسة على طريقتين :

الأولى تتمثل في الطريقة الإحصائية و التي تعتمد على معطيات ملحوظة مقتبسة من المحطات الهيدروميتريكية لمجاز عمار , أما الثانية فهي الطريقة التجريبية فقد استعمل فيها قوانين لتحديد القيمة النظرية للتدفق و الفيضان المحتمل

وأنمنا دراستنا بخلاصة عامة ذكرنا فيها بأهم النتائج و طرحنا بعض التوصيات التي يمكن لمستعمل الدراسة أخذها في الحسبان .

الكلمات المفتاحية: حوض- مناخ - العوامل الجيولوجية - الهيدرو جيولوجية -المخزون المائي - التدفق - الهيدروميتريكية - الهيدرومناخية .

Abstract

The basin of oued Bohamdan is situated in the north east of Algeria and exactly in the western part of Gualma with an estimated area of about 1105 km. This basin is characterised by a semi-arid climate.

The most geological, hydro climatic and hydro geological factors wich influence on the biodiversity of the sources of water (surface or deep).

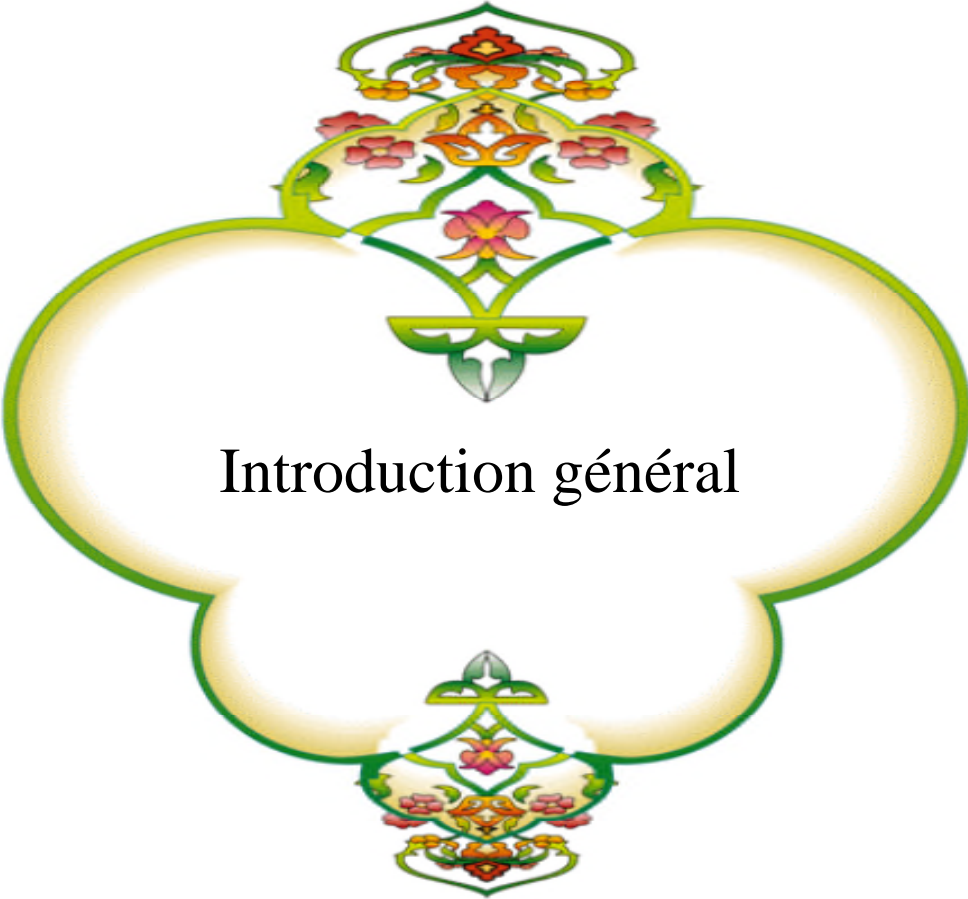
These hydrological studies have allowed us to have a look on the situation of the stock of water now. This study has been completed into two ways:

The first one: It's a statistic way which is based on the in formation (data) observed and adapted from the hydrometric stations of madjaz Amar.

The second one: It's an experimental way in which many laws have been used to determine the theoretical value of the probable flood.

And we have finished our study with a general reap in which we've mentioned the most important results and we've noticed some points that can be done by the user of this study. He can also take it into a cant.

Some key words: basin – climate – the geological factors – hydrogeology – the stack of water – flood – hydrometric - hydro climatic.



Introduction général

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'hydrologie est une science qui étudie toutes les caractéristiques du cycle de l'eau qu'elle soit physiologique, chimique, biologique ou écologique, c'est-à-dire trouvé des lois et des résultats entre les différents facteurs hydrologique « précipitation, débit d'écoulement ... etc. ».

L'hydrologie trouve des applications dans beaucoup de domaine et de secteur ; la gestion des réserves d'eau potable, prévention des crues, des sécheresses et protection contre l'érosion.

En Algérie, comme partout ailleurs, l'eau, ce facteur essentiel dans le domaine de l'AEP, de l'agriculture et de l'industrie, devient de plus en plus rare à cause de l'accroissement de la population ce qui nous obligent à trouver des solutions appropriées comme: construire des ouvrages hydrauliques pour stocker les eaux de ruissellement, des retenues collinaires, les barrages, les forages...etc.

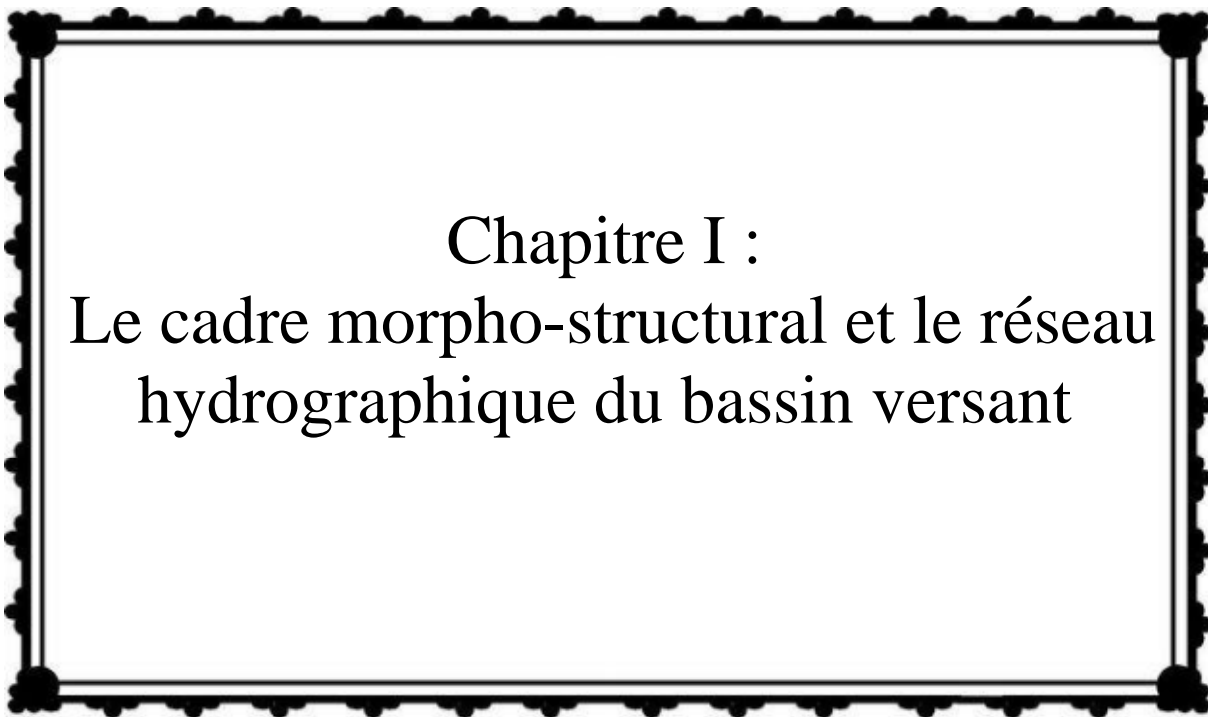
Le bassin versant de l'oued Bouhamdane W Guelma qui appartient au grand bassin versant numéro 14 (la Seybouse). Le bassin de l'oued Bouhamdene d'une superficie 1105 Km² à Mdjez amar Il est localisé dans l'Atlas Tellien orientale, chevauche selon le dernier découpage administratif sur quatre wilayas et 12 communes, dont seulement six sont situés intégralement dans le bassin versant, les autres ne sont intégrées que partiellement.

L'objectif des recherches concernant le bassin versants l'Oued Bouhamdane d'une superficie 1105 Km², nous amène à vérifier les études du barrage à travers les apports liquides, ainsi que l'influence du bassin versant lui-même et l'étude initial qui le relie avec la station de Mdjez Ammar.

Pour cela nous avons subdivisé notre travail en sept chapitres :

- Le cadre morpho-structural et le réseau hydrographique du bassin versant
- Le cadre géologique et lithologique
- Les Types de couverture végétale.
- Les données climatiques fondamentales et leur rôle sur l'écoulement.
- Les écoulements annuels leurs variations et le régime de l'écoulement.
- Eude des crues
- La mobilisation des ressources en eau de surface dans le bassin de l'oued Bouhamdene

La combinaison de ces approches a permet d'estimer les potentialités et les contraintes du bassin versant de l'oued Bouhamdene et par conséquent, de proposer les solutions nécessaires à l'équilibre du milieu naturel, et de protéger le barrage de Hammam Debagh dont la longévité dépend de son envasement.



Chapitre I :
Le cadre morpho-structural et le réseau
hydrographique du bassin versant

CHAPITRE I : Le cadre morpho-structural et le réseau hydrographique du bassin versant

Le cadre morpho-structural et le réseau hydrographique du bassin versant

Introduction :

Le but principal de ces études est d'établir les documents (plans, cartes et profils), qui permettent en premier lieu de se prononcer sur l'aptitude topographique du site et de positionner au mieux la retenue et ses ouvrages annexes.

I. Cadre géographique du bassin versant de l'oued Bouhamdane

I.1. Situation géographique

Le bassin versant de l'oued Bouhamdane est situé au Nord-est de l'Algérie occupant la partie Ouest de la wilaya de Guelma, fait partie du grand bassin versant de la Seybouse N°14. Il est drainé par l'oued Bouhamdane et ses affluents.

Ce bassin s'étend du 6°55' au 7°15' de longitude Est et du 35°15' au 36°70' de latitude Nord. A la station Medjez Ammar II le bassin couvre une superficie de l'ordre de 1105 Km² Il est limité par les bassins versants:

- Au Nord, par le domaine coti constantinois
- Au Sud et Sud- Ouest par le bassin de l'oued cherf
- A l'Est par Guelma
- A l'Ouest par Constantine

Et notamment par les lignes de partages des eaux suivantes

- A l'Est par, djebel Essaâda (1108m), djebel Ancel (1124m) et djebel M'dereg Narou
- Au Sud, par Koudiat Dib (1124m),
- A Ouest, par djebel El Guettar (1246m), djebel Oum Settas (1324m)
- Au Nord par des djebels Taya et Mermera et djebel Arara à Medjez Ammar.[1]

I.2. Délimitation du bassin versant:

Dans sa partie orientale, et du Nord vers le Sud, la limite du bassin versant suit la ligne de Partage des eaux séparant les chaâbets Sehouek et Louba et se poursuit en joignant les sommets de Koudiat Bourhoussine. Aux alentours de la localité de Ras El Akba, elle passe par les sommets de djebel Essaâda (1108m) et djebel Ancel (1124m) djebel M'dereg Narou au SW de Ain Trab. Cette limite se poursuit en reliant les sommets d'une série de monticules culminant à des altitudes moyennes d'ordre (950m), avant d'atteindre à l'extrême Sud-Est les sommets 1065m.

La limite remonte vers le Nord, pour relier les sommets de djebel Lobba à M'zaret Sidi Chagref (1289m) et Koudiat N'Zel El Kraznadja à l'extrême Nord-Ouest. Dans la partie septentrionale, la limite du bassin versant et de l'Ouest vers l'Est passe à travers la forêt de chêne liège de Soudrata et suit la ligne de crêtes séparant la vallée de l'Oued Bouhamdane de celle de Zerdazas, et se continue vers l'Est en reliant les sommets des djebels Taya et Mermera et en fin, celles du djebel Arara à Medjez Amar II.[2]

CHAPITRE I : Le cadre morpho-structural et le réseau hydrographique du bassin versant

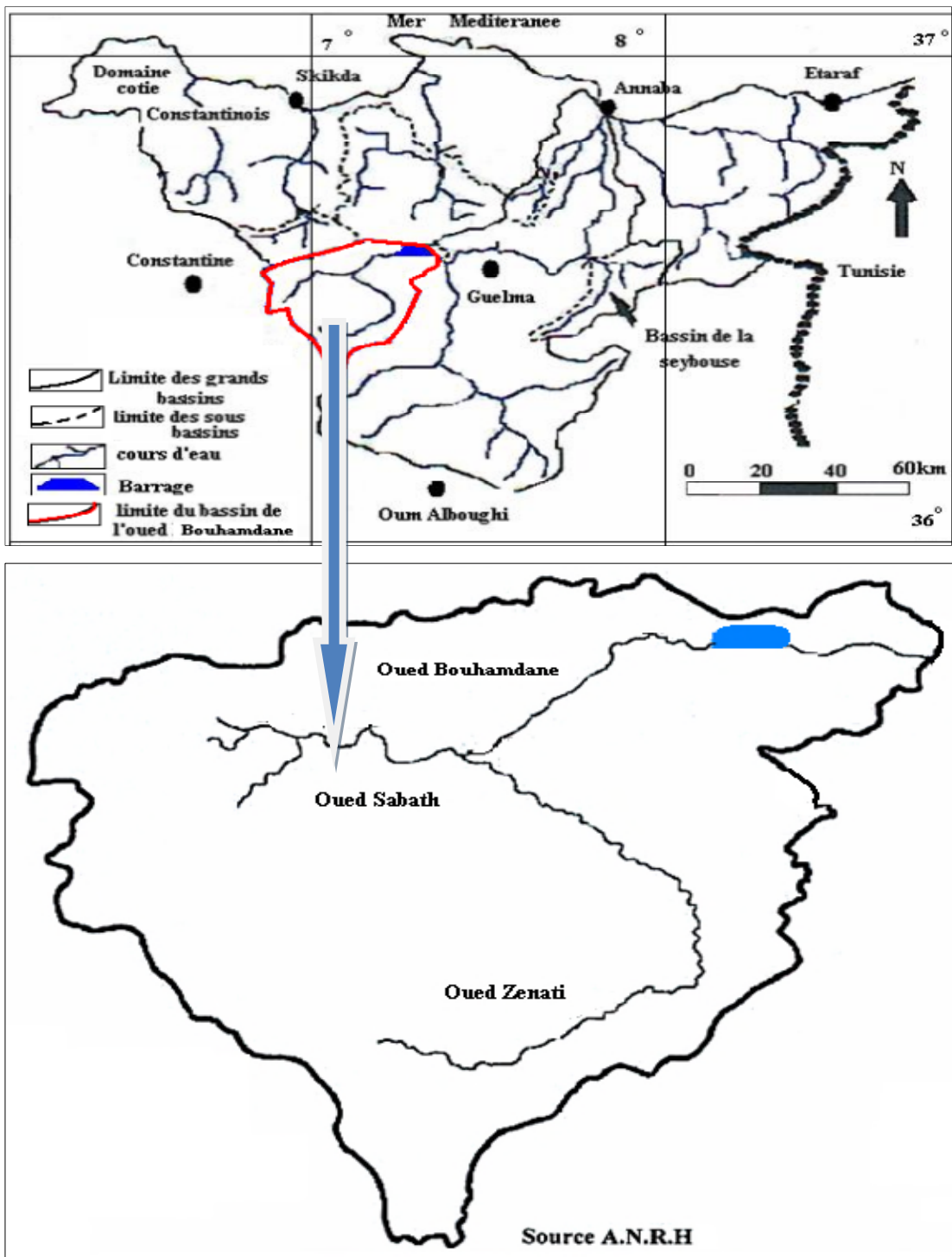


Figure. I.1. Carte de situation géographique du bassin versant de l'oued Bouhamdane. [1]

CHAPITRE I : Le cadre morpho-structural et le réseau hydrographique du bassin versant

I.3. Les grands ensembles structuraux du bassin versant de l'oued

Bouhamdane

L'analyse des cartes topographiques et des photographies aériennes montre que le Bassin versant de l'oued Bouhamdane est une région montagneuse, elle présente des ensembles naturels variés.

I.3.1. Les vallées alluviales

Elles correspondent aux terrasses alluviales qu'on rencontre dans les principales Vallées des oueds Zenati et Bouhamdane à l'Est de Taya. Dans les vallées secondaires, elles se réduisent à des fragments dont les plus anciens sont systématiquement détruits par l'érosion, alors qu'elles sont inexistantes dans les sections où les oueds coulent entre des versants très profonds qui prennent parfois l'aspect d'une gorge.

I.3.2. Les piedmonts

Ils caractérisés par des pentes assez fortes à fortes, et des profils souvent concavo-convexes, ils sont du point de vue superficie, les plus tendus. En effet, ils s'étalent sur 939.29 km², soit 85% de la surface du bassin versant de l'oued Bouhamdane.

I.3.3. Les collines

Les points culminants compris entre 800 et 1000 mètres, se prolongent parallèlement aux montagnes. Ils sont à l'origine de destruction des formations gréseuses et mamo-calcaires. Ils se caractérisent par des sommets arrondis parfois plats où raides. [1]

I.3.4. La barrière montagneuse

Elle correspond aux points culminants qui délimitent le bassin versant à sa limite.

I.4. Les caractéristiques morpho métriques du bassin

Les différents paramètres morpho métriques du bassin notamment, la forme, l'altitude caractéristique, la pente et le relief, interviennent et souvent de façon combinée dans les modalités de l'écoulement, donc il convient de les préciser dès le début de toute étude.

I.4.1. Les caractéristiques de la disposition dans les plans

I.4.1.1. Périmètre

Les périmètres de bassins de l'oued Bouhamdane laide le curvimètre donne La valeur $P = 170 \text{ Km}$.

I.4.1.2. La surface

La superficie d'un bassin versant est la plus importante des caractéristiques.

La superficie planimétrie de notre bassin d'étude est de l'ordre de 1105 km² à Medjez Ammar II. [2]

CHAPITRE I : Le cadre morpho-structural et le réseau hydrographique du bassin versant

I.4.1.3. La forme

La forme d'un bassin versant influence les débits écoulés sur le bassin versant. Pour ce là on utilise l'indice de compacité de Gravelius (1914) K_c , [2] défini par la formule suivante

$$p = 2(L + l)$$

$$A = (L \times l)$$

$$k_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Avec:

K_c : est l'indice de compacité de Gravelius

A : surface du bassin versant [km²]

P : périmètre du bassin [km].

I.4.1.4. Le rectangle équivalent

Est définie comme la longueur L et la largeur la le même espace et la même forme et le même coefficient de bassin étudié Histométrie. [1]

$$L = K_c * \frac{\sqrt{A}}{1,12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right]$$

$$l = K_c * \frac{\sqrt{A}}{1,12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right]$$

Avec :

L : longueur du rectangle équivalent

l : largeur du rectangle équivalent

K_c : est l'indice de compacité de Gravelius,

A : surface du bassin versant [km²]

On obtient pour le bassin versant de l'oued Bouhamdene :

Tableau I.1. Indice de compacité pour le bassin versant de l'oued Bouhamdene. [1]

Bassin	S. (Km ²)	P. (Km)	l. (km)	L. (km)	K_c
O.Zenati	592,15	110,5	23,98	40,56	1,27
O.Sabath	296,09	82,85	18,5	32,32	1,35
O.Bouhamdene élémentaire	216,76	68,55	22,25	25,8	1,3
L'ensemble de Bouhamdene	1105	145	32,84	50,57	1,22

I.4.2. Caractéristiques des altitudes (le relief)

Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques suivants :

CHAPITRE I : Le cadre morpho-structural et le réseau hydrographique du bassin versant

1. La courbe hypsométrique

La courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude. Elle porte en abscisse la surface (ou le pourcentage de surface) du bassin qui se trouve au-dessus (ou au-dessous) de l'altitude représentée en ordonnée. [1] Elle exprime ainsi la superficie du bassin ou le pourcentage de superficie, au-delà d'une certaine.

Le but recherché ici, est la détermination de la classe de relief, la hauteur moyenne, la médiane et le pourcentage des aires partielles entre les différentes courbes de niveau (suivant les résultats suivants).

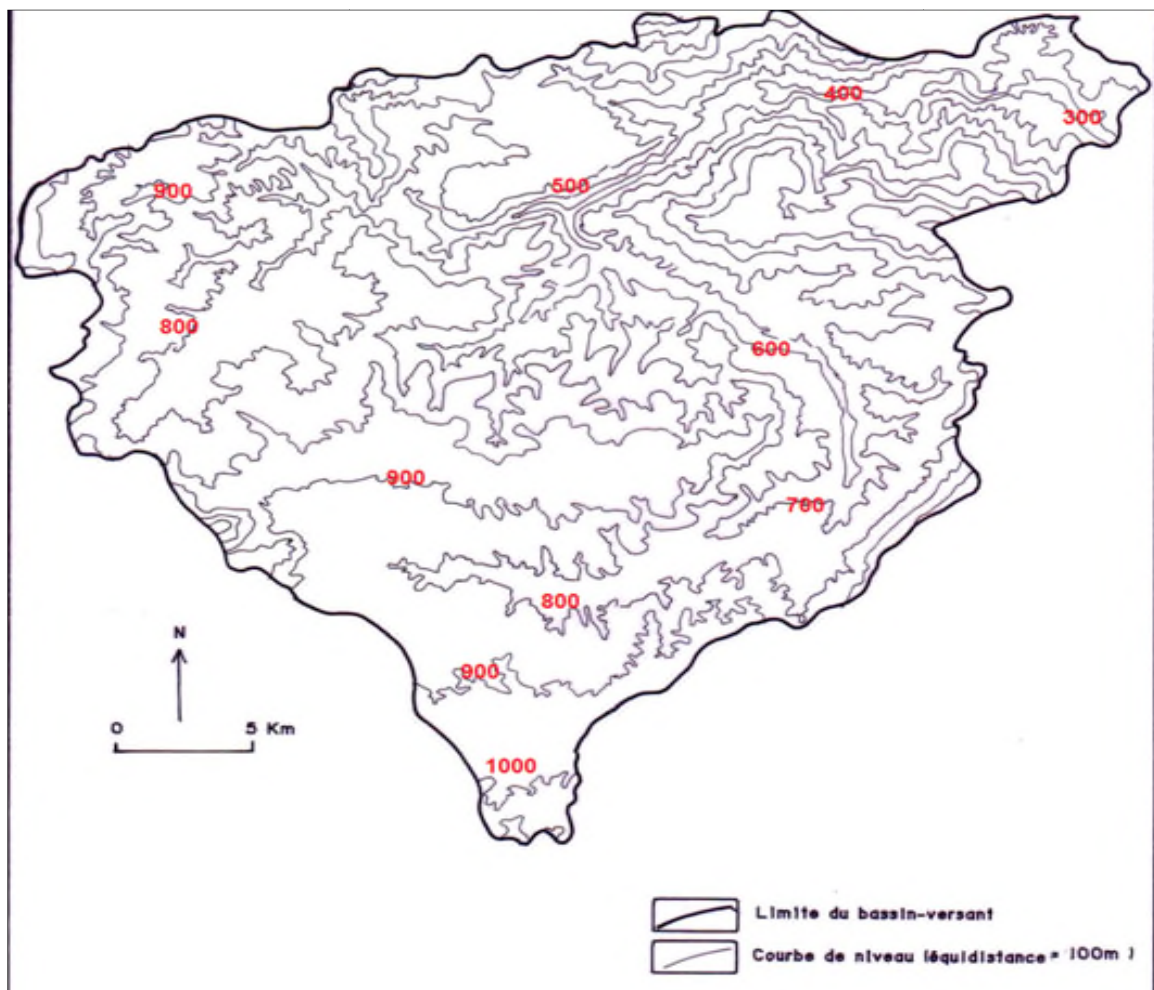


Figure I.2. Hypsométrie de bassin versant de l'oued Bouhamdane

CHAPITRE I : Le cadre morpho-structural et le réseau hydrographique du bassin versant

Tableau I.2. La répartition du bassin de l'oued Bouhamdane en km² et en % par tranche d'altitude.

Altitude (m)	Bouhamdane élémentaire				Oued znati				Bourdj sabath				Ensemble oued Bouhamdane			
	S Partielle		S cumule		S Partielle		S cumule		S Partielle		S cumule		S Partielle		S cumule	
	Km2	%	Km2	%	Km	%	Km	%	Km2	%	Km2	%	Km2	%	Km2	%
>1200	0.46	0.212	0.46	0,212	0,11	0,018	0,11	0,02	1,19	0,402	1,19	0,402	1.76	0.159	1.76	0,159
1200-1100	1.6	0.738	2.06	0,95	5,1	0,861	5,21	0,88	8,69	2,93	9,88	3,336	15.39	1.393	17.15	1,552
1100-1000	10.2	4.705	12.26	5,655	21,38	3,61	26,59	4,49	35.69	12,05	45,57	15,389	67.27	6.087	84.42	7,639
1000-900	17	8.257	30.16	13,912	111,23	18,78	137,8	23,3	49,69	16,78	95,26	32,171	178.82	16.183	263.24	23,822
900-800	25.50	11.764	55.66	25,676	190,65	32,2	328,5	55,5	76,51	25,84	171,77	58,011	292.66	26.485	555.90	50,307
800-700	33.5	15.454	89.16	41,13	154,02	26,01	482,5	81,5	83,19	28,09	254,96	86,107	270.71	24.498	826.61	74,805
700-600	29.20	13.471	118.36	54,601	91,59	15,47	574,1	96,9	34,19	11,54	289,15	97,654	154.98	14.025	981.59	88,83
600-500	33.1	15.27	151.46	69,871	18,07	3,055	592,2	100	6,94	2,34	296,09	100	58.11	5.258	1039.7	94,088
500-400	30.3	13.978	181.76	83,849	592,15	100			296,1	100			30.30	2.742	1070	96,83
400-300	24.7	11.395	206.46	95,244									24.70	2.235	1094	99,065
<300	10.3	4.571	216.76	100									10.30	0.932	1105	100
0	216.76	100											1105			

CHAPITRE I : Le cadre morpho-structural et le réseau hydrographique du bassin versant

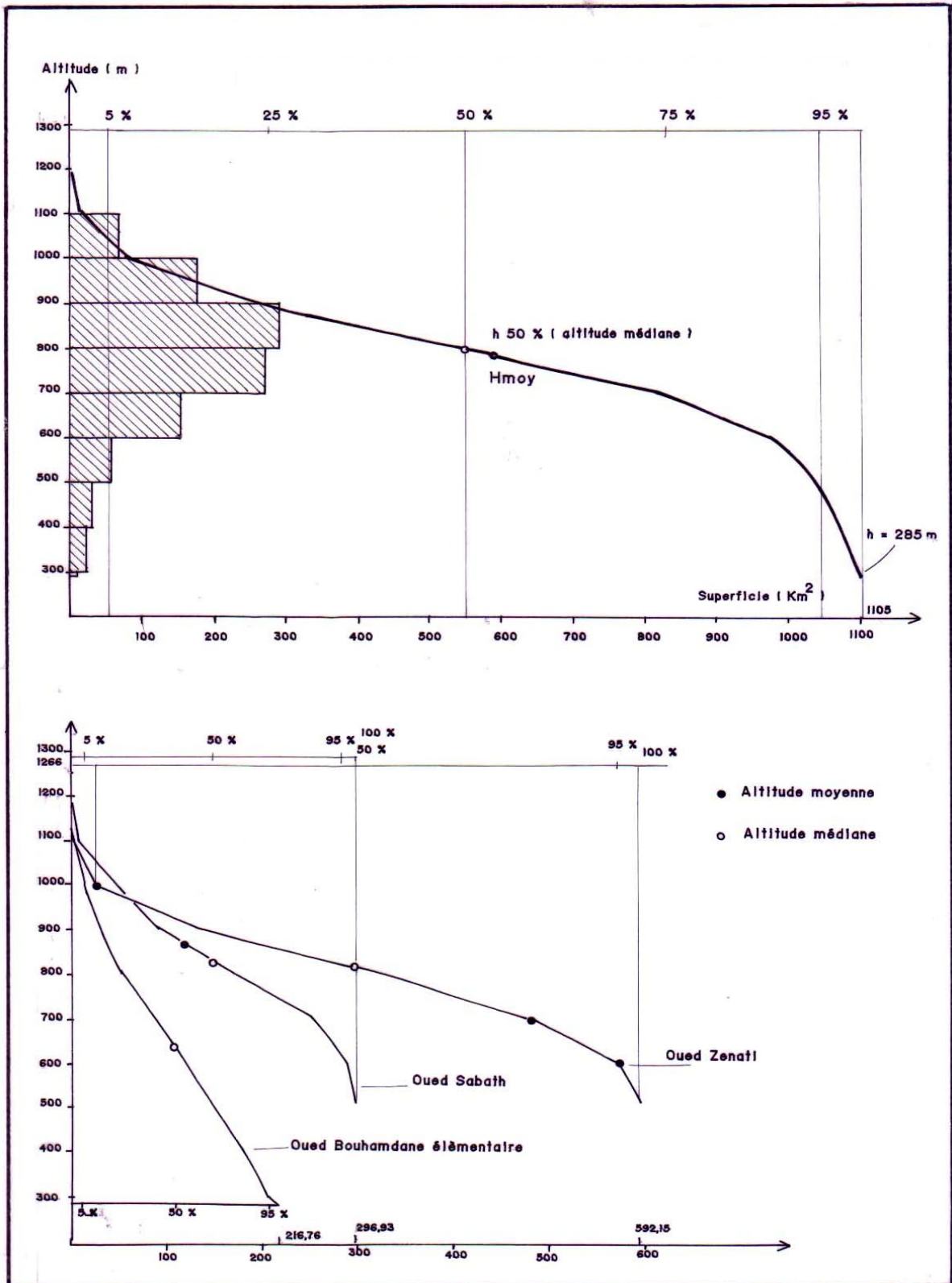


Figure. I.3. Courbe hypsométrique du bassin de l'oued Bouhamdane

CHAPITRE I : Le cadre morpho-structural et le réseau hydrographique du bassin versant

2. Les altitudes caractéristiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane

A. L'altitude moyenne

La valeur de l'altitude moyenne du bassin et des sous bassins peut être calculée par la formule suivant :

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

Avec :

H_{moy}: altitude moyenne (m)

H_i : cote moyenne (m).

A_i: surface partielle, comprise entre deux courbes de niveau (Km²).

A: surface du bassin.

Tableau I. 3 Les altitudes moyennes des sous bassins versants de l'oued Bouhamdane. [1]

Sous Bassins versants	Surface. (km ²)	L'altitude moyenne H _{moy}
1 : L'oued Bouhamdane élémentaire	216.76	643.06
2 : L'oued Zenati	592.15	812.8
3 : L'oued Sabath	296.09	871.34
4 : l'ensemble de l'oued Bouhamdane	1105	787.5

B .L'altitude médiane

L'altitude médiane correspond à l'altitude lue au point d'abscisse 50% de la surface totale du bassin sur la courbe hypsométrique. [1]

Tableau I.4. Les altitudes médianes des sous bassins versants de l'oued Bouhamdane

Sous Bassins versants	Surface. (km ²)	L'altitude médiane H _{50%<i>m</i>}
1 : L'oued Bouhamdane élémentaire	216.76	635
2 : L'oued Zenati	592.15	820
3 : L'oued Sabath	296.09	830
4 : l'ensemble de l'oued Bouhamdane	1105	800

I.4.3. Les indice de pente

A. L'indice de pente globale (I_g)

Cet indice sert à classer le relief d'un bassin, présente l'avantage d'être facile à calculer ; son évaluation est rapide, il se définit comme étant le rapport de la dénivelée D à la longueur du rectangle équivalent .il est évalué à partir de la courbe hypsométrique.

Quand la valeur de cet indice augmenté indique que le bassin se compose d'un terrain montagneux.

CHAPITRE I : Le cadre morpho-structural et le réseau hydrographique du bassin versant

$$I_g = D/L$$

Avec :

D : dénivelée simple (m).

L : longueur du rectangle équivalent (km)

D = H5% - H95%

B .L'indice de pente de Roche I_p

L'indice de pente de ROCHE est calculé par la formule suivante :

$$I_p = \sqrt{I_g/0.8}$$

Avec :

I_p: indice de pente de ROCHE (m/km).

I_g: indice de pente globale (m/km)

C. La dénivelée spécifique (DS)

La dénivelée spécifique ne dépend que de l'hypsométrie (D=H5%-H95%) et de la forme du bassin (l/L). Elle donne lieu à une deuxième classification de l'O. R.S.T.O.M, (Office de la recherche scientifique et technique outre-mer) indépendante des surfaces des bassins.

L'indice I_g décroît pour un même bassin, lorsque la surface augmente, il est donc difficile de comparer des bassins de taille différente, d'où la nécessité de l'introduction du paramètre. [2]

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

Avec :

DS : Dénivelée spécifique [m/Km²]

I_g : Indic de pente globale [m/Km]

A : Superficie du bassin versant [Km²]

Selon la classification de l'O. R.S.T.O.M de la dénivelée spécifique on peut classer les reliefs du bassin de l'oued Bouhamdane.

Tableau I.5. Classification de l'O.R.S.T.O.M de la dénivelée spécifique.

R1	Relief très faible	DS < 10m
R2	Relief faible	10m < DS <25m
R3	Relief assez faible	25m < DS <50m
R4	Relief modéré	50m < DS <100m
R5	Relief assez fort	100m < DS <250m
R6	Relief forts	250m < DS <500m
R7	Relief très fort	500m < DS

CHAPITRE I : Le cadre morpho-structural et le réseau hydrographique du bassin versant

Tableau I.6. Indice de pente pour les différents sous bassins.

Bassins	Superficie (Km ²)	L (Km)	Ip	Ig(m/Km)	DS (m)	Classe de relief
Bouhamdene élémentaire	216,76	25,8	0,18	27,13	399,43	Fort
O. Zenati	592,15	40,56	0,12	9,62	234,09	Assez fort
O. Sabath	296,09	32,32	0,14	14,39	247,61	Assez fort
L'ensemble de Bouhamdene	1105	50,57	0,12	11,27	374,63	Fort

Les résultats consignés dans le tableau I .9 montre que le bassin versant de l'oued Bouhamdene présente des reliefs forts de $D_S = 374.63$ m/Km.

I.5. Les nuances spatiales

La pente topographique est un élément capital dans le comportement hydrologique, elle détermine l'aptitude des terrains au ruissellement, et conditionne la vitesse d'écoulements des eaux de surface au-delà elle favorise les transports solide. la carte des pentes permet de distinguer 5 classes des pentes.

Tableau .I .7. Répartition du relief par classe des pentes du bassin versant de l'oued Bouhamdane. [2]

class	Superficie (km ²)	pourcentage	Observation
0-6	78,38	7,09	Très faible
6-12	211,43	19,13	Faible
12-24	529,03	47,88	Assez fort
24-32	246,81	22,34	Fort
>32	39,35	3,56	Très fort
TOTAL	1105	100	

❖ Les classes des pentes

✓ Les pentes très faibles : 6%

Couvrant une superficie de 78.38 km², cette classe est localisée dans les vallées des oueds Zenati et Bouhamdane à l'est de Taya et Nord-Ouest du bassin versant.

✓ Les pentes faibles : 6-12%

Occupant une superficie de 211.43 km², localisée surtout dans la partie Sud, le versant de rive gauche de l'oued Zenati et quelque secteurs de la vallée de l'oued El Aria.

CHAPITRE I : Le cadre morpho-structural et le réseau hydrographique du bassin versant

✓ Les pentes assez fortes : 12-24%

C'est la classe dominante, occupant presque la moitié de la superficie totale du bassin versant 47.88%. Se localisant sur les versants supérieurs.

✓ Les pentes fortes 24-32%

Couvrant une superficie de 197.52 km² cette classe est fréquente dans la partie montagneuse du Nord du bassin versant, et les deux versants de l'oued Dardar et le versant exposé vers le Sud -Est de l'oued Bouhamdane depuis la jonction des oueds Zenati et Sabath, jusqu'à l'Est de Taya.

✓ Les pentes très fortes > 32 %

Sont développées dans la moitié Nord du bassin versant, où elles couvrent une Superficie réduite d'ordre 39.35 km², et occupent tout la corniche calcaires au Nord - Est de la localité de oued Zenati dans la partie médiane.

L'analyse de la carte des pentes de l'oued Bouhamdane on peut conclure :

- La classe des pentes faibles ; Peu érosif et la vitesse d'écoulement diminue ce qui favorise un bon drainage des formations superficielles.
- La classe des pentes fortes : cette partie est sensible et instable, la vitesse de l'écoulement est élevée. [2]

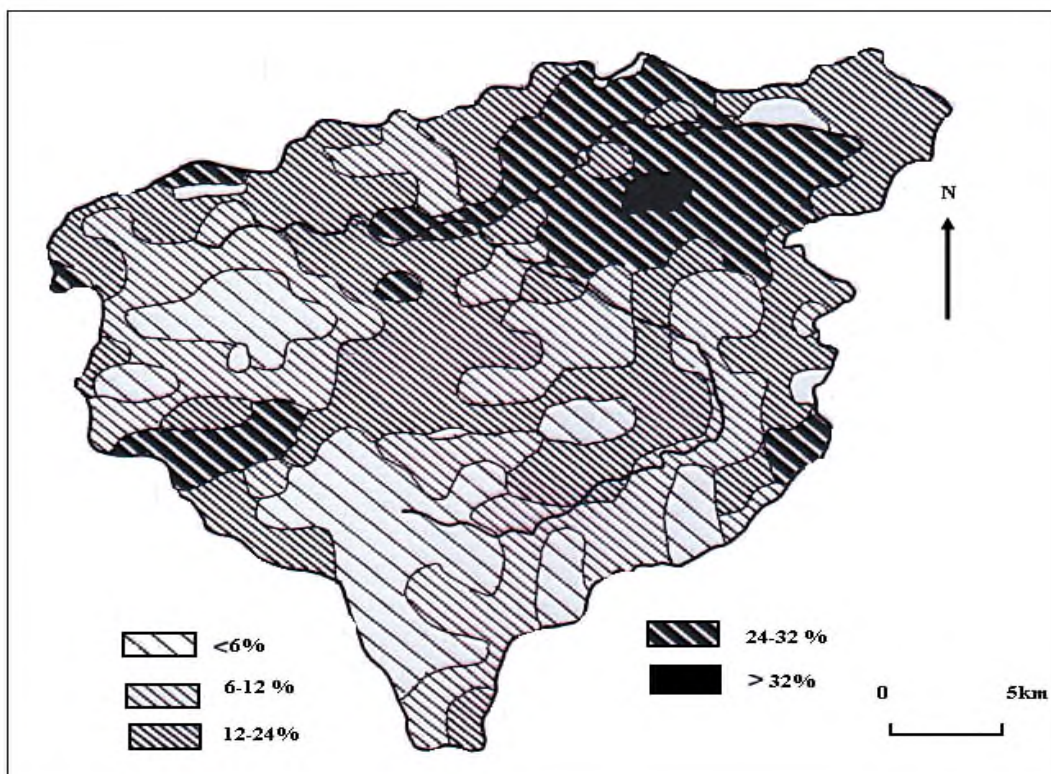


Figure. I.4 Carte des pentes du bassin versant de l'oued Bouhamdane. [2]

Source : mémoire magister Benchiba L 2007

CHAPITRE I : Le cadre morpho-structural et le réseau hydrographique du bassin versant

I.6. les caractéristiques hydrographiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane

I.6.1. Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels permanents ou temporaires, par lesquels s'écoulent toutes les eaux de ruissellement et converge vers un seul point de vidange du bassin versant (exutoire).

L'oued Bouhamdane résulte de la jonction de deux cours d'eau importants : l'oued Sabath et l'oued Zenati, drainant respectivement une superficie de 296.09 Km² et de 592.15 Km². [1]

Tableau I.8. Classification de nombre de cour d'eau de l'oued Bouhamdane1. [2]

ordres	O.Bouhélé	O.Sabath	O.Znati	Ensb de Bouhamdane
1	1328	1034	2189	4550
2	250	247	487	983
3	79	55	93	227
4	10	11	22	43
5	2	2	5	09
6	-	1	1	2
7	1	-	-	1

Source : mémoire magister Benchiba L 2007

A .Densité de drainage Dd

Elle se définit comme étant le rapport de la longueur totale des cours d'eau à la surface du bassin versant. Elle est aussi la somme des densités de drainage temporaire et permanente. [1]

$$D_d = L/A$$

Avec :

Dd : Densité de drainage [Km//Km²]

L : longueur total des cours d'eau [Km]

A: superficie du bassin versant (Km²)

On peut calculer densité de drainage permanente et densité de drainage temporaire par les formules suivantes :

$$D_{dp} = L_p/A$$

$$D_{dt} = L_t/A$$

Et :

Ddp : densité de drainage permanente

Ddt : densité de drainage temporaire.

Lp: longueur des talwegs permanents.

Lt: longueur des talwegs temporaires.

CHAPITRE I : Le cadre morpho-structural et le réseau hydrographique du bassin versant

Tableau I.9. Densité de drainage. [2]

Bassins	surface (Km ²)	Lp(Km)	Lt(Km)	Dd (Km/Km ²)	Ddp (Km/Km ²)	Ddp/Dd (%)	Ddt (Km/Km ²)	Ddt/Dd (%)
O.B .élémentair	216,76	167,5	551,5	3,31	0,77	23,26	2,54	76,73
O.Zenati	592,15	268,55	1011,8	2,16	0,45	20,83	1,71	79,16
O.Sabath	296,09	158,05	546,25	2,37	0,53	22,36	1,84	77,63
Ensemble de Bouhamde-ne	1105	594,1	2109,5	2,45	0,54	22,04	1,91	77,95

La densité de drainage est de l'ordre de 2.45 Km/Km² pour l'ensemble du bassin de l'oued Bouhamdane, ce qui n'est pas en contradiction avec la caractéristique des régions semi-aride.

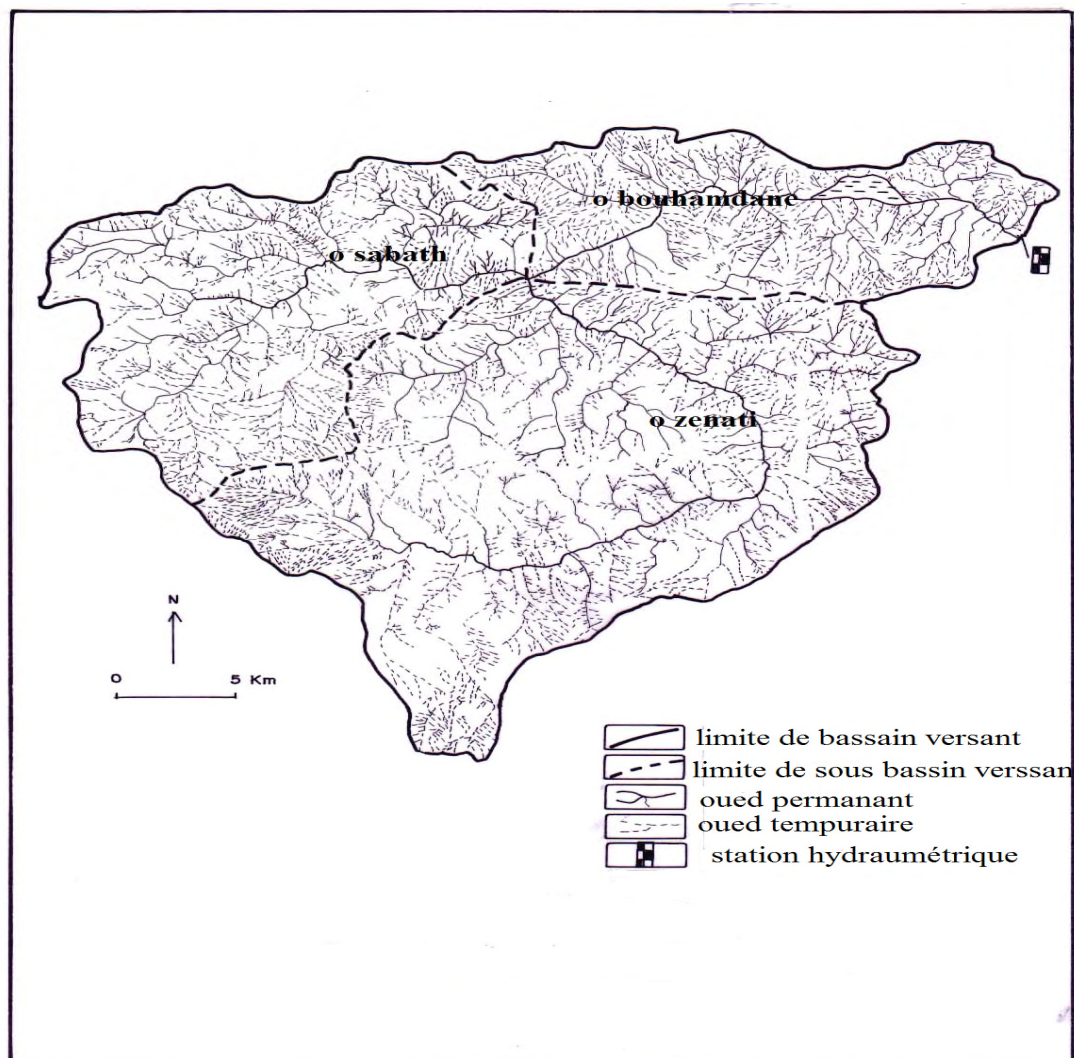


Figure. I.5 réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Bouhamdane. [2]

CHAPITRE I : Le cadre morpho-structural et le réseau hydrographique du bassin versant

B .Le temps de concentration

Le temps de concentration T_c des eaux sur un bassin versant se définit comme le maximum de durée nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point le plus long du bassin et l'exutoire de ce dernier. [1]

Pour évaluer ce paramètre, nous avons adopté la formule de GIONDOTTI, qui s'écrit:

$$t_c = \frac{4 * A^{\frac{1}{2}} + 1,5 * L_p}{0,8 * H^{\frac{1}{2}}}$$

Avec;

T c: Temps de concentration

L p : Longueur du talweg principal (km).

A: superficie du bassin km²

H: Hmoy - H min m.

Tableau.I.10 : Temps de concentration des sous bassins versants de l'oued Bouhamdene. [2]

Sous Bassins versants	Superficie km ²	LP km	H m =Hmoy-Hmin	Tc heure
1 :L'oued Bouhamdane élémentaire	216 .76	40	358 .06	8
2 : L'oued Zenati	592 .15	50	296.8	12,50
3 : L'oued Sabath	296.09	15	355 .34	6
4 :L'ensemble de l'oued Bouhamdane	1105	90	502.5	15Tc heure

C.Profils en long

Le profil longitudinal de l'oued Bouhamdene et ses principaux affluents, permet d'apporter des éléments complémentaires à la densité de drainage, au vu de rôle des pentes des talwegs sur le ruissellement superficie, et sur la vitesse d'écoulement lors des crues. Ils ont été tracés pour un pas de distance de 5 Km dans le sens de l'écoulement.

Le profil en long de l'oued Zenati présente une seule rupture située au contact de deux zones respectivement les glacis et la vallée alluvial tout comme l'oued Sabath. L'oued Bouhamdene présente quelques ruptures de pente légères, qui correspondent à des seuils rocheux particulièrement résistants. [2]

Les profils longitudinaux de ces trois cours d'eaux se caractérisent par des pentes assez faibles.

CHAPITRE I : Le cadre morpho-structural et le réseau hydrographique du bassin versant

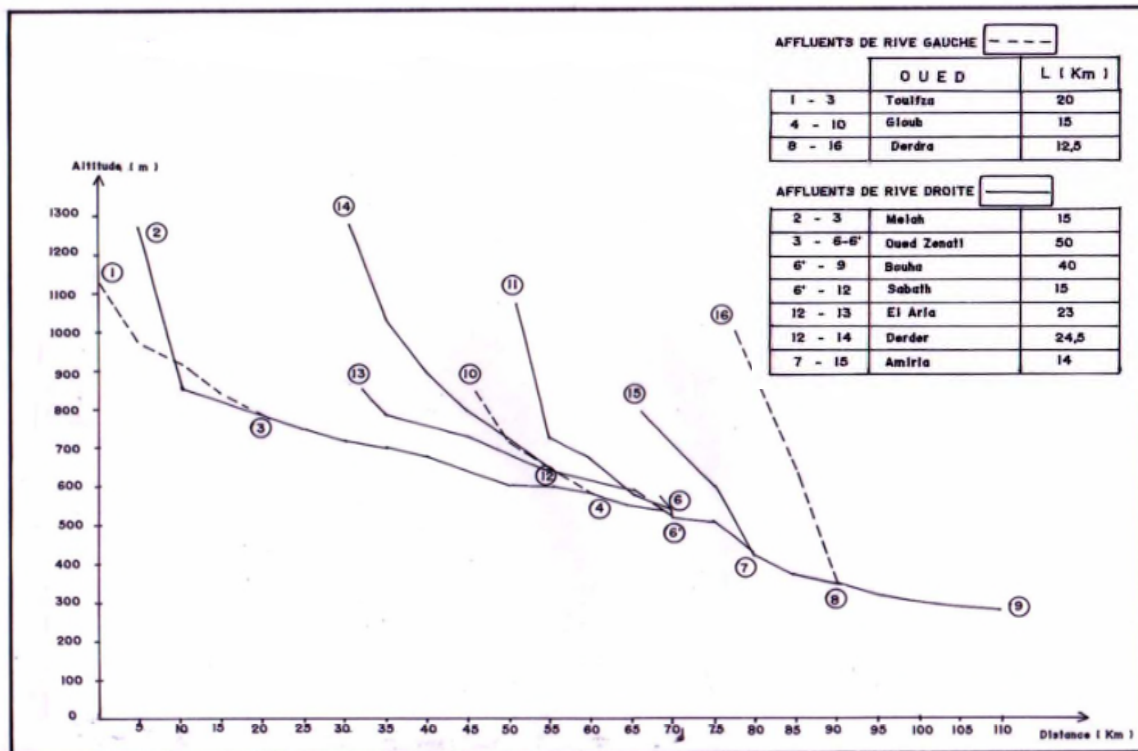


Figure. I.6 Profile en long de l'oued bouhamdane et de ses principaux affluents

D.La vitesse d'écoulement de l'eau (V)

Elle donnée par l'expression suivante :

$$V = L/T_c$$

Avec :

V: Vitesse d'écoulement de l'eau en m/s

L : Longueur du talweg principal en m

T_c: Temps de concentration en **S**

Tableau .I. 11 Les vitesses d'écoulement V (m/s) des sous bassins versants l'oued Bouhamdane. [1]

Sous Bassins versants	Vitesse d'écoulement V (m/s)
1 : L'oued Bouhamdane élémentaire	5.12
2 : L'oued Zenati	4.83
3 : L'oued Sabath	0.93
4 :L'ensemble de l'oued Bouhamdane	1.92

Conclusion

✚ En résumé, on peut dire que le bassin versant de l'oued Bouhamdene présente une opposition topographique nette entre le Nord et le Sud. La partie Nord caractérisée par une topographie chaotique et désordonnée. Par contre la partie Sud à une topographie plus libre, De ces ensembles physiques, il est possible de délimiter trois grandes unités hydrologiques du bassin:

➤ **Le bassin supérieur**

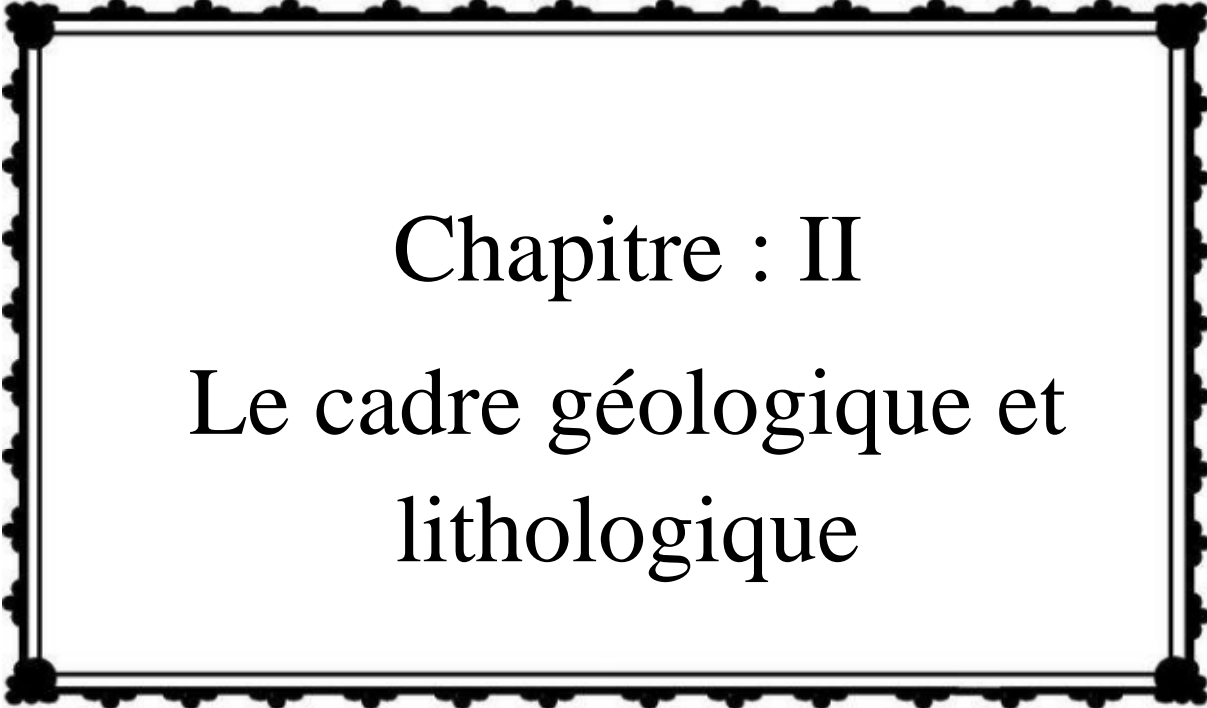
Cette région caractérisée par une topographie dégagée et des formes nettes, où les versants sont longs ; de superficie 592.15 Km² soit 53.59 % de la surface totale du bassin versant.

➤ **Le bassin moyen**

Cette région est caractérisée par des reliefs plus abrupts que ceux du bassin supérieur. de superficie 296.09 Km² soit 26.80 % de la surface totale du bassin versant.

➤ **Le bassin inférieur**

L'oued Zenati et l'oued Sabath forment par leur jonction l'oued Bouhamdene qui se jette dans la Sybouse. C'est une région montagneuse formée d'une chaîne imposante ; elle constitue la zone la plus troublée du bassin, elle est caractérisée par des pentes raides, des versants courts, les altitudes des collines modestes ; de superficie 216.76 Km² soit 19.62 % de la surface totale du bassin versant.



Chapitre : II

Le cadre géologique et
lithologique

Le cadre géologique et lithologique

I. Les caractéristiques géologiques du bassin versant de l'oued

Bouhamdane

La géologie du bassin versant joue un rôle important, son influence se fait sentir d'une part sur le régime du cours d'eau et sur l'écoulement souterrain c'est-à-dire la notion de la perméabilité, et d'autre part sur l'érosion et le transport solide.

I.1. Les mouvements tectoniques

On distingue une série de phases tectoniques durant le tertiaire, depuis l'éocène moyen jusqu'au burdigalien supérieur. [1]

I.1.1. La phase éocène

Le mécanisme de diversification s'explique par la présence de cette pente qui aurait facilité le Glissement des diverticules selon les étapes suivantes :

1. approfondissement du sillon tellien.
2. mise en place du premier diverticule.
3. nouvel approfondissement du sillon tellien.
4. mise en place des diverticules suivants.

I.1.2. La période comprise entre la phase éocène et la phase de l'éocène inférieur

A partir de l'oligocène, cette zone a connu une sédimentation généralement argileuse, Surmonté par des barres de grès. Cette série est connue sous le nom de « la série Numidienne».

I.1.3. La phase miocène

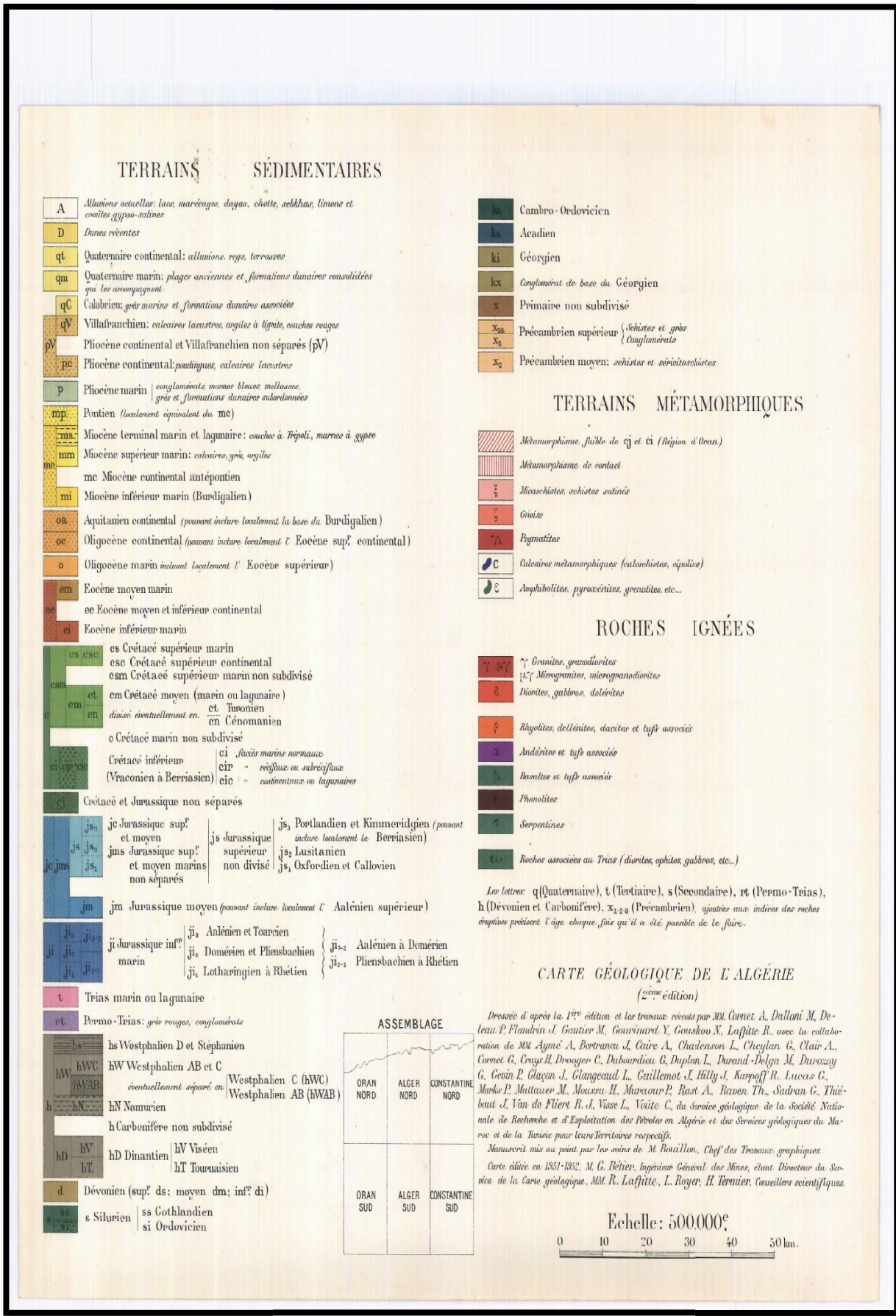
La phase du miocène inférieur est responsable du décollement et du charriage vers le Sud des nappes telliennes et de la série numidienne« Les formations numidiennes se sont Désolidarisées de leur substratum au cours du burdigalien. Etant situées au Sud des zones Kabyles, elles ne parviennent en recouvrement anormal qu'après la sédimentation des flyschs et des témoins de la série ultra- tellienne. Ces premiers mouvements sont fossilisés par La transgression du burdigalien. Les formations numidiennes ainsi décollées sont reprises par La tectonique tangentielle du turonien. ».

I.1.4. La néotectonique

Elle est responsable de l'orographie actuelle. Elle a déterminé le comblement des Bassins mio- pliocènes alimentés par la destruction des reliefs environnants. C'est à cette Époque que l'on doit situer les plis à grand rayon de courbure et les vastes failles qui mettent En relief la nappe néritique constantinoise. Ces failles sont essentiellement distinctives. [1]



Figure. I.1 Extrait de la carte géologique régionale. [4]



I. 1. 5. Les formations pas ou peu tectoniques

L'exemple le plus typique de ces formations sont les glaciaires et les dépôts du miopliocène Continental qui représentent de vastes épandages d'origine détritique, résultant d'une Tectonique tangentielle ou cassante, car déposés après les grands événements tectoniques connus dans la région. [1]

II. Le cadre structural actuel

Le schéma structural du bassin versant de l'oued Bouhamdane montre les unités structurales suivantes :

II.1. La tectonique

II.1.1. Le quaternaire

Le quaternaire est responsable de beaucoup de dépôts et de formations superficielles, tels que les alluvions qui constituent les fonds des vallées et les différents niveaux de terrasses. [2]

II.1.2 Le mio- pliocène continental

Constituées de conglomérats et d'argile sableuse rouge. Ces formations sont présentes dans toute la région, mais ne prennent une grande extension que dans la partie Nord-Ouest du bassin versant et plus particulièrement dans les forêts des Beni-M'djalel et Soudreta et près du Barrage Bouhamdane sur la rive gauche de l'oued.

II. 2. La nappe Numidienne

C'est une vaste nappe de charriage d'argile et de grès oligocène. Elle est venue sur une autre nappe de charriage antérieure, constituée de marne et de calcaires marneux Crétacé et Eocène, Les formations argilo- gréseuses du Numidien constituent les hauteurs du Djebel Ouach, de l'oued Zenati, du Djebel Mahouna.

II. 3. La nappe Tellienne

Il correspond à un ensemble constitué de marne, de marnocalcaires, et de Calcaire du Crétacé inférieur. A la base de cette unité affleurent des marnes noires d'âge paléocène moyen à supérieur, surmonté par une barre de calcaire noire de l'éocène inférieur ; enfin une importante couverture marneuse qui couvre de vastes espaces à l'Est et au Sud de l'oued Zenati, ainsi qu'au Nord de la route Constantine- Guelma. Cette couverture présente de nombreux bancs calcaires. [2]

II. 4. La nappe Néritique Constantinoise

La nappe néritique Constantinoise correspond à l'essentiel des reliefs calcaires. « Sur près de 10 Kms de l'Ouest en Est et 80 Kms du Nord au Sud, la tectonique a dispersé des affleurements de la série néritique constantinoise en massifs isolés de tailles variables »

. Dans notre terrain, cette nappe est représentée:

- Djebel OumSettas
- Djebel Taya

II. 5. L'unité ultra tellienne

La nappe ultra- tellienne affleure à la base des massifs numidiens du bord septentrional de la région. Les séries constitutives de ces unités sont caractérisées par leur teinte claire allant du néocomien à l'éocène moyen. L'ultra tellienne occupe une position au Nord du domaine tellien et se place sous les flysch massyliens ou numidiens au Nord et sur les unités telliennes au Sud. La stratigraphie actuelle des unités ultra- tellienne montre l'existence de 4 unités renversées de bas en haut, on a:

- L'unité d'Ain Haddad
- L'unité d'AinGuennoure
- L'unité de l'oued Zenati
- L'unité de Ras El Agba.

II.6. La série d'Ain El Kerma

Les formations essentielles de cette série sont les marnes et les marno- calcaires de Teinte claire. Cette série affleure à l'ouest du village de Ras El Aioun, où elle est constituée Surtout d'argile verte, et à l'Ouest du pont qui passe à l'oued Bouskoum. Cependant, ces deux Affleurements les plus importants de cette unité se trouvent dans la vallée de l'oued Bouhamdane. Le premier est situé au lieu-dit El Madjen et le second constituant la ligne de crête entre les djebels Taya et Mermera .

III. Les formations lithologiques

La lithologie du bassin versant de l'oued Bouhamdane est complexe. Elle présente des Variations de résistance de Elles regroupent dans le bassin, les calcaires de la nappe néritique de Constantine, les Conglomérats et les grès numidiens. Elles caractérisent les reliefs les plus imposants, avec de Fortes pente.

Faciès allant des roches les plus dures représentées par les roches Calcaires et gréseuses, aux roches les plus tendres marneuses.

III. 1. Les roches résistantes

Elles regroupent dans le bassin, les calcaires de la nappe néritique de Constantine, les conglomérats et les grès numidiens. Elles caractérisent les reliefs les plus imposants, avec de fortes pentes. Les calcaires est à un degré moindre les grés portes les traces de l'action du froids pendant le quaternaire fissurés et par conséquent très perméables, ces faciès couvrent respectivement 4.01, 4.06 et 26.90% de la surface de l'ensemble des affleurements rocheux.

III.2. Les roches moyennement résistantes

Elles correspondent aux roches marno- calcaires de la nappe ultra tellienne, très peu étendues, elle occupe une superficie réduite 4,86% qui correspondent à des collines à Pentes moyennes à assez fortes.

III. 3. Les roches tendres

Elles correspondent aux argiles sous numidiennes, aux marnes et aux marnes Schisteuses de la nappe ultra tellienne. Elles se localisent essentiellement sur les versants aux Pieds des grés numidiens et dans les vallées des oueds Zenati et Bouhamdane .Présentant des Pentes moyennes plus ou moins faible. [2]

Tableau. III.1: Répartition des différents types de roches dans le bassin versant. [1]

Ensemble	Roche	%
Roche. Résistantes	Calcaire	4.01
	Conglomérats	4.06
	Grès	26.90
Roche .moy. .résistante	Marno Calcaire	4.86
Roche tendre	Argile	12.17
	Marne	8.96
	Marnes	2.08
	Schisteuses	

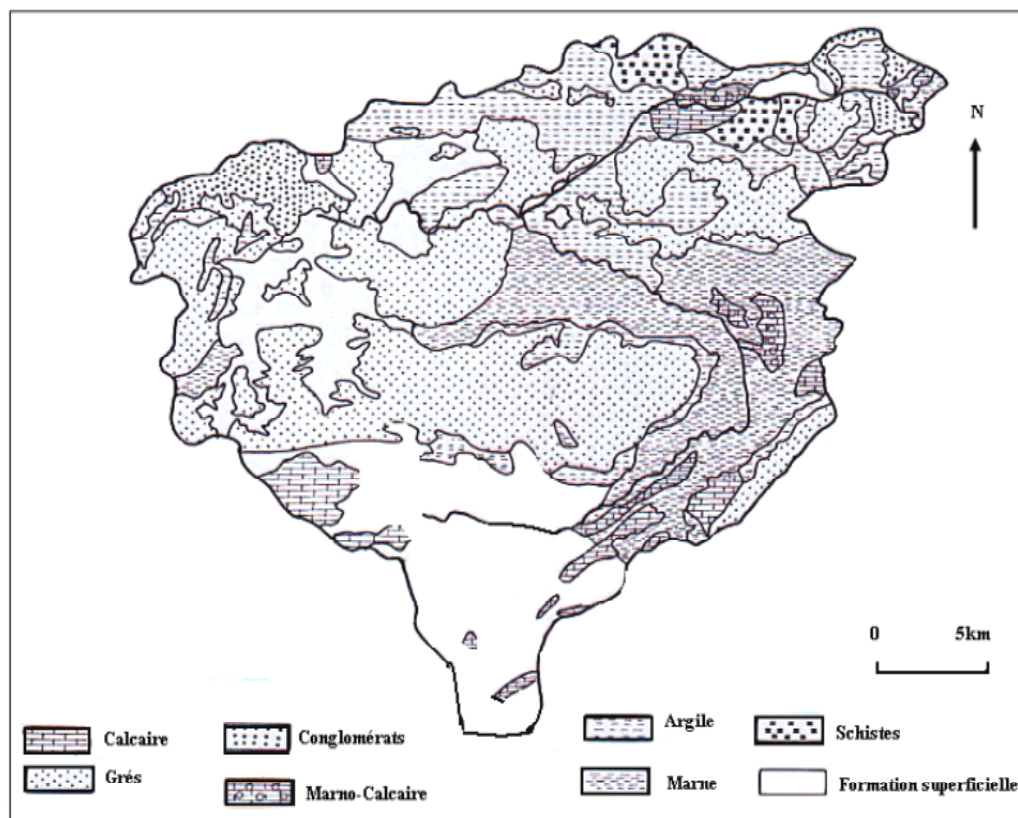


Figure. III. 2 Carte lithologique du bassin versant de l'oued Bouhamdane. [1]

IV. La perméabilité

L'importance de la perméabilité dans l'écoulement et son influence sur l'érosion, nous imposent à déterminer les classes de perméabilité suivantes:

Tableau IV.2. La distribution des classes de perméabilité du bassin versant. [2]

perméable des roches	Formations lithologiques	Superficie Km2	%
Formations à Perméabilité élevée	Calcaires	44,34	4,01
Perméable	Formations superficielles	357,81	32,39
Formations moyennement perméables	Grès Conglomérats Marno- calcaires Marnes schisteuses	447,6	40,51
Formations à perméabilité faible	Argiles marnes	255,7	23,14

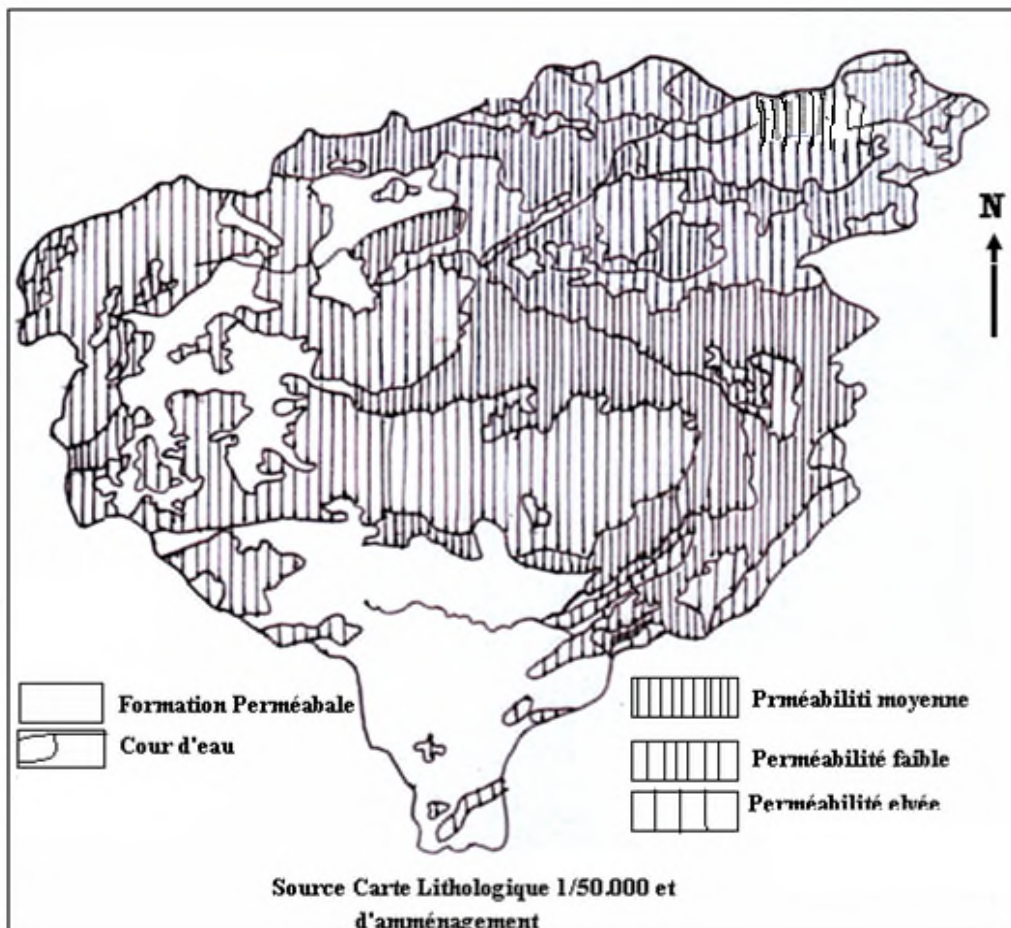
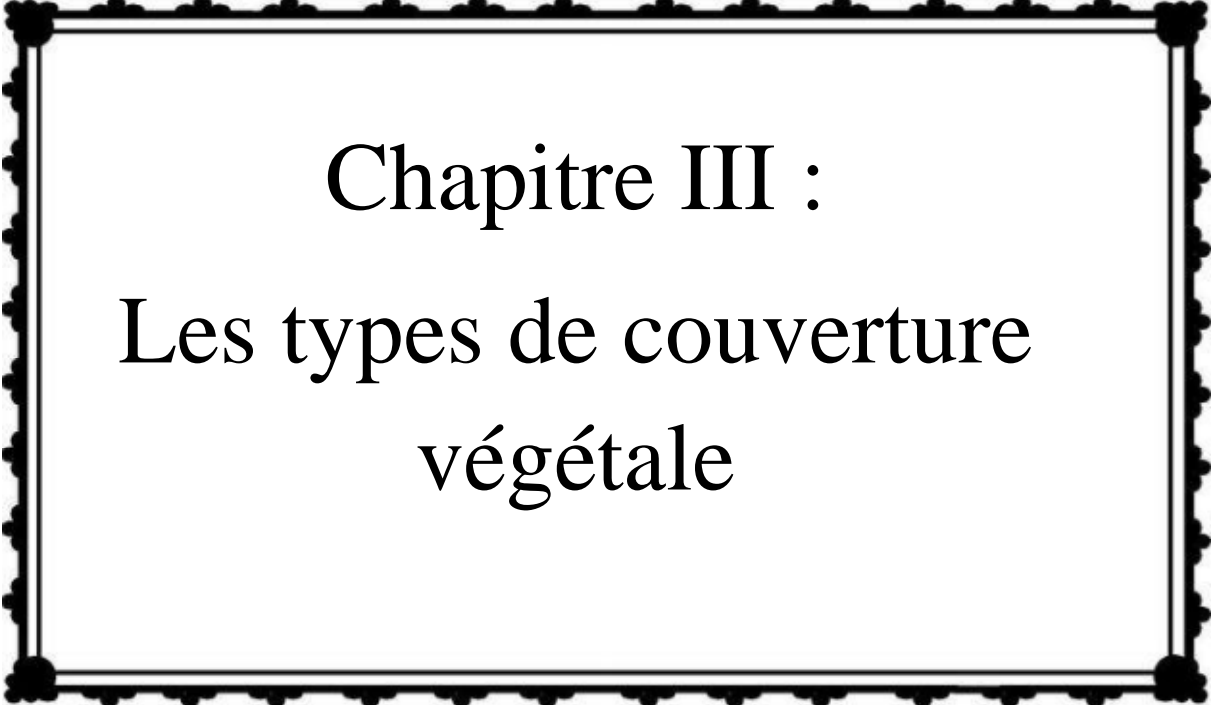


Figure. IV. 3 Carte perméabilité du bassin versant de l'oued Bouhamdane. [2]

Conclusion

L'étude de la géologie et la lithologie de bassin versant de l'oued Bouhamdene on tire les conclusions suivantes :

- La région ouest, le bassin de l'oued Sabath, présente des formations raide de faible pente est constitué principalement de grès et de conglomérats. Elle est généralement perméable.
- Le bassin supérieur, présente des formations tendres et penteuses, constitué principalement de marnes, grés, marno-calcaires, quaternaire et des formations superficielles.
- Le bassin inférieur constitué en majeure partie de roche résistantes à moyennement résistantes: grès, des argiles, marne des schistes.



Chapitre III :
Les types de couverture
végétale

I. Le couvert végétal du bassin versant de l'oued bouhamdane

Le couvert végétal et le type de sol influencent sur l'écoulement de la surface le taux De l'évaporation et la capacité de rétention du bassin ; par exemple les forêts occupent une superficie de l'ordre 4.46 %du bassin, La forêt régularise le débit des cours d'eau et amortit les crues de faibles et moyennes amplitudes. [1]

I. 1. Les Différents types d'occupation du sol du bassin versant l'oud

Bouhamdane

La répartition spatiale des sols dépend étroitement d'un certain nombre de facteurs, Notamment le climat, la roche mère, la topographie et la végétation. Il y a plusieurs classifications, nous reprendrons les trois grandes catégories de type découverte végétale:

I. 1.1. Les surfaces bien protégées :

Ce sont les surfaces qui bénéficient de couverture végétale plus ou moins dense et permanente, et plus spécialement les forêts, ces dernières protègent contre l'érosion.

I. 1.2. Les surfaces incomplètement protégées :

Ce sont les surfaces partiellement nues en permanence, dont les averses peuvent engendrer un ruissellement important qui peut déclencher des actions érosives et des crues inondant ; il s'agit généralement des terres de culture destinées, soit pour la céréaliculture qui occupe densément le sol pendant une période l'année, et de l'arboriculture qui laisse le sol nu en permanence entre les arbres.

I.1.3.Les surfaces mal protégées ou nues :

Elles englobent les terrains dénudés, les terrains de parcours, taillis et broussailles à faible densité de recouvrement où le ruissellement et l'érosion hydrique sont largement favorisés, surtout dans les terrains dénudés imperméables et sur les terrains de parcours fortement pâturé. [1]

II. L'analyse de la couverture végétale du bassin versant l'oued

Bouhamdane

L'analyse de couverture végétale a été établie sur la base des données des statistiques Agricoles relatives aux communes ou parties de communes inclus dans le bassin, D'après ces statistiques, la caractéristique essentielle est la prédominance de la surface Occupées par les céréales et les cultures maraîchères, qui représentent la part majoritaire dans le bassin, dont la proportion est d'environ 60% de la surface totale du bassin. Ainsi que les Terrains favorisant le ruissellement notamment les terrains de parcours et les terrains nu restent importants (3%), tandis que les terrains boisés. elles occupent 20% de la surface du bassin. [1]

Tableau. II.1 Répartition en % des types d'occupation du sol.

1. surfaces bien protégées		2. surfaces incomplètement Protégées		3 surfaces mal protégées ou nus
Forets, Chêne-liège	Maquis Reboisement	L'arboriculture	Céréales Culture. Maraîchères	Terrain rocheux Terrain nu Terrain parcours
4.64	29.33	0.09	59.15	6.79

Figure. II .1. Répartition générale des terres dans le Bassin versant de l'oued Bouhamdane

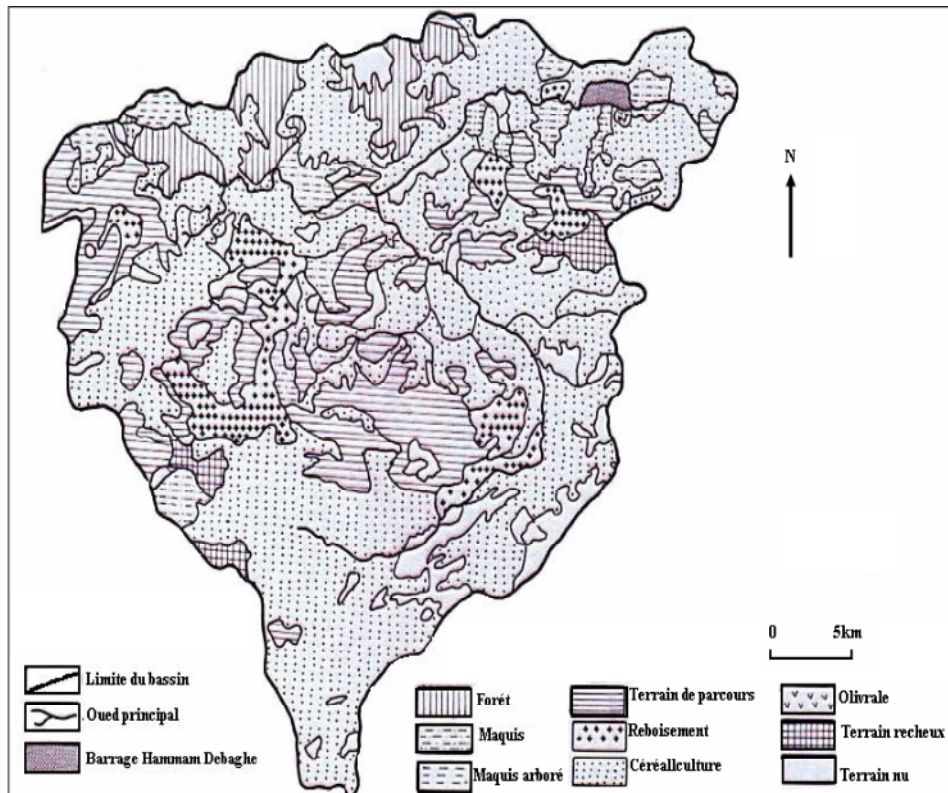
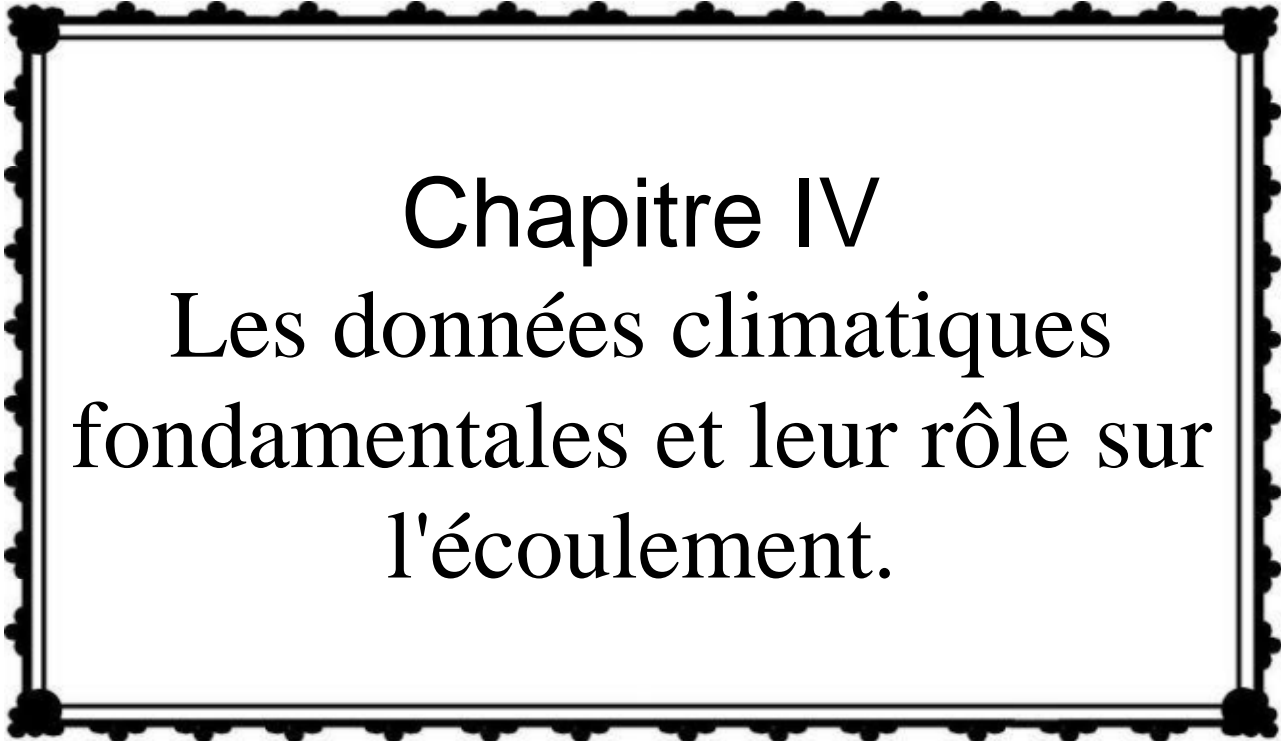


Figure. II .1 Carte de couverture végétale du bassin versant de l'oued Bouhamdane. [2]

Conclusion

L'étude de l'occupation du sol du bassin versant de Bouhamdane nous a permis de dégager les différents domaines d'occupation ou la majorité des terres de sous bassin de L'oued Zenati est considéré comme incomplètement protégée, car la majorité de ces terres sont couvertes par la céréaliculture.

- Les terrains de parcours représentent aussi une proportion importante. Elles s'étendent généralement au centre du sous bassin.
- Les terres de culture représentent aussi une proportion importante. Elles s'étendent dans le Sud du sous bassin. Alors que les terrains de parcours et les terrains rocheux s'étendent à l'Ouest du sous bassin.



Chapitre IV

Les données climatiques fondamentales et leur rôle sur l'écoulement.

Etude Hydro-climatologique

I. Les caractéristiques climatiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Bouhamdane

L'étude des caractéristiques climatiques basée sur les données de précipitation et de Température nous permet de donner un bref aperçu sur leur répartition dans le temps et dans L'espace. Ces deux paramètres nous permettent également de déterminer l'évapotranspiration, Paramètre essentiel du déficit d'écoulement et de l'alimentation, c'est à dire la lame d'eau Précipitée pour pouvoir quantifier le volume d'eau infiltré.

I.1. Le réseau pluviométrique et les séries d'observations

Le bassin versant de l'oued Bouhamdane est équipé de (03) stations pluviométriques; l'insuffisance de ces stations, nous a poussés d'utiliser les (04) autres stations pluviométriques situées aux alentours du bassin.

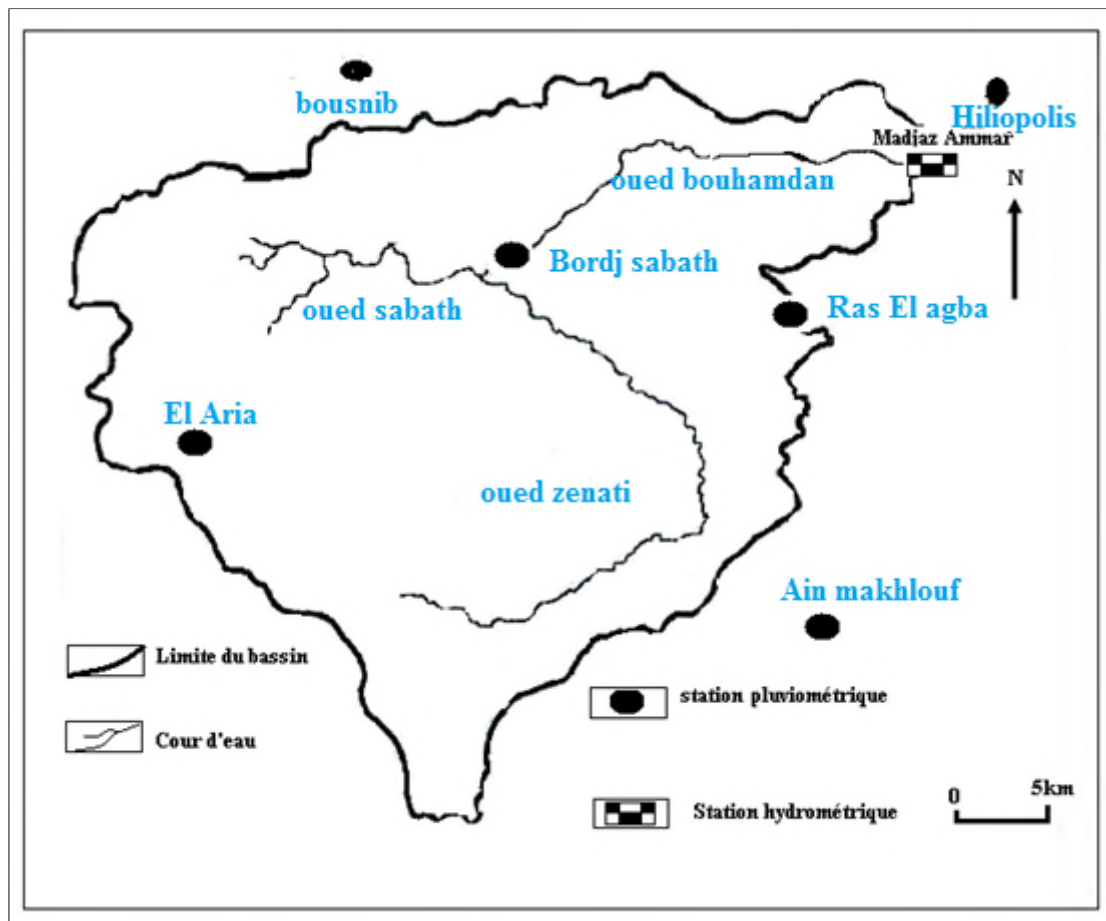


Figure. I .1 Equipement en station pluviométrique et hydrométrique du bassin versant de l'oued Bouhamdane

I.2 Comblement des lacunes

Les stations retenues pour l'étude de la série normale présentent toutes des lacunes d'observations à l'échelle annuelle et mensuelle.

Nous proposons de restituer les données manquantes. Pour cela, nous avons utilisé la régression linéaire qui consiste à estimer une valeur manquante d'une série pluviométrique lacunaire à partir des observations d'une autre station de série homogène voisine prise comme référence ; aussi l'extension des séries courtes l'aide de la série de base. [5] Pour que cette méthode soit efficace il faut que la régression soit linéaire et que les variables confrontées suivent une loi normale.

Nous avons choisi la station de Héliopolis comme station de référence.

Et on prend la station de Mdjez Ammar II a titre d'exemple.

Si la corrélation est significative, on estime la variable "y" à partir de la variable "x" par La droite

$$Y = ax + b$$

Y: Valeur estimée

a : Pente de la droite

b : Constante

$$a = \frac{\sum x_i y_i - N \bar{x} \bar{y}}{\sum x_i^2 - N \bar{x}^2}$$

$$b = \bar{y} - a \bar{x}$$

Pour mesurer l'intensité de la corrélation linéaire on calcule le coefficient de corrélation Linéaire « r » à partir de l'équation suivante :

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Le coefficient de corrélation peut également être estimé par :

$$r = a \frac{\sigma_x}{\sigma_y}$$

Avec :

σ_x : Ecart type de la série x ;

σ_y : Ecart type de la série y ;

a: Coefficient angulaire de la droite de régression.

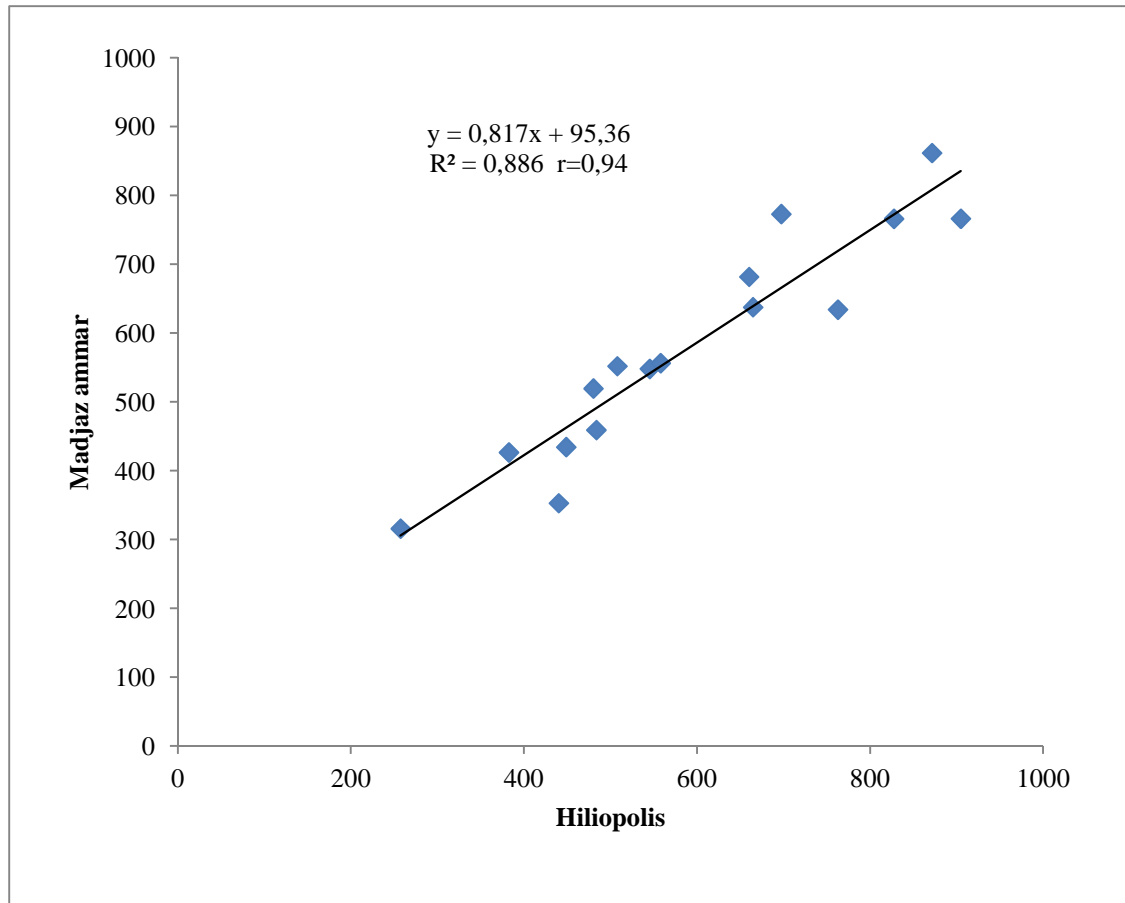


Figure. I .2 Régression linéaire A l'échelle annuelle des précipitations.
Station de Mdjz Amar II (1989/90-2011/12)

I. 3. Contrôle de la fiabilité des séries pluviométriques

Le but recherché est la préparation d'un échantillon de pluies moyennes pour le bassin de l'oued Bouhamdane afin de dégager les caractéristiques climatiques de la région. La vérification de l'homogénéisation des séries de totaux annuels se fait par la méthode de comparaison des totaux cumulés annuels ou méthode de « double cumuls », Le principe de la méthode consiste à vérifier la proportionnalité des valeurs mesurées à deux stations, l'une (station X) est la station de référence, supposée correcte, l'autre station (Y) est la station à contrôler

- Si les séries sont homogènes, les points forment une ligne droite.
- Si la série de l'un des postes est erronée, il y a une cassure sur la courbe formant deux droites de pente m et m' ; dans ce cas les séries ne sont pas homogènes.

L'homogénéisation de cette série sera faite en affectant la valeur du rapport correctif, selon le cas, m/m' ou m'/m , aux totaux annuel considérés comme erronés.

Dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane toutes les stations prises en compte ont été testées graphiquement. [6]

Nous avons choisi la station de Héliopolis comme station de référence, pour illustrer l'application de la méthode de « double cumuls », nous présenterons un exemple graphique fait à l'échelle annuelle figure.

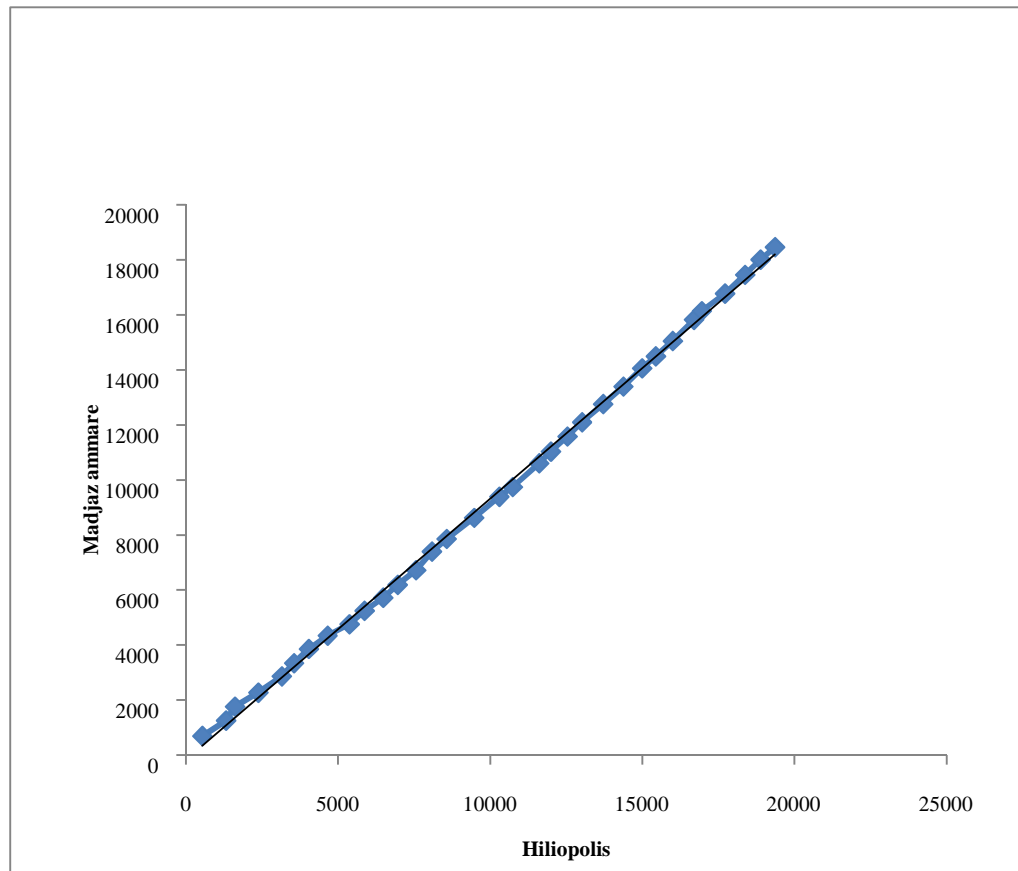


Figure. I. 3 Critique des données pluviométriques par la méthode de doubles cumuls
Station de Mdzé Amar II (1989/90-2011/12)

I. 4. Evaluation de la lame d'eau moyenne précipitée sur le bassin

L'analyse des pluies sur l'ensemble du bassin, est basée sur les relevés pluviométriques effectués dans un certain nombre de stations existant dans le bassin. Il existe plusieurs méthodes pour calculer la lame d'eau tombée sur le bassin.

I.4. 1. Méthode de la moyenne arithmétique des précipitations :

$$P = \frac{\sum p_i}{N}$$

P_i: Précipitation moyenne à la station i en (mm),

N : Nombre de station d'observation.

Tableau .I.1 Application de la méthode de moyenne arithmétique
Au calcul de la pluie moyenne annuelle (1967/68-1999/2000)

	B.vO.Zenat	B.vO.Sabath	B.vBouhamdene élémentaire	B.v L'ensemble de Bouhamdene
Ain Makhloof	523,98	-	-	523,98
MedjezAmar	559,35	-	559,35	559,35
Bordj sabath	498,49	498,49	498,49	498,49
Ras el akba	522,44	-	522,44	522,44
El Aria	511	511	-	511
Bousnib	-	628,97	-	628,97
Hiliopolis	-	-	586,47	586,47
Moyenne \bar{P}	523,05	546,15	541,68	547,24

I.4. 2. Méthode de THIESSEN

$$P = \frac{\sum(A_i \times p_i)}{A}$$

Avec :

Pi : la pluie moyenne sur la surface élémentaire qui est égale à celle de la station située à l'intérieur de la surface élémentaire.

Ai : surface élémentaire d'égale précipitation ;

A : surface totale du bassin.

Tableau. I.2 Application de la méthode de THIESSEN au calcul de la pluie moyenne annuelle

Station	B.v ensemble bouhamdane		
	Pi	Ai	PiAi
Medjezamar	559,35	93,66	52388,72
Bousnib	628,97	129,89	81696,91
Bordj Saba th	498,49	266,01	132603,32
Ras el Akba	522,44	94,67	49459,39
Ain makhlou	523,98	198,42	103968,11
El Aria	511	322,35	164720,85
Totale		1105	
P moyennes	529,26		

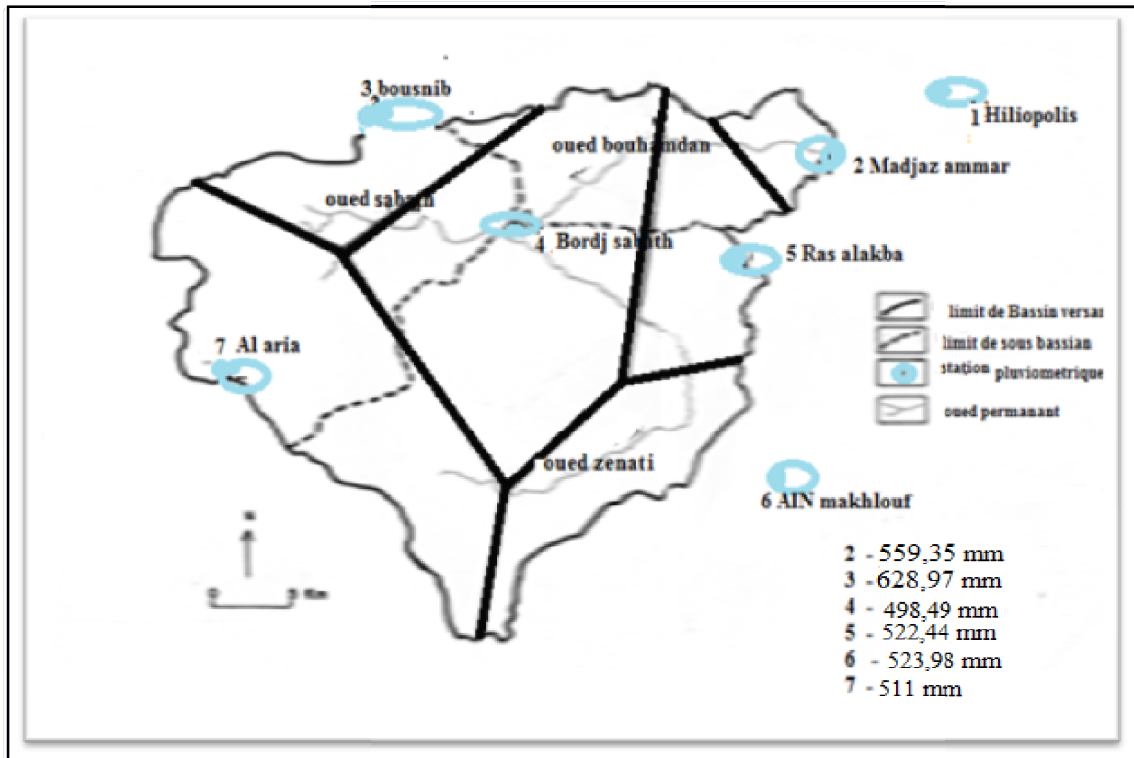


Figure. I .4 Découpage de la surface du bassin versant d'oued bouhamdane (méthode du tihessen)

I .4 .3Méthode des isohyètes

Les isohyètes sont des lignes de même pluviosité (iso valeurs de pluies annuelles, mensuelles, journalières, etc.). Grâce aux valeurs pluviométriques acquises aux stations du bassin et aux autres stations avoisinantes, on peut tracer le réseau d'isohyètes comme on le ferait pour celui des courbes de niveau. Il doit être dessiné avec le maximum de vraisemblance compte tenu de la région, du réseau, de la qualité de la mesure, etc. [7]

Après avoir tracé la carte des isohyètes moyennant logiciel Surfer.

La hauteur moyenne des précipitations sur une de ces surfaces est la moyenne des cotes des isohyètes qui la délimite. La somme de toutes ces moyennes multipliées par les surfaces correspondante et divisée par la surface totale du bassin donne de la hauteur des précipitations sur le bassin.

$$P_{\text{moy}} = \frac{\sum A_i \times P_i}{A}$$

Avec :

P_{moy} : précipitation moyenne sur le bassin,

A : surface totale du bassin

A_i : surface entre deux isohyètes i et $i+1$,

P_i : moyenne des hauteurs h de précipitations entre deux isohyètes i et $i+1$

Tableau. I.3 Estimation de la lame d'eau moyenne précipitée sur le bassin par la méthode des isohyètes

Isohyète des hauteurs	Hauteur moyenne Pi (mm)	Zone d'influence Ai (Km2)	Pi.Ai	Sous bassin
630-620	625	4	2500	L'ensemble De bouhamdan P=532,96
620-610	615	8,72	5362,8	
610-600	605	12,56	7598,8	
600-590	595	26,4	15708	
590-580	585	43,4	25389	
580-570	575	70,1	40307,5	
570-560	565	87,6	49494	
560-550	555	76,04	42202,2	
550-540	545	65,23	35550,35	
540-530	535	81,44	43570,4	
530-520	525	110,46	57991,5	
520-510	515	187,7	96665,5	
510-500	505	256,02	129290,1	
500-490	495	75,33	37288,35	
		A=1105	588918,5	

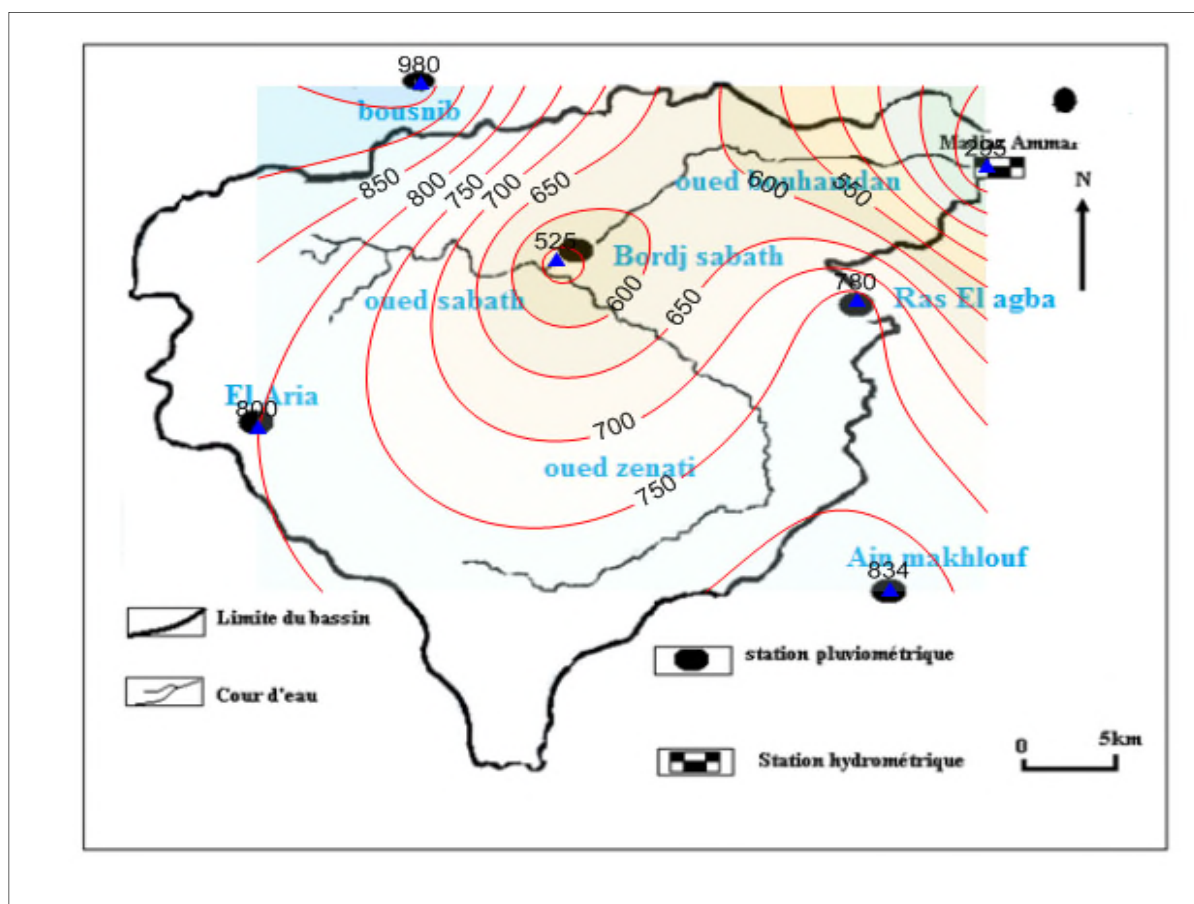


Figure. I.5 carte pluviométrique du bassin versant d'oued bouhamdane (Méthode des isohyètes)

Dans la suite du travail en utilisant la pluie obtenue par la méthode des isohyète parce qu'elle est proche à la réalité et elle tient compte le relief.

I.5. Distribution statistique des pluies annuelles

Afin de caractériser le régime des précipitations annuelles ; nous allons essayer de trouver une loi d'ajustement de la distribution des pluies annuelles dans le but d'arriver à une estimation des paramètres d'ajustement et le calcul des variables réduites. Nous avons adapté Les modules annuels à la loi normale, pour les stations du bassin, les séries obtenues d'une durée de 33 années nous permettent de calculer les paramètres statistiques et de juger de la distribution des précipitations annuelles. [2] Pour un ajustement graphique on procède ainsi :

- On classe les 33 hauteurs annuelles de pluies par ordre croissant.
- On détermine la fréquence expérimentale de chaque P_i suivant la formule.

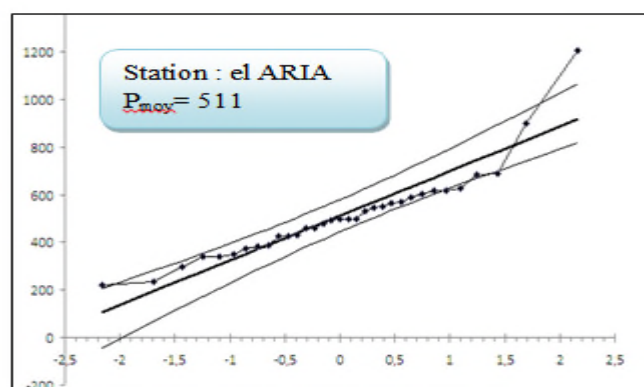
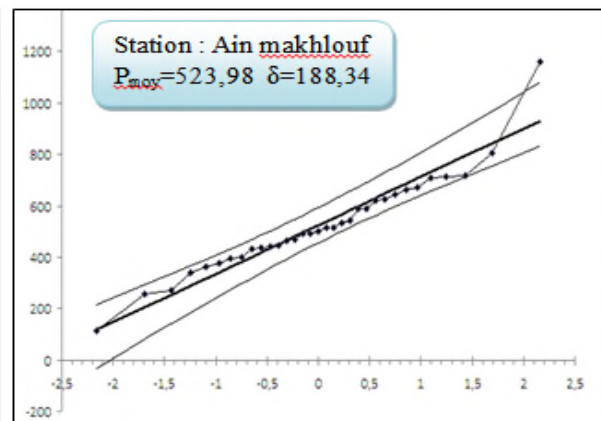
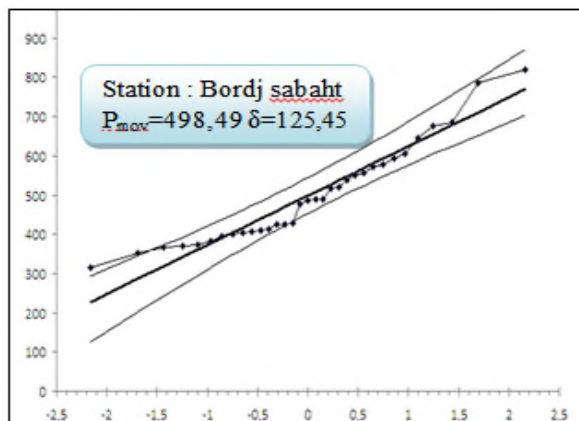
$$F = \frac{n - 0.5}{N}$$

n :étant le numéro d'ordre de la pluie correspondante

N : le nombre d'années d'observées.

On porte dans un graphique de Gauss les fréquences annuelles en abscisse et les pluies moyennes annuelle en ordonnée, puis on trace l'adroite d'ajustement qui sert à estimer la loi de probabilité

Si les valeurs de P_i sont distribuées normalement les points s'alignent et s'ajustent à une loi Normale. Pour toutes les stations du bassin de Bouhamdene s'ajustent à la loi de Gauss.



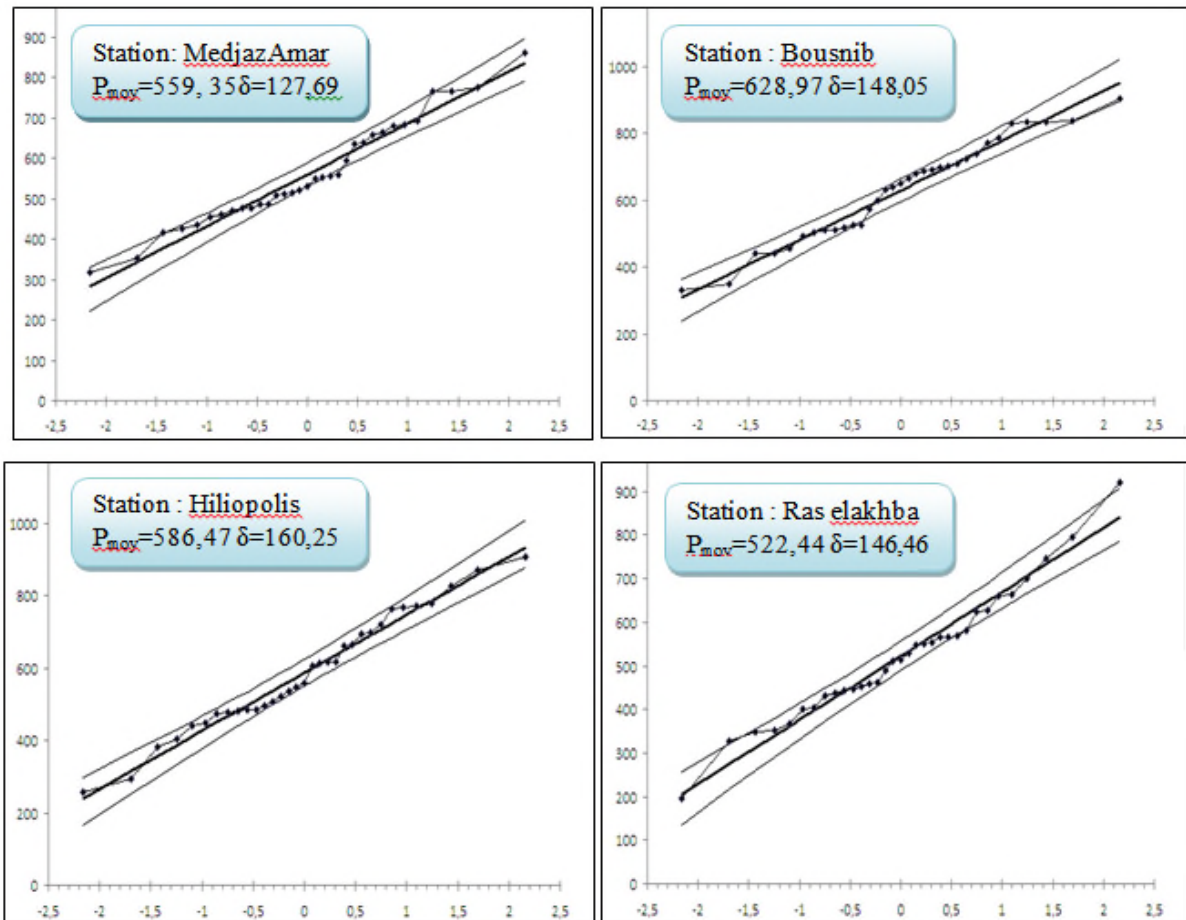


Figure. I.6. Ajustement des précipitations annuelles à une loi de Gauss.

La connaissance de la seule valeur estimée d'un paramètre empirique ne présente guère d'intérêt si on n'a aucune précision de l'estimation obtenue ; il est donc nécessaire de compléter notre information, en déterminant autour de la valeur empirique estimée, [2] un Intervalle de confiance pour un degré de confiance choisi.

Pour un grand échantillon ($N > 30$) on a :

$$\bar{x} \pm t_{\frac{1-\alpha}{2}} \frac{\delta}{\sqrt{N}}$$

$t_{\frac{1-\alpha}{2}}$: La variable réduite de la loi de Gauss, à la probabilité $(1-\alpha)/2$

\bar{x} : La moyenne annuelle sur une longue période

δ : Ecart type de la période considérée.

Il faut pouvoir tester par le calcul de la qualité de l'ajustement réalisé. On utilise à cet effet le teste de χ^2

. Nous ne ferons ici qu'étudier le mode d'emploi de ce teste, processus de calcul et les règles d'emploi sont les suivantes :

- ✓ Le découpage en classe qui doit introduire des classes d'égale probabilité théorique, et d'un effectif théorique d'au moins cinq valeurs par classe.
- ✓ Calcul de

$$X^2 = \sum_i^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$$

Avec :

ni : l'effectif observé de la classe i et **np_i** l'effectif théorique de cette même classe.

- ✓ Calcul de nombre de degré de liberté

$$u = k - 1 - p$$

P : Nombre des paramètres déterminés à partir des valeurs expérimentales, pour ajuster à la loi théorique.

K : nombre de classe.

L'adéquation est admise si : $p(x^2) \geq \alpha$

α : seuil du risque d'adéquation choisi généralement égal à 0.05 ; elle est rejetée si

$$P(\chi^2) \leq 0,05$$

Tableau I.4. Teste d'adéquation pour les échantillons et intervalles de confiance des différentes stations (1968/69-1999/00)

Station	$\sum X^2$	intervalle de confiance	
Héliopolis	3,61	95%	$581,32 \leq \bar{X} \leq 641,18$
		90%	$540,6 \leq \bar{X} \leq 632,4$
Medjezamar	4,58	95%	$521 \leq \bar{X} \leq 617,7$
		90%	$529,4 \leq \bar{X} \leq 610$
bousnib	4,09	95%	$590,57 \leq \bar{X} \leq 693,63$
		90%	$598,85 \leq \bar{X} \leq 685,35$
bordj sabath	7	95%	$473,92 \leq \bar{X} \leq 561,88$
		90%	$480,99 \leq \bar{X} \leq 554,81$
ras elakba	2,15	95%	$493,84 \leq \bar{X} \leq 591,75$
		90%	$501,71 \leq \bar{X} \leq 583,89$
ainmakhlouf	3,12	95%	$458,72 \leq \bar{X} \leq 584,68$
		90%	$468,85 \leq \bar{X} \leq 574,55$
El Aria	7	95%	$447,18 \leq \bar{X} \leq 574,82$
		90%	$457,44 \leq \bar{X} \leq 564,56$

Tableau. I.5. Précipitations annuelle fréquentielles en (mm) (1968/69-1999/00)

STATION	P (année sèche)			Pmoy	P (année humide)		
	T=100ans F=0,01 U=-2,329	T=50ans f=0,02 U=-2,056	T=10ans f=0,1 U=-1,282		T=2 ans f=0,5 U=0,00	T=10ans f=0,90 U=1,282	T=50ans f=0,98 U=2,056
Hiliopolis	213,28	257,03	381,06	586,5	791,94	915,97	959,72
Medjezamar	241,99	280,4	389,31	569,7	750,09	859	897,41
Bousnib	290,37	331,6	448,49	642,1	835,71	952,6	993,83
Bordj Sabath	217,69	252,88	352,65	517,9	683,15	782,92	818,11
Ras el Akba	208,47	247,66	358,77	542,8	726,83	837,94	877,13
Ain makhlouf	91,77	142,16	285,04	521,7	758,36	901,24	951,63
El Aria	75,38	126,45	271,21	511	750,79	895,55	946,62

Conclusion

Les caractéristiques du climatique du bassin versant de l'oued Bouhamdene sont étroitement liées à sa position géographique et à son relief. On relève des fortes variabilités spatiales et surtout temporelles des précipitations.

L'étude basée sur le traitement statistique des données hydro pluviométriques pour éclairer les aspects primaires de l'écoulement.

II. Les températures et facteurs climatiques

II.1. Les températures

La température est une mesure numérique d'une chaleur, sa détermination se fait par détection de rayonnement thermique, la vitesse des particules, l'énergie cinétique, ou par le comportement de la masse d'un matériau thermométrique. Pour l'étude des températures, [8] et en l'absence de données pour l'ensemble des stations retenues, nous avons utilisé les données de la station météorologique : Guelma

Tableau II .6. Températures moyennes mensuelles de stations du Guelma (2005-2014).

Station	T(C°)	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut
Guelma	Max	31,43	27,59	21,22	17,06	16,29	16,43	19,48	23,18	27,43	32,67	36,70	36,66
	Min	16,97	13,72	9,37	5,89	4,91	4,66	6,21	8,87	11,49	15,02	18,38	18,70
	Moy	24,29	20,74	15,18	11,44	10,61	10,86	13,32	16,90	20,79	25,47	29,10	28,87

Source : O.N.M

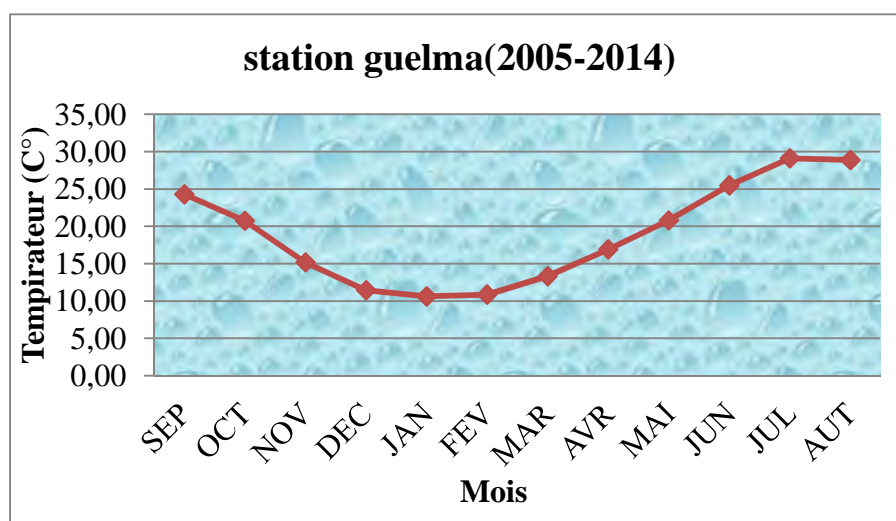


Figure II .7. Variation Températures moyennes mensuelles de stations Guelma (2005-2014).

A la station de Guelma, on distingue deux périodes distinctes : la première où la température décroît du mois d'août (28,87 °C) jusqu'au mois de janvier (10,61 °C), et la deuxième où la température croit progressivement du mois de février (10,86 °C) au mois d'août (28,87°C).

II.2 .facteurs climatiques

a. L'humidité relative de l'air

C'est la quantité de vapeur d'eau qui se trouve dans une particule d'air. L'humidité est présente en permanence dans l'atmosphère et même au niveau du Sahara ! La raison est la suivante : les rayons du Soleil réchauffent la surface de la Terre et provoque l'évaporation de l'eau des Océans ou de certaines réserves d'eau dans le Sahara .l'humidité relative est donc la quantité d'eau présente dans une particule d'air sur la quantité d'eau que peut contenir la particule d'air. [9]

Tableau II .7. Humidité relative moyenne mensuelle (%) de station Guelma (2005-2014).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut
Humidité relative(%)	64,8	68,0	71,1	74,7	75,2	72,4	71,6	68,4	63,6	54,6	50,2	52,4

Source : O.N.M

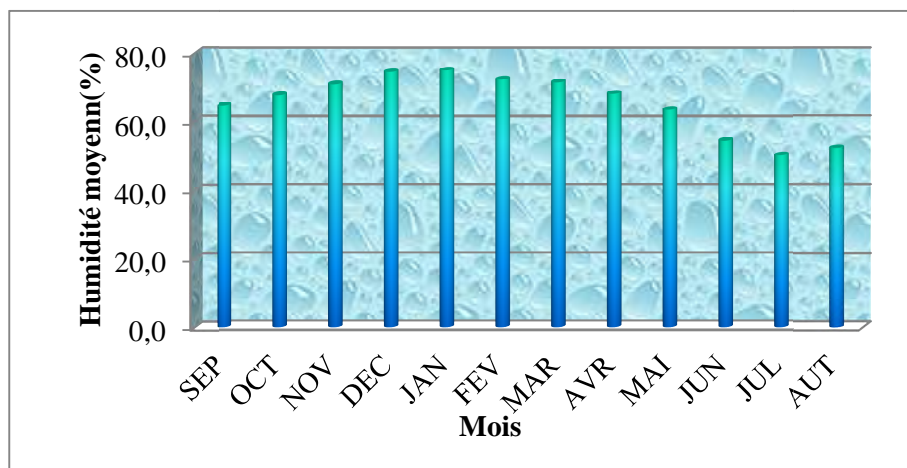


Figure. II .8.Humidité relative en (%), Station de Guelma (2005-2014).

Le tableau I .2 .montre que durant toute l'année, l'air est relativement humide à plus de 50%.

b. La durée d'insolation

C'est la période durant laquelle le soleil brille sur le sol. Elle définie comme telle, les mesures de l'insolation facilitent l'évaluation du rayonnement solaire reçu au sol. [10]

Tableau II.8.la durée Moyenne mensuel d'insolation (heur/an) à la station de Guelma (2005-2014).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut
Insolation (heur/an)	234,0	221,1	170,1	148,9	152,9	157,9	204,0	223,7	276,5	316,8	360,9	290,8

Source : O.N.M

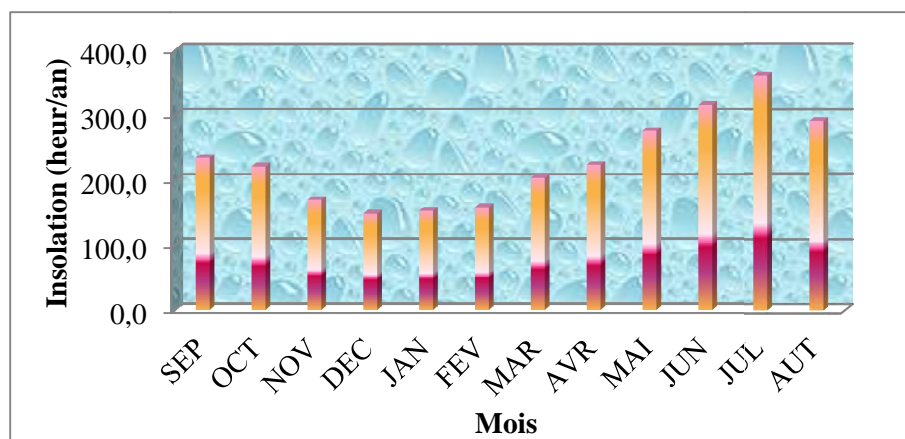


Figure. II.9. Durée moyenne mensuelle d'insolation en heures, Station de Guelma. (2005-2014).

L'examen du tableau, montre que durant les années d'observation, le mois de juillet est le plus ensoleillé, cumulant plus de heures de soleil.

c. Le vent

Le vent assure le renouvellement de l'air plus ou moins saturé au contact de la surface évaporant par de nouvelles couches ayant une température et une généralement plus faibles. [11]

Tableau II.9. Vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s) à la station de Guelma (2005-2014).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut
Vitesse moy(m/s)	1,39	1,20	1,59	1,68	1,34	1,45	1,68	1,87	1,58	1,66	1,60	1,24

Source O.N.M

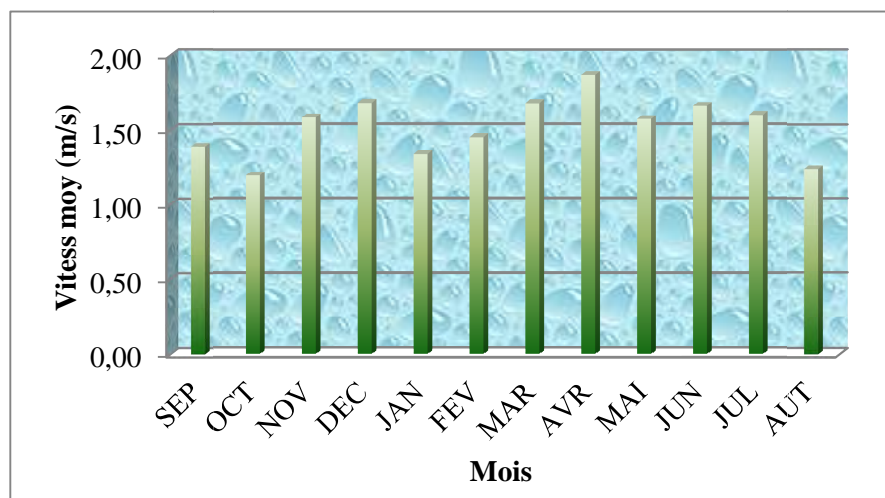
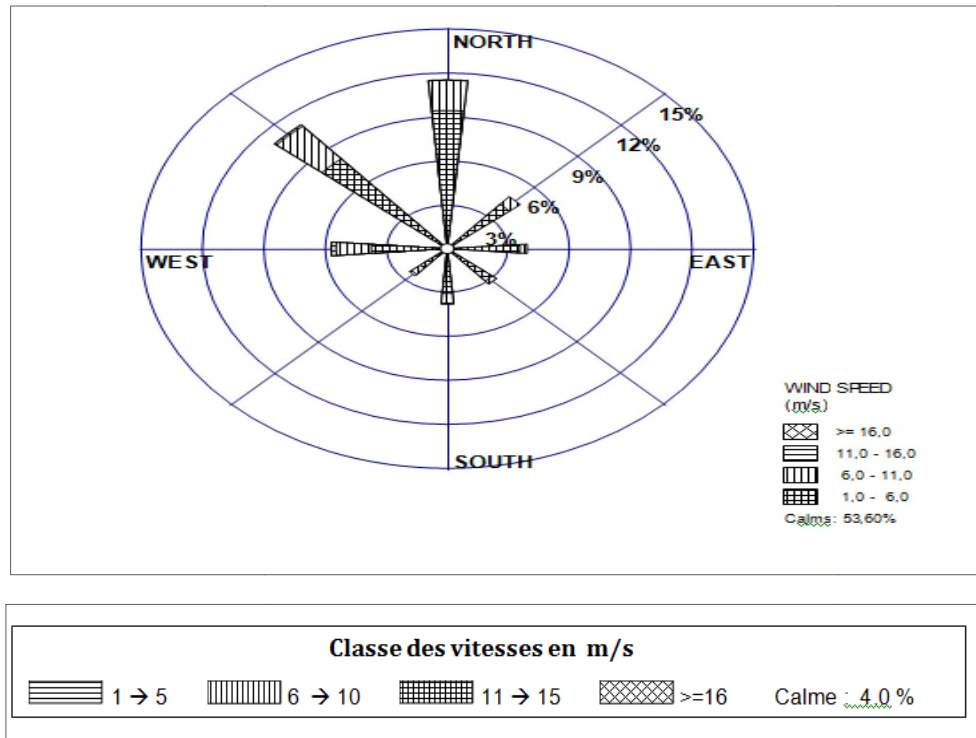


Figure. II.10. La vitesse moyenne mensuelle du vent en (m/s), Station Guelma (2005-2014).

Les vents du N-W sont les plus fréquents durant l'hiver. Moins fréquents en été, ils sont dominés par les vents



SOURCE : ONM

Figure .II.11 La Direction des vents dominant : Nord-Ouest à Nord.

d. Evaporation

Pour l'évaporation, la quantité d'eau qui repart dans l'atmosphère dépend uniquement des paramètres physiques tels que la température de l'air, de l'eau, de la vitesse du vent, du degré hygrométrique, de l'ensoleillement, ...etc. [12]

Tableau II.10. Evaporation moyenne mensuelle (mm) à la station de Guelma (2005-2014).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut
Evaporation (mm)	94,2	74,5	53,6	42,1	39,7	42,3	52,9	61,9	83,4	124,6	156,7	129,4

Source O.N.M

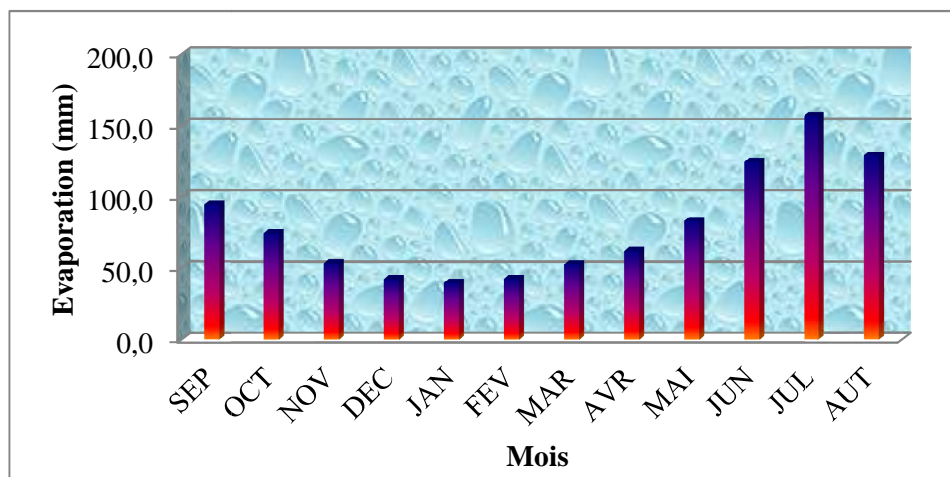


Figure. II.12. : Evaporation moyenne mensuelle en (mm), Station de Guelma (2005-2014).

L'examen du tableau, montre que durant les années d'observation, le mois de Juin, Juillet, Aout, est le plus évaporation.

e. Précipitation

Sont dénommées précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression. [13]

Tableau II.11. Les variations moyenne mensuelles des précipitations (mm) station de Guelma II (2005-2014).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut
Précipitation (mm)	46,5	57,7	61,0	67,3	77,0	74,7	97,9	50,2	41,6	12,6	3,5	11,7

Source : O.N.M

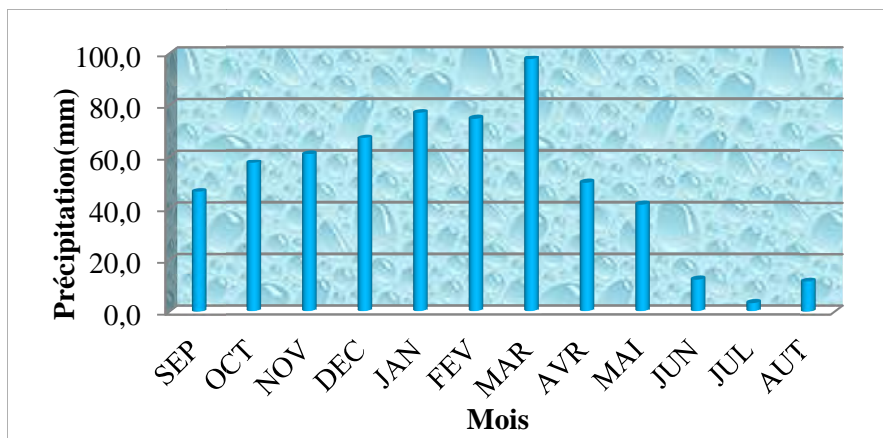


Figure II.13. Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma (2005-2014).

La plus forte valeur des précipitations est marquée au mois de Mars avec 97,9 mm, Tandis que la plus faible caractérise le mois de Juillet avec 3,5 mm

III. Relation température – précipitation

La combinaison des deux facteurs climatiques, température et précipitation, est intéressant pour déterminer le type du climat, et de déterminée les mois véritablement secs. D'après la formule de Gaussen, $P=2T$, un mois sec est celui où le total des précipitations est égal ou inférieur au double de la température, et inversement, le mois humide est celui où le total des précipitations est le double de la température. Cette relation permet d'établir des diagrammes pluviométriques sur lesquels la température est portée sur une double échelle de celle des précipitations.

- Si la courbe des températures passe au-dessus de la courbe des précipitations nous avons Un mois sec.
- Si la courbe des températures passe au-dessous de la courbe des Précipitations nous avons un mois humide. [14]

Tableau III.12. Les variations mensuelles des précipitations et température moyenne
D'après la formule de Gausсен (2005-2014).

Mois	Jan	Feb	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Sep	Oct	Nov	Dec
Précipitation (mm)	77	74,7	97,9	50,2	41,6	12,6	3,5	11,7	46,5	57,7	61	67,3
Tmoy°C	21,22	21,71	26,64	33,80	41,58	50,93	58,20	57,73	48,58	41,49	30,36	22,89

Source : O.N.M

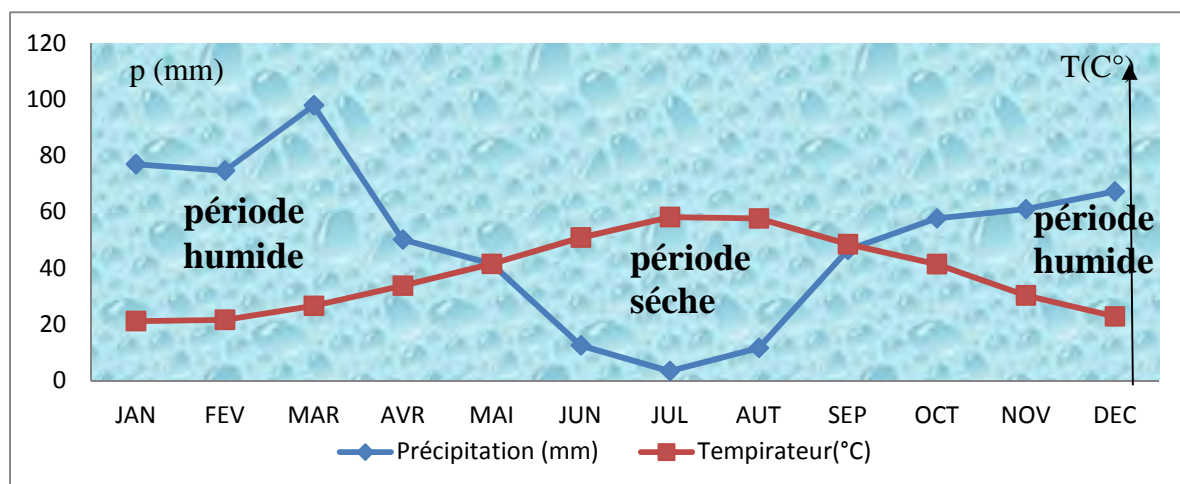


Figure III.14. Diagrammes ombrothermiques (2005-2014).

On observe La saison de sécheresse à Guelma débute au début du mois Mai et se termine au début du mois d'octobre, et la période humide et débute du mois novembre et termine du mos avril

IV .L'évapotranspiration :

L'évaporation constitue l'élément le plus important du bilan hydrologique après les précipitations. Représenté par une quantité d'eau est restituée à l'atmosphère sous forme de vapeur. L'évapotranspiration englobe l'ensemble 2 phénomènes :

L'évaporation : c'est un phénomène physique de la transformation d'eau en vapeur d'eau à partir d'une surface d'eau libre (mer, lac, cour d'eau,) et du sol.

La transpiration : La transpiration c'est un phénomène biologique lié à la couverture végétale à son stade de développement et à sa nature. [15]

IV.1 .Formule dite ANRH-Penman (1997)

ETPANRH-Penman permet d'évaluer l'évapotranspiration potentielle mensuelle de Penman à partir de la seule mesure de la température moyenne mensuelle correspondante, de la connaissance du mois et de la position géographique [2] :

$$ETP_{ANRH} = k_r k_m (H - 187)(0,032t + 0,077)$$

Kr : coefficient régional;

Km : coefficient mensuel (uniforme pour toutes les stations, il varie en fonction des Mois)

H: la durée théorique d'insolation du mois i (en heures par mois)

t : est la température moyenne mensuelle pour le mois considéré et exprimée en °C.

On prend le coefficient de station Medjezamar ($K_r = 0.83$)

Tableau IV.13. Evolution du coefficient correctif mensuel K_m .

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Km	0,96	1,22	1,11	1,17	1,05	1,00	0,97	0,97	0,98	0,90	0,90	0,86

$$H_i = a_i Y + b_i$$

Y : étant la coordonnée Lambert zone Nord-Algérie (en kilomètres), latitude.

$Y = 359,10$

Tableau IV.14. Coefficients d'évaluation des durées théoriques d'insolation.

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ai	- 0,0218	- 0,011	- 0,0012	0,0098	0,0201	0,0248	0,023	0,0144	0,0031	- 0,0081	- 0,0185	- 0,0246
Bi	315	307	371	389	429	429	436	414	370	351	311	308

Le procédé de calcul pour le bilan, consiste en les étapes suivantes :

- Si les précipitations du mois (P) sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle $ETR = ETP$.

- Si les précipitations du mois (P) sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle $ETR = \sum p_i + RFU$; Celle-ci est supposée mobilisée comme suit :

a) Si RFU antérieure est assez forte pour combler l'insuffisance de précipitation (P) ; $ETR = ETP$.

b) Si RFU est insuffisante pour satisfaire l'évapotranspiration potentielle, l' ETR Reste inférieure à celle-ci et est égale à la somme des précipitations du mois et des RFU . [14]

Tableau IV.15. ANRH-Penman (1997)-Evapotranspiration et bilan station de Medjezamar II ($K_r = 0.83$).

Mois	Se	Oc	No	De	Jan	Fe	Ma	Av	Mai	Juin	Juil	Out	Année
Ai	0,0031	0,0081	0,0185	0,0246	0,0218	-0,011	0,0012	0,0098	0,0201	0,0248	0,023	0,0144	-
Bi	370	351	311	308	315	307	371	389	429	429	436	414	-
H (h/mois)	371,11	348,09	304,36	299,17	307,17	303,05	370,57	392,52	436,22	437,91	444,26	419,17	-
Km	0,98	0,9	0,9	0,86	0,96	1,22	1,11	1,17	1,02	1	0,97	0,97	-
Pluimoy	40,81	39,22	70,46	94,96	90,00	65,58	61,29	57,90	54,89	17,42	4,40	15,71	612,63
ETP	137,50	81,42	43,05	29,67	32,51	42,88	79,03	142,80	166,06	197,43	221,92	199,43	1373,7
P-ETP	-96,69	-42,20	27,41	65,29	57,49	22,70	-17,74	-84,90	111,17	180,01	217,52	183,72	-
RFU	-	-	27,41	92,70	100,00	100,00	82,26	-	-	-	-	-	402,37
DA	96,69	42,20	-	-	-	-	-	2,64	111,19	180,01	217,52	183,72	833,97
EX	-	-	-	-	50,19	22,70	-	-	-	-	-	-	72,89
ETR	40,81	39,22	43,05	29,67	32,51	42,88	79,03	140,16	54,89	17,42	4,40	15,71	539,75

P : Précipitation.

ETP : Evapotranspiration potentielle.

ETR : Evapotranspiration réelle.

RFU : Réserve facilement utilisable.

DA : Déficit agricole.

EX : Excédent.

IV. 2. Interprétation des résultats et comparaison

Les tableaux III-09 et III-10 permettent un certain nombre d'observations :

Pour la station, l'évapotranspiration potentielle l'emporte sur les précipitations Annuelles. L'année hydrologique se divise en deux périodes : la première où les précipitations Annuelles dépassent l'évapotranspiration potentielle, correspond au mois de novembre, Décembre, janvier et février.

Durant cette période, les précipitations atteignent leur maximum et l'ETP enregistre ses valeurs les plus faibles, et l'inverse se produit durant les mois restants.

Lorsque la RFU est totale, il y a un excédent d'eau, dès qu'elle diminue, il y a un épuisement du stock qui s'accompagne par un déficit agricole, le déficit commence à partir du mois de juin et se poursuit jusqu'au mois d'octobre.

La période d'irrigation commence à partir du mois d'Avril, elle devient nécessaire au mois de Juin et indispensable pour les mois d'Août, septembre et octobre. Période pendant laquelle la réserve utile est épuisée.

Conclusion

L'analyse du climat du bassin versant d'oued bouhamdane à partir des données climatiques montre que les caractéristiques climatiques de ce bassin, sont étroitement liées à leurs positions géographiques, et à leur relief. On relève de fortes variabilités spatiales et temporelles de ces différents paramètres climatiques qui vont certainement entraîner une variabilité de ruissellement sur le même bassin versant. L'évolution annuelle de ces deux paramètres, permet de distinguer une période chaude et sèche, et une période froide et humide.

L'originalité climatique du bassin de Bouhamdene réside, dans le fait que ce dernier occupe une position latitudinale et intermédiaire entre le domaine humide au nord et le domaine semi-aride au sud.



Chapitre V

Les écoulements annuels

Leurs variations et le régime de

L'écoulement.

I. Ressources en eau de surface du bassin versant de l'oued

Bouhamdane

La disponibilité potentielle de l'eau est liée au comportement hydrologique d'un cours d'eau ou au régime pluvial. Cette partie se penche sur l'étude du fonctionnement du réseau hydrographique et le Comportement du système d'écoulement.

I.1 Le réseau hydrométrique et les données d'observation des débits

Le bassin de l'oued Bouhamdane a une superficie de 1105 km² dispose de deux (2) Stations hydrométriques : Bourdj Sabath, qui contrôle le sous bassin de même nom, et Medjez amar II, qui contrôle l'ensemble du bassin de l'oued Bouhamdane, actuellement, une station de jaugeage fonctionne dans le bassin, il s'agit de la station Permanente de Medjez amar II.

I.2. L'écoulement moyen annuel

L'écoulement fluvial est un écoulement qui s'enchaîne dans le temps et dans l'espace, traduisant le comportement hydrologique du bassin versant. Ce comportement peut être observé à l'aide de l'analyse de volume d'eau s'écoulent à l'exutoire du système. [2]

I. 2.1 Evaluation de l'écoulement avec les données de mesure

Le bassin versant de l'oued Bouhamdane est contrôlé par la station de Medjez amar II Enregistre un débit moyen de 7,44 m³/s pendant 21 années d'observation Le calcul de la lame écoulée se fait selon la formule suivant [1] :

$$L_e = [Q_a * (31,56 * 10^3)]/S$$

Avec :

Le : La lame d'eau annuelle écoulée (mm).

S : La superficie du bassin (km²).

Qa : Le débit absolu (m³/s).

Tableau I.1. Débit absolu, débit spécifique et lame écoulée (1990/2011).

Bassin versant	S (km ²)	Qa(m ³ /s)	QS (l/s/km ²)	Le (mm)	Pmoy (mm)
Oued Bouhamdene	1105	7,44	6,73	212,49	532,96

I. 3.Le bilan hydrologique et le déficit d'écoulement

Ce bilan permet de quantifier les transferts d'eau issus des précipitations; et comporte trois principaux termes à savoir les entrées, les sorties et la variation de réserve.

$$P = L_e + D$$

Avec :

P : lame d'eau annuelle précipitée (mm).

Le : lame d'eau annuelle écoulée (mm).

D : déficit annuel d'écoulement qui est assimilé à l'évapotranspiration réelle (ETR).

On utilise une autre variable, Le coefficient d'écoulement est le rapport, exprimé en pourcentage, entre la quantité d'eau écoulée par la quantité d'eau précipitée.

Qui, en tant que valeur relative, reflète mieux le rôle diversifié des facteurs physico géographiques propres du bassin versant. [2]

$$C = L_e / p * 100$$

Tableau I. 2. Bilan moyen annuel de l'écoulement (1990/ 2011).

Bassin	Station	Pmoy (mm)	Qa(m3/s)	Le (mm)	D (mm)	CE(%)
Oued Bouhamdene	Medjez amar	532,96	7,44	212,49	539,75	39,87%

Le bassin versant de l'oued Bouhamdene présente une la lame d'eau écoulée est de L'ordre de 212,49mm elle est nettement faible par rapport à la hauteur pluviométrique Moyenne du bassin réduit une forte évapotranspiration Le coefficient d'écoulement Moyennement élevé (plus de 39,87%), en raison de l'influence du couvert végétale dégradé et la nature lithologique moyennement perméable qui prédomine.

I.4. Variations interannuelles de l'écoulement

I.4.1. L'hydraulicité et ses variations

L'analyse des données relatives aux variations mensuelles et annuelles des débits à la Station hydrométrique de Medjez amar II, qui contrôle le bassin versant permet de saisir le phénomène de variabilité qui apparaît clairement à l'échelle des extrêmes, elle s'exprime par les variations de coefficient d'hydraulicité (C.h), qui est le rapport de débits d'une année particulière (Qmoy) au débit moyen d'une longue série d'observation (1990/2011).

Tableau I.3. Débit moyen annules, coefficient d'hydraulicité.coefficient variation

Année	Qi	Qmoy	ch=Qi / QMOY	Cv
90-91	91,6	7,44	12,31	1.19
91-92	46,6	7,44	6,27	1.77
92-93	169,1	7,44	22,73	1.30
93-94	36,6	7,44	4,92	1.76
94-95	114,8	7,44	15,43	2.56
95-96	60,3	7,44	8,11	2.50

Chapitre : V Les écoulements annuels leurs variations et le régime de l'écoulement.

96-97	2,6	7,44	0,35	1.42
97-98	39,6	7,44	5,32	1.36
98-99	72,5	7,44	9,75	1.76
99-00	12,9	7,44	1,74	1.27
00-01	28,8	7,44	3,87	1.75
01-02	5,8	7,44	0,79	0.99
02-03	269,6	7,44	36,23	1.70
03-04	122,6	7,44	16,47	2.26
04-05	371,5	7,44	49,93	1.25
05-06	41,6	7,44	5,59	2.12
06-07	42,6	7,44	5,73	2.32
07-08	29,4	7,44	3,95	1.88
08-09	79,9	7,44	10,74	1.73
09-10	45,0	7,44	6,05	2.66
10-11	192,9	7,44	25,93	2.06

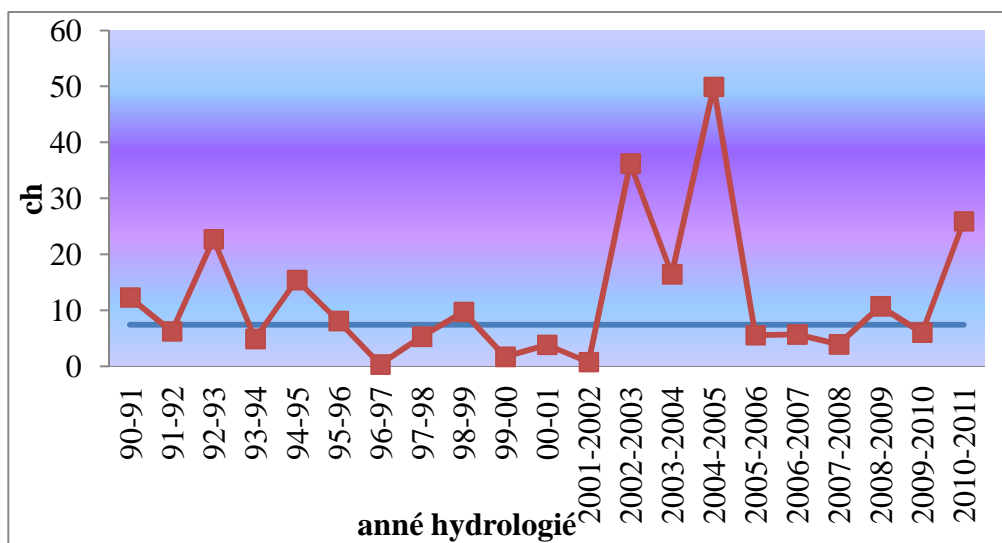


Figure. I.1 Représentation graphique de coefficients de L'hydraulicité (C.h).

Le graphique montre une forte fluctuation de débits d'une année à l'autre, traduit bien l'irrégularité de l'écoulement qui est liée à l'alimentation essentiellement pluvial du cours d'eau. L'année de forte hydraulicité est celle de 2004-2005 avec un $ch = 49,93$ qui correspond à un débit de $371,5 \text{ m}^3/\text{s}$, et l'année de faible hydraulicité est celle de 1996-1997 avec un $ch = 0,35$ qui correspond à un débit de $2,6 \text{ m}^3/\text{s}$

I.4.2. Répartition fréquentielle des modules

L'étude fréquentielle des modules permet de compléter la connaissance du phénomène d'irrégularité de l'écoulement annuel.

La forte dispersion des débits annuels mis en lumière par les valeurs élevées du coefficient de Variation, laisse supposer une distribution dissymétrique des échantillons, on a choisi donc d'ajuster les modules annuels de l'oued Bouhamdene, à la loi de GALTON. [2]

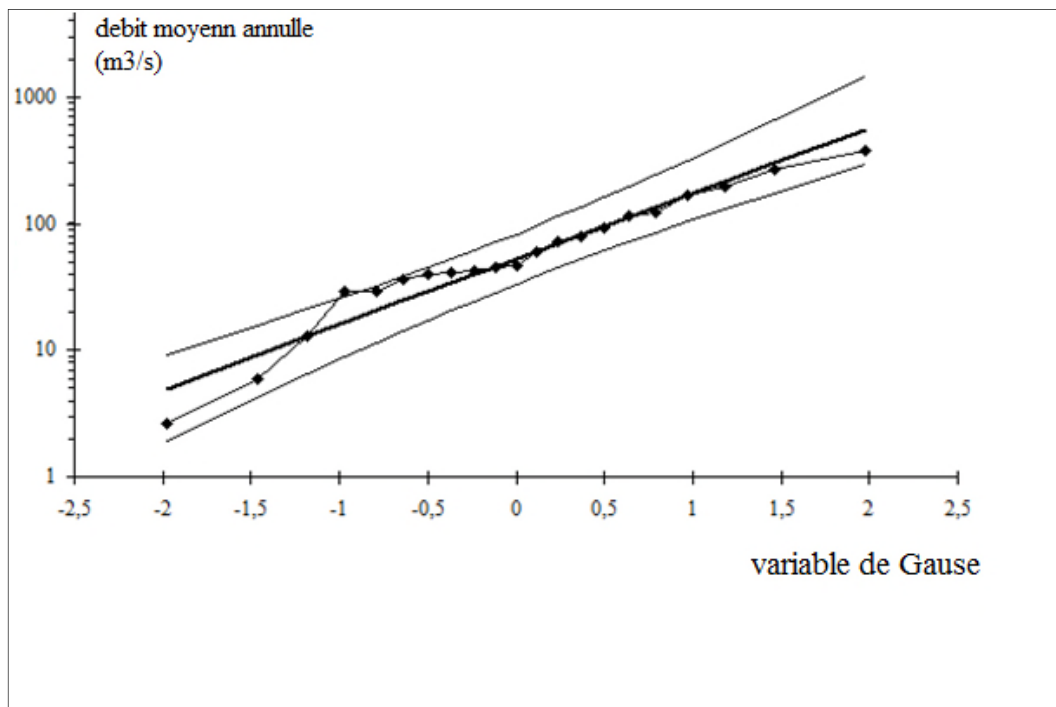


Figure. I.2 Ajustement graphique des débits moyens annuels à une loi log-normale (1990-2011).

Tableau I.4. Les débits moyens annuels et durée de récurrence.

Oued	S (km ²)	Paramètre d'ajustement de GALTON	Année sèche			Module médiane	Année humide		
			T=100ans f=0,01 U=-2,33	T=50ans f=0,02 U=-2,06	T=10ans f=0,1 U=-1,28		T=2ans f=0,5 U=0,0	T=10ans f=0,90 U=1,28	T=50ans f=0,98 U=2,06
Bouhamdene	1105	a=0,13 b=1,21 Q0=0	0,07	0,09	0,24	1,14	5,39	13,77	19,18

Le graphique d'ajustement (Fig. I-2) confirme l'adaptation de cette loi à la distribution des débits annuels dans notre région.

I. 4. 3. Variation mensuelle des débits

Le débit moyen mensuel du bassin versant de l'oued Bouhamdene se caractérise par un minimum correspondant au mois de juillet 0,13m³/s et un maximum situé en Janvier

23,57m³/s La figure I.3 qui représente la variation mensuelle des débits moyens, montre clairement que la période des hautes eaux est marquée au cours de 05 mois successifs : décembre, janvier, février, mars et avril, et période de basse eaux commence dès mai jusqu'à novembre.

Tableau I .5. Variabilité des débits mensuels (1990-1991 /2010-2011).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dèc	Jan	Fe	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Débit moyen m ³ /s
Débit mensuels (m ³ /s)	0,37	0,71	7,41	9,02	23,57	21,63	12,81	10,39	2,59	0,56	0,13	0,15	7,44

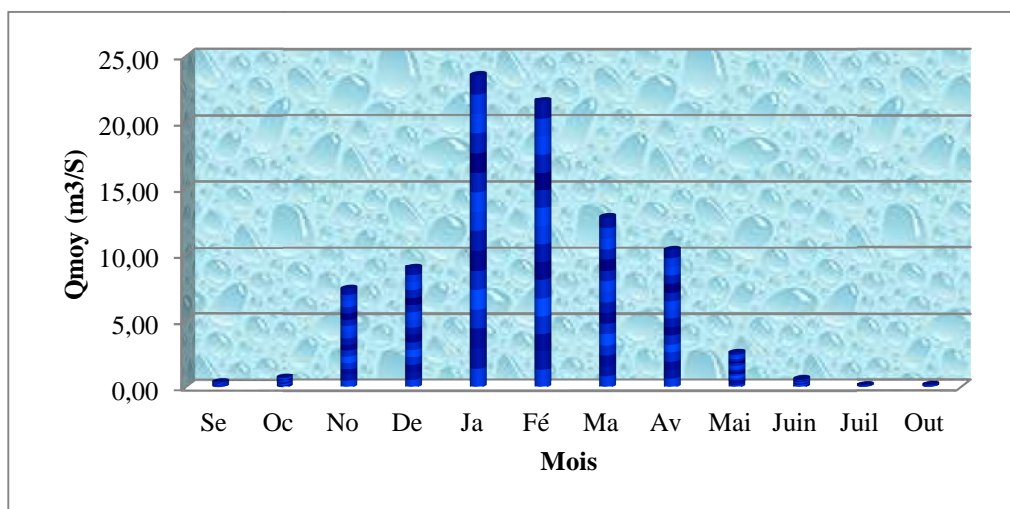


Figure. I.3 Variabilité des débits mensuels (1990-1991 /2010-2011).

I. 4. 4. Variation mensuelle des débite de l'oued Bouhamdane (année humide 2004/2005 et année sèche 1996/1997)

- l'année humide 2004-2005 se limite au quatre mois (janvier-avril) où les débits dépassent largement la moyenne annuelle. Les débits maximaux ont été enregistrés de l'ordre 102,5 m³/s en mois de novembre, ou le débit moyen est de l'ordre 371,5 m³/s, alors que le module est de 7.44 m³/s fait ressortir deux périodes.

Tableau I .6 .Variabilité des débits mensuels de l'année humide (2004-2005).

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fe	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Out
Q (m ³ /s)	0	0	102,5	59,4	51	96,6	37	24,7	0	0,2	0	0

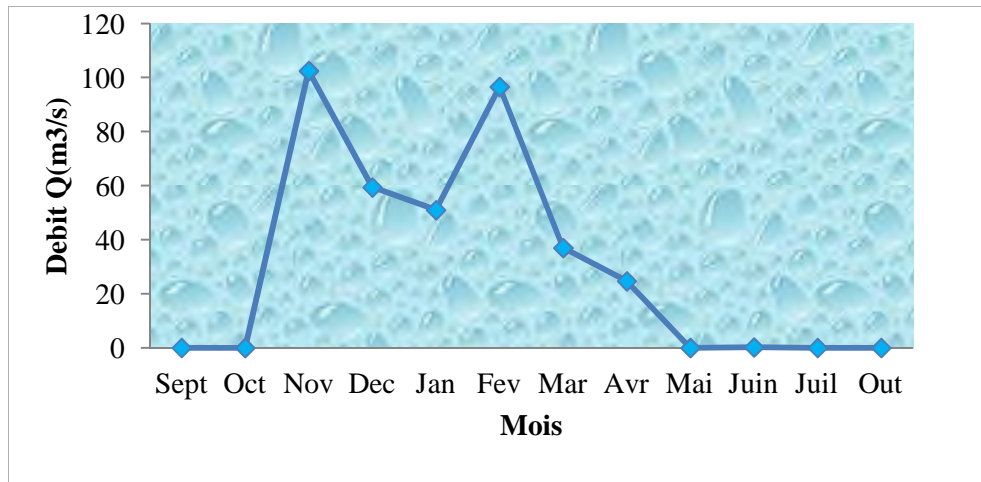


Figure. I.4 Variations mensuelles des débits de l'année humide (2004-2005).

- L'année sèche 1996-1997, Les faibles débits ont été enregistrés de l'ordre 0.m3/s en mois de octobre et décembre alors que le module est de 7,44 m3/s.

Tableau I.7 .Variabilité des débits mensuels de l'année sèche (1996-1997).

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Out
Q(m3/s)	0,067	0	0,032	0	0,011	0,674	0,813	0,693	0,245	0,034	0,021	0,052

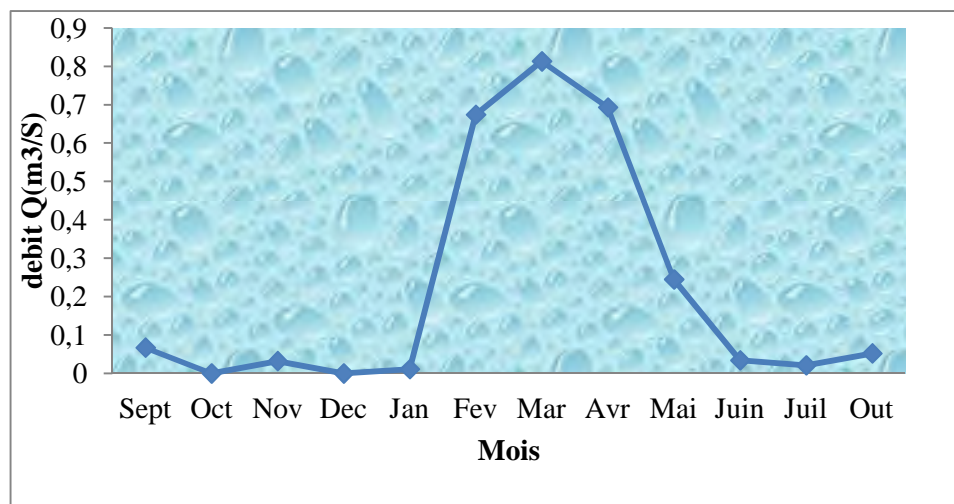


Figure. I.5 Variations mensuelles des débits de l'année sèche (1996-1997).

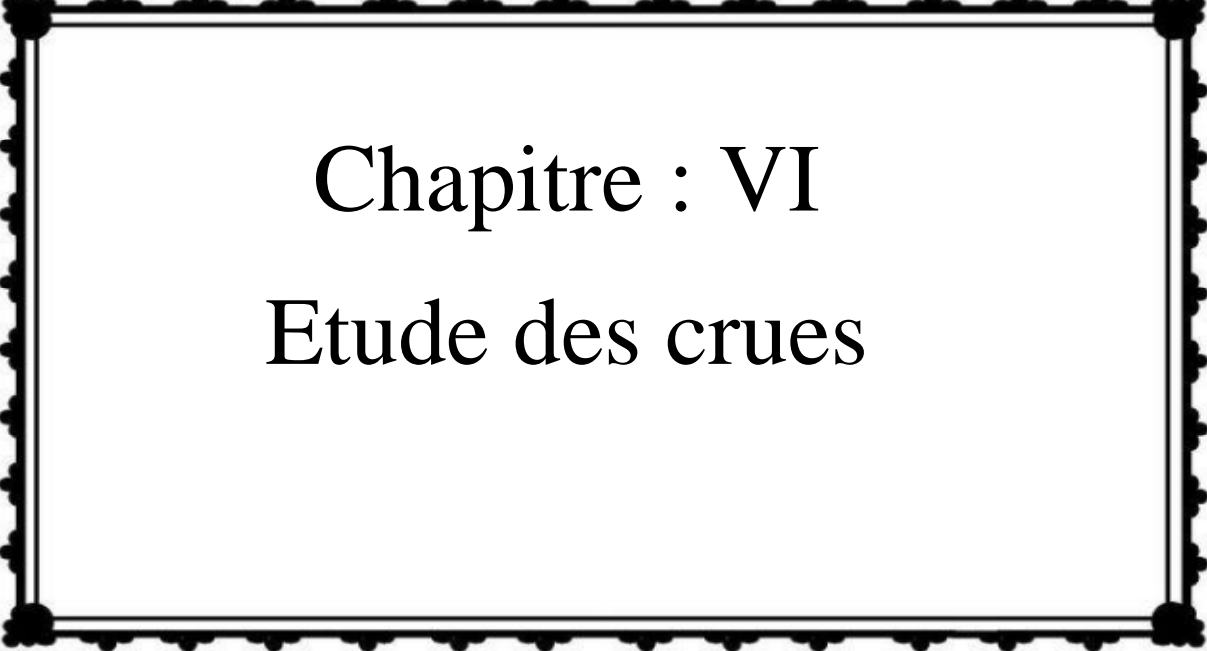
On peut distinguer deux périodes :

- **Première période** ; Elle s'étend de mai à novembre, et se caractérise par un déficit hydrique important, le débit est très faible malgré quelques poussées dues aux pluies de faible importance.
- **Deuxième période** : Elle s'étend de décembre à avril, et se caractérise par une baisse de température, un bilan hydrique équilibré voire excédentaire.

Conclusion

Les ressources en eau superficielles dans le bassin de l'oued Bouhamdene, sont soumises à de fortes variations inter annuelles. Le régime d'écoulement est donc variable et irrégulier, car dépendant du régime des pluies et de réponse du milieu Physique du bassin. Mais un certain rythme d'écoulement se reproduit chaque année plus ou moins fidèlement.

Ce régime d'écoulement est bien exprimé par la méthode de variation mensuel des débits lors de l'année humide 2004-2005 à forte hydraulité, et l'année sèche 1996-1997 à faible hydraulité qui analyse l'évolution de débit mensuel d'une année hydrologique réelle.



Chapitre : VI
Etude des crues

Etude des crues

L'intérêt économique de la détermination du débit maximum probable d'un cours d'eau est évident, en raison des effets de destruction.

Le but de cette étude est principalement la détermination des débits de pointe pour le dimensionnement des ouvrages de protection d'emmagasinement ou d'évacuation.

Nous déterminons les crues maximum par :

- ✓ Des formules empiriques ;
- ✓ Les données d'observations.

I. Définition :

Une crue correspond à l'**augmentation de la quantité d'eau** qui s'écoule dans la rivière. Elle peut concerner l'ensemble du lit majeur selon le type d'événement pluvieux. A savoir qu'une crue n'entraîne pas systématiquement un phénomène d'inondation.

L'étude des crues permet de mettre en lumière la réaction du bassin versant pendant un pas de temps réduit à l'échelle d'une averse ou une séquence pluvieuse. Cette réaction ou réponse, fonction des caractéristiques propres des précipitations (hauteur, intensité et durée). [18]

II. La période de retour de crues

Il s'agit d'une probabilité de réalisation du phénomène ou de son dépassement. Généralement elle est classée ainsi :

- Crue fréquente : dont la période de retour est comprise entre un et deux ans ;
- Crue moyenne : dont la période de retour est comprise entre 10 et 20 ans ;
- Crue exceptionnelle : dont la période de retour est de l'ordre de 100 ans ;
- Crue maximale vraisemblable : qui occupe l'intégralité du lit majeur et dont la période de retour est proche du millénaire [18]

III. La genèse des crues :

L'oued Bouhemdene connaît des crues généralement. Ce sont les mois de décembre et février qui comptent le plus de crues. Les crues dépendent essentiellement de l'abondance et de l'intensité de la pluie et aussi le rôle physique du bassin versant n'est pas négligeable. L'évolution de la crue obéit principalement à la puissance et l'intensité de l'averse, sa vitesse est largement influencée par le couvert végétal, la lithologie, par des paramètres morphométriques du bassin, par la pente des talwegs, la forme du lit, la largeur de la vallée.

En général, on distingue deux types de crues :

III.1 Les crues d'orage : crues fluviales

Ces crues arrivent généralement en automne. Elles sont provoquées par des averses de début de saison, de courtes durées (4 à 6 heures) avec fortes intensités. Les crues générées par ces averses sont caractérisées par des temps de réponse et de montée très courts (30 minutes). Les débits de pointe de ce type de crue peuvent être importants, dépassant 100 m³/s. [19]

III.2 Les fortes crues généralisées : crue torrentielles

Ces crues surviennent généralement durant les saisons d'hiver et de printemps, et plus particulièrement durant les mois de Février et Mars : elles sont générées par des précipitations de type cyclonique, longues, régulières, continues, présentant des intensités moyennes à fortes. Lors de ces crues à ruissellement généralisé, la faiblesse relative des charges en suspension peut s'expliquer par la saturation des terres à cette période. [19]

III.3 Exemple :

✓ La crue du 24 Janvier 1973:

Avec un débit moyen de 251,8 m³/s, ce qui correspond à un débit instantané de 330,1 m³/s.

✓ La crue du 31 Décembre 1984:

La montée de la crue a été très soudaine. Ainsi, après un débit le 27 décembre 1984 de 1,81 m³/s et 2 m³/s, le débit a subitement augmenté pour s'établir à 200,3 m³/s et arriver le 31 Décembre à 632,6 m³/s.

✓ Crue du 22 avril 1970:

Le débit est passé d'une façon soudaine de 1,22 m³/s le 12 Avril 1970, à 86,2 m³/s le 22 avril avec un débit instantané estimé à 254 m³/s, la crue a duré deux jours avant le retour au débit de base. [20]

VI. Différentes méthodes d'estimation des crues

VI.1 Ajustement des débits de crues à une loi statistique

VI.1.1. Analyse statistique :

Les études de divers statisticiens sur les débits extrêmes tels que Fréchet, Gumbel, Log Normal etc.... ont montré que, moyennant des hypothèses très peu restrictives concernant la loi de probabilité de la variable aléatoire dont la série observée, on a pu déterminer les différentes valeurs extrêmes possibles à différentes fréquences par l'application des lois log Normal et la loi Gumbel qui ont fait l'objet d'assez nombreuses applications à l'étude des débits de crues maximales.

La loi de Galton (loi Log-normale) : La mise en œuvre de la loi de Galton correspond intégralement au dispositif commun de lancement et de présentation des résultats. Il faut cependant préciser quelques points techniques La fonction de répartition est [4] :

$$F(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^U e^{-\frac{u^2}{2}}$$

Avec :

$$U = \frac{\log(x - x_0)}{b}$$

Ici considérons que c'est la variable qui suit une loi de Gauss à deux paramètres :

a : la moyenne des $\log(x-x_0)$

b : écar-type des $\log(x-x_0)$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n \log(x_i - x_0)}{n}$$

$$b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \log(x_i - x_0)^2 - na^2}{n-1}}$$

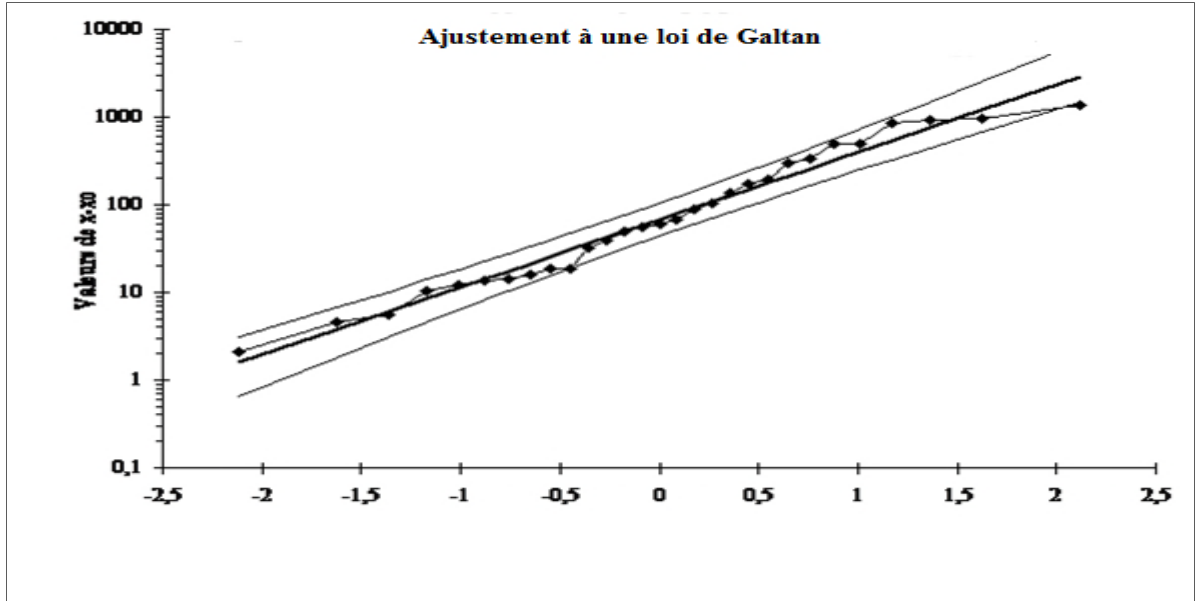


figure.VI.1 Ajustement graphique des débits de crue à une loi de Galtan.

Tableau .VI.1 Analyse statistique Du débit

Fréquence	Période de retour ans	Variable réduite	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieur
0,9	10	1,282	656,65106	390,156799	1261,930464
0,95	20	1,645	854,7558	699,466471	2655,876745
0,98	50	2,054	1102,4195	1036,549566	6195,323021
0,99	100	2,326	1320,5235	1250,083865	10939,485080

VI .1.2Méthode du Gradxe :

C'est la méthode appliquée souvent dans les domaines de la transformation pluie-débit. Elle résulte des travaux d'ingénieurs d'Electricité de France (EDF) et correspond à une simplification du processus de transformation pluie-débit sous la forme d'un modèle statistique. La méthode du Gradex a pour base une description de la fonction de répartition de la pluie (pluies journalières maximales) supposée valable jusqu'à une fréquence au dépassement très rare. [2]

A partir de l'examen de quelques hydro grammes de crue, on estime le temps de concentration du bassin versant où le temps de base de l'hydro gramme de ruissellement direct ; ce temps sera adopté comme pas de temps pour les données pluviométriques.

$$r = \frac{Q_{max}}{Q_j}$$

Quand on approche de la saturation du bassin versant, tout accroissement « dP » de la pluie produit un accroissement « dQ » de la lame ruisselée et le Gradex des débits est déduit de celui de « Pjmax » dont on a ajusté la loi de Gumbel. Le passage du débit moyen journalier au débit instantané est réalisé par le biais d'un coefficient d'affinité égal au rapport :

Tc : temps caractéristique du bassin, qui sépare la fin de la pluie homogène et la fin de l'écoulement direct ; (Tc=15 heure)

g : gradex des pluies maximales journalières observées sur 32 années (1968-1999) à la station pluviométrique de Medjez amarII.

Les Pjmax sont ajustées à une loi de Gumbel et la valeur de g déduite est égale à 11.34 mm.

b : exposant climatique pour la même station pluviométrique, b=0,37.

Qmax (50ans) : Débit de pointe estimé avec une meilleure précision de la méthode de renouvellement appliquée ci-dessus ; $Q_{max} (50ans) = 896,13 \text{ m}^3/s$.

S : la superficie du bassin versant contrôlé à la station Medjez amarII ; S=1105 km².

Résultats :

Pour une pluie de durée égale à $t_c = 15$ heures et sur la même étendue de la série d'observation (32 ans), le gradex correspondant est évalué par la relation de Montana,

$$g_{tc} = g(t_c/24)^b$$

D'où la valeur numérique,

$$g_{tc} = 11,34(15/24)^{0,37} = 9,53 \text{ mm}$$

Le coefficient de pointe des débits de crue est estimé par la loi de Fuller,

$$r \approx 1 + (2,66/S)^{0,3}$$

D'où la valeur numérique,

$$r \approx 1 + (2,66/1105)^{0,3} = 1,16$$

Alors, le débit de crue moyen (T=50ans) est égal à :

$$(896,13/1,16) = 772,53 \text{ m}^3/s$$

On écrit :

$$Q_{\text{moy crue}(tc,T)\text{bouhamdane}} = Q_{\text{moy crue}(tc,T=50ans)\text{bouhamdane}} + (g_{tc} \cdot S/3,6 \cdot t_c) \cdot \ln(T/10)$$

$$Q_{\text{pointe crue}(tc,T)\text{bouhamdane}} = r \cdot Q_{\text{moy crue}(tc,T)\text{bouhamdane}}$$

Le résultat suivant après calculs fait :

$$Q_{100ans} = 1551,45 \text{ m}^3/s$$

La valeur théorique estimée pour la période de retour de 100 ans obtenue par la méthode de renouvellement est de 1320,5 m³/s, et celle obtenue par les analyse statistique est de 1551,45m³/s. on observé le résultat des analyse statistique convergent de résultat de méthode gradex.

Conclusion

La connaissance plus ou moins exacte des valeurs prédites des crues est indispensable pour la projection et le dimensionnement des ouvrages d'évacuation (évacuateurs de crues).

L'estimation des crues à différents périodes de retour se fait par plusieurs méthodes «statistiques, études régionales, empiriques, conceptuelles,... ».

En conclusion, L'ajustement statistique donne aussi des résultats comparables et il est adopté pour les fréquences très rares au-delà de 100 ans. La méthode du gradex sous-estime les crues à périodes de retour moyennes. Malgré la taille faible de l'échantillon des crues analysées, la loi Galton donne des résultats très raisonnables et comparables aux résultats d'autres applications.

Chapitre : VII

La mobilisation des ressources En eau de surface dans le bassin De l'oued Bouhamdene

La mobilisation des ressources en eau de surface dans le bassin de l'oued Bouhamdene

Une grande partie des eaux de l'oued Bouhamdene se transite sous forme des crues, et le module de chaque année dépend du nombre et de l'ampleur de ces crues. Depuis longtemps, une grande importance est accordée à la mobilisation de cette ressource dans la région, malgré les dures contraintes du milieu et le régime souvent capricieux de l'écoulement, en vue son utilisation pour pallier le déficit hydrique, et le développement d'une agriculture irriguée

Actuellement, la mobilisation de l'eau de surface dans le bassin de l'oued Bouhamdene, se fait selon des techniques rudimentaires : Prise directe des oueds, implantation des barrages de dérivation des eaux pérennes.

Le barrage réservoir de Hammam Debagh dont les travaux ont été achevés, est le plus important aménagement hydraulique moderne dans la région.

Nous étudierons dans ce chapitre :

La petite hydraulique et ses limites, notamment les barrages de dérivation qui sont des simples ouvrages rudimentaires nécessitant peu de technicités mais ils sont très vulnérables, La grande hydraulique :

le barrage réservoir de Hammam Debagh qui constitue un aménagement de grande envergure dans la région, son impact attendu sur le développement économique et social, et les contraintes auquel il est confronté qui sont lies aux conditions naturelles du milieu (l'envasement de la retenue du barrage), et aux actions anthropiques (la pollution).

I. La petite hydraulique et ses limites

La mobilisation des eaux superficielles par la petite hydraulique est assurée essentiellement par des ouvrages de dérivation qui sont très réponsus dans la région. Ces aménagements élémentaires facilement maîtrisables à l'échelle locale, nécessitent de faibles investissements.

L'absence des réserves souterraines suffisante, l'abondance relative des précipitations, l'existence des surfaces topographiques saine et des périmètres d'irrigations, sont des facteurs favorables pour la réalisation des retenues collinaires destinées pour l'irrigation.

I.1. La localisation géographique de ces aménagements élémentaires

Les zones potentiellement favorables à la réalisation de ces aménagements sont des Zones où la présence d'un rétrécissement des deux rives de l'oued, de la terre arable pentue et perméable située à proximité du site, et d'une population pour effectuer les travaux.

La Figure I-1 et le tableau I-1 montrent la situation et les coordonnées de ces aménagements.

Tableau I.1. Localisation géographique et capacité de ces aménagements élémentaires

sous bassin	Coordonné		Surface km ²	N° de la carte topographique	Capacité m ³
	x	Y			
oued Tassenga	874	352,5	16,04	74	170000
Oued El Aria	872	345,5	13,65	74	180000
Oued Magroune	868	353,8	3,41	74	320000
Toufza	883,6	330	16,52	98	670000
El Aleg	904,2	345,1	1,3	75	100000
Ben Rabeh	902,3	341,5	4,91	75	100000
Boutoulla	904,6	351,1	1,93	75	300000
Oued Eddeffla	905,1	351,15	1,62	75	40000
Ben Mabrouk	893,5	352,3	1,33	75	30000

Source : cartes topographiques 1/50.000

Les chaliers de l'agence le bassin da la Seybouse N°7

Les zones irriguées par ces aménagements élémentaires dans le bassin sont localisées sur les fonds de vallées des oueds.

I.2. Les impacts de ces aménagements

L'ouvrage de petite hydraulique destiné généralement à améliorer une agriculture existante par l'irrigation de petits périmètres (quelques dizaines d'hectares) que la grande hydraulique ne peut atteindre et par conséquent améliorer le patrimoine du pays en terres irriguées. Il peut avoir d'autres objectifs tels que:

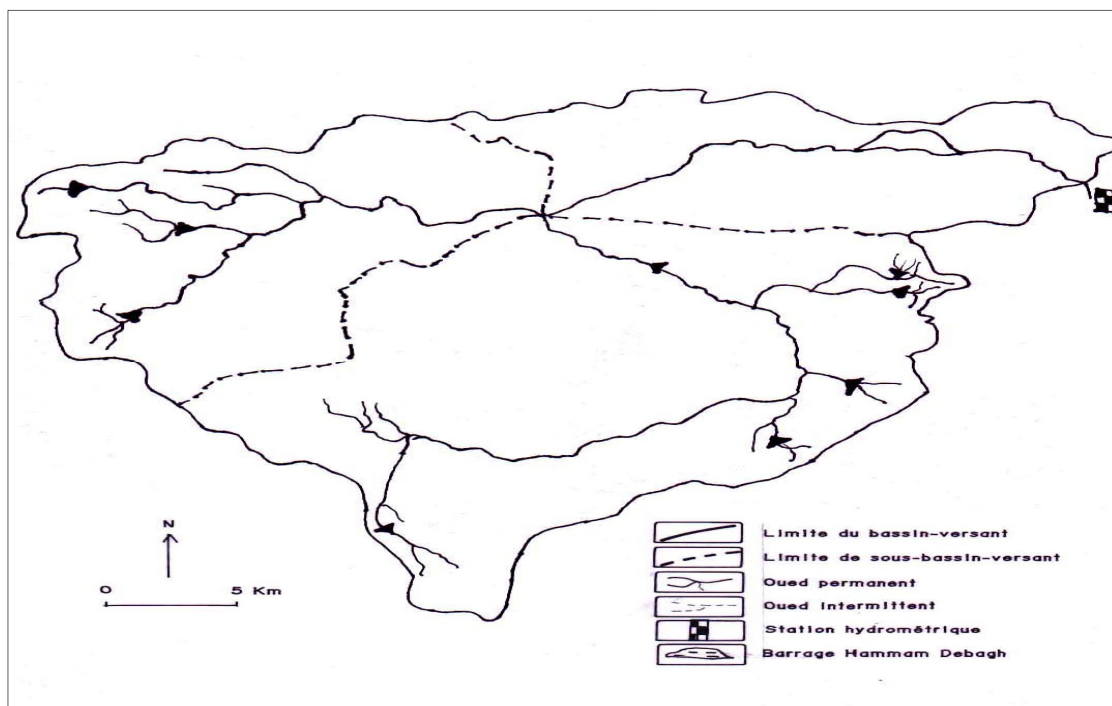


Figure. I.1. La localisation géographique des retenues collinaires

Dans de nombreux cas, les ouvrages sont appelés à remplir plusieurs de ces fonctions et représentent le moyen le plus adéquat à mettre en œuvre pour atteindre des objectifs d'ordre social qui peuvent induire a posteriori:

- Une amélioration du niveau de mobilisation des ressources en eau de surface.
- Une fixation des populations rurales.
- Une amélioration du revenu.
- Une satisfaction locale et à moindre coût des besoins en eau.

La justification de la petite hydraulique peut être résumée dans les points suivants

- Ils permettent d'effectuer des investissements légers à l'encontre des grands barrages pour lesquels les investissements sont importants et induisent des intérêts intercalaires très élevés.
- Ils entrent en service immédiatement après leur achèvement.
- Ils sont d'une conception très simple qui permet une formation aisée des jeunes cadres.
- Ils permettent de faire des économies en devises.
- Ils permettent de créer des pôles d'activité proches des populations rurales à l'inverse des grands barrages qui sont à l'origine des déplacements des dites populations.
- Ils permettent de créer des emplois pendant la durée de chantier.

Mais l'impact de ces aménagements élémentaires sur la mobilisation des eaux de surface reste très limité, car un volume important de l'eau échappe au contrôle et à l'utilisation, et se perd.

Actuellement l'eau est détournée par les utilisateurs à tour de rôle, mais la concurrence pour l'eau reste cruciale, et le conflit sur cette ressource devient criant, surtout en années déficitaires lors de l'assèchement presque total des oueds pendant les périodes d'étiage sévères.

De ce fait la construction des ouvrages de stockage pour mobiliser toutes les potentialités en eau de surface du bassin de l'oued Bouhamdene, pourrait constituer la solution la plus efficace et la plus durable pour l'approvisionnement en eau de la région.

II. La grande hydraulique : le barrage de Hammam Dbagh

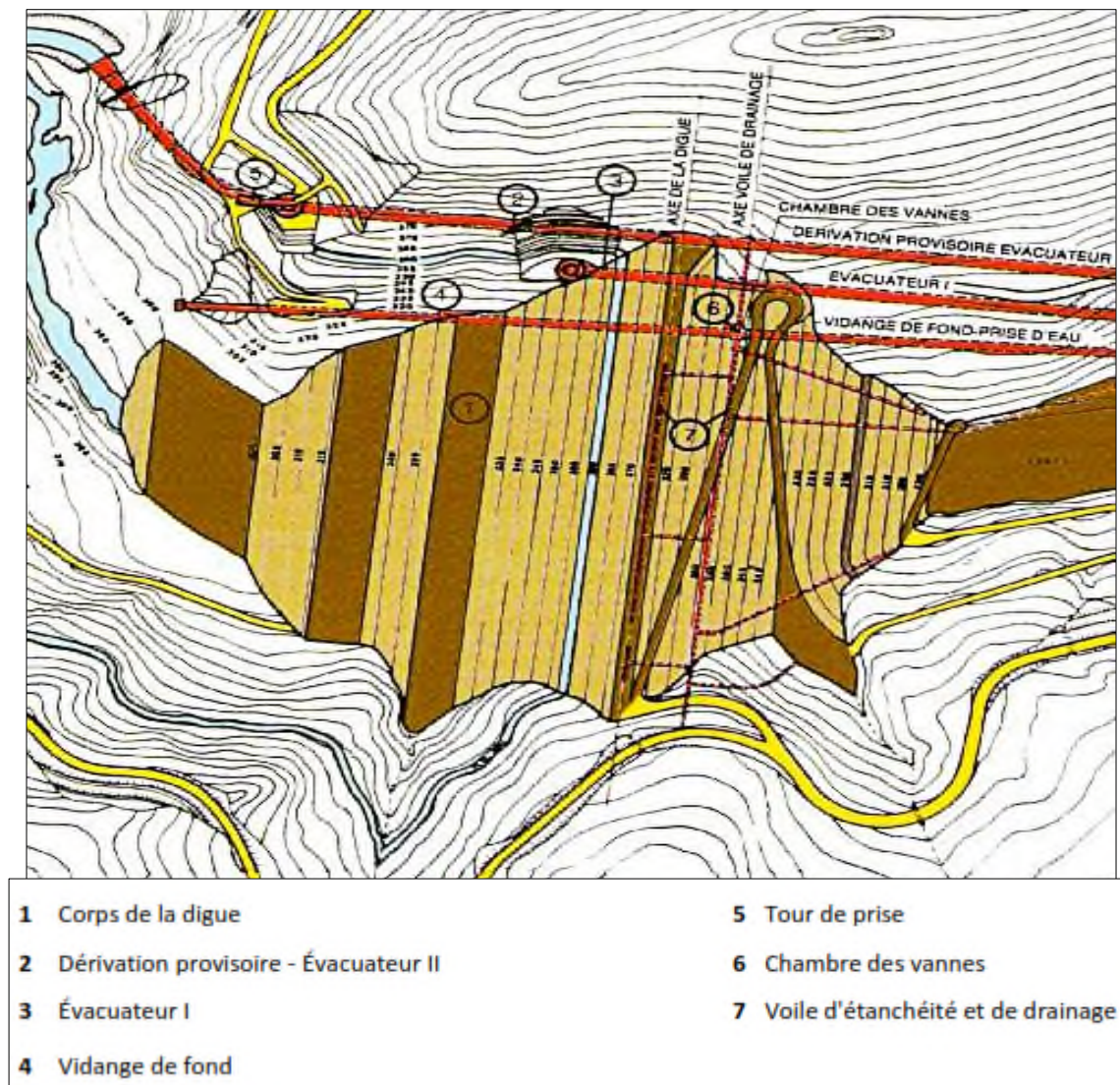
Le barrage construit sur l'oued Bouhamdene peut constituer une réserve d'eau importante pour satisfaire les besoins en eau potable, et pour l'irrigation, dans la région. Ce barrage d'une capacité de 220 hm³ contrôlerait plus de 61 hm³ d'eau qui s'écoule dans l'oued Bouhamdene au niveau de site pendant une année moyenne, dont 3 hm³ absorbés par les sources régionales.

Cet ouvrage, a pour objectif essentiellement la régularisation des apports en vue de satisfaire les besoins pour l'irrigation du périmètre de Guelma-Boucheougouf, dont la superficie est plus de 9000 hectares; de combler le déficit en eau potable et industrielle des grands organismes urbains de la wilayas de Guelma.

II.1. Caractéristiques techniques du barrage :

L'aménagement comprend les ouvrages suivants :

- Une digue en terre.
- Deux évacuateurs de crue en puits de section circulaire décalé de 5 m en altitude.
- Une vidange de fond dans laquelle est incorporée la chambre des vannes en souterrain à 50 m à l'aval de l'axe de la digue.
- Une tour de prise verticale encastrée dans le rocher comportant 3 niveaux de prise.
- Un réseau de galeries d'injection et de drainage de la fondation de la digue.



Source : ANB

Figure II.2. Disposition générale des ouvrages

II.2. La digue :

Le barrage est une digue en remblai de 93 m de haut, avec un noyau central en argile encadré par des filtres, et des recharges amont et aval en alluvions.

Chapitre : VII La mobilisation des ressources en eau de surface dans le bassin de l'oued Bouhamdene

Les percolations y sont contrôlées par un drain en alluvions criblées va de la crête du barrage jusqu'au pied aval des recharges.

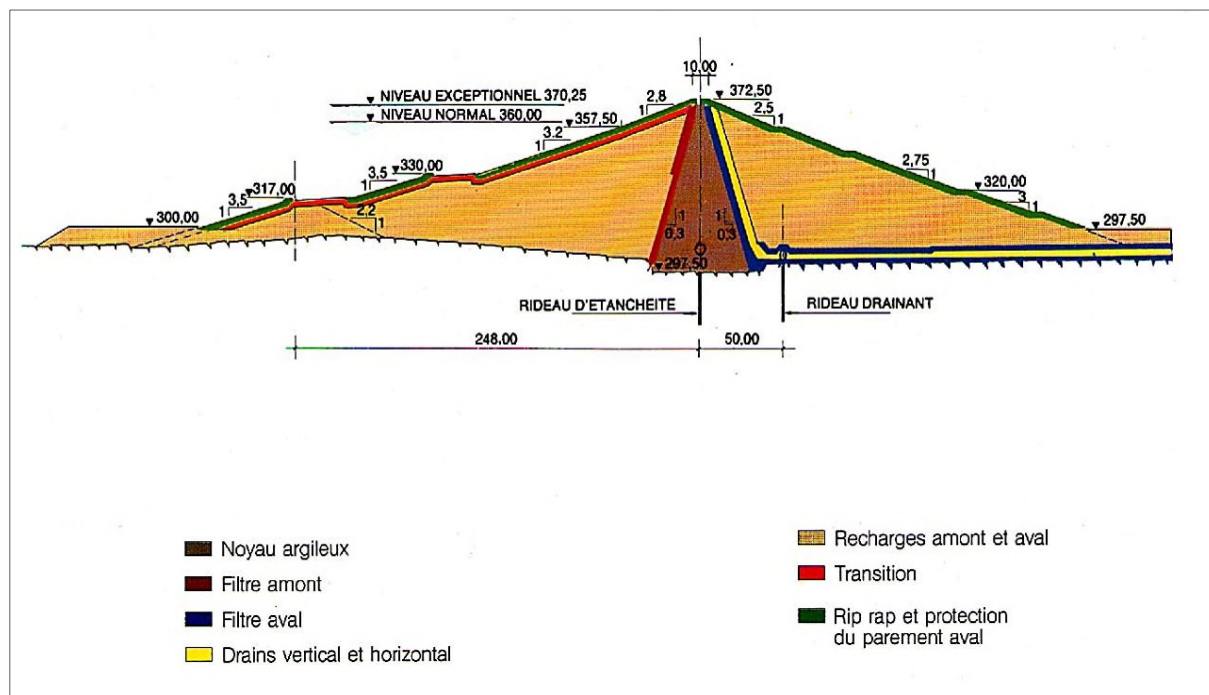
La conception de la digue a fait objet d'un traitement antisismique qui consiste à un adoucissement des filtres aval et drain pour permettre un débit de fuite important en cas de fissuration du noyau.

La construction s'est effectuée par étapes à la cadence moyenne de 150.000 m/mois à l'abri d'un batardeau incorporé dans la recharge amont. Il a été enregistré une crue xi male de chantier de 1460 m³/s en décembre 1984.

Les caractéristiques techniques du barrage sont résumées dans le tableau si dessous :

Tableau II.2 : Caractéristiques techniques du barrage Hammam Debagh et de la retenue

Digue :	
Type: remblai en terre avec un noyau central en argile	
Hauteur Maximin au-dessus de la fondation	93m
Longueur en crête	430m
Largeur en crête	9m
largeur maximale au niveau du terrain naturel	594m
Altitude de la crête du barrage	372,5m
Altitude de la crête des déversoirs	360m et365m
Retenue:	
Cote de la retenue normale (N.N.R)	360m
Cote Des plus hautes eaux (P.H.E)	370,25m
Aire de la retenue au niveau normal	665hectares
Volume total de la retenue au niveau normal	200hm3



Source : ANB

Figure II.3 Coupe en travers du barrage Hammam Debagh

Le barrage dès sa mise en eau, est confronté à plusieurs contraintes liées aux conditions naturelles du milieu (l'érosion, évaporation), et aux actions anthropiques notamment la pollution de l'eau du barrage.

II.2.1. Les problèmes posés par l'envasement

Parmi les problèmes posés par l'envasement:

- a) La réduction de la capacité des retenues.
- b) Obturation des ouvrages de vidange.
- c) La sécurité de l'ouvrage.
- d) Le comblement des canaux d'irrigation.
- e) La dégradation de la qualité de l'eau

II.2.2. Les moyens de lutte contre l'envasement du barrage

Les pluies de courte durée et de forte intensité, le relief jeune et le couvert végétal insuffisant, font que l'érosion est importante dans le bassin de l'oued Bouhamdene. Ce phénomène est bien sûr pris en compte lors de la conception de l'ouvrage. Une tranche dite d'envasement qui vient en plus de la capacité utile nécessaire à la régularisation interannuelle est prévue pour 30 à 50 ans d'exploitation.

Il n'en demeure pas moins qu'à long terme se pose le problème de conservation de la ressource en eau.

Pour pallier à l'envasement, et garantir le volume régularisé, il est toujours prévu des actions préventives et curatives contre la sédimentation des retenues des barrages.

Un programme d'intervention a été engagé après la construction du barrage de

Hammam Debagh, pour la protection de son bassin versant, afin de freiner la torrencialités de l'écoulement, de restreindre le transport solide, par conséquent, limiter un éventuel envasement du barrage.

La réalisation des travaux de protection a commencé en 1995 par les services des forêts de l'oued Zenati, ces travaux sont: le reboisement et le gabionnage dans le but de la protection du barrage contre l'envasement:

Préventive, réduction des apports solides par un traitement des bassins versants. La protection des bassins versants contre l'érosion ou la limitation de celle-ci sur les zones particulièrement sensibles dépend d'une politique adaptée d'aménagement de l'espace rural.

a. Reboisement

La surface qui est réservé pour le reboisement est de 350 ha, soit 155 ha pour l'année 1995 et 200 ha pour l'année1996. Ces travaux sont effectués sur les deux côtés de lac du barrage de bas en haut de surface 100ha en année1995, et 100ha en année 1996. Ainsi le reboisement de Djebel Kser El Aazeb (100 ha) en 1996, Djebel El Ansal au sud-est de l'oued Zenati (200 ha) en 1995.

Les classes de reboisement choisi sont les Eucalyptus, Acacia, Genévrier, Pin d'Alep... qui se caractérisent par un développement très rapide et une résistance qui leur donne une meilleure adaptation avec le climat et les autres paramètres d'influence.

b. Correction torrentielle

L'opération est entreprise en 1995, cette opération est limitée à 2000m aux biefs de la retenue Hammam Debagh et aussi au niveau des cours d'eaux, dans les zones reboisées (service des forêts de oued Zenati).

Les opérations d'aménagement nécessitent d'être étendu et complétés pour une meilleure préservation du bassin alimentant la retenue de Hammam Debagh.

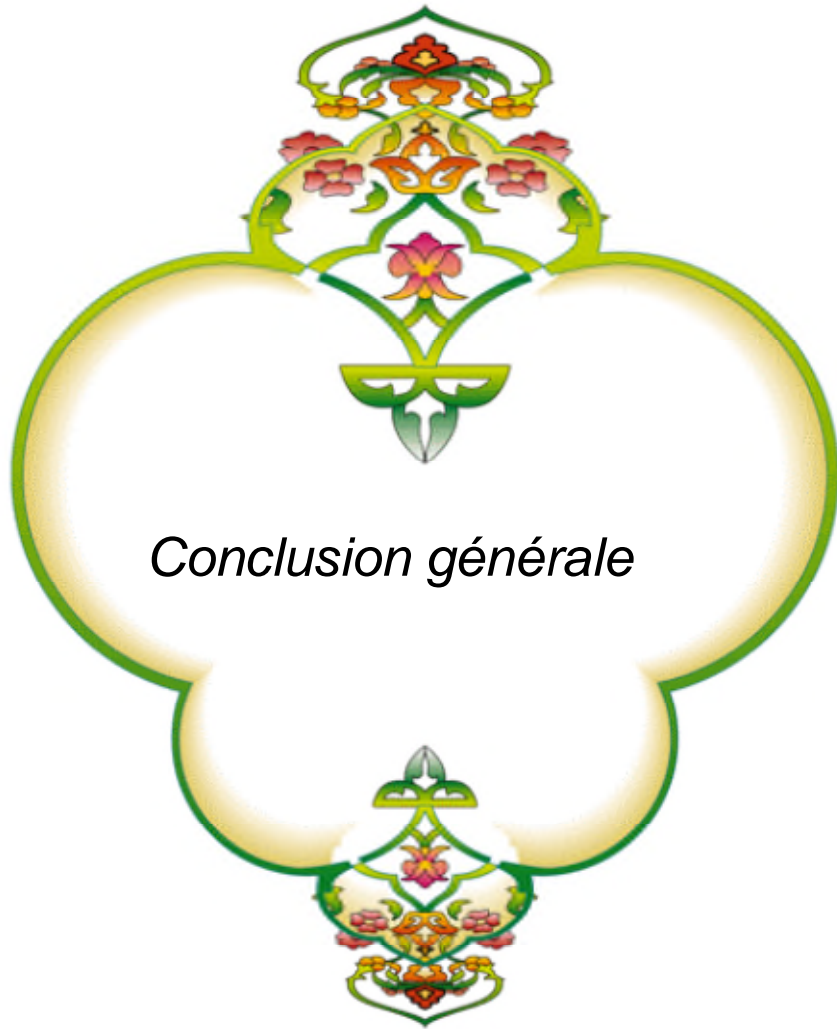
Les travaux réalisés occupant une surface de 11,94 km² soit 1,08% de la surface totale, et ça distribution spatial distincte, malgré son efficacité, restent toujours insuffisante, manque de suivi et d'entretien de ces travaux, fait à la non réussite de reboisement.

Conclusion :

Le présent chapitre a été une description sommaire du barrage Hammam Debagh du point de vue réalisation historique et caractéristiques techniques. Grosso modo le barrage est en terre et emmagasine plus de 200 millions de m³ d'eau. Il est muni de deux évacuateurs fonctionnant en charge type tulipe (en puits). La retenue reçoit ces eaux de l'oued Bouhamdene.

Le barrage de Hammam Debagh construit sur l'oued Bouhamdene est un accélérateur de progrès et de développement de la région; Malheureusement le barrage s'exposée à des contraintes plus au moins grave, la plus dangereuse est l'envasement qui influe sur la capacité de l'ouvrage et la qualité des eaux.

Ajouté à cela, la mauvaise protection biologique et technique de son bassin versant, et le retard enregistré dans les travaux d'aménagement, notamment le reboisement des parties pentues, le freinage des ravinements ; Ce qui augmente la possibilité d'un envasement rapide de ce barrage qui risquerait de réduire sa capacité.



Conclusion générale

Conclusion générale

Dans le présent mémoire nous avons essayé de mener une étude hydrologique sur le bassin versant de l'Oued Bouhamdane qui appartient au grand bassin versant numéro 14 (la Seybouse). Le bassin versant d'une superficie de 1105 Km²

Le bassin versant de l'Oued Bouhamdane chevauche selon le dernier découpage administratif sur quatre wilayas et 12 communes, dont seulement six sont situés intégralement dans le bassin versant, les autres ne sont intégrées que partiellement

Après cette étude on conclue :

- ✚ L'étude préliminaire de bassins, prouve que superficie de 1105 Km², est l'indice de capacité de 1.22, par contre le temps de concentration 15heures.

Le réseau hydrographique est très dense dans les zones à formation lithologique, associées souvent à des fortes pentes ; Alors que dans le reste du bassin, le réseau hydrographique est moins dense, en raison des formations perméables à moyennement perméable traversée et organisée en pentes fortes à douces. Avec opposition topographique nette entre le Nord et le Sud. Ou partie Nord caractérisée par une topographie chaotique et désordonnée, des pentes raides, des versants courts, les altitudes des collines modestes ; par contre la partie Sud à une topographie plus libre les versants longs et moins raides. Ce qui justifie l'étude séparée et mène bien à faire ressortir des jugements argumentés sur le comportement du bassin versant globale.

La diversité topographique du bassin de l'oued Bouhamdene a un impact évident sur le climat et sur les écoulements : Les facteurs climatiques notamment, les précipitations, les températures, l'évaporation, varient avec l'orographie, et ils sont très nuancés sur le plan spatial.

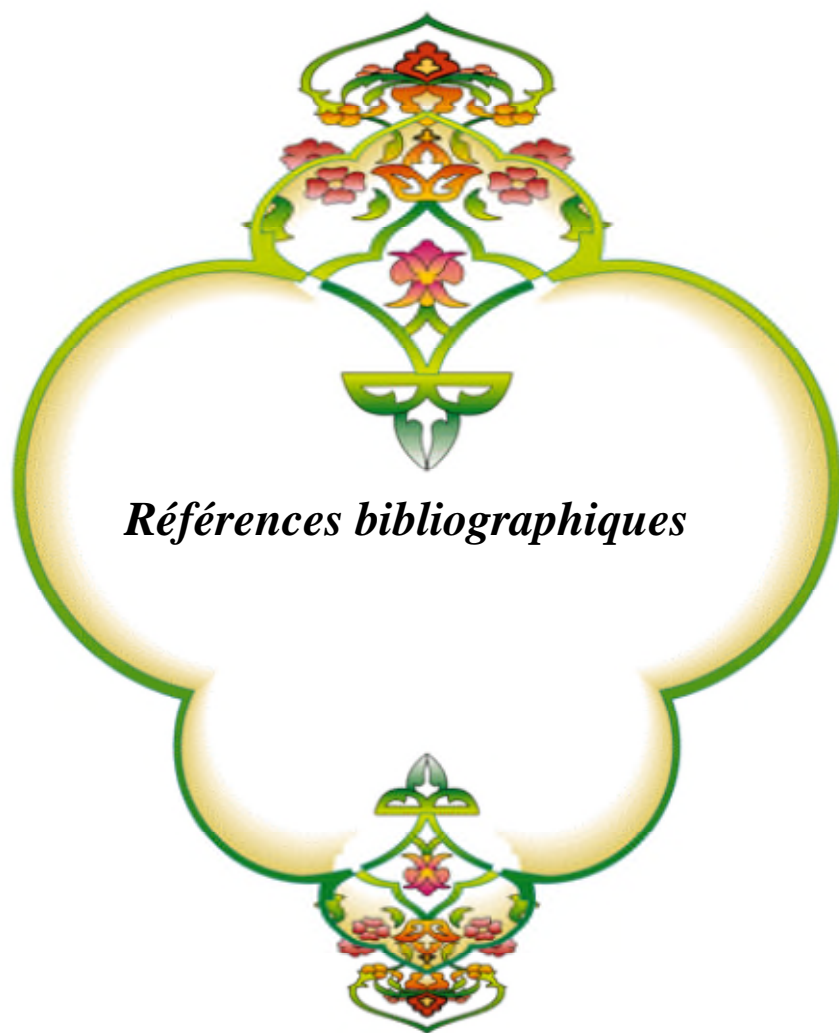
- ✚ La diversité lithologique est une autre caractéristique de ce bassin : il ressort de cette analyse que l'évolution morpho-structurale était essentiellement conditionnée par une structure complexe qui a connu des bouleversements importants depuis l'éocène jusqu'à nos jours (néotectonique).
- ✚ La distribution de l'occupation du sol montre que le bassin versant est mal protégé par la végétation naturelle.
- ✚ Les données climatiques de la région étudiée, cette dernière à un climat SUBHUMIDE, les précipitations annuelles sont de l'ordre de 532.96 mm pour une température moyenne annuelle de 18.96 °C. l'évolution annuelle de ces deux paramètres permet de distinguer une période chaude en hivers, très chaude et sec en été.
- ✚ L'étude hydrologique, basée sur le traitement statistique des données hydro pluviométriques pour éclairer les aspects primaires de l'écoulement. Les ressources en eau superficielles dans le bassin de l'oued Bouhamdene, sont soumises à de fortes variations inter annuelles. Le régime d'écoulement est donc variable et irrégulier, car dépendant du régime des pluies et de réponse du milieu Physique du bassin. Mais un certain rythme d'écoulement se reproduit chaque année plus ou moins fidèlement.

Conclusion générale

- ✚ Les crues sont évaluées par deux méthodes distinctes à savoir la méthode du Gradex et les analyse statistique qui se base sur la valorisation de l'information pluviométrique extrême liée directement aux débits.

Le barrage de Hammam Debagh construit sur l'oued Bouhamdene est un accélérateur de progrès et de développement de la région; Malheureusement le barrage s'exposée à des contraintes plus au moins grave, la plus dangereuse est l'envasement qui influe sur la capacité de l'ouvrage et la qualité des eaux.

Ajouté à cela, la mauvaise protection biologique et technique de son bassin versant, et le retard enregistré dans les travaux d'aménagement, notamment le reboisement des parties pentues, le freinage des ravinements ; Ce qui augmente la possibilité d'un envasement rapide de ce barrage qui risquerait de réduire sa capacité.



Références bibliographiques

Référence bibliographie

[1] **Melle Mansouri Zina.** ,2009 ; Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant de l'oued Bouhamdane (Nord-est Algérien), mémoire de magister, Option: Hydrogéologie, université badji mokhtar-Annaba.118p

[2] **Benchaiba Leila.** , 2006 ; Condition d'écoulement et impact sur la mobilisation des ressources en eau bassin versant de l'oued bouhamdene (w. de Guelma, est algérien), mémoire de magister, option mobilisation des ressources hydriques. Université el hadj lakhdar Batna.180p

[3] **Messaoudi Muhamed el Fath.**, 2006 ; Essayer d'évaluation la charge solide spécifiques dans le bassin versant de oued bouhamdane, mémoire un jinguer .université manturi Constantine .297p

[4] **Melle. Benabdelmoumene imane.**, 2012-2013 ; étude hydrologique du *bassin versant de oued bouhamdane*“w. Guelma”, mémoire, Option : Hydraulique, université hadj lakhder -Batna-.116p

[5] **Tahar nouar.**, 2007 ; impact de la pollution sur les ressources en eau superficielles et souterraines de la région de Guelma, thèse de doctorat d'état, Option : hydrogéologie, université badji mokhtar Annaba. 179p

[6]**Site web** echo2.epfl.ch/e-drologie/résumes/chapitre8/resume8.html

[7] **Site web**www.lthe.fr/PagePerso/hingray/PAGES/.../03.../HG0302_corrige.pdf

[8]**Site web**<http://www.aquaportail.com/definition-2414-temperature.html>

[9]**Site web**<http://www.meteolafleche.com/temperature.html>

[10]**Site web**<http://www.cnrtl.fr/definition/insolation>

[11] **m. khelalfa Mohamed.**, 2009 ; étude de ruissellement pluvial des sous bassins de la Seybouse, mémoire de magister, Option, Hydraulique Urbaine et Ouvrages Hydrauliques université badji mokhtar-Annaba.162p

[12] **m. djeghoubbi Rabah.**, 2012/2013 ; apports de l'analyse statistique des données et la géostatistique non-paramétrique à l'étude hydro-chimique de la nappe du complexe terminal (ct) –hassi mess aoud, sud-est Algérien, mémoire de fin d'étude, université kasdi merbah – Ouargla -.90p

[13]**Site web**.<http://echo2.epfl.ch/e-drologie/chapitres/chapitre3/chapitre3.html>

Référence bibliographie

[14] cherkrakchahra et all., 2013/2014 ; contribution à l'étude hydrologique du bassin versant du barrage du zerdezas .w Skikda, mémoire de fin d'étude Sciences Hydrauliques centre universitaire de Mila.62p

[15] mouchara Nabil. ,2009 ; impacts des la cheés de barrage hammam debagh sur la qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie amont (nord-est algérien), mémoire de magister, Option : Géosciences, université badji mokhtar-Annaba.123p

[16] mokhtari el hadj. , 2008/2009 ; contribution à l'étude du transport solide en suspension bassin de l'oued Cheliff – Ghrib, mémoire de magistère, Option Hydrologie et Construction Hydraulique, université badji mokhtar – Annaba.171p

[17] bouras Farida., 2009 ; envasement des barrages, une approche non paramétrique, mémoire de magistère, Option Ressources Hydriques centre, universitaire de Souk-Ahras.116p

[18]Site web: <http://www.no.e.gard.fr/index.php/le-gard-et-le-risque-inondation/comprendre-le-phénomène-inondation>

[19] Site web

:<http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/glossary/glu/FRDIC/DICCRUE.HTM>

[20] Abdelaziz louamri., 2013 ; le bassin-versant de la Seybouse (Algérie orientale):hydrologie et aménagement des eaux, thèse de doctorat en sciences, option : Hydrologie, université de Constantine 1.300p