Badji Mokhtar-Annaba University

Univrsité Badji Mokhtar-Annaba

جامعة باجي مختار –عنابة-

Année 2009

Faculté des Sciences de la terre
Département de géologie

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de MAGISTER

Thème

Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant de l'oued Bouhamdane (Nord-Est Algérien)

Option: Hydrogéologie

Intitulé

Ressources en eau, gestion intégrée, environnement et le développement durable

Présentée par : M^elle^ Mansouri zina

Directeur de mémoire:

Dr. ZOUINI DERRADJI M. C. Univ. Badji Mokhtar-Annaba

Devant le jury:

Président:	**Pr. : KHERICI NACER**	**Prof Université de Annaba**
Examinateurs:	**Pr : BOUSNOUBRA HOURIA**	**Prof Université de Annaba**
	Dr : DERRADJI FADEL	**M.C Université de Annaba**

Remerciement

A la fin de ce travail je m'adresse mes sincères remerciements à mon bon Dieu le grand créateur qui me guidé dans mes pats pour arriver a ce niveau

Il est temps pour moi d'exprimer mes remerciements à tous ceux qui m'ont apporté aide et conseils durant la réalisations de ce travail en particulier :

*Monsieur **ZOUINI Derradji** pour m'avoir suivi et encadré efficacement pendant deux ans, sa disponibilité de tous les jours et des nombreux et fructueux conseils ont fortement contribués à créer l'excellence conditions de travail.*

- *Monsieur **KHERICI N**, Professeur à l'université de Annaba, a accepté d'examiner ce travail et de présider notre jury. Qu'il trouve ici l'expression de notre plus profonde gratitude et nos vifs remerciements.*
- *Madame **BOUSNOUBRA H**, Professeur à l'université de Annaba, accepté d'examiner notre travail. Nous tenons à lui exprimer ici toute notre gratitude*
- *Monsieur **DERRADJI F** Maître de conférence à l'université de Annaba, accepté d'examiner notre travail. Nous tenons à lui exprimer ici toute notre gratitude.*

Je voudrais également remercier mes enseignants au département de Géologie de l'Université de Annaba, ainsi que le chef de département.

*Je ne peux jamais oublier **Monsieur et Madame Bouderraisse** et sa fille **Rania** avec lesquels j'ai partagé les merveilleux moments « merci beaucoup »*

*Je voudrais également remercier **M^{elle} Sabrina** je leur dis un grand merci pour les bons moments passés ensembles et aussi pour leur soutien durant tous les moments difficiles.*

Enfin, je tiens à saluer toute personne qui de près où de loin ayant généreusement contribué à l'élaboration de ce travail

Abstract

The basin of Bouhamdane wade is situated in north-eastern of Algeria; the Bouhamdane basin spreads on a surface of 1105 Km^2, Occupying the West part of the Guelma, with a population of meadows of 113 thousands inhabitants (66.37% of the total population of the Guelma area), the climate of the basin Bouhamdane is semi-arid

Geological, hydroclimatic and hydrogeological conditions show that water resources concern groundwater with potentialities very important.

The social and economic developments of region caused an important increase of different types water demand (A.E.P and P.M.H). This one leads the overdevelopment of resources.

We try for the first time to apply the concepts of an integrated and sustainable management of water resources, while being based on a quantitative and qualitative of the water potentialities in the basin, to manage and put the big axes of this new vision that have for objective to improve the present integrated management of water

Key words: *The basin - Semi-arid climate - Geological, hydroclimatic and hydrogeological conditions - Groundwater – Potentialities - Integrated management of water resources -*

Résumé

Le bassin versant de Bouhamdane est situé à Nord _ Est de l'Algérie occupant la partie Ouest de la wilaya de Guelma, le bassin de Bouhamdane s'étant sur une superficie de 1105 Km^2. avec une population de prés 134314 habitants (66.37 % de la population totale de la wilaya), Le bassin versant de Bouhamdane se caractérise par un climat de type semi-aride

Les conditions géologiques, hydro_ climatiques et hydrogéologiques, montrent que les ressources en eau dans bassin versant sont variés entre les eaux des surfaces (barrage retenues collinaires) et les eaux souterraines

Le développement socioéconomique du bassin versant de Bouhamdane a engendré une augmentation importante de la demande en eau des différents secteurs (L'alimentation en eau potable (A.E.P), l'alimentation en eau agricole (A.E.A) et l'alimentation en eau industrielle (A.E.I)

Cette étude nous donnant une estimation perspective des besoins en eau des différents secteurs a court, moyen et longue terme nous essayons pour la première fois d'appliquer les concepts d'une gestion intégrée et durable des ressources en eau, en se basant sur la quantité et la qualité des potentialités hydriques dans le bassin, pour arriver à mettre les grands axes de cette nouvelle vision qui a pour but d'améliorer la gestion intégrée de l'eau

***Mots clés** : Le bassin versant, un climat semi-aride, Les conditions géologiques, hydro_ climatiques et hydrogéologiques, les eaux souterraines potentialités hydriques la gestion intégrée*

ملخص

يقع حوض وادي بوهمدان شمال شرق الجزائر حيث يحتل الجهة الغربية لولاية قالمة, **تقدر** مساحته بحوالي 1105 **كم**^{2} .ويقطنه تعداد سكاني يصل إلى أكثر من 134314 **نسمة حوالي** 66,37 % من إجمالي سكان ولاية قالمة. كما يتميز هذا الحوض بمناخ شبه جاف.

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

و كذلك النمو الاجتماعي و الاقتصادي للحوض يعمل و بشكل مباشر على ارتفاع محسوس للاحتياجات لهذه الموارد في مختلف **القطاعات** :« **الشرب** , **الري** , **الصناعة** »

وعلى هذا الأساس تقدم هذه الدراسة تشخيص كمي و نوعي لهذه الموارد المائية , وتهدف بالدرجة الأولى إلى تحسين التسيير المتكامل الحالي للمياه من أجل توافق بين مختلف حاجات الناس و باقي الأنظمة الاجتماعية .

الكلمات المفتاحية : الحوض , **المناخ** , العوامل الجيولوجية , الهيدروجيولوجية , المياه الجوفية , **المواد** المائية , التسيير

List des figures

Partie I Les caractéristiques naturelles du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Chapitre I. Situation géographique et caractéristiques générales du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Fig.01 Carte de situation géographique du bassin versant de l'oued Bouhamdane……... 3
Fig.02 Carte de limite administrative du bassin versant de l'oued Bouhamdane …….. 4
Fig.03 Carte de réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Bouhamdane…… 9
Fig.04 Courbe hypsométrique du sous bassin de l'oued Bouhamdane élémentaire…….. 14
Fig.05 Courbe hypsométrique du sous bassin de l'oued Zenati …….. 14
Fig.06 Courbe hypsométrique du sous bassin de Bourdj Sabath…… 15
Fig.07 Courbe hypsométrique du bassin de l'oued Bouhamdane……. 16
Fig.08 Carte hypsométrique du bassin versant de l'oued Bouhamdane……... 18
Fig.09 Carte des pentes du bassin versant de l'oued Bouhamdane……... 24

Chapitre II. Les caractéristiques géologiques et Le couvert végétal du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Fig10Carte géologique du bassin versant de l'oued Bouhamdane……. 27
Fig11Carte lithologique du bassin versant de l'oued Bouhamdane…… 32
Fig12 Prises de vue de la retenue de Bouhamdane ……. 36
Fig.13 Répartition générale des terres dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane…….. 38
Fig.14 Carte de couverture végétale du bassin versant de l'oued Bouhamdane……..... 41

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

Fig.15Equipement en station pluviométrique et hydrométrique du bassin versant de l'oued Bouhamdene…… 42
Fig.16Corrélation entre déférentes stations du bassin de l'oued Bouhamdane…….. 44
Fig.17Homogénéisation des données par la méthode de doubles cumuls déférentes stations du bassin de l'oued Bouhamdane ……. 46
Fig.18 Carte des isohyètes des pluies moyennes annuelles (périodes 1922/1960-1969/1989)……. 49
Fig.19 Ajustement des précipitations annuelles a une loi de Gauss……... 51
Fig.20 Ajustement des précipitations annuelles a une loi de Gauss……... 52
Fig.21 Les variations mensuelles des précipitations (1968/69-2006/07)…… 54
Fig.22 Représentation graphiques de coefficient de variation de la série pluviométrique (1968/69 -2006/07)…… 56
Fig.23Variation Températures moyennes mensuelles des trios stations du bassin versant de l'oued Bouhamdane…… 58
Fig.24 Diagramme ombro - thermique du bassin versant de l'oued Bouhamdane……... 60
Fig.25 Bilan d'eau de C .W Thorntirwaite da la station Hammam Debaghe……. 66
Fig.26 Bilan d'eau de C .W Thorntirwaite da la station Bourdj Sabath……..... 68
Fig.27 Bilan d'eau de C .W Thorntirwaite da la station Ras El Agba…… 70

Chapitre IV. Les caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Fig.28 Carte d'équipement hydrométrique du bassin versant de l'oued Bouhamdane ……. 72
Fig.29 Représentation graphique de cœfficients de L'hydraulicité (C.h)…….. 75

Fig.30 Variabilité des débits mensuels (1968-1969 /2006-2007)…….... 77
Fig.31 Variations mensuelles des débits de l'année humide (1984-85)…… 78
Fig.32Variations mensuelles des débits de l'année sèche (19 87-88)…… 78
Fig.33 Carte de localisation géographique des retenues collinaires…….. 80
Fig.34 Carte d'inventaire des points d'eau…….. 81
Fig.35 Coupe hydrogéologique de la région de l'oued Zenati……. 82
Fig.36 Coupe hydrogéologique de la région de Ras el agba……. 83
Fig.37 Courbe (Rabattement spécifique – débit) du forage OZ1…….. 85
Fig.38 Courbe (Rabattement spécifique – débit) du forage OZ2……... 86
Fig.39Carte perméabilité du bassin versant de l'oued Bouhamdene…… 88

Partie II. Etude qualitative et quantitative des ressources en eau du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Chapitre I Les caractéristiques chimique des eaux du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Fig.40 Représentation graphique des différents paramètres des eaux brutes du barrage (2001-02/ 2006-07)……... 90
Fig.41 Représentation graphique des différents paramètres des eaux traitée du barrage (2001-02/2006-07) ……... 92
Fig.42 Représentation des analyses chimiques des eaux du barrage d'après Le diagramme de PIPER…….. 94
Fig.43Représentation des analyses chimiques des eaux du barrage de Hammam Debaghe d'après le diagramme de Schoeller- Berkalloff (2001/2002-2006/2007)…… 95
Fig.44Représentation des analyses chimiques des eaux souterraines d'après le diagramme de PIPER…… 97
Fig.45Représentation des analyses chimiques des eaux souterraines des eaux d'après le diagramme de Schoeller- Berkalloff ……... 98
Fig.46Représentation des analyses chimiques thermales des eaux d'après le diagramme de PIPER 101
Fig.47Représentation des analyses chimiques des eaux thermales d'après le diagramme de Schoeller- Berkalloff……..... 102
Fig.48Classification des eaux du barrage d'après le diagramme de RICHARDS…….. 107
Fig.49Classification les eaux souterraines d'après le diagramme de RICHARDS ……..... 108

Chapitre II Essai de gestion des ressources en eau du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Fig.50Représentation graphique de la population du bassin d'oued Bouhamdane2008…… 109
Fig.51Représentation graphique des zones principales de peuplement du bassin de l'oued Bouhamdane 2008…… 110
Fig.52 Représentation graphique de la population à moyen et longs thermes dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane 2008……. 112
Fig.53Répartition de la SA T par commune du bassin versant de l'oued Bouhamdane……. 113
Fig.54Répartition de la S.A.U par commune 2008 du bassin versant de l'oued Bouhamdane…… 113
Fig.55 La potentialité des ressources en eau totale du bassin versant de l'oued Bouhamdane…… 115
Fig.56La potentialité mobilisé des ressources en eau du bassin versant de l'oued Bouhamdane…… 116
Fig.57 Le volume exploitable des ressources en eau du bassin versant de l'oued Bouhamdane……. 116
Fig.58 Représentation des potentialités des ressources de surface du bassin versant de l'oued Bouhamdane…… 117
Fig.59Représentation des potentialités des ressources des eaux souterraine du bassin versant de l'oued Bouhamdane…… 117
Fig.60Répartition volume produit besoin déficit pour l'A. E. P dans le bassin versant de l'oued

Bouhamdane…… 119
Fig.61Répartition des besoins en eau potable pour déférents horizons dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane…… 122
Fig.62 Répartition des besoins en eau agricole pour déférents horizons dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane…… 123
Fig.63 Répartition des besoins en eau industrielle pour déférents horizons dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane…….. 123
Fig.64Bilan des besoins globaux dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane……. 124

List des Tableaux

Partie I Les caractéristiques naturelles du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Chapitre I Situation géographique et caractéristiques générales du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Tab.1 Répartition des communes du bassin versant de l'oued Bouhamdane…….. 4
Tab 2 Périmètre des sous bassin de l'oued Bouhamdane……. 6
Tab 3 Superficies planimétries des sous bassins de l'oued Bouhamdane…… 6
Tab.4 Indice de compacité pour le bassin versant de l'oued Bouhamdane…… 6
Tab 5 Paramètres des longueurs et largeurs des sous bassins versants de l'oued Bouhamdane..... 7
Tab 6. Classification de nombre de cour d'eau de l'oued Bouhamdane élémentaire…….. 10
Tab 7. Classification de nombre de cour d'eau de l'oued Zenati……... 10
Tab 8. Classification de nombre de cour d'eau de l'oued Sabath…….. 10
Tab 9. Classification de nombre de cour d'eau de l'oued Bouhamdane…… 10
Tab10. Longueur des Talwegs principaux de l'oued Bouhamdane……. 11
Tab11 Densité de drainage de l'oued Bouhamdane……... 11
Tab12Densité de drainage permanente et temporaire de des sous bassins versants l'oued Bouhamdane…… 12
Tab 13 Temps de concentration des sous bassins versants de l'oued Bouhamdane……... 12
Tab 14 Les vitesses d'écoulement des sous bassins versants l'oued Bouhamdane…… 13
Tab 15 La répartition du bassin versant l'oued Bouhamdene élémentaire en km^2 et en % par tranche d'altitude…… 13
Tab 16La répartition de sous bassin versant l'oued Zenati en km^2 et en % par tranche d'altitude……. 14
Tab 17La répartition de sous bassin versant de Bourdj Sabath en km^2 et en % par tranche d'altitude……. 15
Tab 18 La répartition du bassin versant de l'oued Bouhamdane en km^2 et en % par tranche d'altitude……. 15
Tab19 Les altitudes moyennes des sous bassins versants de l'oued Bouhamdane…… 19
Tab20 Les altitudes médianes des sous bassins versants de l'oued Bouhamdane……. 19
Tab21 La dénivelée simple D des sous bassins de l'oued Bouhamdane…… 20
Tab22 Les indices de pente globale des sous bassins versants…….. 20
Tab23 L'indice de pente de Roche I p des sous bassins de l'oued Bouhamdane…….. 20
Tab24 Les dénivelés spécifiques des sous bassins versants l'oued Bouhamdane……. 21
Tab25 Classification de l'O. R.S.T.O.M de la dénivelée spécifique…….. 21
Tab26 Indice de pente pour les différents sous bassins de l'oued Bouhamdane…… 21
Tab27 Répartition du relief par classe des pentes du bassin versant de l'oued Bouhamdane…… 22

Chapitre II. Les caractéristiques géologiques et Le couvert végétal du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Tab 28 Répartition des différents types de roches dans le bassin versant……. 32
Tab 29 Fiche technique du barrage Hammam Debaghe……. 35
Tab.30 Répartition en % des types d'occupation du sol…….. 38

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

Tab.31.Application de la méthode de moyenne arithmétique (1968/69-2006/2007)…… 47
Tab.32Application de la méthode de TIHESSEN(1968/69-2006/2007)……. 48
Tab.33Comparaison entre les hauteurs des pluies moyennes annuelles du bassin de l'oued Bouhamdane…… 48
Tab 34 Les variations mensuelles des précipitations (1968/69-2006/07)…….. 53

Tab 35 Représentation moyenne ; écart –type et le coefficient de variation de la série pluviométrique (1968/69 -2006/07)…… 55

Tab36 Températures moyennes mensuelles des trios stations du bassin versant de l'oued Bouhamdane…… 57
Tab 37 Récapitule des déférents facteurs climatiques de la station Hammam Debaghe ……. 59
Tab 38 Calcul de l' ETP (mm) selon la formule de C.W Thorntirwaite……. 62
Tab 39 Résultats de ETR par la méthode Turc……. 62
Tab 40 Résultats de ETR par la méthode de C.W Thorntirwaite des déférents stations……. 63
Tab 41 Résultats des ruissellements (R) des déférents stations……. 63
Tab42 Résultats de l'infiltration I(mm) des déférents stations……. ……. 64
Tab 43 Résultats de bilan hydrique de C .W Thorntirwaite da la station Hammam …….. 65
Tab 44 Résultats de bilan d' eau de C .W Thorntirwaite da la station Bourdj Sabath…… 67
Tab 45 Résultats de bilan d'eau de C .W Thorntirwaite da la station Ras El Agba…….. 69

Chapitre IV Les caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques du bassin de l'oued Bouhamdane

Tab 46 Débit absolu, débit spécifique et lame écoulée (1968/69-2006/07)…… 73
Tab 47 Bilan moyen annuel de l'écoulement (1968/69-2006/ 2007)…… 74
Tab 48 Débit moyen annules, coefficient d'hydraulicité, cœfficients de variation……. 74
Tab 49 Variabilité des débits mensuels (1968-1969 /2006-2007)…….. 76
Tab 50Variabilité des débits mensuels l'année humide (1984-1985)……..... 77
Tab 51 Variabilité des débits mensuels de l'année sèche (1987-1988) …… 78
Tab 52 Les principales retenues dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane……... 79
Tab 53 Superficie, Périmètre, Longueur et Indice de compacité pour le bassin versant de l'oued Zenati……. 82
Tab.54 Les caractéristiques des forages OZ1et OZ2……. 82
Tab 55 Essai de paliers du forage OZ1……. 84
Tab 56 Essai de paliers du forage OZ2……. 86
Tab 57 Estimation des réserves potentielles des alluvions du bassin de l'oued. Zenati…….. 87
Tab 58 La distribution des classes de perméabilité du bassin versant l'oued Bouhamdane…….. 88

Partie II. Etude qualitative et quantitative des ressources en eau du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Chapitre I Les caractéristiques chimique des eaux du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Tab 59 Résultats des analyses physico-chimiques eau brute …….. 89
Tab 60 Résultats des analyses physico-chimiques eau traitée…… 91
Tab 61 quantités en réaction en (meq/l)……. 93
Tab.62 Classification des eaux du barrage …… 93
Tab 63 les caractéristiques des deux forages (F1 Ain Branis et Boulganafade 1Bis)…….. 96
Tab 64 les quantités en réaction en (meq/l) …… 96
Tab.65 Classification des eaux souterraines…….. 97
Tab.66 Localisation des sources thermales……. 99
Tab 67 Les caractéristiques Physique des eaux thermales…….. 99
Tab 68: les quantités en réaction en (meq/l) ……. 100
Tab.69 Classification des eaux thermale…….. 100
Tab 70 Potabilité des eaux du barrage pour les éléments majeurs …… 104
Tab 71 Potabilité des eaux souterraines pour les éléments majeurs…… 104

Tab72Classification salinité potentille proposée par Donner, 1962 …….. 105
Tab73Classification salinité potentille de l'eau du barrage…….. 105
Tab74 Classification salinité potentille des eaux souterraines…… 106
Tab75 Classification sodium absorption ratio (SAR) Les eaux du barrage……... 107
Tab76 Classification Sodium absorption ratio (SAR) Les eaux souterraines…… 108

CHAPITRE II .Essai de gestion des ressources en eau du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Tab 77 Représentation de la population du bassin de l'oued Bouhamdane 2008…… 109
Tab78 Répartition spatiale de la population communale dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane 2008……... 111
Tab79 Evolution de la population communale à moyen et longs thermes……. 111
Tab80Evolution de la population à moyen et longs thermes dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane 2008…….. 112
Tab81 Répartition de la SA.T et de la S. A.U par commune 2007……... 112
Tab82 Représentation des forages du bassin versant de l'oued Bouhamdane……. 114
Tab83 Représentation des réservoirs et le réseau de distribution du bassin de l'oued Bouhamdane 114
Tab84 La potentialité des ressources en eau totale du bassin versant de l'oued Bouhamdane……. 115
Tab 85 Représentation des potentialités des ressources de surface du bassin versant de l'oued Bouhamdane…….. 116
Tab86Représentation des potentialités des ressources des eaux souterraine du bassin versant de l'oued Bouhamdane…… 117
Tab 87Alimentation en eau potable dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane2008…….. 119
Tab88Situation actuelle de l'alimentation en eau agricole dans le bassin versant de Bouhamdane…… 120
Tab89Besoins hm^3/an actuelle en eau industrielle dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane 121
Tab 90 Estimation de bilan prévisionnel des besoins (hm^3 /an) en A.E.P……. 121
Tab.91 Taux d'accroissement de la PMH retenu (ha/an) par wilaya……. 122
Tab 92 Besoins hm^3/an en eau agricole dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane…….. 122
Tab 93 Besoins hm^3/an en eau industrielle dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane…… 123
Tab 94 Besoins totale (hm^3/an) en eau dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane……. 124

SOMMAIRE

***Introduction générale*……** 1

Partie I Les caractéristiques naturelles du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Chapitre I Situation géographique et caractéristiques générales du bassin versant de l'oued Bouhamdane (2-24)

I. Cadre géographique du bassin versant de l'oued Bouhamdane……. 2
I.1. Situation géographique…… 2
I.2. Identification administrative et aménagement dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane……. 4
I.3. Les grands ensembles structuraux du bassin versant de l'oued Bouhamdane ……... 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

II. Les caractéristiques morphomètriques du bassin versant de l'oued Bouhamdane 6
II.1. Le périmètre …….. 6
II.2. La superficie……... 6
II.3. La forme……. 6
II.4. La notion de rectangle équivalent……. 7

III. Les caractéristiques hydrographiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane 8
III.1. Le réseau hydrographique…… 8
III.2. Longueur et nombre des thalwegs……... 10
III.3. Longueurs des talwegs principaux…….. 11
III.4. Densité de drainage D_d……. 11
III.5. Le temps de concentration…….. 12
III.6. La vitesse d'écoulement de l'eau (V)…….. 12

IV. Les caractéristiques du relief du bassin versant de l'oued Bouhamdane. …….. 13
IV.1. La courbe hypsométrique……. 13
IV.2. Classe des reliefs…….. 17
IV.3. Les altitudes caractéristiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane……. 19
IV. 3.1.L'altitude moyenne…… 19
IV. 3.2.L'altitude médiane……. 19
IV.4. Les indices de pente du bassin versant de l'oued Bouhamdane…… 20
IV.4.1. La dénivelée simple D…….. 20
IV.4.2. L'indice de pente globale (Ig)……... 20
IV.4.3. L'indice de pente de Roche I_p ……. 21
IV.4.4. La dénivelée spécifique (Ds)…… 21
IV.4.5. Les nuances spatiales……..... 22

Chapitre II. Les caractéristiques géologiques et Le couvert végétal du bassin versant de l'oued Bouhamdane (25-41)

I. Les caractéristiques géologiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane …… 25
I.1. Les mouvements tectoniques …….. 25
I.1.1. La phase éocène…….. 25
I.1.2.La période comprise entre la phase éocène et la phase de l'éocène inférieur…….. 25
I.1.3. La phase miocène…… 26
I.1. 4.La néotectonique……. 26
I.1. 5.Les formations pas ou peu tectoniques…… 26

II. Le cadre structural actuel…… 28
II. 1. La tectonique ……... 28
II.1.1.Le quaternaire…….. 28
II.1.2 Le mio- pliocène continentale……. 28
II. 2. La nappe Numidienne…….. 28
II. 3. La nappe Tellienne……... 28
II. 4. La nappe Néritique Constantinoise……. 29
II. 4. 1. Djebel Oum Settas……... 29
II. 4.2. Djebel Taya…….. 29
II. 5. L'unité ultra tellienne…….. 29
II. 5.1 L'unité de Ain Haddad……. 30
II. 5. 2 .L'unité de Ain Guennoure ……. 30
II. 5. 3 .L'unité de Ras El Agba…….. 30
II. 6. La série de Ain El Kerma…….. 30

III. Les formations lithologiques…….. 31
III. 1. Les roches résistantes…….. 31
III. 2. Les roches moyennement résistantes…….. 31
III. 3.Les roches tendres…… 31

IV. Le barrage Hammam Debaghe……... 33
IV.1. L'aspect technique du barrage ……. 33
IV.2. Géologie du barrage……... 33
IV.3. Lithostatigraphie……. 34
IV.3.1. Le Crétacé Autochtone…… 34
IV.3.2. La série des Nappes Telliennes…… 34
IV.3.3. Dépôts de grès psammitiques rouges et verts…… 34
VI.4. Topographie……... 34

V. Le couvert végétal du bassin versant de l'oued Bouhamdane …… 37
V.1. Les Différents types d'occupation du sol du bassin versant l'oued Bouhamdane … 37
V. 1.1. Les surfaces bien protégées…… 37
V. 1.2. Les surfaces incomplètement protégées…….. 37
V.1.3.Les surfaces mal protégées ou nues…… 37

VI. L'analyse de la couverture végétale du bassin versant l'oued Bouhamdane…… 38

VI.1 Les surfaces bien protégées…… 39
VI1. 1 La forêt de chêne-liège…….. 39
VI.1.2.Le maquis…….. 39
VI.1.3.Le maquis arboré……... 39
VI 1.4.Les reboisements…… 39

VI. 2. Surfaces incomplètement protégées…… 39
VI.2.1.La céréaliculture…… 39
VI.2 2.L'arboriculture…….. 40

VI.3. Surfaces mal protégées…….. 40
VI.3.1. Les terrains rocheux…….. 40
VI.3.2. Les terrains nus……. 40
VI.3.3. Les terrains de parcours…… 40

Chapitre III. Les caractéristiques climatiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane (42-70)

I. Les caractéristiques climatiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane……. 42
I. 1. Le réseau pluviométrique et les séries d'observation……. 42
I. 2.Comblement des lacunes…… 43
I. 3.Contrôle de la fiabilité des séries pluviométriques……. 45
I. 4 Evaluation de la lame d'eau moyenne précipitée sur le bassin……... 46
I. 4. 1. Méthode de la moyenne arithmétique des précipitations……..…… 47
I. 4. 2. Méthode de TIHESSEN…… 47
I. 5.Distribution statistique des pluies annuelles……... 49
I. 6.Les précipitations mensuelles et les régimes saisonniers……... 53

II. Les températures et facteurs climatiques ……... 57
II.1. Les températures…… 57
II .2 .facteurs climatiques…….. 58
II .2. 1.L'humidité relative de l'air…… 58
II .2.2. La durée d'insolation……. 58
II .2.3. Le vent……... 58

III. Relation température – précipitation……..... 59

IV Le bilan hydrique du bassin versant de l'oued Bouhamdane ……. 61
IV.1. L'évapotranspiration …….. 61
IV.1. 1.L'évapotranspiration potentielle (ETP)…… 61
IV.1. 2. L'évapotranspiration réel (ETR) ou déficit d'écoulement E …….. 62
IV.2. Estimation du ruissellement (R) …… 63
IV.3. Estimation de l'infiltration(I)…….. 64

Chapitre IV. Les caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane (71-88)

I. Les écoulements de surface du bassin versant de l'oued Bouhamdane…….
I. 1. Les écoulements annuels: leurs variations et le régime de l'écoulement…….. 71
I.1.1. Le réseau hydrométrique et les données d'observation des débits…….. 71
I.1.2. L'écoulement moyen annuel…… 71
I. 2. Evaluation de l'écoulement avec les données de mesure…… 71
73

II. Le bilan hydrologique et le déficit d'écoulement……..
II. 1. Variations inter annuelles de l'écoulement…….. 73
II. 1. 1. L'hydraulicité et ses variations…….. 74
II. 1. 2. Variation mensuelle de débit……. 74
II. 1. 3. Variation mensuelle des débite de l'oued Bouhamdane (année humide 1984/85 76
Et année sèche l987/88)……
77

III. Les retenues collinaires……
79

IV .Les caractéristique hydrogéologique du bassin versant de l'oued Bouhamdane...
IV. 1. Les caractéristiques des aquifères à partir des données de forage……... 81
IV.2. Aperçue sur la plaine de La région de l'oued Zenati…….. 81
IV.3. Identification des formations hydrogéologiques……. 82
82

V. Les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère…….
V.1 .Essai de pompage par palier……. 84
V.2.Les caractéristiques hydrodynamiques forages OZ1……. 84
V.3.Les caractéristiques hydrodynamiques forages OZ2…… 84
86

VI.Evaluation de la réserve en eau souterraine de la nappe de l'oued Zenati……..
87

VII. La perméabilité……..
88

Partie II. Etude qualitative et quantitative des ressources en eau du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Chapitre I Les caractéristiques chimique des eaux du bassin versant de l'oued Bouhamdane

I Les caractéristiques chimique des eau du bassin versant de l'oued Bouhamdane 89
I.1. Classification des eaux de barrage …… 89
I.1. 1.Résultats des analyses physico-chimiques eau brute……. 89
I.1. 2.Résultats des analyses physico-chimiques eau traitée …… 91
I.2. Etude chimie des eaux du barrage ……. ……. 92
I.3. Interprétation des analyses chimiques des eaux du barrage ……. 93

II. Les caractéristiques chimiques des eaux souterraines du bassin versant de l'oued Bouhamdane ……... 96
II.1. Classification des eaux souterraines du bassin versant de l'oued Bouhamdane……... 96
II.2. Interprétation des analyses chimiques des eaux souterraines…… 96

III. Les caractéristiques Physico-chimiques des eaux thermales…… 99
III.1. Résultats des analyses physico-chimiques des eaux thermales……... 99
III.2. Etude chimique des eaux thermales…… 100
III.3. Interprétation des analyses chimiques des eaux thermales……. 100

IV. Potabilité des eaux…… 103
IV.1. Normes de potabilité des éléments majeurs……. 103
IV.1. 1.Calcium……. 103
IV.1 .2 .Magnésium…….. 103
IV.1. 3.Sodium…….. 103
IV.1 .4.Potassium……. 103
IV.1 .5.Chlorures…….. 103
IV.1 .6.Sulfates……. 103
IV.1 .7 Bicarbonates…… 103
IV.2. Potabilité des eaux du barrage de l'oued Bouhamdane…… 104
IV.3 .Potabilité Les eaux souterraines……. 104

V. Classification des eaux d'irrigation…… 104
V.1. La salinité potentielle de l'eau…….. 105
V.1. 1.La salinité des eaux du barrage. …….. ……..... 105
V.1.2. La salinité potentielle des eaux souterraines……. 106
V.2. Sodium absorption ratio (SAR)…… 106

CHAPITRE II .Essai de gestion des ressources en eau du bassin versant de l'oued Bouhamdane (109-124).

I. Les fonctions socio-économiques du bassin d'oued Bouhamdane …… 109
I.1. La population…….. 110
I.2. Répartition spatiale de la population dans le B.V. de l'oued Bouhamdane ……... 111
I.3. Evolution de la population et perspectives…… 112
II. Les activités agricoles……. 113

III. Les activités industrielles……. 113

IV. Répartition spatial des infrastructures hydraulique…… 113
IV.1. Les barrages et les retenues collinaires…….. 114
VI.2. Les forages……..... 114
IV.3. Les réservoirs et capacité de stockage…….

V. Mobilisation des ressources en eau du bassin versant de l'oued Bouhamdane…. 115
V.1 Les ressources en eau de la surface…… 116
V.2 Les ressources en eaux souterraines……. 117
V.3. Estimation des besoins en eau par secteurs d'utilisation…….. 118
V.3.1. Demande en eau domestique……. 118
V.3.2. Demande en eau agricole……... 120
V.3.3. Demande eau industrielle…… 120

VI. Evaluation des besoins en eau des déférents secteurs……. …… 121
VI.1. Evaluation de la demande Socio-économique en eau……. 121
VI.2. Evaluation des besoins en eau agricole (horizon 2018 – 2028 – 2038)……... 122
VI 3.Evaluation des besoins en eau industrielle (horizon 2018 – 2028 – 2038)……... 123

VII. Bilan des besoins globaux……... 124

Conclusion générale et recommandation …… 125

Références bibliographiques…… 129

Annexes……. 132

Introduction générale

L'Algérie se situe parmi les pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la banque mondiale à 1000 m^3 par habitant et par an.

L'eau n'est pas uniquement une matière première renouvelée mais finie et irrégulière, elle n'est pas non plus un don de ciel inépuisable et éternellement pure. Les risques d'appauvrissement des ressources en eau imputables à d'éventuels changements climatiques ; il sont à prendre sérieusement en compte, d'autant que la pression exercée sur ces ressources ne cessera de s'amplifier sous les effets conjugués de la croissance démographique et des politiques appliquées vis-à-vis des activités consommatrices d'eau, notamment l'agriculture, l'industrie et le tourisme.

La gestion de l'eau par bassin versant a pour objectif d'améliorer la gestion actuelle de l'eau, entre les divers besoins et intérêts des communautés humaines et ceux des écosystèmes
Notre étude sur le bassin versant du de l'oued Bouhamdane a pour objectif, l'identification des caractéristiques du bassin, la quantification de ses ressources en eau (superficielles et souterraines),
Cette étude englobe deux parties qui sont les suivantes :
Les caractéristiques naturelles Et étude qualitative et quantitative des ressources en eau du bassin versant de l'oued Bouhamdane

- ✓ La première partie comprend quatre chapitres
  - ❖ Le premier chapitre concerne Situation géographique et caractéristiques générales du bassin versant de l'oued Bouhamdane
  - ❖ Le deuxième chapitre Les caractéristiques géologiques et Le couvert végétal du bassin versant de l'oued Bouhamdane
  - ❖ Le troisième chapitre Les caractéristiques climatiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane
  - ❖ Le quatrième chapitre Les caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques du bassin de l'oued Bouhamdane
- ✓ La deuxième partie comprend deux chapitres
  - ❖ Le premier chapitre les caractéristiques chimiques des eaux du bassin versant de l'oued Bouhamdane
  - ❖ Le deuxième chapitre Essai de gestion des ressources en eau du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Et en fin la conclusion générale et recommandation

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 (annuaire hydrologique, 1993), Fig. 01. 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 Km^2

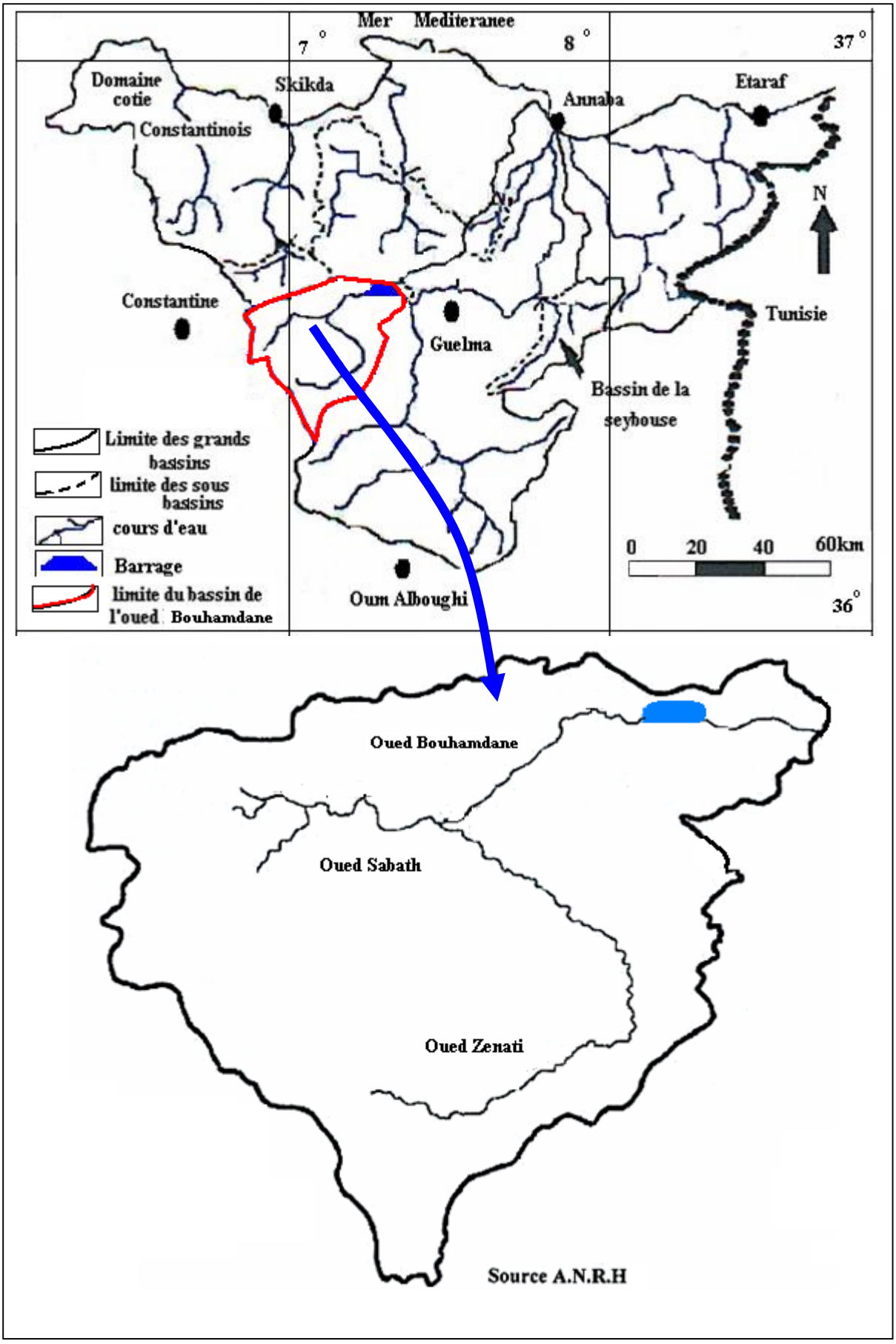
Il est limité par les bassins versants:

- Au Nord, par le domaine cotie 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 (l 124m),
- 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.

Fig. 01 Carte de situation géographique du bassin versant de l'oued Bouhamdane



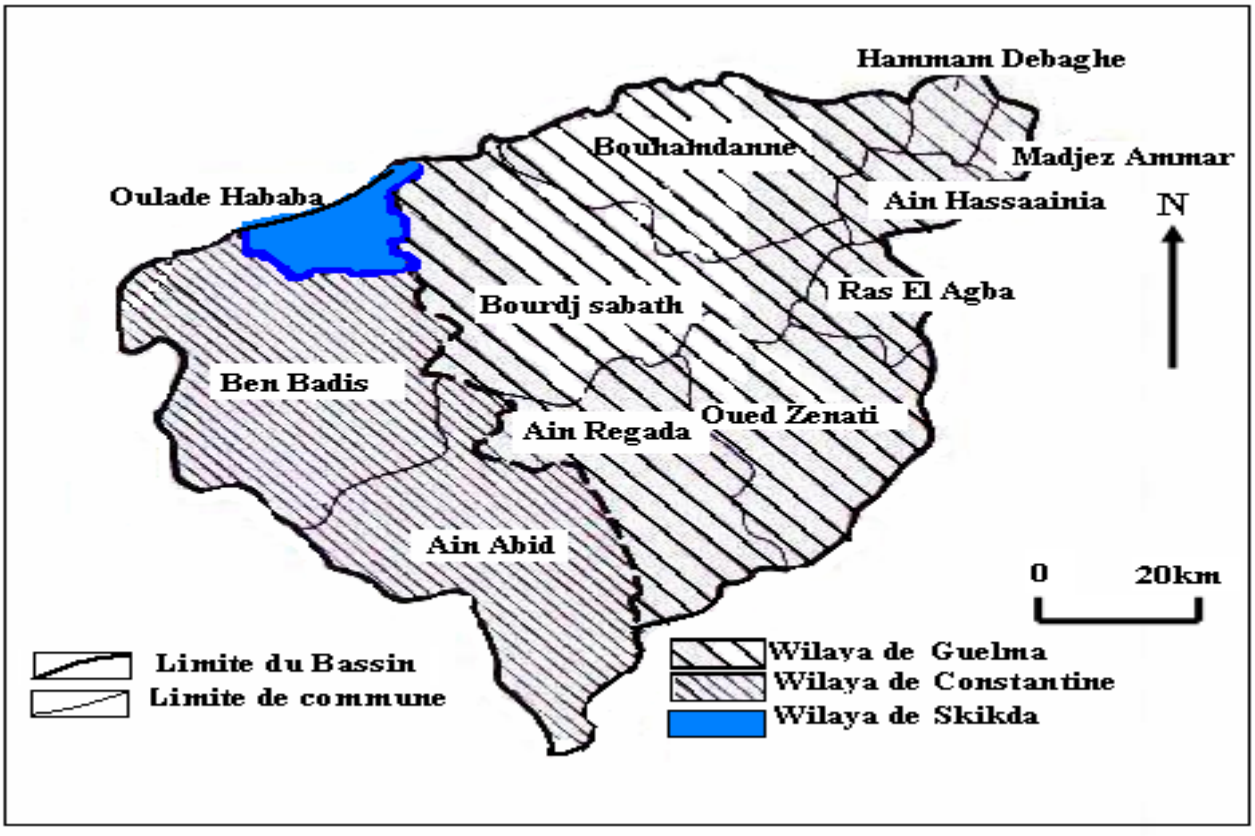
I.2. Identification administrative dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane

Le bassin versant de l'oued Bouhamdane occupe la partie Ouest de wilaya de Guelma englobe onze (11) communes appartiennent à ce bassin sont : Oued Zenati Bourdj Sabath Ain Ragada Ain Hassainia Medjez Ammar Ras el Agba Hammam Debaghe Bouhamdane et plus une commune de l'Oulade Hababa de la wilaya de Skikda ou Nord du bassin, et Ain Abid et Ben Badis de la wilaya de Constantine a l'Ouest du bassin

Tab.1 Répartition des communes du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Commune	Wilaya
Oued Zenati Bourdj Sabath Ain Ragada	Guelma 24
Ain Hassainia Medjez Ammar Ras el Agba	
Hammam Debaghe Bouhamdane	
Ain Abid Ben Badis	Constantine25
Oulade Hababa	Skikda 21

Fig.02 Carte du bassin versant de l'oued Bouhamdane et limite administrative 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 km^2, 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.

I.3. 4. La barrière montagneuse

Elle corresponde aux points culminants qui délimitent le bassin versant à sa limite Ouest, Est, Nord et Sud, ainsi, celle qui sont orientées Ouest - Est qui bordent dans la partie médiane l'oued Zenati sur sa rive gauche depuis Ain Abid jusqu'aux environs de la localité de l'oued Zenati . Elle s'élève à une altitude comprise entre 997m à djebel El Aria et 1237m à djebel Oum Settas. Elles présentent des sommets plus ou moins arrondis à cause de la structure géologique à plate-forme structurale Bien connue : les grès numidiens. (Les djebels Taya et Oum Settas) sont formés de calcaires qui impriment l'aspect massif à ces deux reliefs.

II. Les caractéristiques morphomètriques du bassin versant de l'oued Bouhamdane

II.1. Le périmètre

Les périmètres des sous bassins de l'oued Bouhamdane curvimètres figurent dans le tableau ci-dessous. Le périmètre de notre bassin d'étude est de l'ordre de P = 170 Km.

Tab 2 .Périmètre des sous bassin de l'oued Bouhamdane

Sous Bassins versants	Le périmètre P km
1 : L'oued Bouhamdane élémentaire	68.55
2 : L'oued Zenati	110.5
3 : L' oued Sabath	82.85
4 :L'ensemble de l'oued Bouhamdane	170

II. 2. La superficie

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 km^2 à Medjez Ammarll.

Tab 3. Superficies planimétries des sous bassins de l'oued Bouhamdane

Sous Bassins versants	La superficie S. km^2
1 : L'oued Bouhamdane élémentaire	216.76
2 : L'oued Zenati	592.15
3 : L' oued Sabath	296.09
4 :L'ensemble de l'oued Bouhamdane	1105

II.3. La forme

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

$$K_C = 0.28\ P/\ S^{1/2}$$

Avec: **Kc** : est l'indice de compacité de Gravelius **P** : périmètre du bassin km.
S: surface du bassin versant km^2

Tab 4. L'indice de compacité de Gravelius des sous bassins de l'oued Bouhamdane

Sous Bassins versants	L'indice de compacité Kc
1 : L'oued Bouhamdane élémentaire	1.30
2 : L'oued Zenati	1.27
3 : L'oued Sabath	1.35
4:L'ensemble de l'oued Bouhamdane	1.22

Pour la totalité des sous bassins, l'indice de compacité K_G est égale à 1,22.

On peut dire que le bassin versant de l'oued Bouhamdane se caractérise par une forme allongée.

II. 4. La notion de rectangle équivalent

La notion de rectangle équivalent introduite par M. Roche (1962) correspond à une transformation purement géométrique dans laquelle on assimile le bassin à un rectangle ayant le même périmètre et la même superficie, de cette façon les courbes de niveaux deviennent parallèles au petit côté du rectangle, et l'exutoire un petit côté du rectangle et comme ça on pourra comprendre le comportement hydrologique du bassin alors :

$$L = K_C * \sqrt{S} / 1.12 \left[1 + \sqrt{1 - (1.12/K_C)^2}\right]$$

$$l = K_C * \sqrt{S} / 1.12 \{1 - \sqrt{1 - (1.12/Kc)^2}\}$$

L: longueur du rectangle équivalent Km **l** : largeur du rectangle équivalent Km

K_G : est l'indice de compacité de Gravelius, **S**: surface du bassin versant Km^2

Tab 5. Paramètres des longueurs et largeurs des sous bassins versants de l'oued Bouhamdane

Sous Bassins versants	L (km)	I (km)
1 : L'oued Bouhamdane élémentaire	25.80	22.25
2 : L'oued Zenati	40.56	23.98
3 : L'oued Sabath	32.32	18.50
4 :L'ensemble de l'oued Bouhamdane	50.57	32.84

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

III.1. Le réseau hydrographique

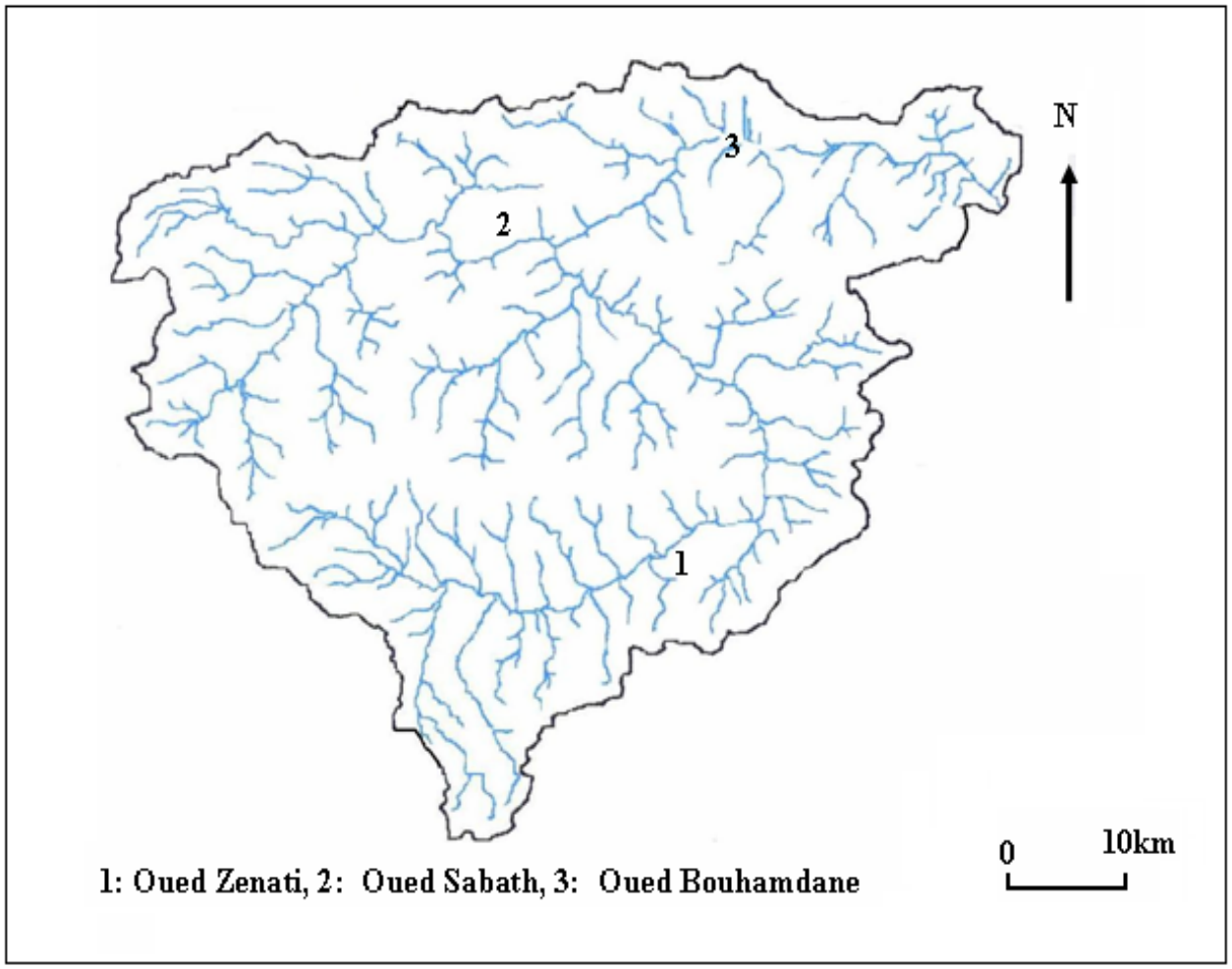
Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels permanents ou temporaires, par lesquels s'écoule toutes les eaux de ruissellement et converge vers un seul point de vidange du bassin versant (exutoire).

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 Km^2 et de 592.15 Km^2et dont la confluence donne naissance à l'oud Bouhamdane qui reçoit dans sa rive gauche oued El Hamira.

L'oued Zenati naît de la confluence de l'oued El M'ieh qui prend sa source à Djebel Oum Setttas (1326m), et chaâbet Touifsa qui prend sa source à Kef Deb (l 142m) ; L'oued Zenati reçoit sur sa rive gauche les oueds : Bou Skoum, Bemeb, Kalech, chaâbet El Rassoul, Snoussi ; et sur sa rive droite Chaâbet Gueit et Terba, oued El Gloub, Chaâbet Mrassel.

L'oued Sabath résulte aussi de ta jonction de deux oueds : El Aria qui prend sa source à Djebel El Aria (1237m), oued, El Aria reçoit dans sa rive droite : oued Tarfàet dans sa rive gauche ; oued Haoudja et Chaâbet et Temar. Et oued Derdar qui prend naissance à partir de la confluence de l'oued El Megroune qui prend sa source à M'zaret Sidi Chagraf (1289m) et Chaâbet es Sekek qui prend sa source à El Hadjar Essafra (l 174m).

Fig.03 Carte de réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Bouhamdane



III.2. Longueur et nombre des thalwegs

La mesure des longueurs des thalwegs contribue aux différents calculs des paramètres morphomètriques tels que les rapports de longueur et de confluence, la densité de drainage et le temps de concentration, la détermination des rapports de confluence et de longueur nécessite une classification du chevelu hydrographique, d'après la méthode de STRAHER.

Tab 6. Classification de nombre de cour d'eau de l'oued Bouhamdane élémentaire

Ordres	L'oued Bouhamdane élémentaire Nx	Longueur Lx (km)
1	1238	482,12
2	250	103,46
3	79	52,10
4	10	46,97
5	2	24,23
6	1	9,25
Total		718.13

Tab 7. Classification de nombre de cour d'eau de l'oued Zenati

Ordres	Oued Zenati Nx	Longueur Lx (km)
1	2189	689,5
2	487	257,19
3	93	100,71
4	252	198,78
5	5	25,08
6	1	7,78
Total		1279.04

Tab 8. Classification de nombre de cour d'eau de l'oued Sabath

Ordres	Oued Sabath Nx	Longueur Lx (km)
1	1034	425,62
2	247	198,78
3	55	49,92
4	11	20,56
5	2	18,45
6	1	8,96
Total		701.73

Tab 9. Classification de nombre de cour d'eau de l'oued Bouhamdane

Ordres	Ensemble de l'oued Bouhamdene	Longueur Lx (km)
1	4550	1458,9
2	983	795,56
3	227	291,81
4	43	114,1
5	9	106,42
6	2	35,6
7	1	11,28
Total		2707.25

III.3. Longueurs des talwegs principaux

Les longueurs des talwegs principaux L_P (km) des sous bassins de l'oued Bouhamdane figurent dans le tableau ci- dessous.

Tab 10. Longueur des Talwegs principaux L_P (km) de l'oued Bouhamdene

Sous Bassins versants	Longueur L_P (km)
1 : L'oued Bouhamdane élémentaire	40
2 : L'oued Zenati	50
3 : L'oued Sabath	15
4 :L'ensemble de l'oued Bouhamdane	90

III.4. Densité de drainage D_d

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.

$$\mathbf{D_d = L / S}$$

Avec : $\mathbf{D_d}$: Densité de drainage [Km//Km^2] **L** : longueur total des cours d'eau [Km]

S : superficie du bassin versant (Km^2)

Tab 11 Densité de drainage de l'oued Bouhamdane

Sous Bassins versants	D_d [Km/Km^2]
1 : L'oued Bouhamdane élémentaire	3.31
2 : L'oued Zenati	2.16
3 : L'oued Sabath	2.37
4 :L'ensemble de l'oued Bouhamdane	2.45

On peut calculer densité de drainage permanente et densité de drainage temporaire par les formules suivantes $\mathbf{D_{dp} = L_p / S}$ Et $\mathbf{D_{dt} = L_t / S}$

Avec: D_{dp} : densité de drainage permanente $\mathbf{D_{dt}}$ **:** densité de drainage temporaire.

$\mathbf{L_p}$: longueur des talwegs permanents. **Lt** : longueur des talwegs temporaires.

Les résultas sont représenté dans le tableau suivant

Tab 12 Densité de drainage permanente et temporaire de des sous bassins versants l'oued Bouhamdane

Sous Bassins versants	D_{dp} [Km/Km^2]	D_{dt} [Km/Km^2]
1 : L'oued Bouhamdane élémentaire	0.77	2.54
2 : L'oued Zenati	0.45	1.71
3 : L'oued Sabath	0.53	1.84
4 :L'ensemble de l'oued Bouhamdane	0.54	1.91

La densité de drainage est de l'ordre de 2.45 Km/Km^2 pour l'ensemble du bassin de l'oued Bouhamdane, ce qui n'est pas en contradiction avec la caractéristique des régions semi aride.

III.5. Le temps de concentration

Le temps de concentration Tc 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.

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

$$\mathbf{T}\,c = 4\,(S)^{1/2} + 1.5\,L_p \;/\; 0.8\,(H)^{1/2}$$

Avec;

T c: Temps de concentration **L $_p$** : Longueur du talweg principal (km).

S : superficie du bassin km^2 **H**: Hmoy - H min m.

Tab. 13 : Temps de concentration des sous bassins versants de l'oued Bouhamdene

Sous Bassins versants	Superficie km^2	L_P km	H m =H_{moy}- H $_{min}$	T_c heure
1 :L'oued Bouhamdane élémentaire	216.76	40	358.06	2.17
2 : L'oued Zenati	592.15	50	296.8	3.47
3 : L'oued Sabath	296.09	15	355.34	4.46
4 :L'ensemble de l'oued Bouhamdane	1105	90	502.5	12.98

III.6. La vitesse d'écoulement de l'eau (V)

Elle donnée par l'expression suivante : $\mathbf{V = L / T_C}$

Avec : **V :** Vitesse d'écoulement de l'eau en m/s **L** : Langueur du talweg principal en m

Tc : Temps de concentration en **S**

Les vitesses d'écoulement des sous bassins versants l'oued Bouhamdane de calculés figurent dans le tableau ci-dessous

Tab 14 Les vitesses d'écoulement V (m/s) des sous bassins versants l'oued Bouhamdane

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

IV. Les caractéristiques du relief du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Les variations d'altitudes à l'intérieur d'un bassin versant ainsi que son altitude moyenne sont des données essentielles à l'étude de la température, de la précipitation et la morphologie du bassin En outre, la pente, Le relief se détermine par les caractéristiques suivantes

IV .1. La courbe hypsométrique

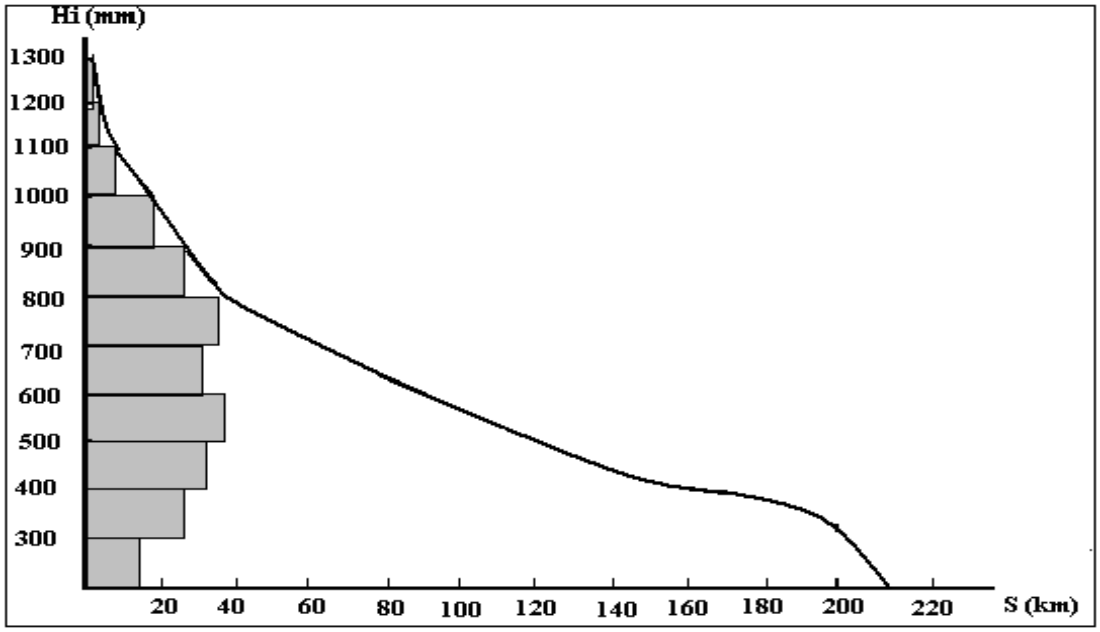
La courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude. Elle porte en abscisse la surface (ou le pourcentage de surface) du bassin qui se trouve au-dessus (ou au-dessous) de l'altitude représentée en ordonnée.

Elle exprime ainsi la superficie du bassin ou le pourcentage de superficie, au-delà d'une certaine altitude. Les courbes hypsométriques demeurent un outil pratique pour comparer plusieurs bassins entre eux ou les diverses sections d'un seul bassin. Elles peuvent en outre servir à la détermination de la pluie moyenne sur un bassin versant et donnent des indications quant au comportement hydrologique et hydraulique du bassin et de son système de drainage.

Tab .15 : La répartition de sous bassin de l'oued Bouhamdane élémentaire versant en km^2 et en % par tranche d'altitude

Altitude (m)	Surface. partielle Km^2	Surface. en %	Surface cumule. Km^2	Surface. cumule en %
> 1200	0.46	0.212	0.46	0.212
1200-1100	1.60	0.738	2.06	0.950
1100-1000	10.20	4.705	12.26	5.655
1000-900	17.00	8.257	30.16	13.912
900-800	25.50	11.764	55.66	25.676
800-700	33.50	15.454	89.16	41.130
700-600	29.20	13.471	118.36	54.601
600-500	33.10	15.270	151.46	69.871
500-400	30.30	13.978	181.76	83.849
400-300	24.70	11.395	206.46	95.244
<300	10.30	4.571	216.76	100
Σ	216.76	100		

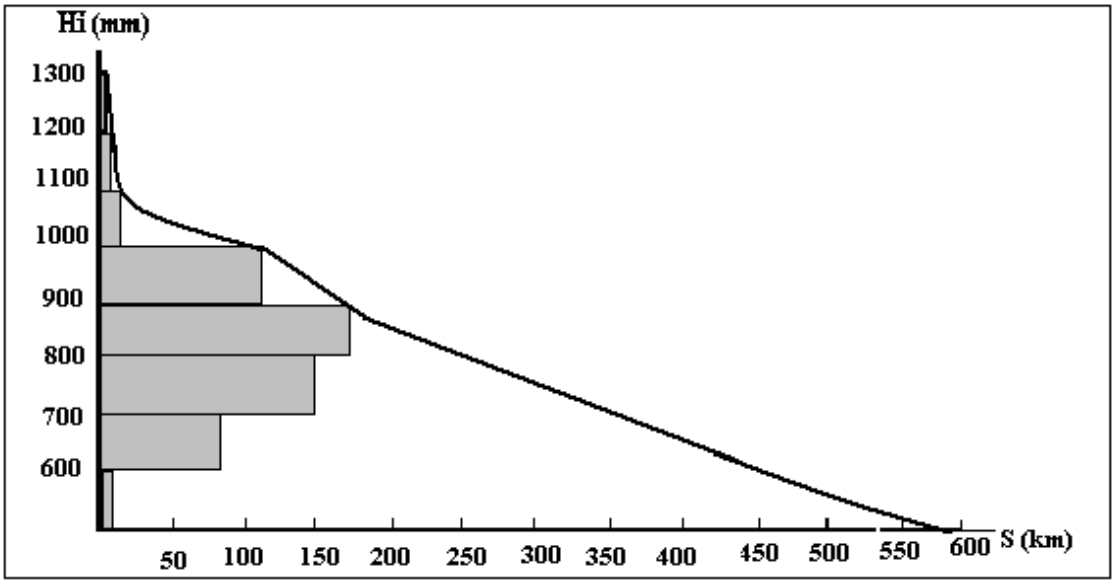
Fig. 04 Courbe hypsométrique du sous bassin de l'oued Bouhamdane élémentaire



Tab .16 : La répartition de sous bassin versant l'oued Zenati en km^2 et en % par tranche d'altitude

Altitude (m)	Surface. partielle Km^2	Surface. en %	Surface cumule. Km^2	Surface. cumule en %
> 1200	0.11	0.018	0.11	0.018
1200-1100	5.10	0.861	5.21	0.879
1100-1000	21.38	3.610	26.59	4.489
1000-900	111.23	18.784	137.82	23.273
900-800	190.65	32.196	328.47	55.469
800-700	154.02	26.010	482.49	81.479
700-600	91.59	15.467	574.08	96.946
600-500	18.07	3.0551	592.15	100
Σ	592.15	100		

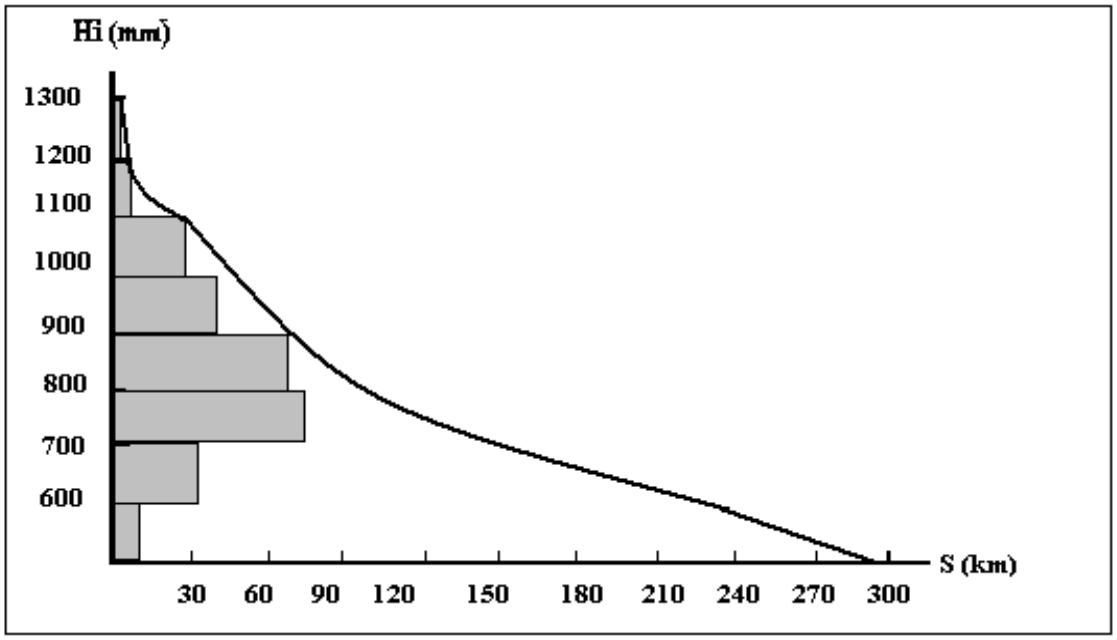
Fig. 05- Courbe hypsométrique du sous bassin de l'oued Zenati



Tab .17 : La répartition de sous bassin versant de Bourdj Sabath en km^2 et en % par tranche d'altitude

Altitude (m)	Surface. partielle Km^2	Surface. en %	Surface cumule. Km^2	Surface. cumule en %
> 1200	1.19	0.402	1.19	0.402
1200-1100	8.69	2.93	9.88	3.336
1100-1000	35.69	12.05	45.57	15.389
1000-900	49.69	16.78	95.26	32.171
900-800	76.51	25.84	171.77	58.011
800-700	83.19	28.09	254.96	86.107
700-600	34.19	11.54	289.15	97.654
600-500	6.94	2.34	296.09	100
Σ	296.09	100		

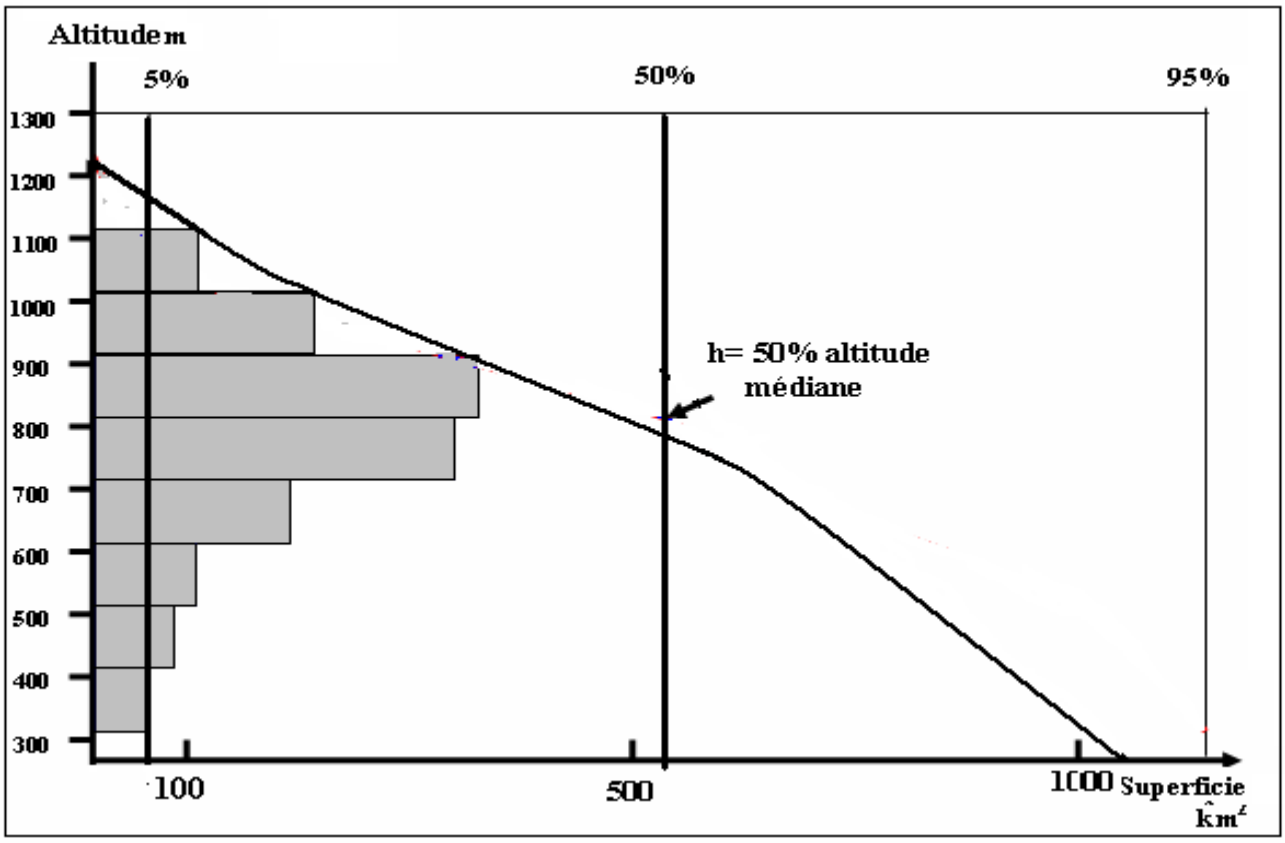
Fig. 06- Courbe hypsométrique du sous bassin de Bourdj Sabath



Tab .18 : La répartition du bassin versant de l'oued Bouhamdane en km^2 et en % par tranche d'altitude

Altitude (m)	Surface. partielle Km^2	Surface. en %	Surface cumule. Km^2	Surface. cumule en %
> 1200	1.76	0.159	1.76	0.159
1200-1100	15.39	1.393	17.15	1.552
1100-1000	67.27	6.087	84.42	7.639
1000-900	178.82	16.183	263.24	23.822
900-800	292.66	26.485	555.90	50.307
800-700	270.71	24.498	826.61	74.805
700-600	154.98	14.025	981.59	88.830
600-500	58.11	5.258	1039.7	94.088
500-400	30.30	2.742	1070	96.830
400-300	24.70	2.235	1094	99.065
<300	10.30	0.932	1105	100
Σ	1105	100		

Fig. 07 Courbe hypsométrique du bassin de l'oued Bouhamdane



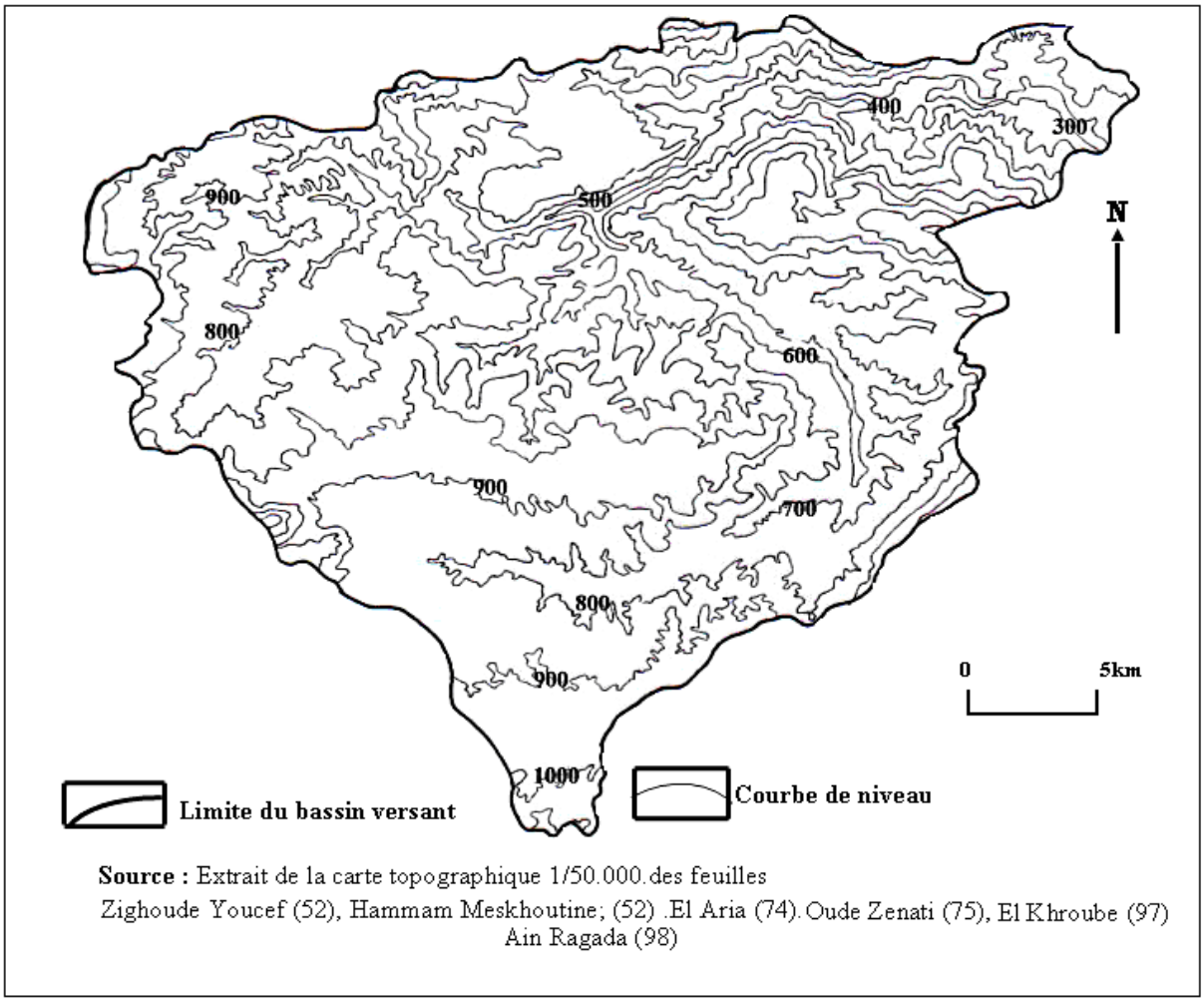
IV.2. Classe des reliefs

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 niveaux.,

Le bassin de l'oued Bouhamdane atteint 1289m à son point culminant au sommet de M'zaret Sidi Chagref au Nord -Ouest, tandis que le point le plus bas correspond à la station du barrage de Hammam Debaghe située à l'altitude 285m., donc un dénivelée totale de 1004 m. Les altitudes du bassin versant ont été divisé en 5 tranches:

- **1er Tranche** : 285-500 m: couvrant une superficie de 65.3 km^2 soit 5.9 % de la surface totale du bassin versant, cette tranche est localisée dans le sous bassin de l'oued Bouhamdene.
- **2eme Tranche** : 500-700m : occupant une superficie de 213.09 km^2 soit 19.28 % de la surface totale. Cette tranche est fréquente dans l'ensemble du bassin,
- **3eme Tranche** : 700-900m : C'est la tranche dominante, s'étend sur plus de 50 % de sa surface, elle se trouve surtout dans le bassin de l'oued Zenati. correspondent à la moyenne colline.
- **4eme Tranche** : 900-1100m : Cette tranche se distribué d'une façon partielle dans le bassin, couvrant une superficie de 246.09 km^2
- **5eme Tranche** : 1100-1289 m: C'est la tranche la plus haute altitude qui est de l'ordre de 1289m, ne représente que 1.55% de la surface totale.

Fig. 08 - Carte hypsométrique du bassin versant de l'oued Bouhamdane



Source : Extrait de la carte topographique 1/50.000.des feuilles
Zighoude Youcef (52), Hammam Meskhoutine; (52) .El Aria (74). Oude Zenati (75), El Khroube (97) Ain Ragada (98)

IV. 3. Les altitudes caractéristiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane

IV. 3.1.L'altitude moyenne

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

$$\mathbf{Hmoy = \Sigma\ Hi\ Si\ /\ St}$$

Hmoy : altitude moyenne (m) **H**i : cote moyenne (m).

Si : surface partielle, comprise entre deux courbes de niveau (Km^2). **St** : surface du bassin

Tab19. Les altitudes moyennes des sous bassins versants de l'oued Bouhamdene

Sous Bassins versants	Surface. (km^2)	L'altitude moyenne H_{moy}
1 : L'oued Bouhamdene 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 Bouhamdene	1105	787.5

IV. 3. 2. 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. Cette grandeur se rapproche de l'altitude moyenne dans le cas où la courbe hypsométrique du bassin concerné présente une pente régulière.

Tab20. Les altitudes médianes des sous bassins versants de l'oued Bouhamdane

Sous Bassins versants	Surface. (km^2)	L'altitude médiane $H_{50\%}$ m
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

Pour l'ensemble de bassin, l'altitude médiane est supérieure à l'altitude moyenne, nous renseigne sur l'abondance et la dominance des basses altitudes sur le quasi totalité du bassin versant

IV.4. Les indices de pente du bassin versant de l'oued Bouhamdane

IV.4.1. La dénivelée simple D

Sur la courbe hypsométrique tracée, on prend la distance verticale en (m), qui sépare les altitudes ayants 5% et 95% de la surface totale du bassin et des sous bassins, la dénivelée simple est donc égale à : **D = H5% - H95%**

Tab.21 la dénivelée simple D des sous bassins de l'oued Bouhamdane

Sous Bassins versants	$H_{5\%}$	$H_{95\%}$	D = H5% - H95%.
1 : L'oued Bouhamdane élémentaire	1000	300	700
2 : L'oued Zenati	1000	610	250
3 : L'oued Sabath	1085	620	465
4 : l'ensemble de l'oued Bouhamdane	1040	470	570

IV.4.2. L'indice de pente globale (Ig)

L'indice de pente globale est déterminé, à partir de la courbe hypsométrique en éliminant les valeurs extrêmes, de manière à ne garder que 90% de l'aire du bassin versant. Cet indice est calculé à l'aide de la formule suivante : **Ig = D / L**

D : dénivelée simple (m). L : longueur du rectangle équivalent (km):

Les indices de pente globale des sous bassins versants de l'oued Bouhamdane calculés figurent dans le tableau ci-dessous

Tab22. Les indices de pente globale des sous bassins versants

Sous Bassins versants	D (m)	L (km)	I g (m/km)
1 : L'oued Bouhamdane élémentaire	700	25.80	27.13
2 : L'oued Zenati	250	40.56	6.16
3 : L'oued Sabath	465	32.32	14.39
4 : l'ensemble de l'oued Bouhamdane	570	50.57	11.27

IV.4.3. L'indice de pente de Roche I_p

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

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

I p : indice de pente de ROCHE (m/km). **Ig** : indice de pente globale (m/km).

Tab23 L'indice de pente de Roche I p des sous bassins de l'oued Bouhamdane

Sous Bassins versants	Superficie (km^2)	I g (m/km)	I p(m/km).
1 : L'oued Bouhamdane élémentaire	216.76	27.13	5.82
2 : L'oued Zenati	592.15	6.16	2.77
3 : L'oued Sabath	296.09	14.39	4.24
4 : l'ensemble de l'oued Bouhamdane	1105	11.27	3.75

IV.4.4. La dénivelée spécifique (Ds)

L'indice Ig déçoit 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

$$\mathbf{Ds = Ig \sqrt{S}}$$

Ig : indice de pente globale, **S** : surface en Km^2.

Les dénivelés spécifiques des sous bassins versants de l'oued Bouhamdane calculés figurent dans le tableau ci-dessous.

Tab .24 Les dénivelés spécifiques des sous bassins versants l'oued Bouhamdane

Sous Bassins versants	Superficie (km^2)	I g (m/km)	D s(m/Km^2)
1 : L'oued Bouhamdane élémentaire	216.76	27.13	399.43
2 : L'oued Zenati	592.15	6.16	149.96
3 : L'oued Sabath	296.09	14.39	247.61
4 : l'ensemble de l'oued Bouhamdane	1105	11.27	374.66

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

Tab .25 Classification de l'O. R.S.T.O.M de la dénivelée spécifique

Classe de relief	Dénomination	Dénivelée spécifique (m/Km^2)
R1	Relief très faible	$D_S < 10$
R2	Relief faible	$10 < D_S < 25$
R3	Relief assez faible	$25 < D_S < 50$
R4	Relief modéré	$50 < D_S < 100$
R5	Relief assez fort	$100 < D_S < 250$
R6	Relief fort	$250 < D_S < 500$
R7	Relief très fort	$500 < D_S$

Tab26 : Indice de pente pour différents sous bassins de l'oued Bouhamdane

Sous Bassins versants	D s m/Km^2	Classe de relief
1 : L'oued Bouhamdane élémentaire	399.43	Fort
2 : L'oued Zenati	149.96	Assez fort
3 : L'oued Sabath	247.61	Assez fort
4 : l'ensemble de l'oued Bouhamdane	374.66	Fort

Les résultats consignés dans le tableau 26 , montre que le bassin versant de l'oued Bouhamdane présente des reliefs forts de dénivelée spécifique Ds = 374.63 m/Km^2

Pour le bassin de l'oued Bouhamdane élémentaire : Ds=399.43m/Km cette valeur traduise

bien le volume montagneux et la forte incision de relief, ceci s'explique par la situation de ce sous bassin dans la partie Nord-Est du bassin où les pentes sont raides, et pour les bassins de l'oued Sabath et l'oued Zenati, qui sont prédomines par un milieu relativement plat malgré l'affleurement des reliefs qui comportent: djebel Oum Sattas, djebel El Guettar, M'zaret Sidi Chagref.

IV.4.5. 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 de là elle favorise les transports solide.

la carte des pentes permet de distinguer 5 classes des pentes

Tab.27 : Répartition du relief par classe des pentes du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Classe	Superficie (km^2)	Pourcentage	Observation
>6	78.38	7.09	Très faibles.
6-12	211.43	19.13	Faibles
12-24	529.03	47.88	Assez fortes
24-32	246.81	22.34	Fortes
>32	39.35	3.56	Très fortes
total	1105	100	

- **Les classes des pentes**

✓**Les pentes très faibles : <6%**

Couvrant une superficie de 78.38 km^2**,** cette classe est localisée dans les vallées des oueds Zenati et Bouhamdane à l'est de Taya et Nord Ouest du bassin vessant

✓ **Les pentes faibles : 6-12%:**

Occupant une superficies de 211.43 km^2**,**localisée surtout dans la parti Sud, le versant de rive gauche de l'oued Zenati et quelque secteurs de la vallée de l'oued El Aria.

✓ **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 versant supérieures, elles est fréquent sur la montagne de la partie méridionale du bassin versant caractérisée par des formations lithologiques marneuses, argileuses et gréseuses.

✓ **Les pentes fortes 24-32% :**

Couvrant une superficie de 197.52 km^2 cette classe est fréquente dans la partie montagneuse du Nord du bassin versant, et les deux versants de l'oued Derdar 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. Correspondant surtout à des formations gréseuses et argileuses.

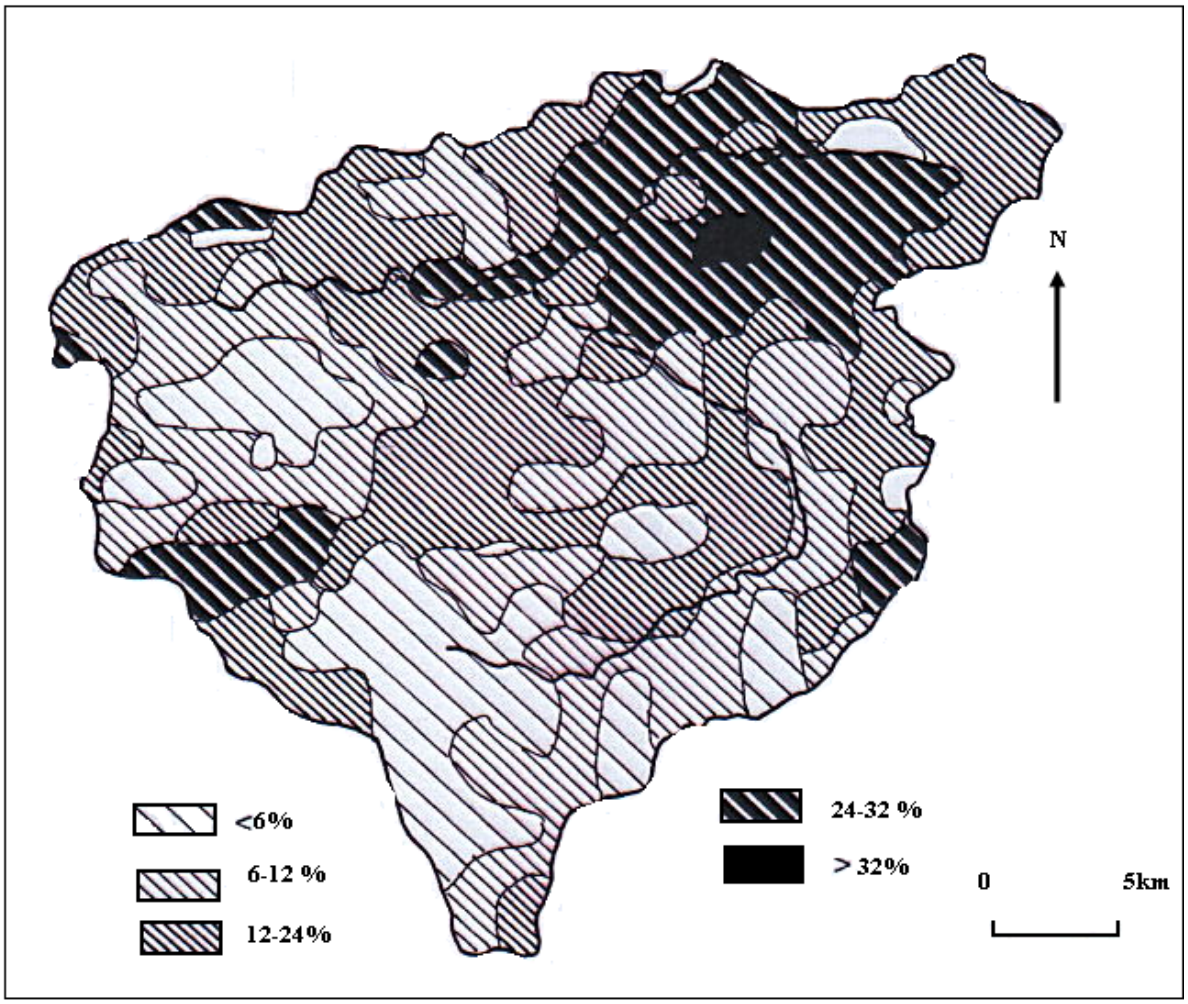
- ✓ **Les pentes très fortes > 32 %**

Cites sont développées dans la moitié Nord du bassin versant, où elles couvrent une superficie réduite d'ordre 39.35 km^2, 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 élevé

Fig. 9 Carte des pentes du bassin versant de l'oued Bouhamdane



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

La géologie des terrains influe non seulement sur l'écoulement de l'eau souterraine mal également sur le ruissellement des surfaces. Dans ce cas, le but d'étude géologique d'un bassin versant est de déterminer les différentes formations lithologiques.

I. 1. Les mouvements tectoniques

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

I. 1. 1. La phase éocène

Elle est caractérisée par une tectonique compressive à l'origine de la naissance d'une pente du côté Sud en direction du domaine centrale- tellien. L'existence de cette pente entre un domaine ultra- tellien plus élevé et une centrale tellienne plus basse, permet la mise en place des différents diverticules qu'a révélé l'étude de l'ultra- tellienne de l'oued Zenati (LAHONDERE ,1987).

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 ». La conséquence de cette phase dans le Sellaoua est l'apparition de décollement à plusieurs niveaux de la série du sénonien supérieur. La lithologie favorise ce phénomène avec la présence de deux barres calcaires épaisses de 100mètres, séparées par des marnes qui ont servi de semelle plastique

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 résédimentation 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. » (VILA, 1984).

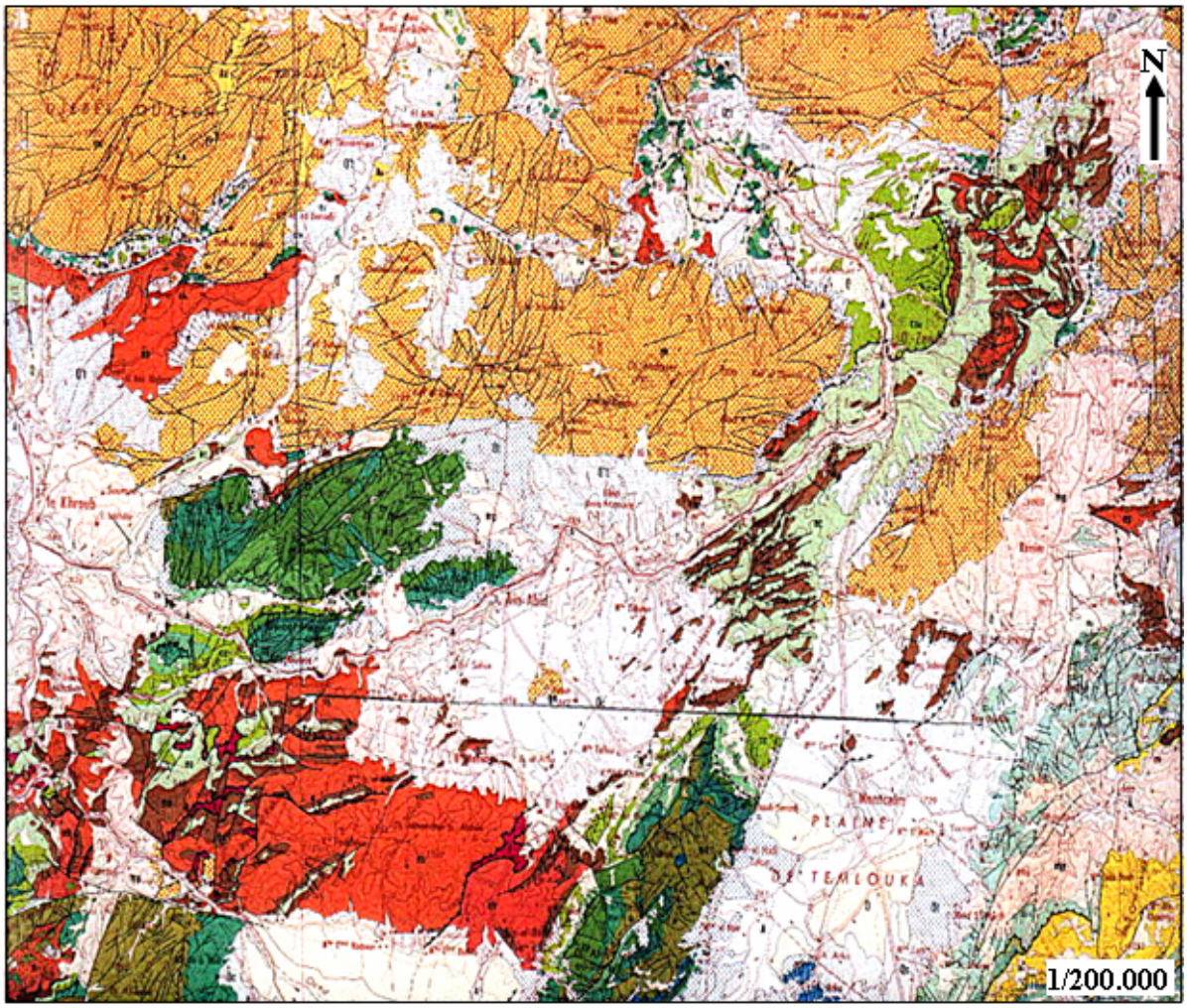
I. 1. 4. La néotectonique

Elle est responsable de l'orographie actuelle. Elle a déterminé le comblement des bassins moi- 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.

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

L'exemple te plus typique de ces formations sont les glacis et les dépôts du mio-pliocène 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

Fig. 10 – Extrait de la carte géologique régionale (J.M Vila 1980)



Quaternaire

Eboulis

Alluvions récentes

Villafranchien : croûtes calcaires

Terrasses, formations de pente et quaternaire indéterminé

Glacis anciens de Constantine

Miopliocène continental

Argile et grès

Miocène marin

Miocène gréseux transgressif

Barrémien calcaire

Cénomanien

Maestrichtien

Turonien

C4H : Santonien ; C3-4H Sénonien inferieur

Albien et Vraconien

Aptien

Yprésien- Lutétien ; faciès à Globigérines, en faciès à Nummulites

Argile a bocs

Luttins marneux

Yorésien -lutetiens

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 dépôt et de formations superficielles, tels que les alluvions qui constituent les fonds des vallées et les différents niveaux de terrasses. Il constitue également les glacis polygéniques, méridionaux et les glacis anciens de Constantine auxquels il faut ajouter les formations calcaires qui ne prennent de l'extension que dans la partie sud du bassin versant, au nord-est de Ain Abid et les éboulis à gangue, à blocs et en masse qui se développent exclusivement en bordure du massif numidien et des glacis anciens.

II.1.2 Le mio- pliocène continentale

Ce sont des formations continentales discordantes sur toutes les séries antérieures, constituées de conglomérats et d'argile sableuses rouges. Ces formations sont présentes dans toutes la région, mais ne prennent une grande extension que dans la partie Nord-Ouest du bassin versant et plus particulièrement dans les forêts des Béni-M'djaled et Soudreta et près du barrage Bouhamdane sur la rive gauche de l'oued, ainsi qu'a Kef Hadjar et Bled Bounezoura près de Ain Abid

II. 2. La nappe Numidienne

Le terme « numidien » est réservé pour désigner de bas en haut, la trilogie ; argiles sous- numidiennes, grès numidiens et argiles supra- numidiennes, qui sont des ensembles à dominance gréseuse. Les formations argilo- gréseuses du Numidien constituent les hauteurs du Djebel Ouach, de l'oued Zenati, du Djebel Mahouna, du Djebel Meida près de Sedrata, près d'Ain Abid et au Sud de Djebel Oum Settas.

II. 3. La nappe Tellienne

C'est la formation la plus importante, la plus épaisse, eue affleure largement au Sud d'oued Zenati, en aval de Ain Regarda. Elle y dessine un pli anticlinal d'axe SW-NE parallèle au lit de l'oued. A la base de cette unité affleurent des marnes noirs 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

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 des série néritique constantinoise en massifs isolés de tailles variables» (VILA, 1980). Dans notre terrain, cette nappe est représentée parle Djebel Oum Settas et le Djebel Taya.

II. 4. 1. Djebel Oum Settas

Situé au Nord- Ouest du bassin versant, entre El Aria et Ain Abid. Il est le plus vaste de la série néritique constantinoise. Chevauché par la série ultra- tellienne, il présente les affleurements suivants.

- Le Barrémien : calcaires dolomitique ;
- L'Aptien- Albien : calcaires massifs graveleux;
- Le Vraconien : calcaires marneux encroûtés ;
- Le Cénomanien : calcaires massifs et rubanés ;
- Le Sénonien : calcaires à micro- brèche.

II. 4.2. Djebel Taya

Le Djebel Taya constitue le point culminant de tout le Tell Nord du Guelma. Il est constitué d'une succession de trois escarpements parallèles de direction E-W, qui regardent tous vers le Nord. Le Djebel Taya correspond donc à deux sommets de composition très inégale. Dans chaque Kef, la série stratigraphique se répète et elle est identique à celle de Djebel Oum Settas.

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 (LAHONDERE» 1987) ; de bas en haut, on a :

II. 5.1 L'unité de Ain Haddad

Elle se caractérise par des formations d'âge allant du néocomien à l'albien moyen et par une teinte claire. Elle est comprise entre l'unité de Ain Guennour au - dessous et la nappe numidienne au –dessus, la partie inférieure est marneuse, dans la partie médiane en voit alterner des marnes et des calcaires, et la partie supérieure renferme sur 30 mètres de nombreux bancs de calcaire alternant avec des mares brunes.

II. 5. 2 .L'unité de Ain Guennoure

Les affleurements de cette unité exposent en lames qui sont les suivantes:

- **La lame supérieure**

Renferme les terrains les plus anciens, elle débute par des marno -calcaire d'âge albien et atteint le Vraconien ; au-dessus, des marnes verdâtres du cénomanien, elles -même surmontées par des marnes calcaires de teinte vive, comprenant un turonien peu épais et du coniacien.

- **La lame intermédiaire**

Elle affleure à Bourdj Merkhouma e remontant l'oued Bouskoun vers le Sud. Les formations marno calcaires du coniacien et du turonien qui sont dominante.

- **La lame inférieure**

Affleure à Chaâbet Boudernen, elle comprend des marnes du santonien et exceptionnellement, des bancs calcaires du coniacien.

- **L'unité de l'oued Zenati**

Cette unité regroupe les formations d'âge sénonien supérieur, avec deux barres calcaires, la première d'âge campanien, la seconde maestrichtien. Ces formations sont développées surtout au Nord-Ouest de l'oued Zenati sur une bande large de 5 Km, qui atteint Ras El Agba. On retrouve cette unité au Nord sous forme de fenêtre dans la région de Bordj Sabath.

II. 5. 3 .L'unité de Ras El Agba.

Elles sont comprise entre les formations telliennes au- dessous, et l'unité de l'oued Zenati au- dessus, autour de la localité portant le même nom, ainsi qu'a l'Ouest autour de Beled El Aggoun et au Sud de Ain Rhorab et Djellili. Ce sont des formations marno-calcaires, allant du paléocène moyen à l'éocène inférieur.

II.6. La série de 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 a 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.

Les différentes formations de cette série sont :

- Des marnes noires à lits de calcaire gris du santonien et du campanien ;
- Des argiles grises très froissées, à galets et blocs de Paléocène moyen à supérieur ;
- Des argiles vertes, esquilleuses, renfermant des lits de schiste du Paléocène moyen à supérieur ;
- Des marnes et argiles noires indurées de l'éocène moyen.
- Au dessus de la série de Ain El Kerma affleure la série numidienne ; au dessous se place la série ultra- tellienne.

III. Les formations lithologiques

La lithologie du bassin versant de l'oued Bouhamdane est complexe. Elle présente des variations de résistance de 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 occupent une superficie réduite 4,86% qui correspond à des collines à pentes moyennes à assez fortes.

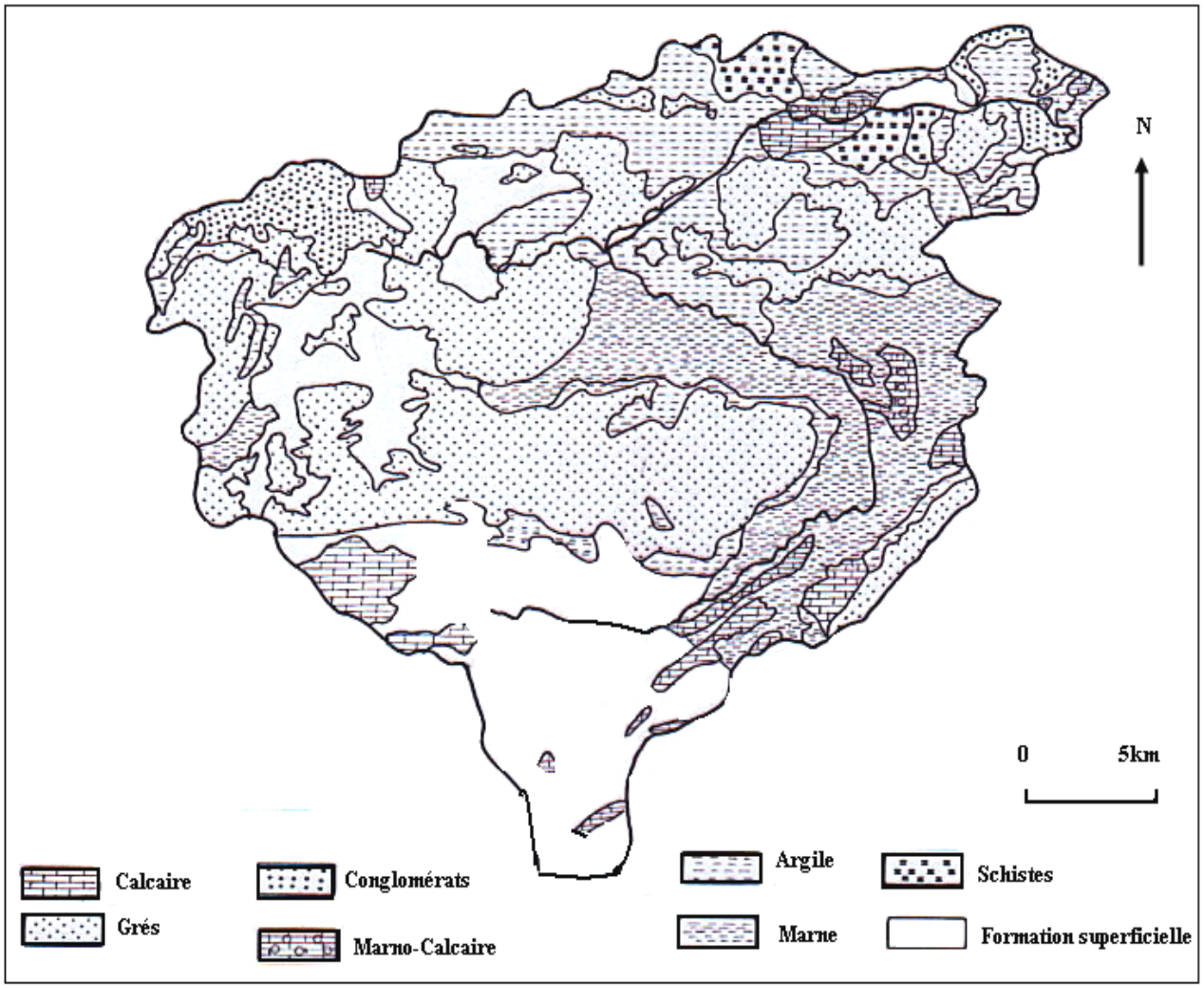
III. 3. Les roches tendres

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

Tab. 28 : Répartition des différents types de roches dans le bassin versant

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

Fig. 11 - Carte lithologique du bassin versant de l'oued Bouhamdane
(Source DSA du Guelma rapport interne 2006)



IV. Le barrage Hammam Debaghe

Le barrage construis sur l'oued Bouhamdane peut construit une réserve d'eau importante pour satisfaire les besoin en eau potable, et pour l'irrigation dans la région, Cet ouvrage, a pour objective essentiellement la régularisation les apports en vue de satisfaire les besoins pour l'irrigation de périmètre de Guelma- Bouchagouf, dont la superficie est plus de 9000hectare de combler le déficit en eau potable et industrielle des organisme urbain de la wilaya de Guelma

IV.1. Le site du barrage

Le barrage implanté a 3 km a l'amont de la localité de Hammam Debaghe, sur l'oued Bouhamdane tir son nom de la zone des sources thermales. L'eau des sources vient des grandes profondeurs avec un débit total de 80-100 l/s.

IV.2. Géologie du barrage

La région de Hammam Debaghe appartient au Tell - Nappe épi tellienne d'après(J-M Villa.) Ces nappes résultent d'une poussée vers le sud de la chaîne du Djebel Debaghe du Grar et du Kef-Hahouner où affleure un substratum formé de calcaires crétacés

C'est sur celui-ci qu'ont été charriées les nappes dites telliennes, constituées de marnes noires ou grises intercalées de bancs calcaires appartenant au crétacé et au Tertiaire.

Une autre nappe, dite du Flysch crétacé, recouvre indifféremment les nappes Telliennes ou le crétacé "autochtone". Elle est composée de schistes noirs et de Puissants bancs de grés, localement de poudingues.

La structure régionale a une direction Est- Ouest, et présente des fractures aussi bien Parallèles à l'allure générale que perpendiculaires à celle-ci. Plusieurs de ces Fractures sont le siège d'une circulaire géothermale.

Le site du barrage est i correspond à un lambeau de la nappe du flysch crétacé, alors que La cuvette se développe dans sa quasi-totalité dans les marnes telliennes et le Crétacé autochtone.

D'importantes terrasses réparties en plusieurs niveaux recouvrent le substratum,Aussi bien en amont qu'en aval du site.

IV.3. Lithostatigraphie.

IV.3.1. Le Crétacé Autochtone

Les affleurements se rencontrent en particulier au Djebel Debaghe et au Djebel TAYA . On trouve

- des calcaires massifs cristallins (Néocomien),
- des calcaires et calcaires cristallins (Barrémien),
- des calcaires cristallins massifs,
- et enfin des calcaires compacts à orbitolines (Aptien).

IV.3.2. La série des Nappes Telliennes

- schistes gris noir verdâtres, parfois carbonatés,
- schistes gris noir minces intercalations gréseuses,
- schistes à grains de quartz, particulièrement altérable,
- grès friables gris blancs à jaunes, peu cimentés,
- grès conglomératiques et quartzitiques, en gros blancs.

IV.3.3.Dépôts de grès rouges et verts

On trouve quatre niveaux distincts dont les niveaux de base à proximité du site sont aux côtes 287 , 294 , 300 et 320

Ces terrasses correspondent à des dépôts relativement récents caractérisés par une épaisseur variable de gravies sableuses qui reposent sous des silts argileux. Ces Terrains peuvent contenir des argiles remontées par des marnes.

IV.4. Topographie

Le fond de cuvette est constitué par des terrasses déjà mentionnées, qui reposent sur des marnes. Les berges de la cuvette sont constituées par des marnes calcaires ou schisteuses. La seule exception se trouve au nord-est, où l'on rencontre une formation éocène plus récente de débris des grés rouges et verts, avec des veines de calcite

La hauteur et la faible pente des massifs qui l'entourent imposent des gradients hydrauliques faibles partout. La structure des formations qui bordent la retenue est assez uniforme et en général favorable à la stabilité, sauf en une localisation de la rive droite.

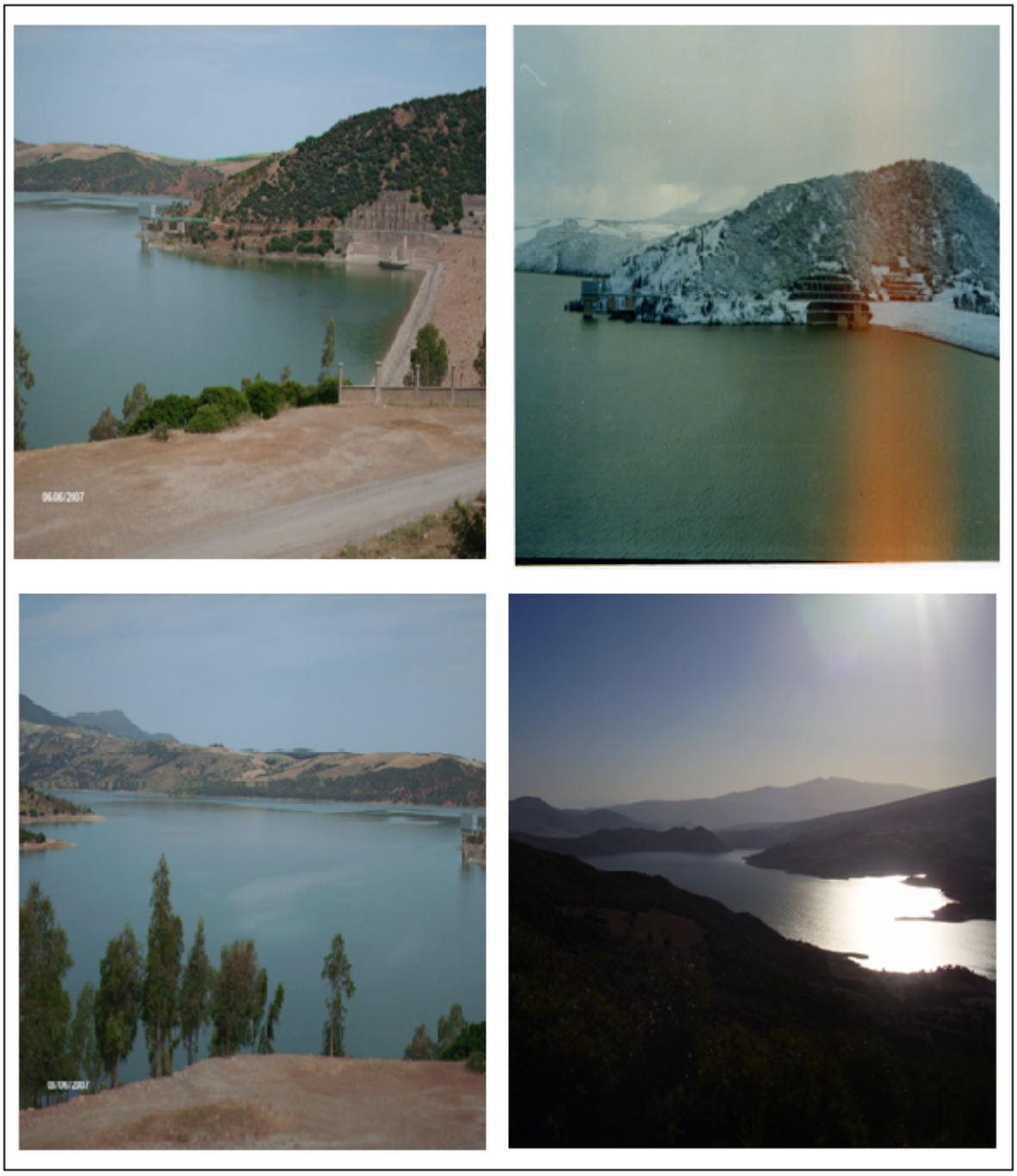
Comme les reliefs sont peu élevés, il n'y a pas lieu de craindre de glissement de masses de sol qui pourraient compromettre la sécurité du barrage.

Il est certain, du fait des fluctuations du plan d'eau, que des glissements se produiront le long des berges et particulièrement en rive gauche à hauteur du dernier méandre.

Tab 29 Fiche technique du barrage Hammam Debaghe

Bassin Versant	Bouhamdane
Superficie	1105 km^2
Périmètre	170 km
Longueur	50.57 km
Largeur	32.84 km
Altitude. max	1282 m
Altitude .min	295m
Altitude .moy	800m
Thalweg principal	90 km
Pluie moy annuelle	652mm
Apports solides	535000 t/an
Capacité	1988~~200hm^3 2004~~184.347 hm^3 après levée
Bathymétrique	63 hm3
Apport moyen annuel	55 hm 3
Volume régularisé	Décembre 1987
Année mise en eau	0.53 hm^3
RETENUE	
Cote de retenue normale	360m
Capacité de stockage a la cote P H E	370.24 hm^3
Aire retenue R N	371.28 Hm^3
Volume R N	643.04Ha

Fig. 12. Prises de vue de la retenue de Bouhamdane



V. 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. Par contre, son action sur les débits extrêmes causés par des crues catastrophiques est réduite. A l'inverse, le sol nu, de faible capacité de rétention favorise un ruissellement très rapide

V. 1. Les Différents types d'occupation du sol du bassin versant l'oued 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. Parmi ces facteurs, le climat revêt une importance capitale quant aux processus pédo- génétiques. Son influence est mécanique et chimique. En effet conditionnant les précipitations, les écarts thermiques et la couverture végétale, il détermine le degré d'altération de la roche mère dont est issue la partie minérale du sol et ses propriétés mécaniques et chimiques.

Il y a plusieurs classifications, nous reprendrons les trois grandes catégories de type de couverture végétale:

V. 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 forets, ces dernières protègent contre l'érosion et la concentration rapide des eaux.

V. 1.2. Les surfaces incomplètement protégées :

Ce sont les surfaces partiellement nues en permanence, et les surfaces saisonnièrement protégées, 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 de l'année, et de l'arboriculture qui laisse le sol nu en permanence entre les arbres.

V.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.

)V I. 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, obtenues auprès de la direction des services agricoles de la wilaya de Guelma , les données sont dans le tableau 30 .

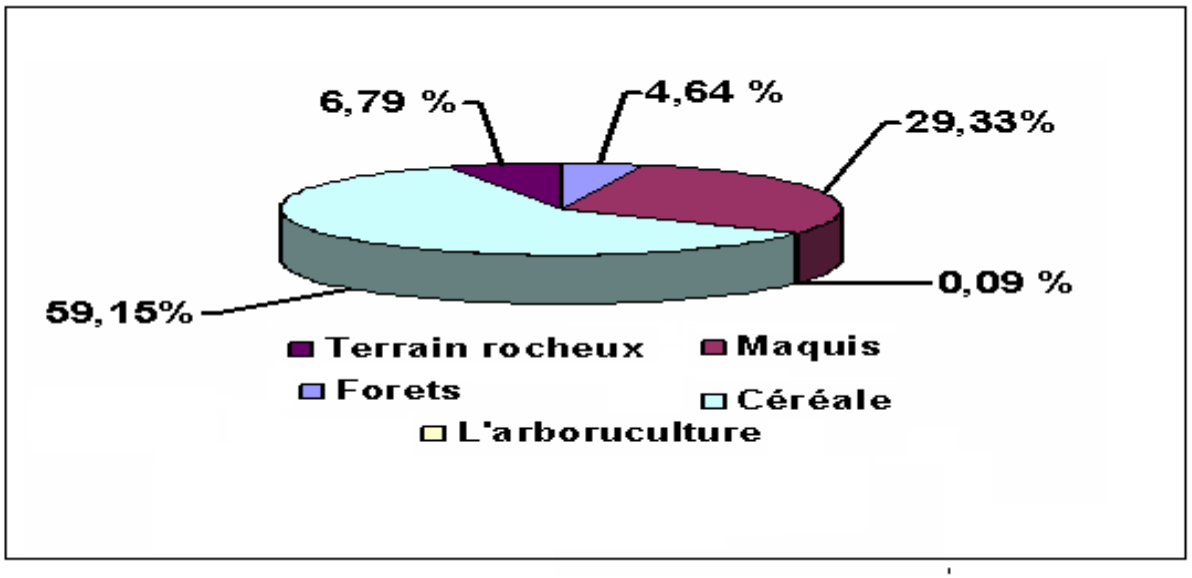
D'après ces statistiques, la caractéristique essentielle est la prédominance des surface occupées par les céréales et les cultures maraîchères, qui représentent la part majoritaire dans le bassin, dont la proportion est d'environ 60% de la surface totale du bassin. Ainsi que les terrains favorisants le ruissellement notamment les terrains de parcours et les terrains nus restent importants (3%), tandis que les terrains boisés. elles occupent 20% de la surface du bassin

Tab.30 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

Source : D S A statiques agricoles 2000

Fig.13. Répartition générale des terres dans le Bassin versant de l'oued Bouhamdane



V.1 Les surfaces bien protégées

V. 1. 1 La forêt de chêne-liège

La forêt de chêne-liège couvre une superficie de 51.30 Km^2, soit 4.64% de la surface totale du bassin versant .Présente uniquement au Nord, sur les montagnes de la chaîne numidique, elle occupe les versants à pente forte à moyenne Béni Seline, Béni M'djeled, Ben Ahmed, Merméra)

VI. 1. 2 Le maquis

Cette unité regroupe tous les terrains occupés par des formations végétales qui ne dépasse pas 3 mètres de haut. Couvrant 4,09% de la surface totale, ce maquis de type méditerranéen, occupe les piémonts des monts boisés de la chaîne numidique ;où il occupe les secteurs à forte pente.

V I. 1. 3 .Le maquis arboré

On désigne les terrains occupés par les formations végétales qui ne dépassent pas 3 mètres de haut. Elle représente 0,92% de la superficie totale du bassin versant. Présente dans la partie Nord- Ouest de bassin versant djebel Merméra au Nord - Est, forêt de ouled Atti sur le djebel Méliani- Hadjar

V I.1. 4. Les reboisements

Les reboisements occupent 24.32% de la surface totale du bassin versant ; le quasi totalité des reboisements sont effectués sur des terrains complètement dénudés des hauts plateaux constantinois et concernent les secteurs où les travaux ont été menés pour la protection des sols contre l'érosion.

V I.2. Les surfaces incomplètement protégées

V I.2 1. La céréaliculture

Les zones de la céréaliculture sont prédominantes, couvrant une superficie de 61360 ha, soit 59.15% de la surface totale du bassin versant. Elles correspondent aux anciens territoires de colonisation Oued Zenati, Ras El Agba et Bourdj Sabath

La céréaliculture spéculative s'étend sur les collines de la vallée de l'oued Zenati au Sud des collines calcaire d'El Kiffan vers les territoires de la plaine « Tuffeuse » de Sellaoua et Ras El Agba. Sur tous ces terrains les champs de blé sont presque uniformes.

Dans la partie Nord, la céréaliculture est pratiquée sur des espaces courts et parfois sur des terrains très pentus.

V I.2 2. L'arboriculture

Les terrains occupés par l'arboriculture sont répandus en petites surfaces, situées sur

les terrasses le long des oueds. Ils couvres 0.09% de la surface total du bassin versant soit 96 ha. 0.05% à Ain Regarda, 0.04% à l'oued Zenati. L'amandier, espèce rustique peu exigeante, et l'arbre fruitier le plus répandu. Certaines plantations sont très réussies. L'introduction de l'arboriculture remonte aux premières années de la révolution agraire.

V I. 3. Les surfaces mal protégées

V I. 3.1. Les terrains rocheux

Les terrains rocheux occupent 0.92% de la surface totale ; ils se localisent partout où la roche en place affleure à la surface ou présente un sol très peu profond.

Dans ces secteurs, aussi bien sur les hauts plateaux constantinois que sur le massif de la chaîne numidique, l'érosion différentielle, très active, a dégagé des roches de tailles et de grondeurs variées.

V I. 3. 2. Les terrains nus

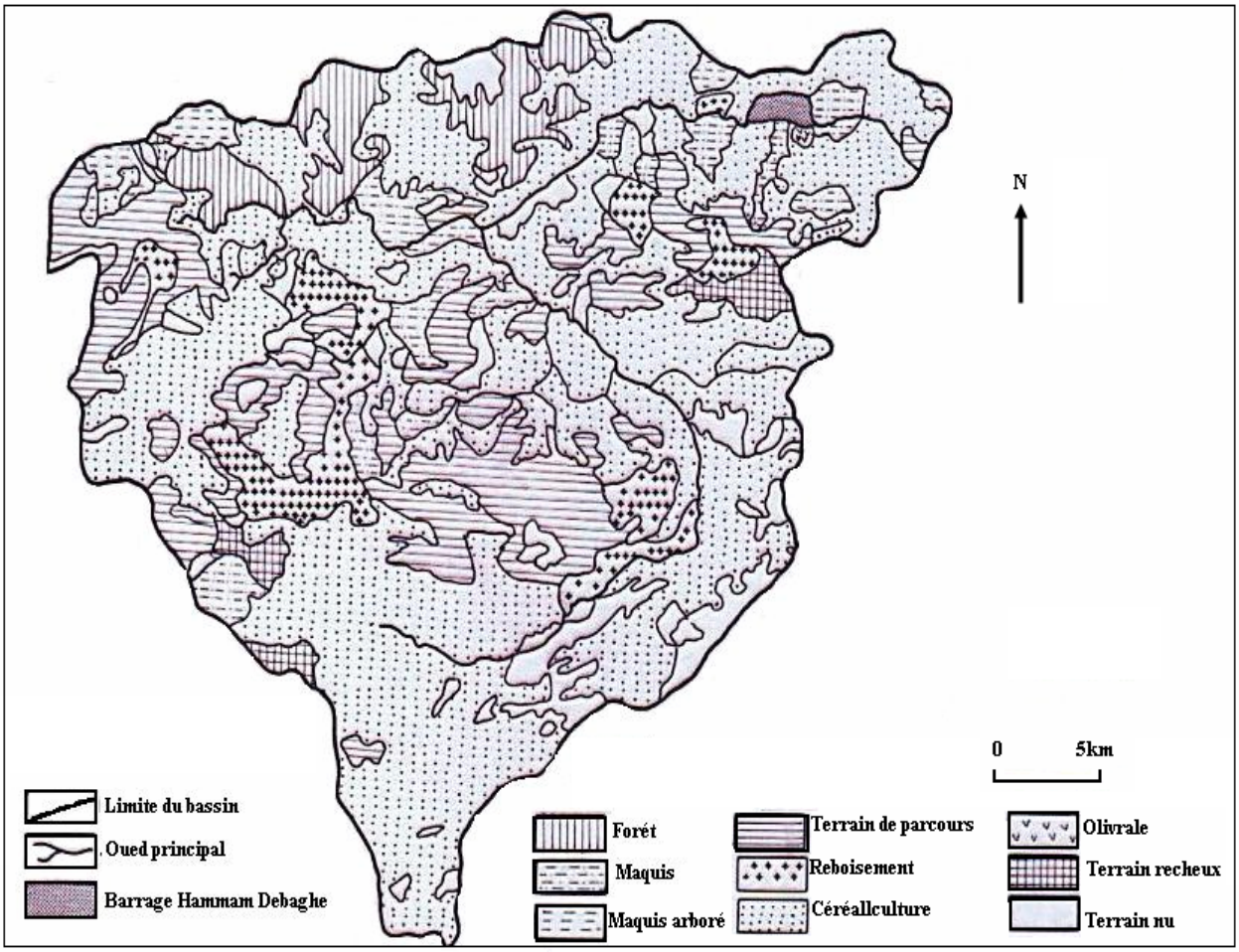
Ils correspondent aux terrains non occupés par une quelconque végétation naturelle. Occupant 3.60% de la superficie totale du bassin versant, elles s'étendent sur des surfaces perdues à l'agriculture ou difficiles à mettre en valeur, compte tenu de certaines contraintes topographique et lithologique

V I. 3.3. Les terrains de parcours

Elle couvrent 2.27% de la surface totale du bassin versant, constitués essentiellement de formation touffues ne dépassant guère l mètre de haut, ces unités occupent essentiellement les parties sommitales de la quasi totalité des monticules des hauts plateaux Constantinois, surtout dans la partie médiane du bassin versant

Fig.14 Carte de couverture végétale du bassin versant de l'oued Bouhamdane

(Source : DSA du Guelma Rapport interne)


N
0
5km
Limite du bassin
Oued principal
Barrage Hammam Debaghe
Forét
Maquis
Maquis arboré
Terrain de parcours
Reboisement
Céréallculture
Olivrale
Terrain recheux
Terrain nu

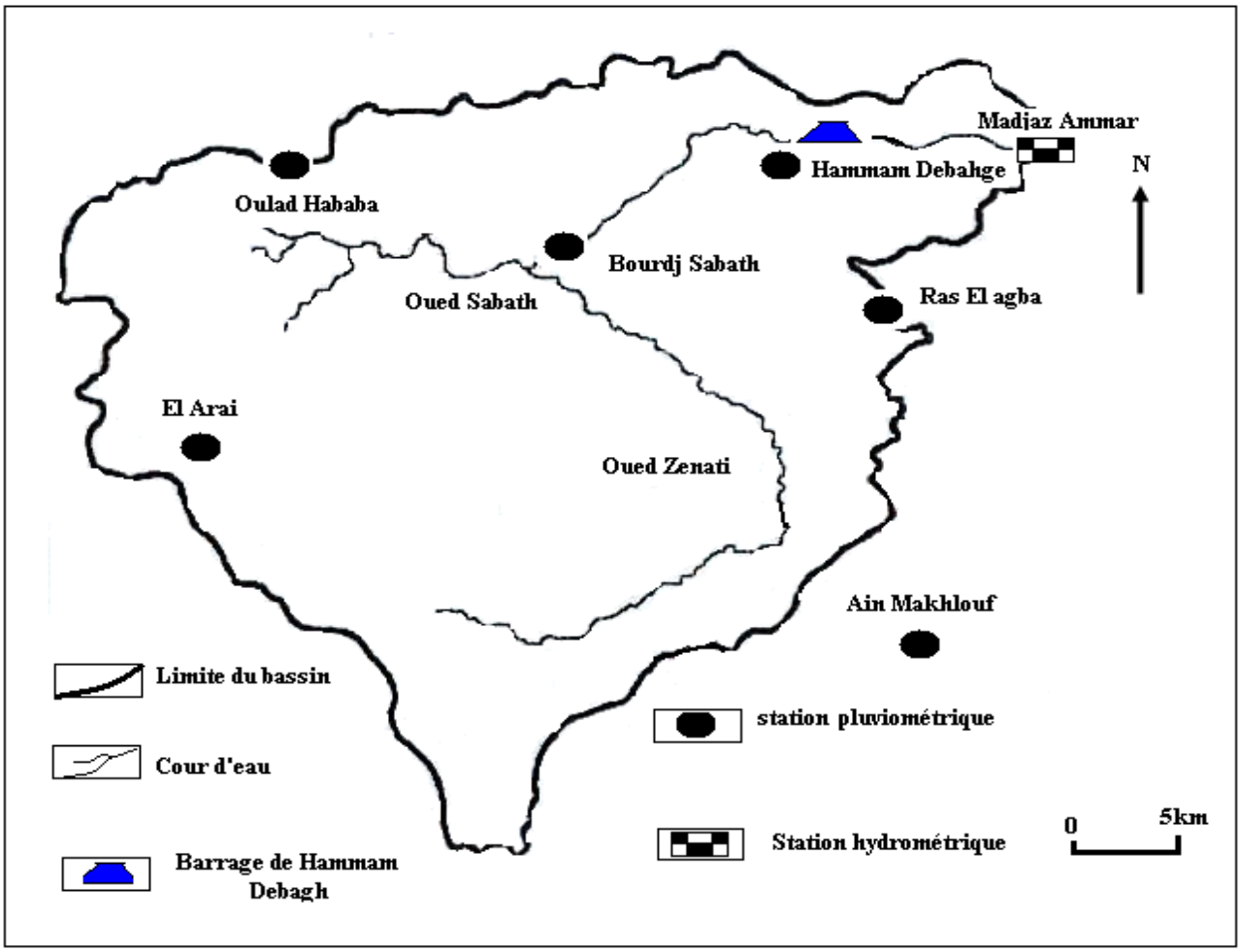
I. Les caractéristiques climatiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane

L'étude des caractéristiques climatiques basée sur les donnés 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'observation

Le bassin versant de l'oued Bouhamdane est équipé de cinq (05) stations pluviométriques; et nous avons utiliser un autre station pluviométrique située au alentour du bassin. fig. 15

Fig. 15 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 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 à l'aide de la série de base . 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 **Hammam Debaghe** comme station de référence

Pour mesure l'intensité de la corrélation linéaire on calcule le coefficient de corrélation linéaire **« R »** à partir de l'équation suivante :

$$R = \sum (Xi-Xmoy) * (Yi-Ymoy) / (Xi-Xmoy)^2 * (Yi-Ymoy)^2$$

Le coefficient de corrélation peut également être estimé par :

$$R = a * (\delta X / \delta Y)$$

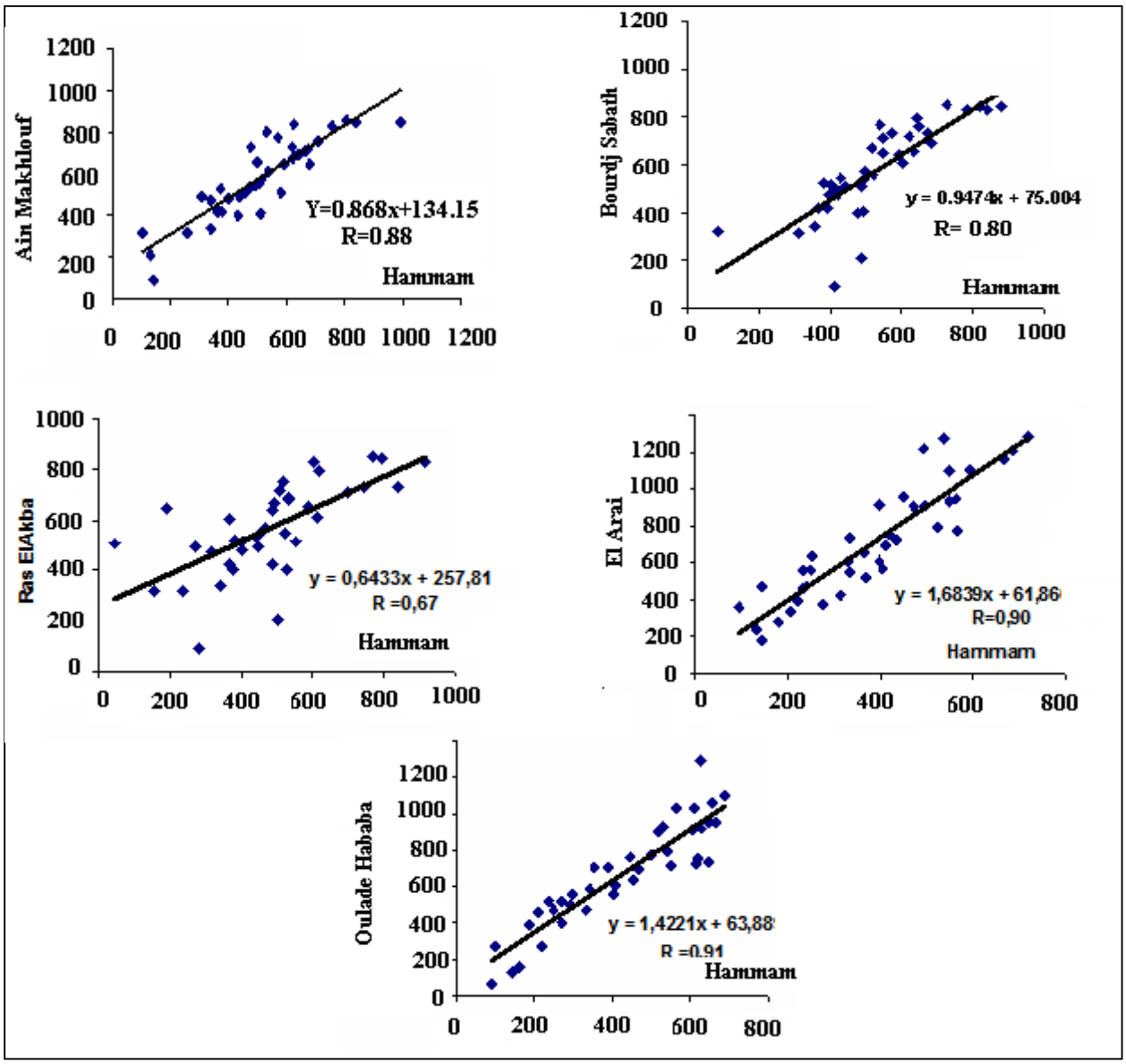
δX : Ecart type de là séné X δY : Ecart type de la série Y ***a* :** Coefficient angulaire de la droite de régression.

A partir de la station de base Hammam Debaghe déjà choisie nous avons comblé toutes les lacunes à l'échelle annuelle et mensuelle, dans ce cas on procède suivant la démarche de P. Dubreuil (1974).

Si la linéarité existe, on peut adapter la méthodologie de l'extension comme suit

1. On fait d'abord l'extension telle que les équations précédentes.
2. On établit ensuite graphiquement les liaisons linéaires entre séries mensuelles, ou annuelles, **"Y"** à étendre et série **"X"** de base, ceci pour la période commune.
3. On estime point par point sur la droite de régression les valeurs de la série **Y** non observée mais le coefficient de corrélation est significatif.
4. On fait les sommes des valeurs reconstituées par mois afin d'obtenir les valeurs annuelles correspondantes.
5. Enfin on compare pour chaque année de la période étendue le total annuel Pt, ce dernier est obtenu par sommation des valeurs mensuelles,.fig.16

Fig. 16 Corrélation entre déférentes stations du bassin de l'oued Bouhamdane



I. 3. Contrôle de la fiabilité des séries pluviométriques

L'étude climatique d'un bassin ou d'une région est basée sur l'exploitation des données d'observations recueillies sur des périodes plus ou moins longues, continues ou non.

Les méthodes statistiques d'analyse de ces séries exigent de celle ci une homogénéité de leurs composantes.

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 », la courbe des doubles cumuls et obtenue en portant :

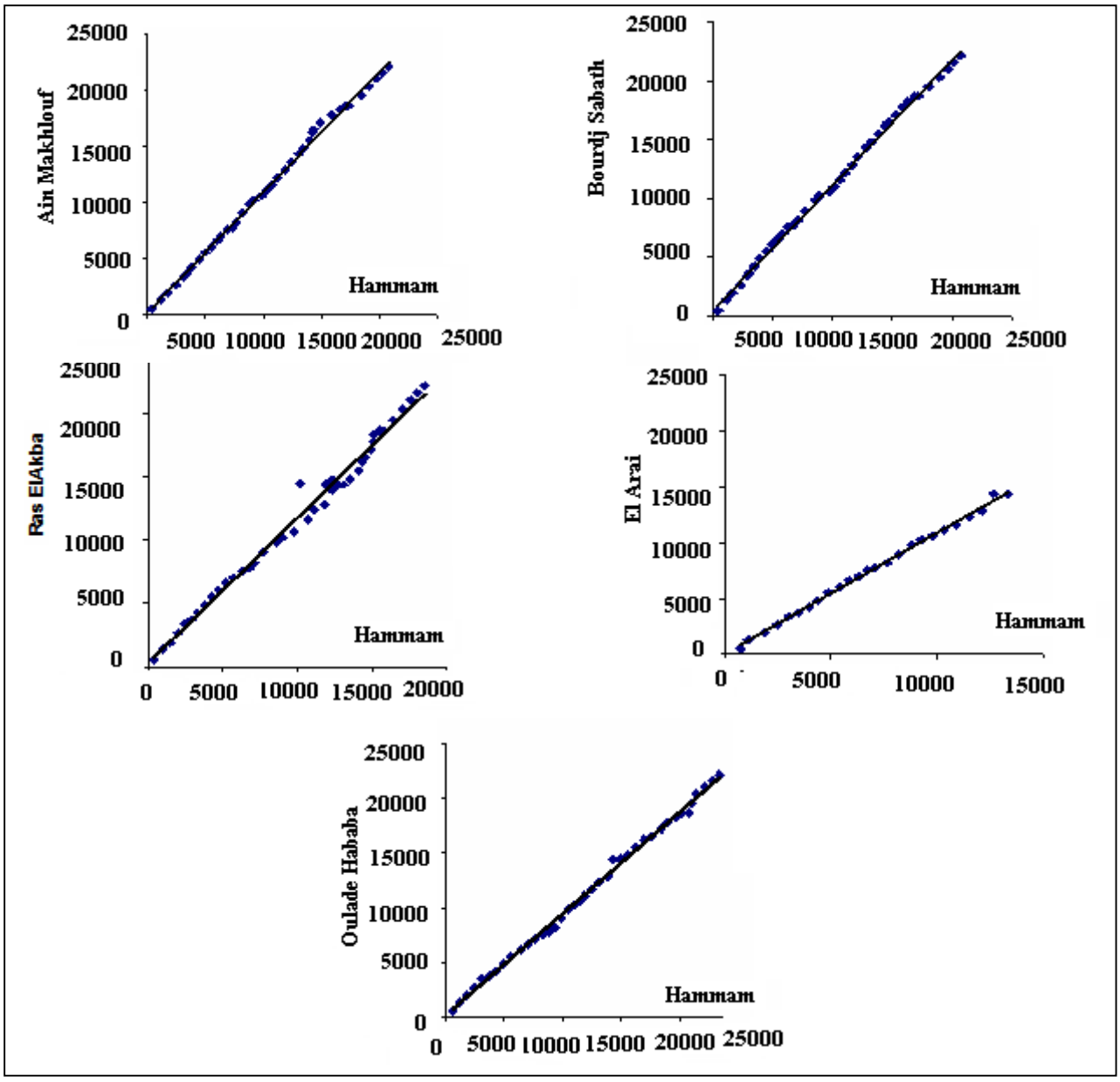
- En abscisses les totaux annuels cumulés de la station de base
- En ordonnées les totaux annuels cumulés de la station à vérifier

* Si les séries sont homogènes, les points forment une ligne droite.

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

Le report graphique des cumuls des totaux pluviométriques annuels pour ces stations s'aligne suivant une seule direction, les séries sont donc homogènes

Fig.17 Homogénéisation des données par la méthode de doubles cumuls des déférentes stations du bassin de l'oued Bouhamdane



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. Elle est basée sur l'hypothèse que la pluie tombée à une station est représentative de celle tombée autour de la station, sur une étendue plus ou moins vaste selon la densité du réseau pluviométrique. Il existe plusieurs méthodes pour calculer la lame d'eau tombée sur le bassin

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

La méthode consiste à calculer la moyenne arithmétique des hauteurs de précipitations relevées au cours du même intervalle du temps au diverses stations de mesures du bassin. tableau31

$$P = \sum P_i / N$$

Pi*:* Précipitation moyenne à la station i en (mm) **N :** Nombre de station d'observation

Pour le bassin de l'oued Bouhamdane, cette méthode donne une hauteur pluviométrique moyenne annuelle de 542.57mm

Tab31. Application de la méthode de moyenne arithmétique (1968/69-2006/07)

Station	1	2	3	4
Hammam	575,86	-	575,86	575,86
Ain Makhlouf	-	531,45	-	531,45
Bourdj Sabath	528,64	528,64	528,64	528,64
Ras El Akaba	473,48	473,48	-	473,48
El Aria	-	546,76	546,76	546,76
Oulade Hababa	599,26	-	599,26	599,26
Moyenne P	544,31	520,08	562,63	542,57

1 : L'oued Bouhamdane élémentaire 2 : Oued Zenati

3 : Oued Sabath 4 : Ensemble de l'oued Bouhamdane

I. 4. 2. Méthode de TIHESSEN

Cette méthode consiste à diviser la surface du bassin en polygones dans lesquels on attribue à chaque poste pluviométrique un poids proportionnel à une zone d'influence, Ou P est la hauteur de précipitation sur le bassin total de superficie A.

$$Pmoy = \Sigma A_i * P_i / A$$

Pi : pluie moyenne $\mathbf{A_i}$; surface élémentaire d'égale précipitation ; **A** : surface totale du bassin.

Pour le bassin de l'oued Bouhamdane, cette méthode donne une hauteur pluviométrique moyenne annuelle de 550.85 mm.

Tab 32 : Application de la méthode de TIHESSEN (1968/69-2006/2007)

	1		2		3		4	
Station	Pi	Ai	Pi	Ai	Pi	Ai	Pi	Ai
Hammam	575,86	93.66	-	-	-	-	575,86	93.66
Ain Makhlouf	-	-	531,45	198.42	-	-	531,45	198.42
Bourdj Sabath	528,64	36.86	528,64	168.56	528,64	60.6	528,64	266.01
Ras El Agba	473,48	30	473,48	64.67			473,48	94.67
El Aria	-	-	546,76	160.5	546,76	161.85	546,76	322.35
Oulade Hababa	599,26	56.25	-	-	599,26	73.64	599,26	129.89
Total	-	216.7		592.15		296.06	-	1105
Pmoy	559,91		528.47		556,16		550,85	

1 : L'oued Bouhamdene élémentaire 2 : Oued Zenati

3 : Oued Sabath 4 : Ensemble de l'oued Bouhamdane

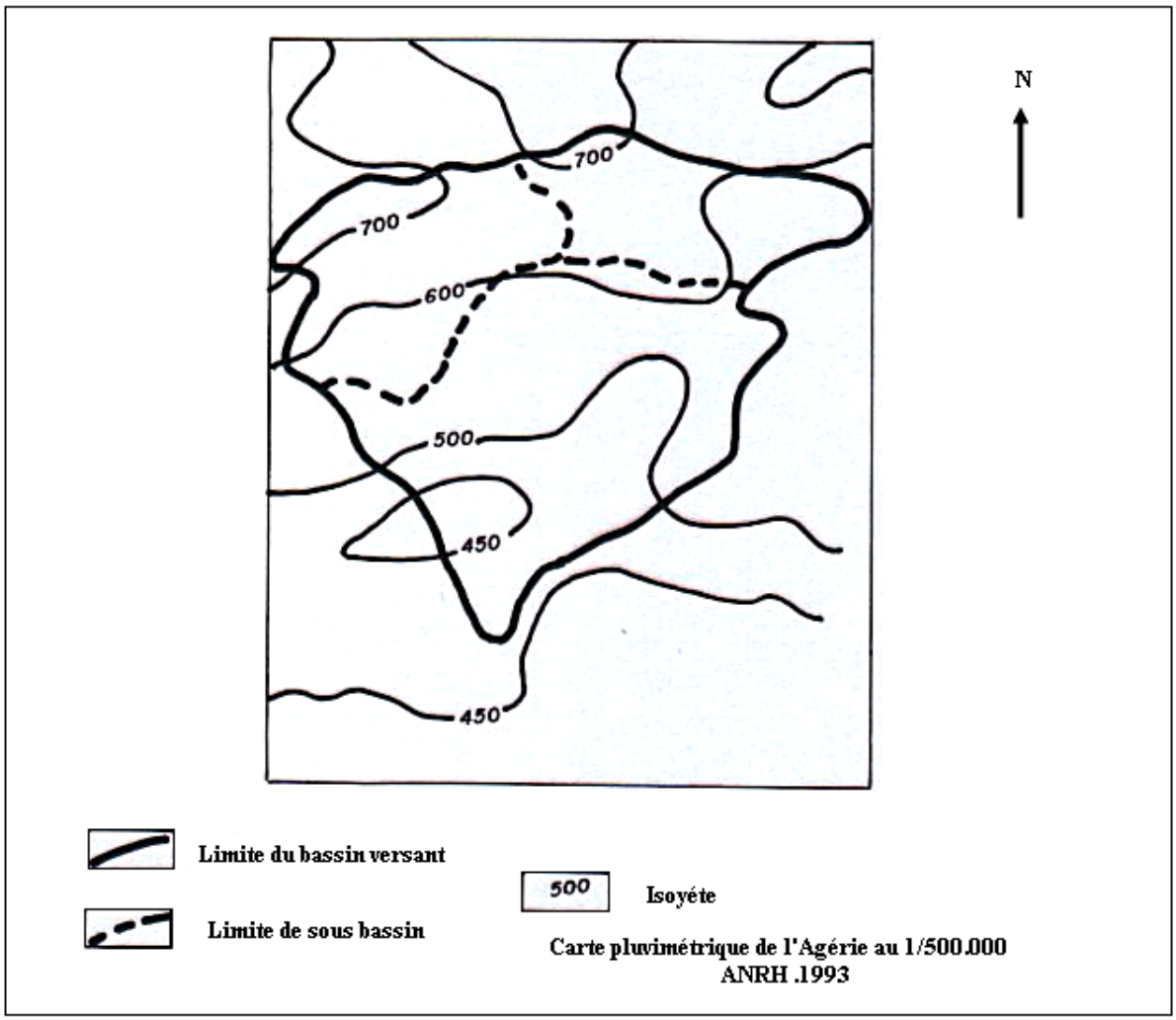
Tab.33 Comparaison entre les hauteurs des pluies moyennes annuelles du bassin de l'oued Bouhamdane

Bassin / Méthode	1	2	3	4
La moyenne arithmétique	544,31	520,08	562,63	542,57
Méthode de TIHESSEN	559,91	528.47	556,16	550,85
A.N.R.H	517.82	654.33	648.43	576.38

1 : L'oued Bouhamdane élémentaire 2 : Oued Zenati

3 : Oued Sabath 4 : Ensemble de l'oued Bouhamdane

Fig. 18 Carte des isohyètes des pluies moyennes annuelles (périodes 1922/1960-1969/1989)



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 39 années nous permettent de calculer les paramètres statistiques et de juger de la distribution des précipitations annuelles.

Pour un ajustement graphique on procède ainsi :

- On classe les 39 hauteurs annuelles de pluies par ordre croissant.
- On détermine la fréquence expérimentale de chaque Pi suivant la formule.

$$F = I - 0.5 / N$$

I : 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 la droite d'ajustement qui sert à estimer la loi de probabilité

Si les valeurs de P, sont distribuées normalement les points s'alignent et s'ajustent à une loi normale.

Pour toutes les stations du bassin de Bouhamdane s'ajustent à la 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 autours de la valeur empirique estimée, un intervalle de confiance pour un degré de confiance choisi.

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

$$x \pm t_{1-\alpha/2} \quad \delta /N$$

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

x : La moyenne annuelle sur une longe période (39ans).

δ : Ecart type de la période considérée.

Fig.19 Ajustement des précipitations annuelles a une loi de Gauss

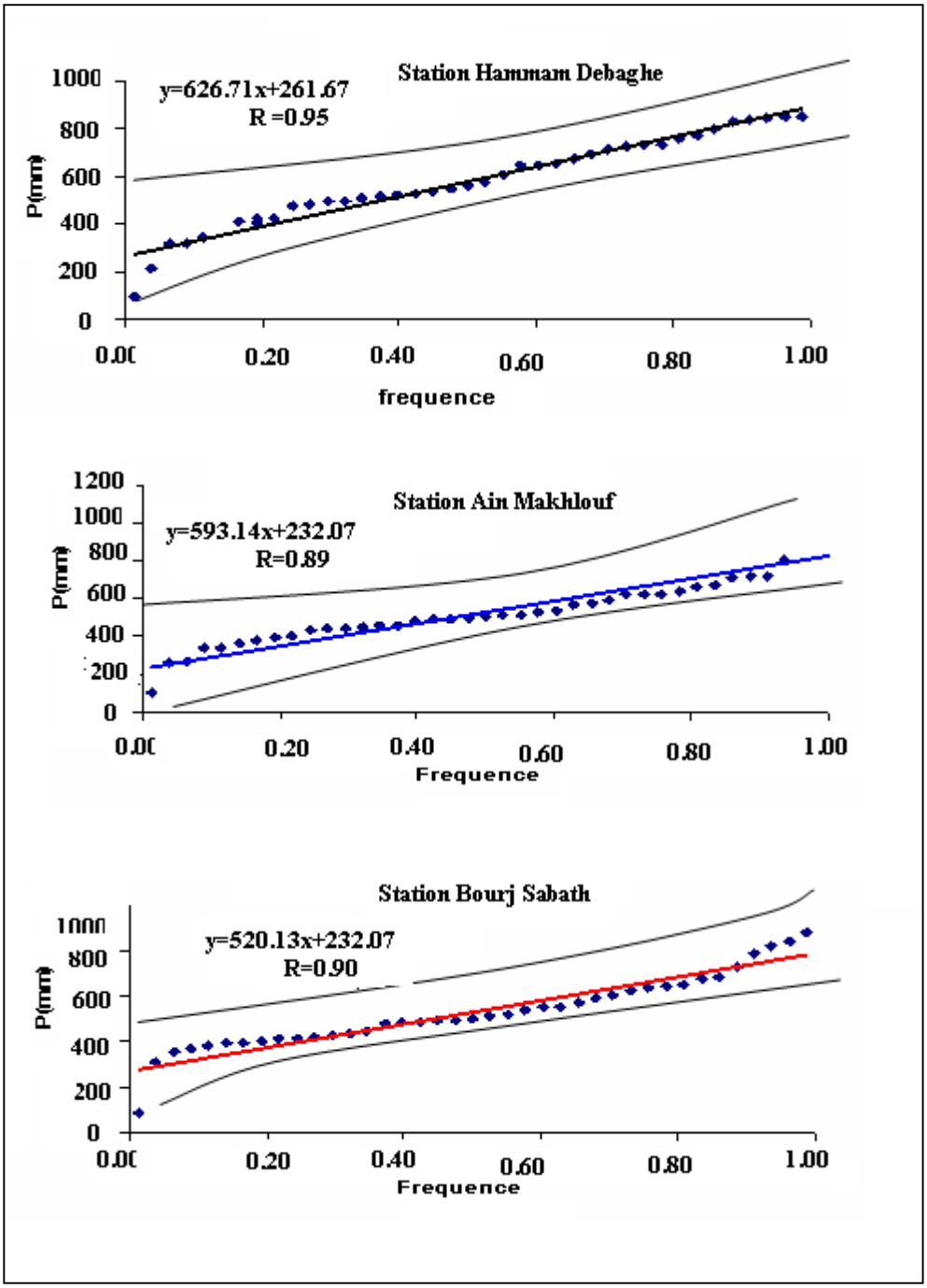
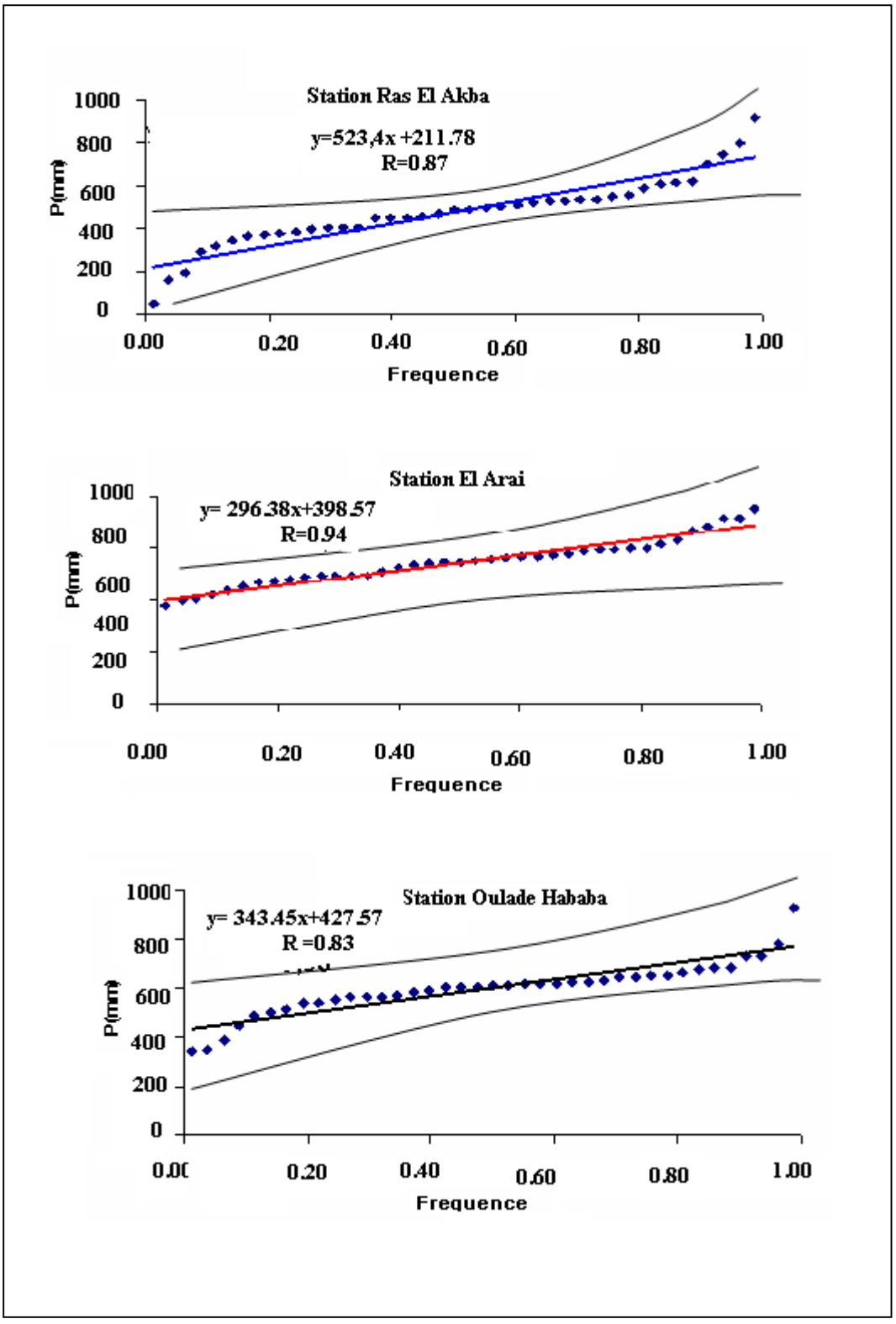


Fig.20 Ajustement des précipitations annuelles a une loi de Gauss



I.6. Les précipitations mensuelles et les régimes saisonniers

Le régime climatique du bassin versant de Bouhamdane est tranché en deux saisons : une saison humide où les précipitations sont supérieures à la moyenne mensuelle de l'année, et une saison sèche où les précipitations sont inférieures à la moyenne mensuelle de l'année.

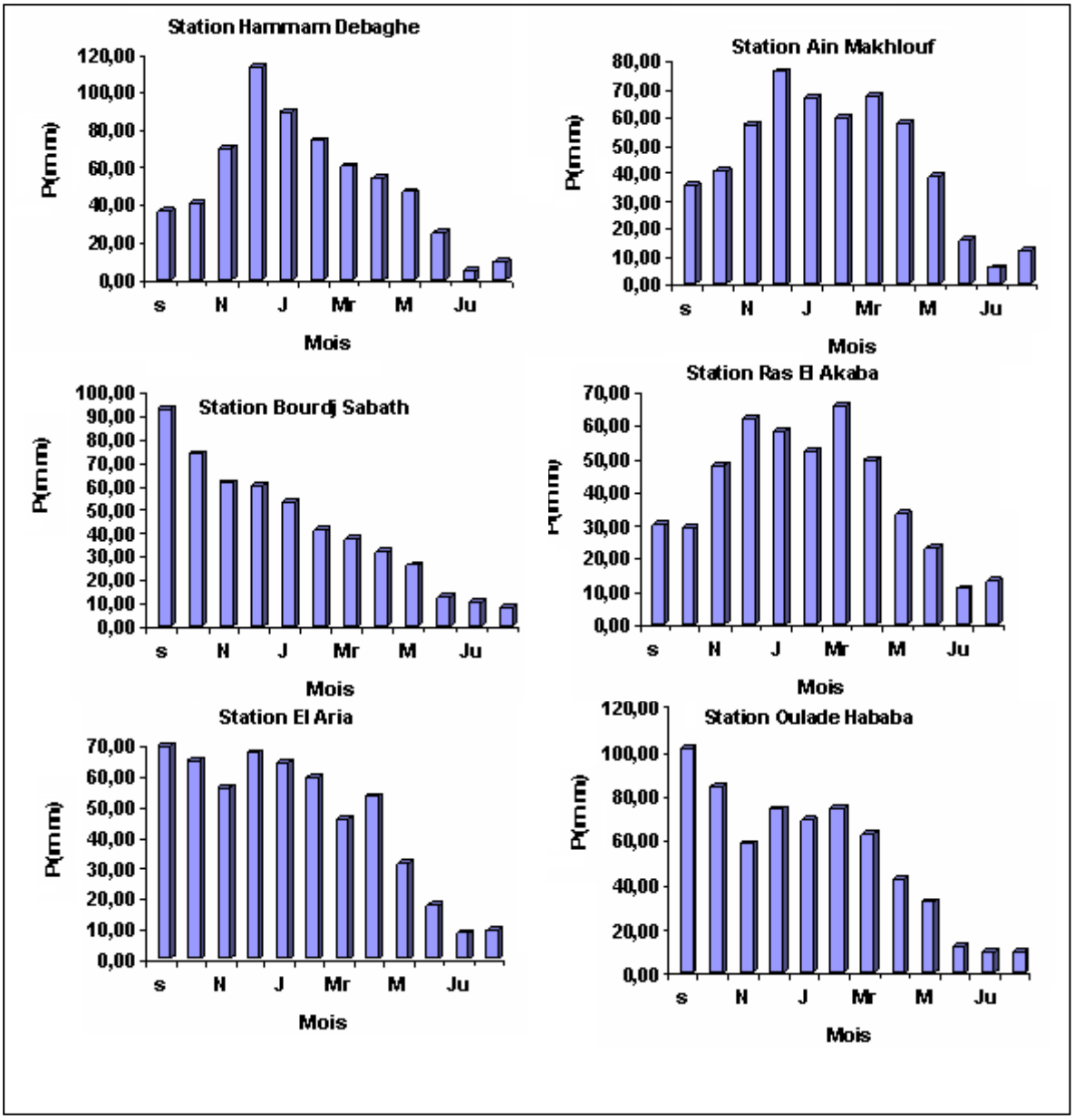
Tab 34 Les variations mensuelles des précipitations (1968/69-2006/07)

Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	j	j	A
1	36,28	39,63	69,56	112,77	88,82	73,89	60,22	53,01	46,15	24,36	4,72	9,70
2	34,76	39,87	56,85	75,91	66,69	59,19	67,38	57,40	38,08	15,30	5,42	11,45
3	92,18	73,50	61,18	60,15	53,01	40,92	37,04	31,21	25,62	12,26	9,66	7,73
4	29,72	28,68	47,57	61,32	57,80	51,68	65,36	48,89	32,76	22,77	10,38	12,67
5	69,00	64,34	55,48	67,11	63,72	59,24	45,70	52,99	30,90	17,41	8,22	9,21
6	101,40	83,71	57,96	73,88	68,93	74,31	62,31	41,68	31,99	11,90	9,25	9,46

1 : Hammam, 2 : Ain Makhlouf, 3 : Bourdj Sabath,

4 : Ras El Akaba ; 5 : El Aria ,6 Oulade Hababa

Fig.21. Les variations mensuelles des précipitations (1968/69-2006/07)



- **Répartition pluviométrique interannuelle**

La variabilité interannuelle des modules pluviométriques est bien exprimée par le coefficient de variation traduisant la dispersion relative des pluies.

$$\mathbf{c.v = \delta / P_{moy}}$$

c.v : coefficient de variation **P moy** : moyenne pluviométrique (mm)

δ : Ecart- type (mm)

Les valeurs du coefficient de variation annuel varient entre 0.45 et 0.95, ce qui implique une variabilité assez faible dans l'ensemble, surtout en comparaison avec la variabilité des précipitations mensuelles

La forte variabilité des précipitations mensuelles apparaît à travers les valeurs extrêmement élevées du coefficient de variation mensuel

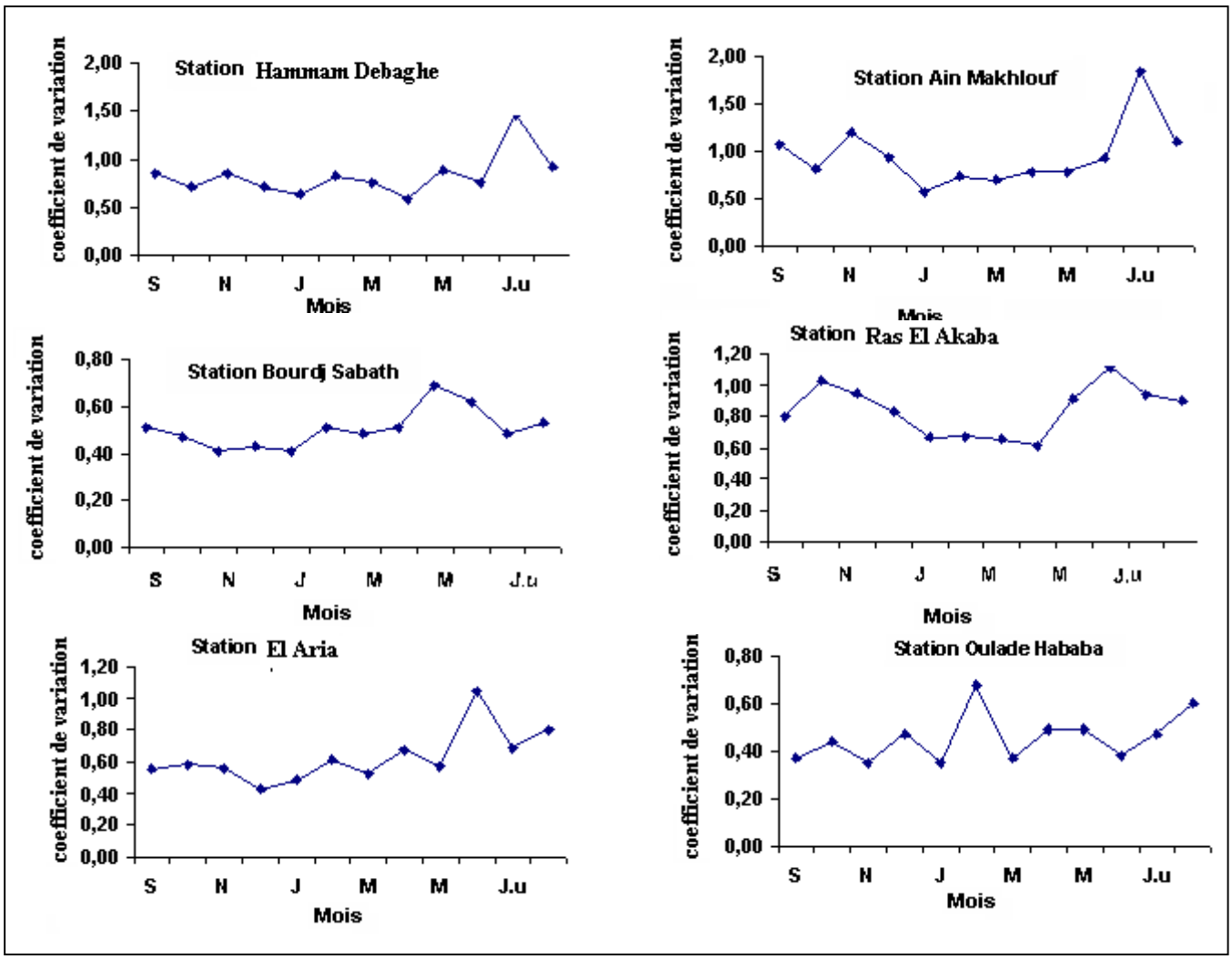
Les valeurs du coefficient de variations les plus fortes concernent les mois d'été, avec un maximum au mois de juillet, de l'ordre de 1.45 à la station de Hammam ; l .84 à la station de Ain Makhlouf,;1.11 à la station de Ras El Agba En revanche, les valeurs du coefficient de variation les plus faibles se situent en saison pluvieuse pour les mois de Janvier Décembre et Novembre sont : 0.34à la station de Oulade Hababa ; 0.41 à la station Bourdj Sabath, 0.43 à la station d'El Aria Tab 35

Tab 35 Représentation moyenne ; écart –type et le coefficient de variation de la série pluviométrique (1968/69 -2006/07).

Station		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A.	Moy annuel
1	P_{moy}	36,28	39,63	69,56	112,77	88,82	73,89	60,22	53,01	46,15	24,36	4,72	9,70	
	δ	30,70	28,13	59,06	79,59	55,72	59,72	45,43	30,04	40,41	18,61	6,84	8,85	
	c.v	0,85	0,71	0,85	0,71	0,63	0,81	0,75	0,57	0,88	0,76	1,45	0,91	**0,82**
2	P_{moy}	34,76	39,87	56,85	75,91	66,69	59,19	67,38	57,40	38,08	15,30	5,42	11,45	
	δ	36,89	32,38	67,64	71,64	37,94	42,45	46,79	43,97	29,32	14,09	9,99	12,52	
	c.v	1,06	0,81	1,19	0,94	0,57	0,72	0,69	0,77	0,77	0,92	1,84	1,09	**0,95**
3	P_{moy}	92,18	73,50	61,18	60,15	53,01	40,92	37,04	31,21	25,62	12,26	9,66	7,73	
	δ	46,61	34,86	25,25	26,13	21,59	21,02	17,82	15,78	17,78	7,57	4,67	4,13	
	c.v	0,51	0,47	0,41	0,43	0,40	0,51	0,48	0,51	0,69	0,62	0,48	0,53	**0,50**
4	P_{moy}	29,72	28,68	47,57	61,32	57,80	51,68	65,36	48,89	32,76	22,77	10,38	12,67	
	δ	23,70	29,34	45,31	50,65	38,05	34,44	42,70	29,86	29,82	25,31	9,74	11,45	
	c.v	0,80	1,02	0,95	0,83	0,66	0,67	0,65	0,61	0,91	1,11	0,94	0,90	**0,84**
5	P_{moy}	69,00	64,34	55,48	67,11	63,72	59,24	45,70	52,99	30,90	17,41	8,22	9,21	
	δ	37,86	37,15	30,90	28,81	30,84	35,87	23,73	35,82	17,61	18,30	5,63	7,35	
	c.v	0,55	0,58	0,56	0,43	0,48	0,61	0,52	0,68	0,57	1,05	0,69	0,80	**0,84**
6	P_{moy}	101,4	83,71	57,96	73,88	68,93	74,31	62,31	41,68	31,99	11,90	9,25	9,46	
	δ	37,85	36,65	20,25	34,68	24,09	50,70	23,29	20,37	15,70	4,58	4,35	5,68	
	c.v	0,37	0,44	0,34	0,47	0,35	0,68	0,37	0,48	0,49	0,38	0,47	0,60	**0,45**

1 **:** Hammam, 2 : Ain Makhlouf, 3 : Bourdj Sabath,
4 : Ras El Agba ; 5 : El Aria ,6 Oulade Hababa

Fig. 22 Représentation graphiques de coefficient de variation de la série pluviométrique (1968/69 -2006/07).



II. Les températures et facteurs climatiques

II.1. Les températures

Les températures régissent directement, en interaction avec les autres facteurs météorologiques (insolation, humidité, précipitation, ...etc.) ; et biogéographiques, le développement de la végétation, le phénomène de l'évapotranspiration et ainsi que le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. Pour l'étude des températures, et en l'absence de données pour quelque stations retenues, nous avons utilisée les données des stations météorologiques : Hammam Debaghe ; Bourdj Sabath et Ras El Agba

Tab. 36 Températures moyennes mensuelles des trios stations du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J.	J.	A.	moy
1	25,61	20,97	14,04	10,32	9,18	10,26	13,29	16,64	22,21	26,52	30,13	29,99	19,09
2	23.23	19.16	13.50	9.60	8.29	9.05	10.88	12.99	17.19	21.37	25.09	25.72	16.34
3	22.05	17.98	12.32	8.42	7.11	7.87	9.70	11.81	16.01	20.19	23.91	24.54	15,16

1: Hammam Debaghe, 2: Bourdj Sabath, 3: Ras El Agba

A ta station de Hammam Debaghe, on distingue deux périodes :

La première où la température décroît du mois d'août 29,99°C jusqu'au mois de janvier 9,18°C, et la deuxième où la température croit progressivement du mois de février 10,26 °C au mois d'août.

A la station d Bourdj Sabath, on distingue également deux périodes :

La première où la température décroît du mois d'août avec un maximum 25.72 °C jusqu'au mois de janvier 8.29 °C, et la deuxième où la température croit du mois de février 9.05°C au mois d'août

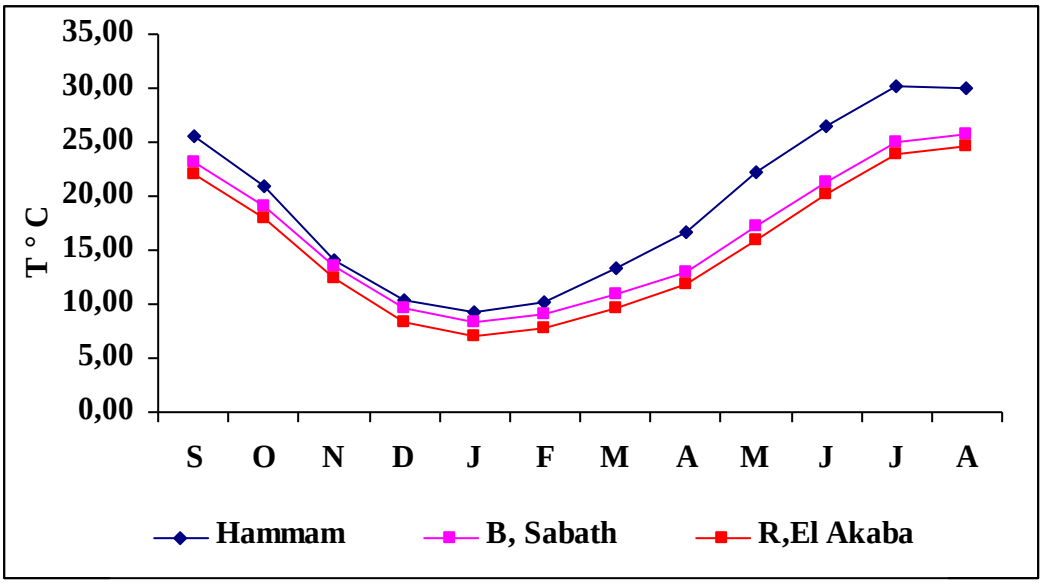
A la station de Ras el Agba, on distingue également deux périodes :

La première où la température décroît du mois d'août avec un maximum24.54°C jusqu'au mois de janvier, et la deuxième où la température croit du mois de février 7.87°C au mois d'août.

D'après ces remarque on peut tiré une remarque essentielle, est la division de l'année en deux saisons thermique :

- **La saison chaude** s'étend de mai en octobre, où les températures moyennes sont supérieures à la moyenne annuelle, avec un maximum en août.
- **La saison froide** correspond à novembre avril avec un minimum en janvier .

Fig. 23 Variation Températures moyennes mensuelles des trios stations du bassin versant de l'oued Bouhamdane



II .2 .facteurs climatiques

II. 2.1. L'humidité relative de l'air.

L'humidité relative est l'un des paramètres principaux du cycle hydrologique. Elle conditionne l'évaporation. Le tableau 37 montre que durant toute l'année, l'air est relativement humide à plus de 50%.

II. 2.2. 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

L'examen du tableau, montre que durant les années d'observation, le mois de juillet est le plus ensoleillé, cumulant plus de 357 heures de soleil

II. 2.3. Le vent

Les vents du N-W sont les plus fréquents a l'hiver (fréquence supérieure à 30%). Moins fréquents en été, ils sont dominés par les vents du N-E, dont la fréquence se situe entre 27et30%. Les données relatives au vent à la station de Hammam Debaghe sont reportées sur le tableau

Tab37 Données climatiques de la station Hammam Debaghe (1988/89-2006/07)

Mois	Humidité Relative (%)	l'ensoleillement (heure/an)	Vitesse de vent (m/s)
S	63.92	244.7	1.74
O	68.46	203.1	1.54
N	73.38	164.3	1.72
D	76.07	151.2	1.83
J	76.69	160.4	1.43
F	76.61	175.4	1.67
M	74.23	210.4	1.84
A	72.26	222.9	2.00
M	69.00	277.9	1.76
J	62.84	292.9	1.96
J	54.30	357.3	1.94
A	55.84	319	1.84

Source (Office de météo national)

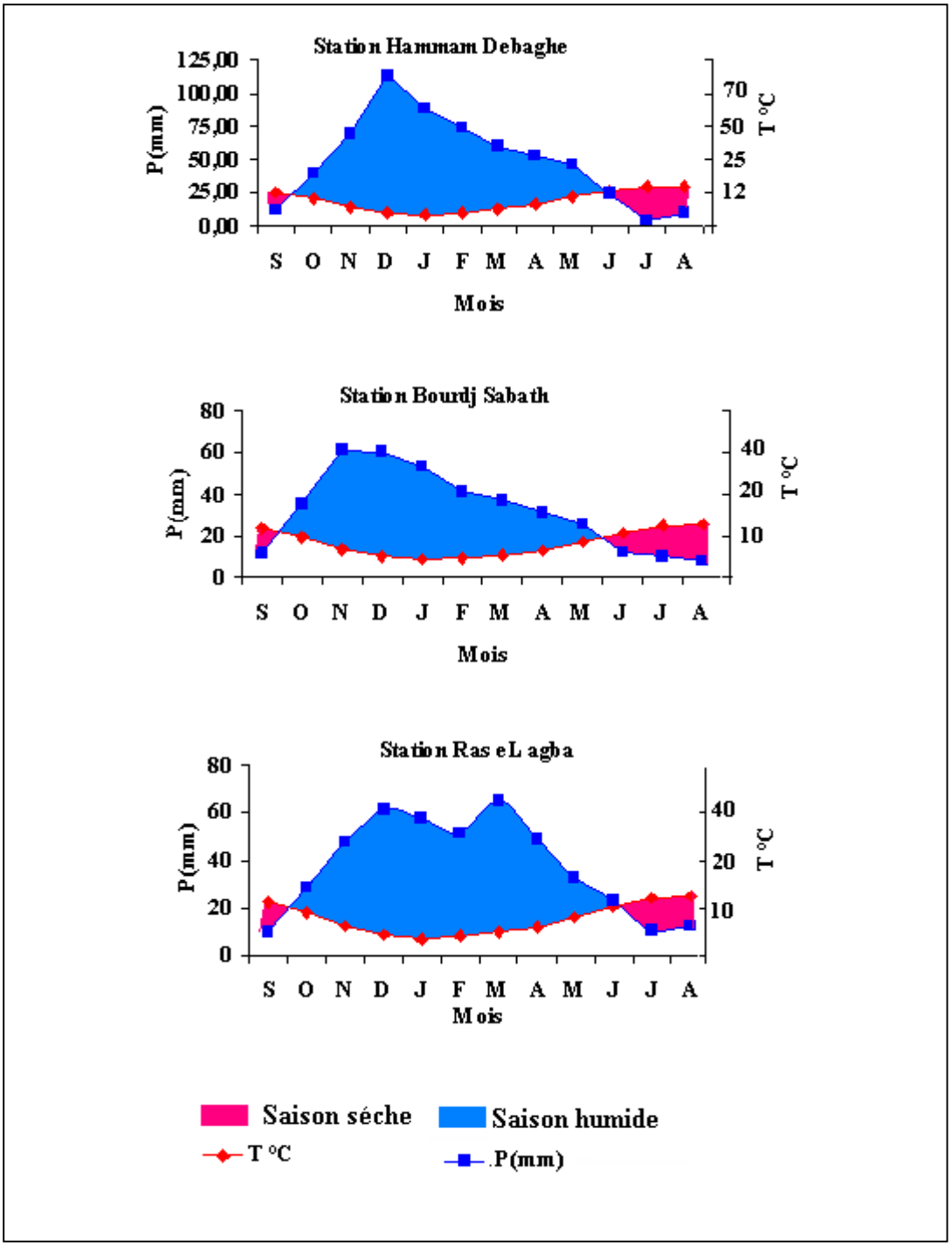
III. Relation température – précipitation

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

La saison de sécheresse au trois stations débutent au début du mois mai et se termine au début du mois d'octobre, alors que La saison humide ; elle commence du mois novembre, et se termine à la fin du mois avril

Fig.24 Diagramme ombro – thermique des stations retenues du bassin versant de l'oued Bouhamdane



IV. Le bilan hydrique du bassin versant de l'oued Bouhamdanne

Le but de l'analyse du bilan hydrique est d'évaluer la répartition des précipitations entre les différents composants de ce bilan, à savoir l'écoulement, l'infiltration et l'évapotranspiration.

$$P = ETR + R + I$$

P : la précipitation moyenne annuelle en mm. I : l'infiltration en mm

ETR : l'évapotranspiration réelle en mm. R : le ruissellement en mm.

IV. 1. L'évapotranspiration :

Le paramètre évapotranspiration a une grande importance pour les études hydrologiques, car il intéresse le bilan hydrologique ainsi que les réserves souterraines.

Nous appelons évapotranspiration la quantité d'eau perdue par le sol pendant une période déterminée par évaporation directe et par consommation due aux végétaux.

On peut aussi définir l'évapotranspiration comme étant l'ensemble des phénomènes d'évaporation des plans d'eau (processus physique) et de la transpiration des plantes (phénomènes biologiques), on distingue;

IV. 1. 1. L'évapotranspiration potentielle (ETP) :

L'évapotranspiration potentielle ou ETP représente la quantité d'eau maximum qui peut être perdue pour des conditions météorologiques données et pour un stock d'eau du sol maximum et infiniment renouvelable.

D'après C.W Thorntirwaite, l'évapotranspiration potentielle ETP correspond à la perte en eau qui se produisant si à aucun moment il n'y avait dans le sol déficit dans les besoins de la végétation.

Les études faites par C.W Thorntirwaite a abouti à l'établissement d'une formule qui tient compte des différents climats, en prenant en considération l'élément climatique majeur la température.

$$ETP\ (mm) = 16\ (10\ T/I)^{a}.K$$

Avec

$I = \sum i$ $\qquad i = (T/5)^{1.51}$ $\qquad a = (l, 61/100).I + 0.5$

T: température moyenne du mois considéré °C

ETP: évapotranspiration potentielle du mois considérée mm

K : cœfficients d'ajustement mensuel I : indice Thermique

Les résultats des calcules des trois stations sont représentés dans le tableau 38

Tab 38 Calcul de l' ETP (mm) selon la formule de C.W Thorntirwaite

Mois	Hammam	Bourdj Sabath	Ras El Agba
S	122,34	113,58	111,53
O	76,48	76,79	73,37
N	29,79	37,28	35,52
D	15,48	20,26	18,87
J	12,31	16,3	14,91
F	15,48	18,52	14,57
M	31,88	30,81	29,02
A	53,98	44,63	42,46
M	107,32	79,49	76,01
J	155,66	116,5	111,08
J	205,52	156,1	147,99
A	190,44	152,4	144,32
Total	1016,68	862,66	819,65

IV. 1. 2. L'évapotranspiration réel (ETR) ou déficit d'écoulement E

C'est la quantité d'eau évaporée ou transpirée selon les influences climatiques réelles et de la disponibilité des réserves d'eau (surface libre, sol, végétation)

En calculant le déficit d'écoulement potentiel E avec la formule de Turc.

- **Méthode de Turc :**

Turc est arrivé à établir une formule celle-ci est la suivant :

$$\mathbf{ETR= P/\sqrt{0.9+P^2\ /L^2}}$$

Avec :

L = $300+25T+0.05T^3$ **P** : précipitation moyenne annuelle

T : température moyenne annuelle en°C

Tab 39 Résultats de ETR par la méthode Turc

Paramètres	P (mm)	T (°C)	ETR (mm/an)
Hammam Debaghe	619,11	19,09	564,51
Bourdj Sabath	504,45	16,34	461,20
Ras El Agba	469,59	15,16	428,15

❖ **Méthode de C.W Thorntirwaite**

Elle consiste à calculée l'E T R par les méthodes et les formules convenables pour chaque mois ; et d'avoir les hauteurs moyennes mensuelles des précipitations

Tab 40 Résultats de ETR par la méthode de C.W Thorntirwaite des déférents stations

Paramètres	P (mm)	T (°C)	ETP (mm)	ETR (mm)
Hammam Debaghe	619,11	19,09	1016,68	380,6
Bourdj Sabath	504,45	16,34	862,66	438,97
Ras El Agba	469,59	15,16	819,65	392,33

Remarque :

La comparaison entre les deux résultats montre que celui calculé par la méthode du Turc est plus grand que celui calculé par la méthode de C.W Thorntirwaite qui est plus convenable pour l'approximation de la valeur de l'ETR.

IV. 2. Estimation du ruissellement (R)

Le cœfficients de ruissellement (R) est calculé par la formule de M.J Tixeront et Berkaloff.

$$\mathbf{R= P^3 / 3*(ETP)^2}$$

R : Ruissellement annule (mm) P : Précipitation annuelle (mm)

ETP : évapotranspiration potentielle (mm)

Les résultats des calcules sont donnés dans le tableau (24)

Tab 41: Résultats des ruissellements (R) des déférents stations

Paramètres	P (mm)	ETP (mm)	R (mm)
Hammam Debaghe	619,11	1016,68	76,53
Bourdj Sabath	504,45	862,66	57,50
Ras El Agba	469,59	819,65	51,38

IV. 3. Estimation de l'infiltration :

L'infiltration est difficile à calculer Quand on 'a pas des mesures faites sur le terrain, elle a été estimée de l'équation du bilan de l'eau :

$$I = P - ETR - R$$

Avec :

I : l'infiltration ETP : évapotranspiration réelle

P : Précipitation Annuelle (mm) R : Ruissellement Annule (mm)

Les résultats des calcules sont donnés dans le tableau

Tab 42 : Résultats de l'infiltration I (mm) des déférents stations

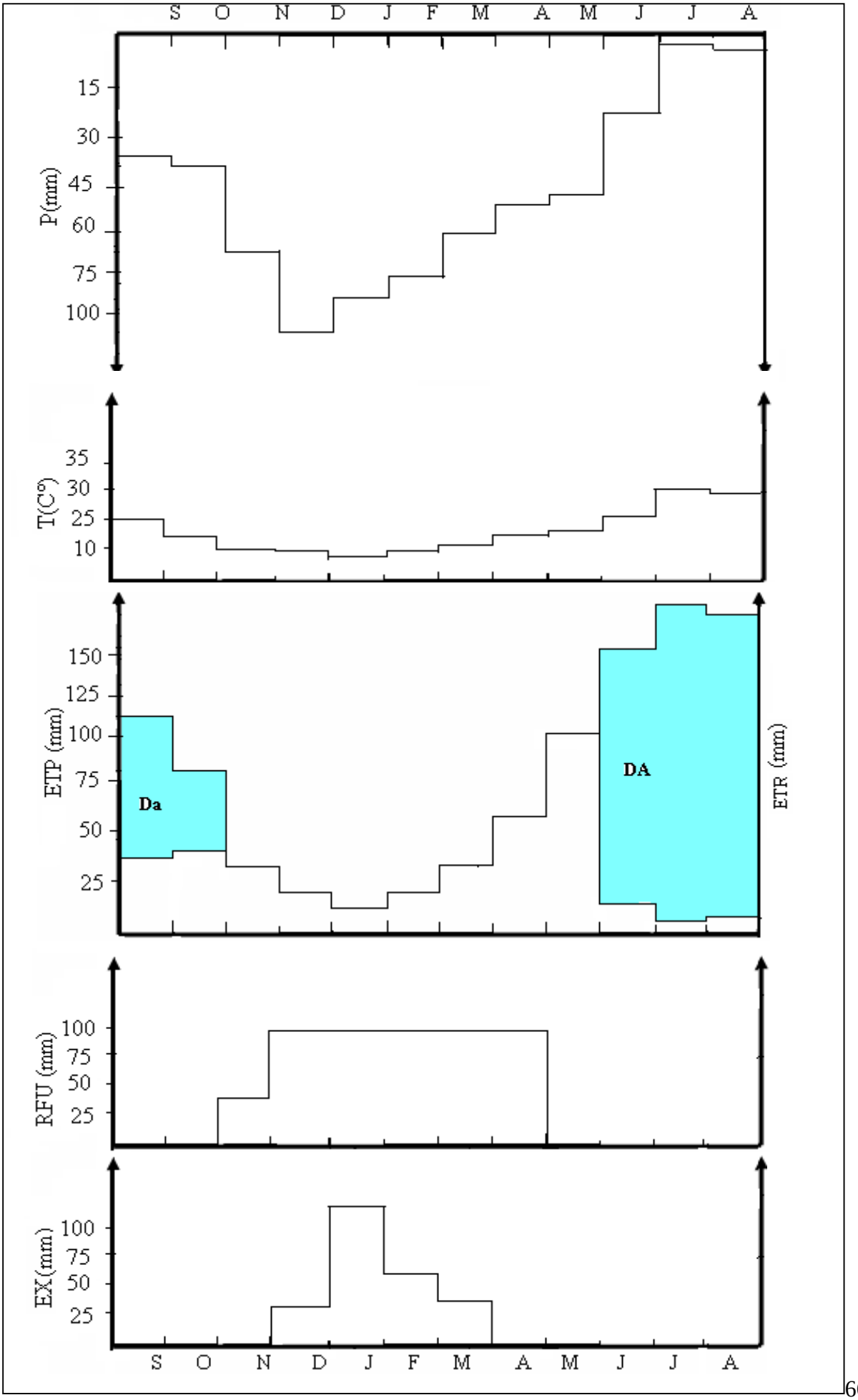
Paramètres	P (mm)	ETR (mm)	R (mm)	I(mm)
Hammam Debaghe	619,11	380,6	76,53	161,98
Bourdj Sabath	504,45	438,97	57,50	7,98
Ras El Agba	469,59	392,33	51,38	25,88

On remarque que les quantités des eaux du ruissellement et de l'infiltration sont faibles par rapport aux valeurs des paramètres tels que l'ETR et l' ETP

Tab 43 : Résultats de bilan hydrique de C .W Thorntirwaite de la station Hammam

Mois / Paramètres	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A.	Total
T°C	25,61	20,97	14,04	10,32	9,18	10,26	13,29	16,64	22,21	26,52	30,13	29,99	
I	11,78	8,71	4,75	2,98	2,5	2,96	4,37	6,14	9,5	12,62	15,06	14,95	96,32
K	1.03	0.97	0.86	0.84	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
P mm	36,28	39,63	69,56	112,77	88,82	73,89	60,22	53,01	46,15	24,36	4,72	9,7	619,11
ETP mm	122,34	76,48	29,79	15,48	12,31	15,48	31,88	53,98	107,32	155,66	205,52	190,44	1016,68
RFU mm	0	0	39,77	100	100	100	100	46,02	0	0	0	0	485,79
ETR mm	36,28	39,63	29,79	15,48	12,31	15,48	31,88	53,98	106,99	24,36	4,72	9,7	380,6
EX mm	0	0	0	27,08	121,14	58,41	31,88	0	0	0	0	0	238,51
DA mm	86,06	36,85	0	0	0	0	0	0	0,33	131,3	200,8	180,74	636,08

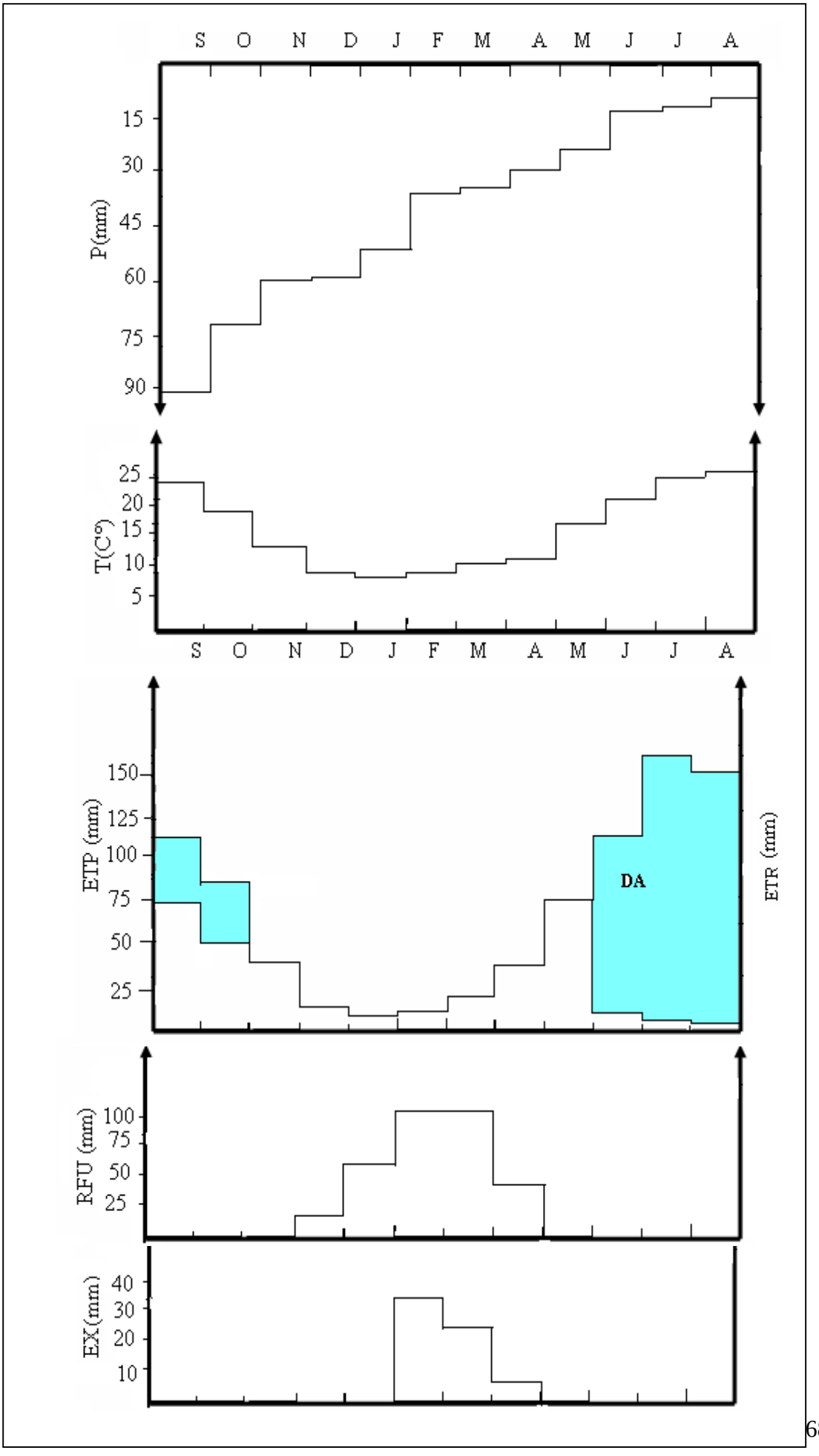
Fig. 25 Bilan d'eau de C .W Thorntirwaite de la station Hammam Debaghe


S O N D J F M A M J J A
P(mm)
15
30
45
60
75
100
T(C°)
35
30
25
10
ETP (mm)
150
125
100
75
50
25
Da
DA
ETR (mm)
RFU (mm)
100
75
50
25
EX(mm)
100
75
50
25
S O N D J F M A M J J A

Tab 44 : Résultats de bilan d' eau de C .W Thorntirwaite de la station Bourdj Sabath

Mois / Paramètres	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A.	Total
T°C	23.23	19.16	13.50	9.60	8.29	9.05	10.88	12.99	17.19	21.37	25.09	25.72	
I	10,16	7,6	4,48	2,67	2,14	2,44	3,23	4,22	6,45	8,96	11,42	11,85	75,62
K	1.03	0.97	0.86	0.84	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
P (mm)	92,18	73,50	61,18	60,15	53,01	40,92	37,04	31,21	25,62	12,26	9,66	7,73	504,45
ETP (mm)	113,58	76,79	37,28	20,26	16,3	18,52	30,81	44,63	79,49	116,5	156,1	152,4	862,66
RFU (mm)	0	0	23,9	63,79	100	100	100	55,37	0	0	0	0	443,06
ETR (mm)	92,18	73,5	37,28	20,26	16,3	18,52	30,81	44,63	75,84	12,26	9,66	7,73	438,97
EX (mm)	0	0	0	0	36,71	22,4	6,23	0	0	0	0	0	65,34
DA (mm)	21,4	3,29	0	0	0	0	0	0	3,65	104,24	146,44	144,67	423,69

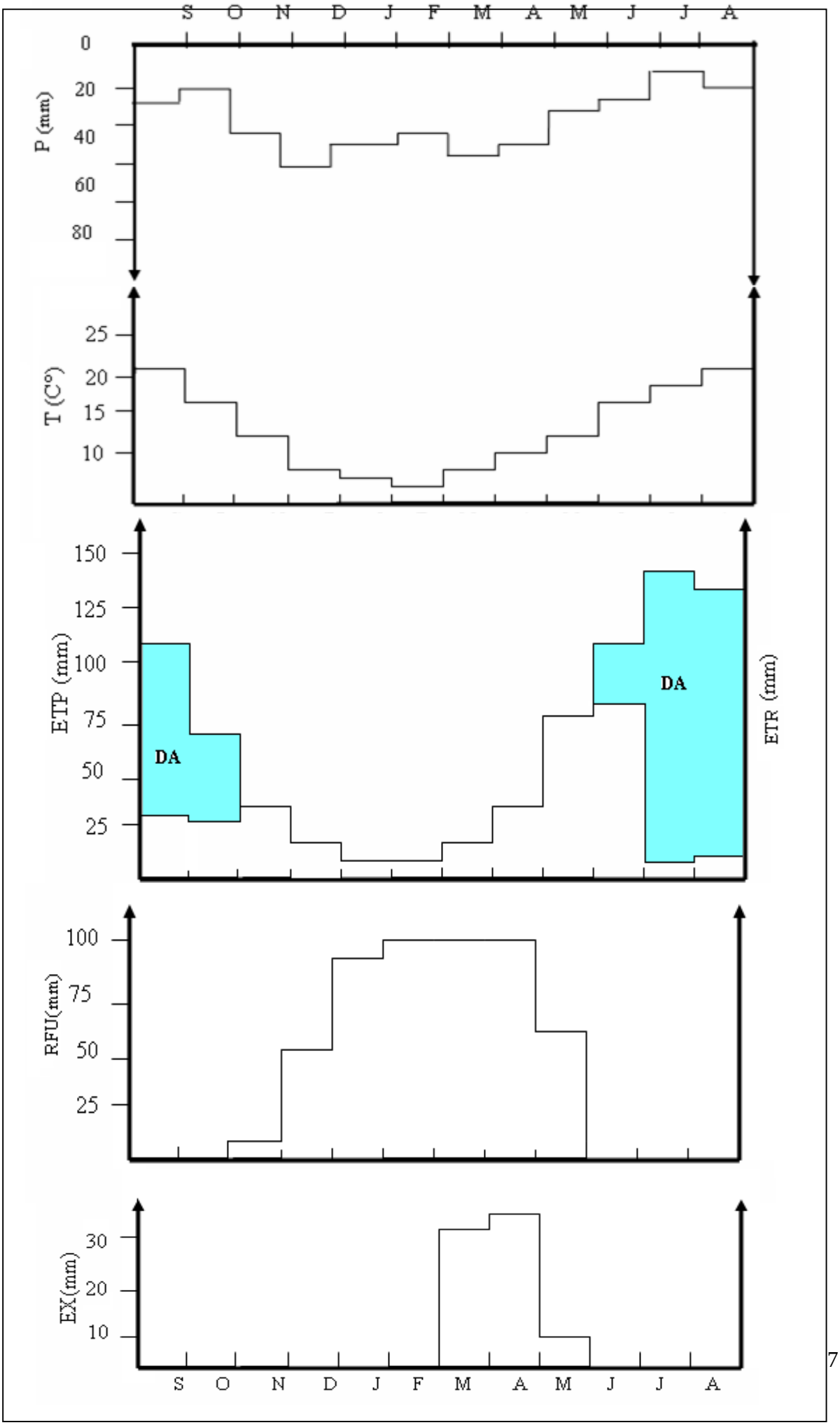
Fig. 26 Bilan d'eau de C .W Thorntirwaite de la station Bourdj Sabath


S O N D J F M A M J J A
P(mm)
15
30
45
60
75
90
T(C°)
25
20
15
10
5
S O N D J F M A M J J A
ETP (mm)
150
125
100
75
50
25
DA
ETR (mm)
RFU (mm)
100
75
50
25
EX(mm)
40
30
20
10

Tab 44 : Résultats de bilan d'eau de C .W Thorntirwaite de la station Ras El Agba

Mois / Paramètres	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
T°C	22.05	17.98	12.32	8.42	7.11	7.87	9.70	11.81	16.01	20.19	23.91	24.54	
I	9,38	6,9	3,9	2,19	1,7	1,98	2,72	3,66	5,79	8,22	10,62	11,04	68,1
K	1.03	0.97	0.86	0.84	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
P (mm)	29,72	28,68	47,57	61,32	57,80	51,68	65,36	48,89	32,76	22,77	10,38	12,67	469,59
ETP (mm)	111,53	73,37	35,52	18,87	14,91	14,57	29,02	42,46	76,01	111,08	147,99	144,32	819,65
RFU (mm)	0	0	12,05	54,5	97,39	100	100	100	56,75	0	0	0	520,69
ETR (mm)	29,72	28,68	35,52	18,87	14,91	14,57	29,02	42,46	76,01	79,52	10,38	12,67	392,33
EX (mm)	0	0	0	0	0	34,5	36,34	6,43	0	0	0	0	77,27
DA (mm)	81,81	44,69	0	0	0	0	0	0	0	31,56	137,61	131,65	427,32

Fig. 27 Bilan d'eau de C .W Thorntirwaite de la station Ras El Agba


S O N D J F M A M J J A
P (mm)
0
20
40
60
80
T (C°)
25
20
15
10
ETP (mm)
150
125
100
75
50
25
DA
DA
ETR (mm)
RFU(mm)
100
75
50
25
EX(mm)
30
20
10
S O N D J F M A M J J A

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

Avant d'aborder l'analyse de l'écoulement proprement dit, il importe d'évoquer d'abord, l'organisation du réseau hydrométrique et la qualité de la série d'observation, dont dépend l'exactitude des résultats ; Puis on procède à l'évaluation de l'écoulement moyen annuel qui interfère avec les autres facteurs climatiques déjà étudiés (les précipitations et l'évaporation), dans le bilan hydrologique.

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

Le bassin de l'oued Bouhamdane a une superficie de 1105 km^2 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

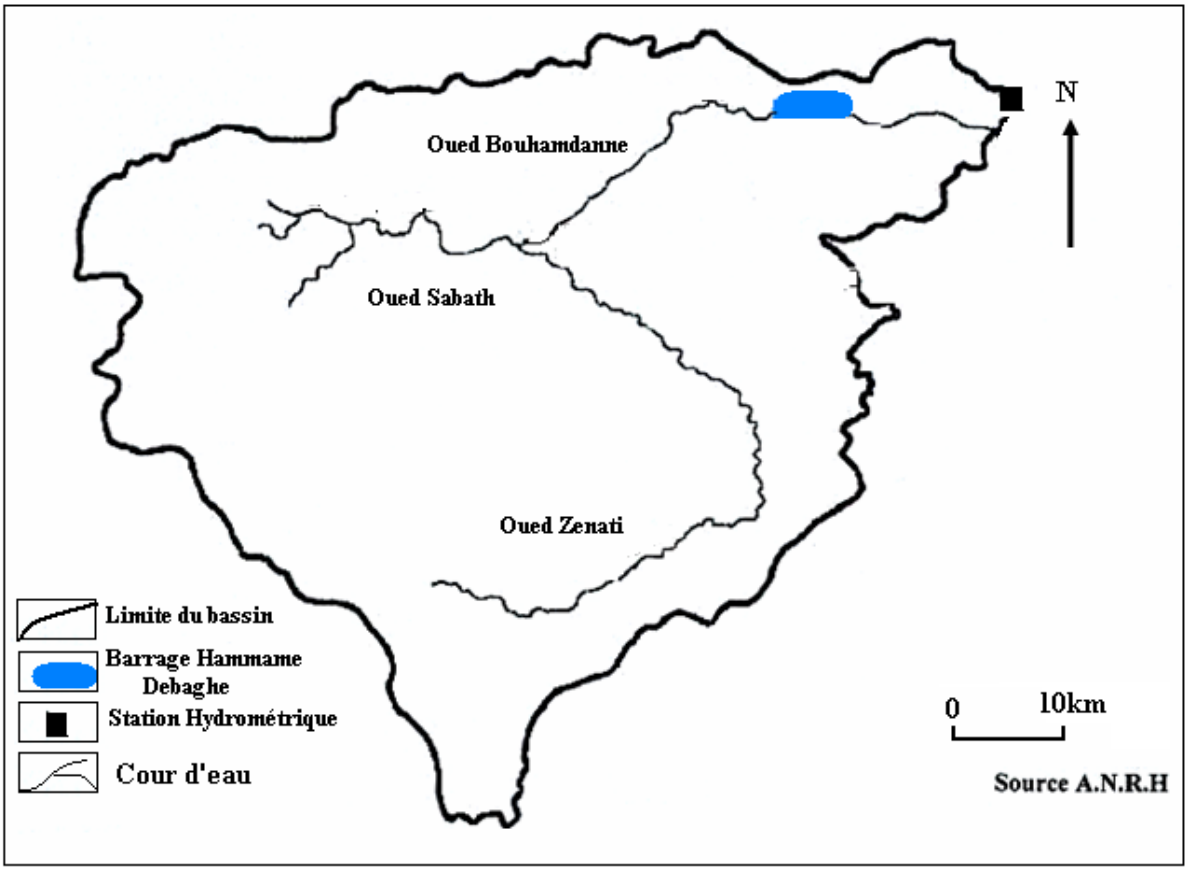
Actuellement, une station de jaugeage fonctionne dans le bassin, il s'agit de la station permanente de Medjez amar II; La station de Bourdj Sabath à été abandonnée après seulement une année de fonctionne

La série hydrométrique disponible couvre une période de 39 ans (1968/69-/2006-07) La série de débits est complète, et ne comportent aucune lacune ; notre analyse faite sur des données réellement observées.

I. 1. 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.

Fig. 28 Carte d'équipement hydrométrique du bassin versant de l'oued Bouhamdane



I. 2. 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 6,83 m^3/s pendant 39 années d'observation

Le calcul de la lame écoulée se fait selon la formule suivant

$$\mathbf{Le = [Q_{moy}*(31.56*10^3)] / S}$$

Le : La lame d'eau annuelle écoulée (mm). S : La superficie du bassin (km^2)**.**

Qmoy : Le débit moyen *(*m^2/s).

Tab 46. Débit absolu, débit spécifique et lame écoulée (1968/69-2006/07)

Bassin versant	S (km^2)	Q_{moy} (m^3/s)	Qs ($l/s/Km^2$)	Le (mm)	Pmoy (mm)
Oude Bouhamdane	1105	6,83	6.18	195.07	575,86

L'analyse des résultats semble avoir des écarts entre les formules, sauf celle de DERY l qui donne des valeurs très proche à la réalité, donc elle est adaptable pour notre région d'étude.

II. Le bilan hydrologique et le déficit d'écoulement

L'établissement d'un bilan hydrologique suppose l'unification des unités des différents ternies utilisés dans ce bilan ; l'unité adéquate la plus utilisée est la lame d'eau en (mm). 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.

Sachant que pour une série d'années consécutives, les variations des réserves souterraines entre le début et la fin de la période sont négligeables devant "P" et "Le"

L'équation du bilan hydrologique est :

$$\mathbf{P=Le+D}$$

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 qui, en tant que valeur relative, reflète mieux le rôle diversifié des facteurs physico géographiques propres du bassin versant

$$\mathbf{C = Le /P\ 100}$$

Ces composantes du bilan hydrologiques ont été calculées pour le bassin contrôlé par la station hydrométrique

Tab 47 Bilan moyen annuel de l'écoulement (1968/69-2006/ 2007)

Bassin	Station	Qmoy(m^3/s)	Pmoy(mm)	Le (mm)	D (mm)	C (%)
Oued Bouhamdane	Medjez Ammar	6,83	575,86	195.07	380.79	33.87

Le bassin versant de l'oued Bouhamdane présente une la lame d'eau écoulée est de l'ordre de 195.07mm 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 33%), en raison de l'influence du couvert végétale dégradé et la nature lithologique moyennement perméable qui prédomine.

II. 1. Variations inter annuelles de l'écoulement

II. 1. 1. L'hydraulicité et ses variations

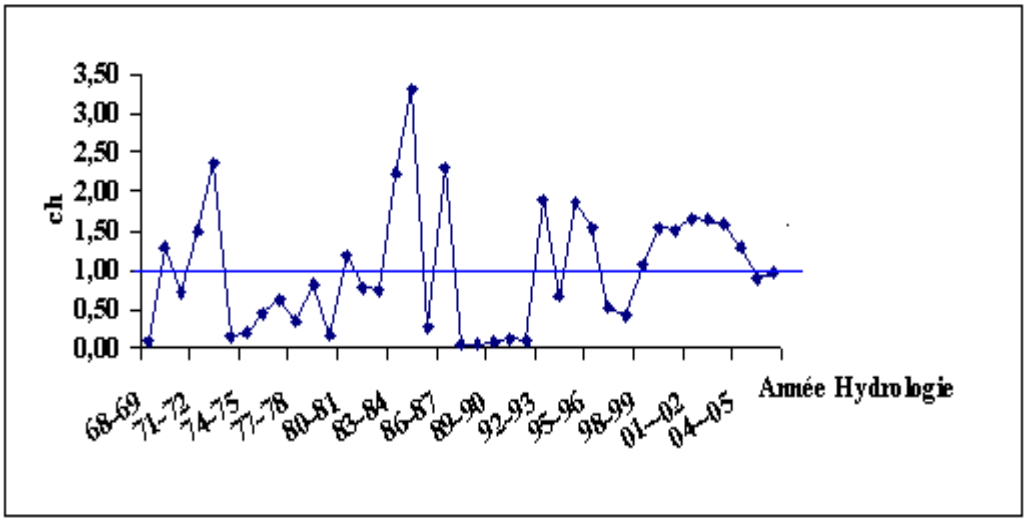
L'analyse des données relatives aux variations mensuelles et annuelles des débits à la station hydrométrique de Medjez amar II, qui contrôle le bassin versant permet de saisir le phénomène de variabilité qui apparaît clairement à l'échelle des extrêmes, elle s'exprime par les variations de coefficient d'hydraulicité (C.h), qui est le rapport de débits d'une année particulière (Qmoy) au débit moyen d'une longue série d'observation (1968-69/2006-07). Le graphique correspond

Tab. 48 Débit moyen annules, coefficient d'hydraulicité, cœfficients de variation

Année	Qi	Qmoy	ch=Qi / Qmoy	Année	ch= Qi/Qmoy
68-69	0,60	6,83	0,09	68/69	0,09
69-70	8,84	6,83	1,29	69-70	1,29
70-71	4,87	6,83	0,71	70-71	0,71
71-72	10,19	6,83	1,49	71-72	1,49
72-73	16,10	6,83	2,36	72-73	2,36
73-74	1,08	6,83	0,16	73-74	0,16
74-75	1,32	6,83	0,19	74-75	0,19
75-76	2,97	6,83	0,43	75-76	0,43
76-77	4,31	6,83	0,63	76-77	0,63
77-78	2,44	6,83	0,36	77-78	0,36
78-79	5,62	6,83	0,82	78-79	0,82
79-80	1,23	6,83	0,18	79-80	0,18
80-81	8,19	6,83	1,20	80-81	1,20
81-82	5,26	6,83	0,77	81-82	0,77
82-83	5,06	6,83	0,74	82-83	0,74
83-84	15,29	6,83	2,24	83-84	2,24
84-85	22,47	6,83	3,29	84-85	3,29
85-86	1,84	6,83	0,27	85-86	0,27

86-87	15,77	6,83	2,31	86-87	2,31
87-88	0,35	6,83	0,05	87-88	0,05
88-89	0,41	6,83	0,06	88-89	0,06
89-90	0,57	6,83	0,08	89-90	0,08
90-91	0,88	6,83	0,13	90-91	0,13
91-92	0,63	6,83	0,09	91-92	0,09
92-93	12,87	6,83	1,88	92-93	1,88
93-94	4,59	6,83	0,67	93-94	0,67
94-95	12,67	6,83	1,86	94-95	1,86
95-96	10,43	6,83	1,53	95-96	1,53
96-97	3,63	6,83	0,53	96-97	0,53
97-98	2,82	6,83	0,41	97-98	0,41
98-99	7,37	6,83	1,08	98-99	1,08
99-00	10,53	6,83	1,54	99-00	1,54
00-01	10,36	6,83	1,52	00-01	1,52
01--02	11,34	6,83	1,66	01--02	1,66
02--03	11,19	6,83	1,64	02_03	1,64
03--4	10,92	6,83	1,60	03--04	1,60
04--05	8,74	6,83	1,28	04--05	1,28
05--06	6,15	6,83	0,90	05--06	0,90
06--07	6,53	6,83	0,96	06--07	0,96

Fig. 29 Représentation graphique de cœfficients 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.

La majorité des coefficients sont inférieures à l'unité : 22 années hydrologiques sur 39 sont déficitaires, l'année de forte hydraulicité est celle de 1984-1985 avec un c.h= 3.29 qui correspond à un débit de 22.47m^3/s, et l'année de faible hydraulicité est celle de 1987 avec un ch =0.05 qui correspond à un débit de 0.35m^3/s

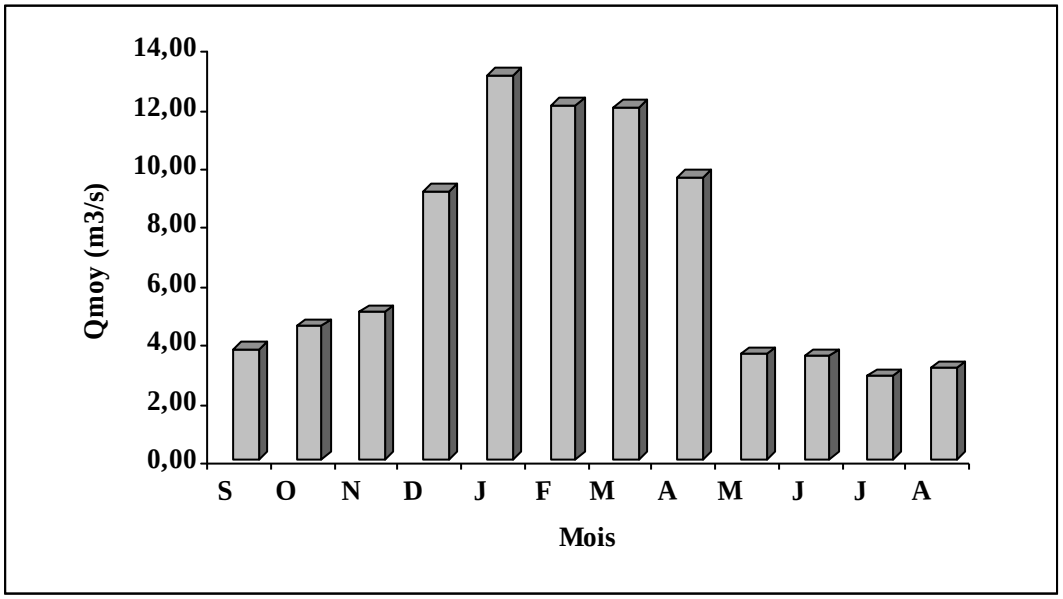
II. 1. 2. Variation mensuelle de débit

Le débit moyen mensuel du bassin versant de l'oued Bouhamdane se caractérise par un minimum correspond au mois de juillet (2.82m^3/s) et un maximum situé en Janvier (13.05m^3/s) La figure 30 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, du fait de l'importance des précipitations à cette période, alors la période de basse eaux commence dés mais jusqu'à novembre.

Tab 49 Variabilité des débits mensuels (1968-1969 /2006-2007)

Mois	débits mensuels
S	3,73
O	4,52
N	4,98
D	9,11
J	13,05
F	12,03
M	11,97
A	9,59
M	3,55
J	3,51
J	2,82
A	3,10
Débit moyen m^3/s	6,83

Fig.30 Variabilité des débits mensuels (1968-1969 /2006-2007)



la plus forte variabilité de l'écoulement fluviale concerne la période de saison froide ou de haute eaux, plus particulièrement les mois de novembre, décembre et mars. Ce fait peut s'expliquer par l'importance et la fréquence élevée des crues en saison froide, la variabilité relativement modérée des basses eaux peut être justifiée par la fréquence limitée des crues en saison chaude.

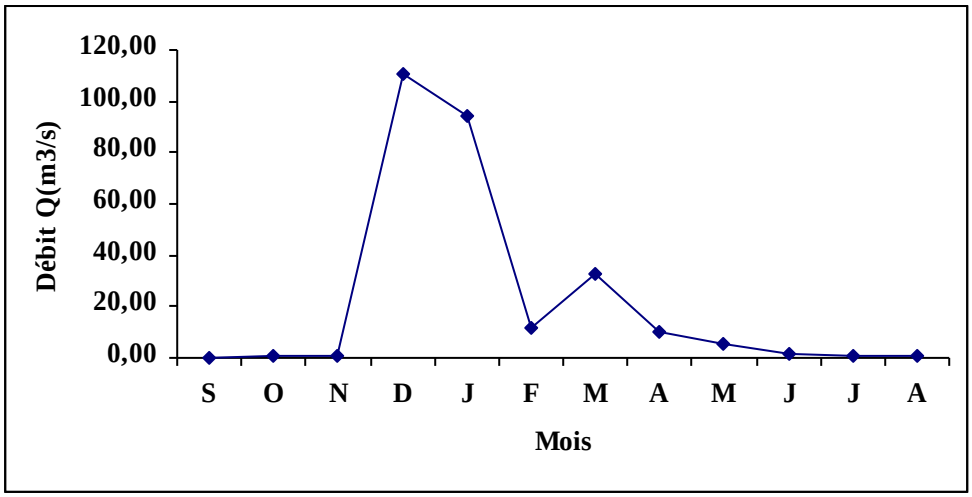
II. 1. 3. Variation mensuelle des débite de l'oued Bouhamdane (année humide 1984/85 et année sèche l987/88)

- l'année humide 1984/85 se limite au quatre mois (janvier-avril) où les débits dépassent largement la moyenne annuelle. Les débits maximaux ont été enregistrés de l'ordre 110.97 m^3/s en mois de décembre, ou le débit moyen est de l'ordre 22,47 m^3/s, alors que le module est de 6.83 m^3/s fait ressortir deux périodes:

Tab 50Variabilité des débits mensuels de l'année humide (1984-1985)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Débit m^3/s	0,29	0,64	0,55	110,97	94,09	11,54	32,83	10,09	5,40	1,66	0,90	0,74

Fig.31Variations mensuelles des débits de l'année humide (1984-85)

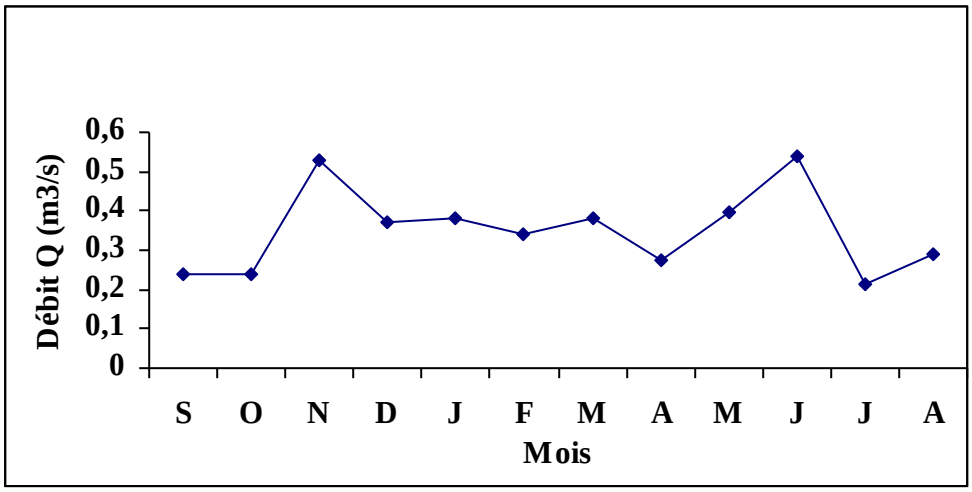


- l'année sèche 1987/88, Les faibles débits ont été enregistrés de l'ordre 0.21m^3/s en mois de juillet, alors que le module et de 6,83 m^3/s.

Tab 51 Variabilité des débits mensuels de l'année sèche (1984-1985)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Débit m^3/s	0,24	0,24	0,53	0,37	0,38	0,34	0,38	0,27	0,40	0,54	0,21	0,29

Fig.32 Variations mensuelles des débits de l'année sèche (1987-88)



Le rythme hydrologique est caractérisé par une évolution irrégulière des débits mensuels au cour de la période d'étude, avec une période de crues : décembre, janvier, mars et avril dont le maximum au mois janvier est de 13,05m^3 /s ; Cette amplitude de variation est plus atténuée en Automne. L'accentuation de déficit hydrique engendre une période à

écoulement faible qui s'étend de mai à novembre. Pendant les saisons sèches et faible ruissellement, le débit journalier minimal atteint 0,09m^3/s, cette faiblesse du débit est aggravée par les nombreux prélèvements le long de l'oued. La capacité de rétention du bassin est faible. A ajouter à cela, la forte évaporation en saison sèche.

Au cours de l'année 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, mais les crues engendrées sont modérées et espacées qui déclenchent immédiatement car le bassin étant saturé.

III. Les retenues collinaires

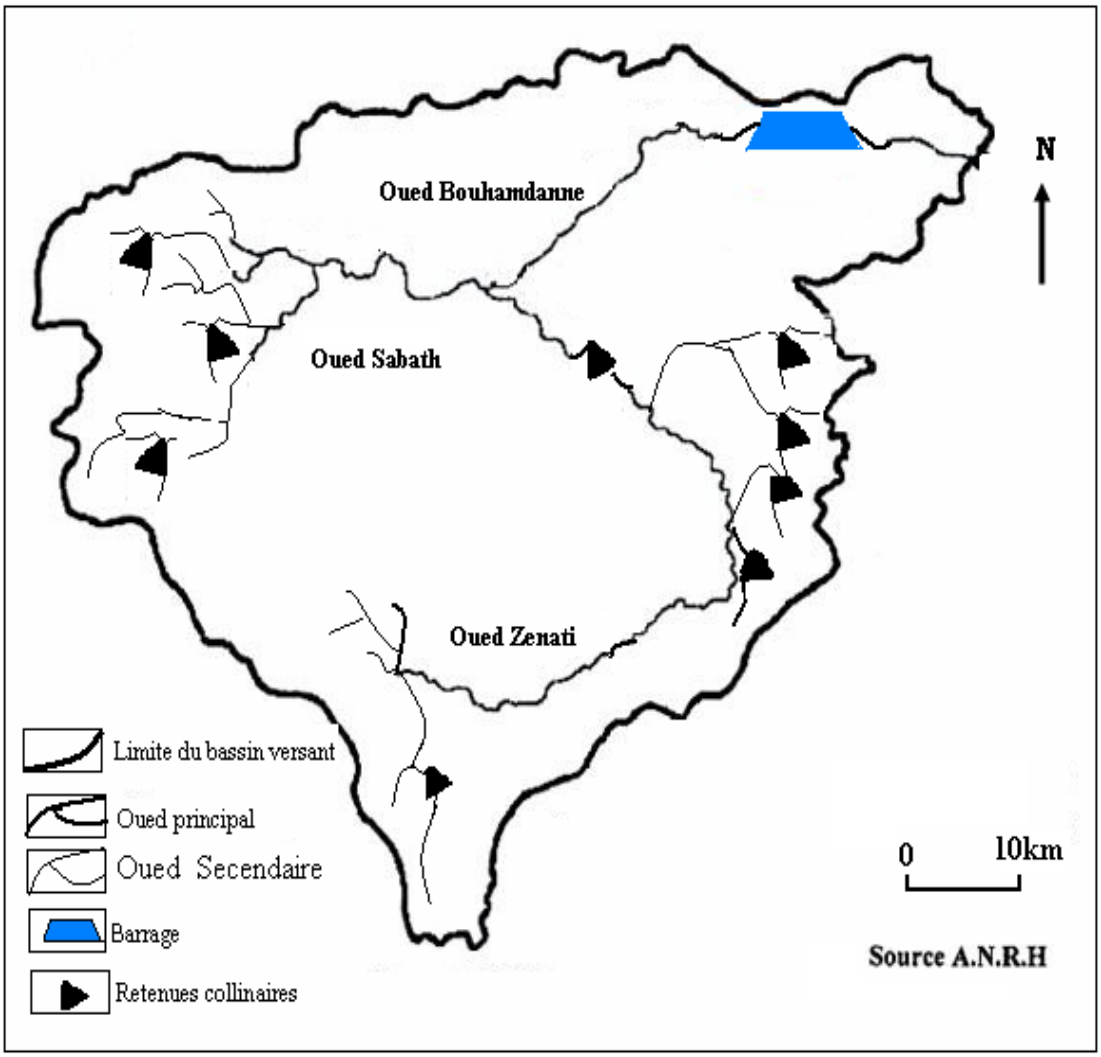
Dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane i, il y a onze (11) retenues collinaires avec une capacité totale de l'ordre de 28.175 hm^3 ces eaux sont souvent utilisées pour l'irrigation en été.

Tab 52 Les principales retenues dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane

Commune	dénomination	Capacité en (m^3)	Etat	Destination
Ben Badiss	Oued El Aria	1800000	Bon	Irrigation
Ben Badiss	Oued Tassenga	170000	Moyen	Irrigation
Ben Badiss	Oued Magroune	320000	Bon	Irrigation
Ain Abide	Oude Touifza	67500	Moyen	Irrigation
Ras El Agba	Oued Eddafla	40000	Bon	Irrigation
Ras El Agba	Boutouila	30000	Moyen	Irrigation
Ras El Agba	Elakba	100000	Moyen	Irrigation
Hammam Debaghe	Rihana	60000	Précaire	Irrigation
Oued Znatie	El Aleg	100000	Précaire	Irrigation
Oued Znatie	Ben Rabah	100000	Précaire	Irrigation
Bourg Sabath	Ain Bouras	30000	Bon	Irrigation
Total		2817500		

DHW Guelma

Fig.33 Carte de localisation géographique des retenues collinaires



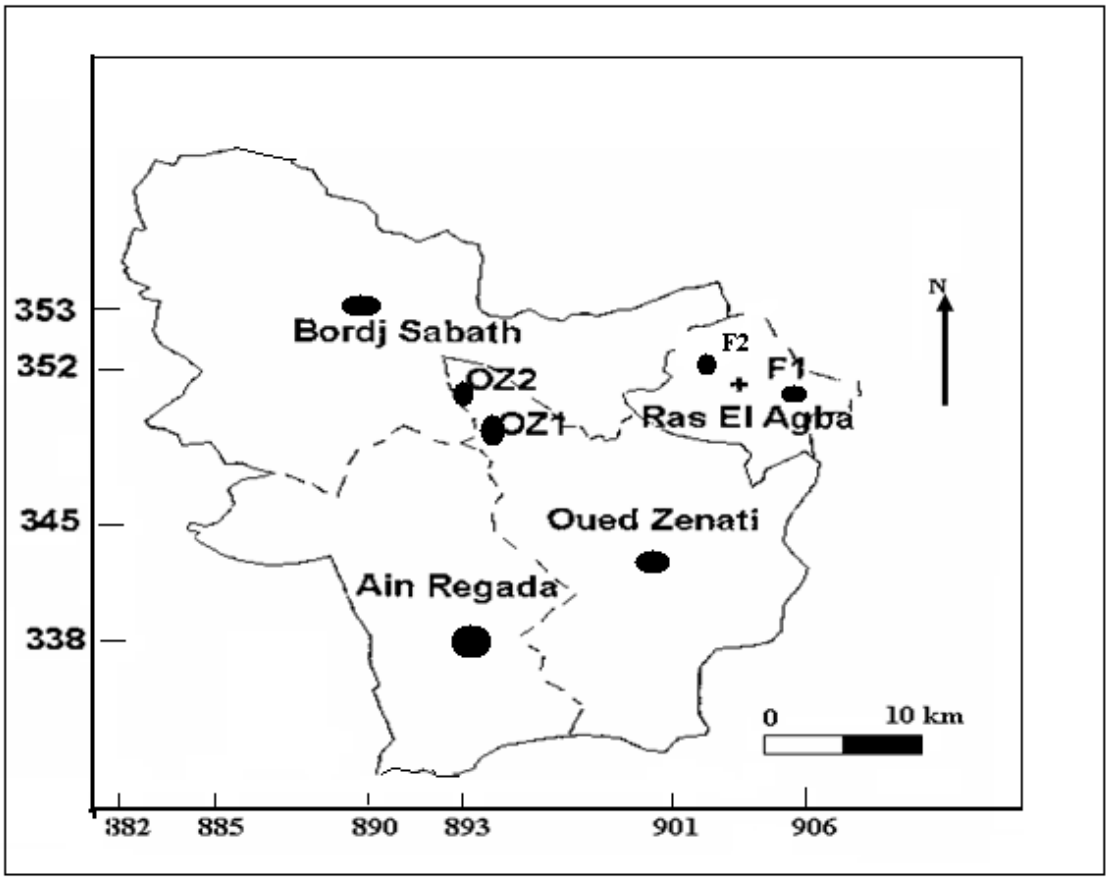
IV. Les caractéristiques hydrogéologiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane

L'étude hydrogéologique du bassin est utile pour la détermination des différents aquifères, et pour une meilleure connaissance des différentes formations qui les constituent ces aquifères

IV. 1. Les caractéristiques des aquifères à partir des données de forage

L'établissements des coupes hydrogéologiques permet de donner une vision sur l'extension des aquifères, leur lithologie, et les relation hydrodynamique entre les différentes nappes. Pour mieux comprendre l'extension des aquifères et leur géométrie, nous avons établi des profils hydrogéologiques à partir données plusieurs forages**.**

Fig. 34: Carte d'inventaire des points d'eau



VI.2. Aperçue sur la plaine de La région de l'Oued Zenati

La plaine de l'oued Zenati, est une cuvette de l'oued Bouhamdane elle s'étend sur une superficie de l'ordre 592.15 km^2 Le périmètre est de l'ordre de 110.5Km, la longueur est de l'ordre de 40,46km. Il a une forme allongée ou l'indice de compacité k_G et de l'ordre 1.27

Tab 53 Superficie, Périmètre, Longueur et Indice de compacité pour le bassin versant de l'oued Zenati

Bassin	S. (km)	P (km)	L. (km)	Indice de compacité K_G
O.Zenatie	592.15	110.5	40.56	1.27

VI. 3. Identification des formations hydrogéologiques

- ✓ **Coupe hydrogéologique de la région de l'oued Zenati :**

Située sur la rive gauche de l'oued Zenati, cette coupe passe par les forages OZ l et le forage OZ2 et a une orientation SE-NW

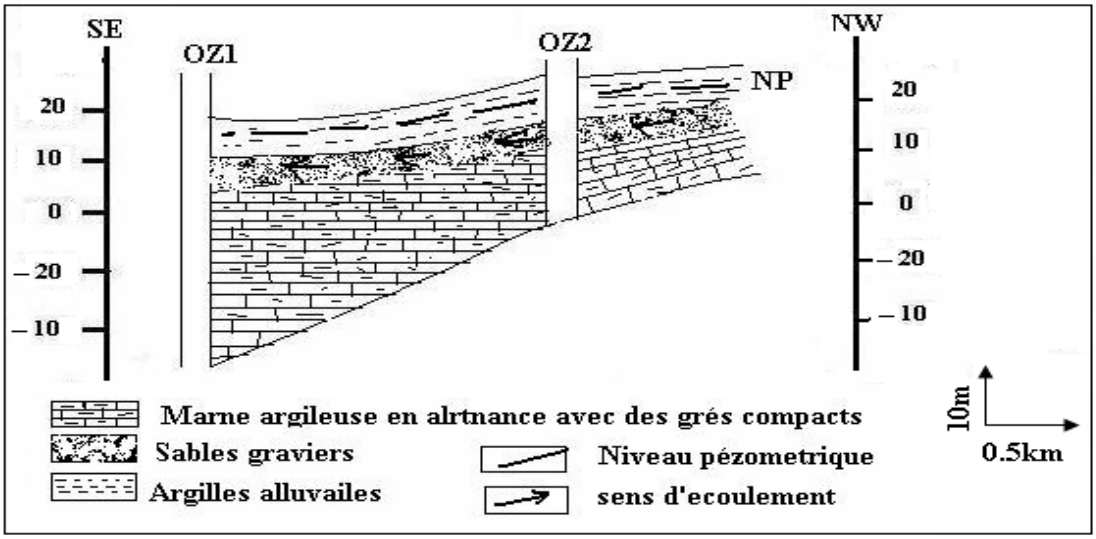
Tab. 54 Les caractéristiques des forages OZ1et OZ2

forage	Date des travaux	X	Y
OZ l	26/09/76	895.000	350.000
OZ2	11/10/76	863.000	351.700

La coupe hydrogéologique est représentée par la figure Cette coupe longitudinale traversant l'aquifère selon la direction Sud-Est Nord -Ouest donne les informations suivante

- ✓ l'aquifère est constituée essentiellement par des alluvions quaternaires (graviers, sable, grosses pierres).
- ✓ Son substratum est constitué de marne argileuse en alternance avec des grés compacts
- ♦ Cette coupe montre que la nappe est captive.

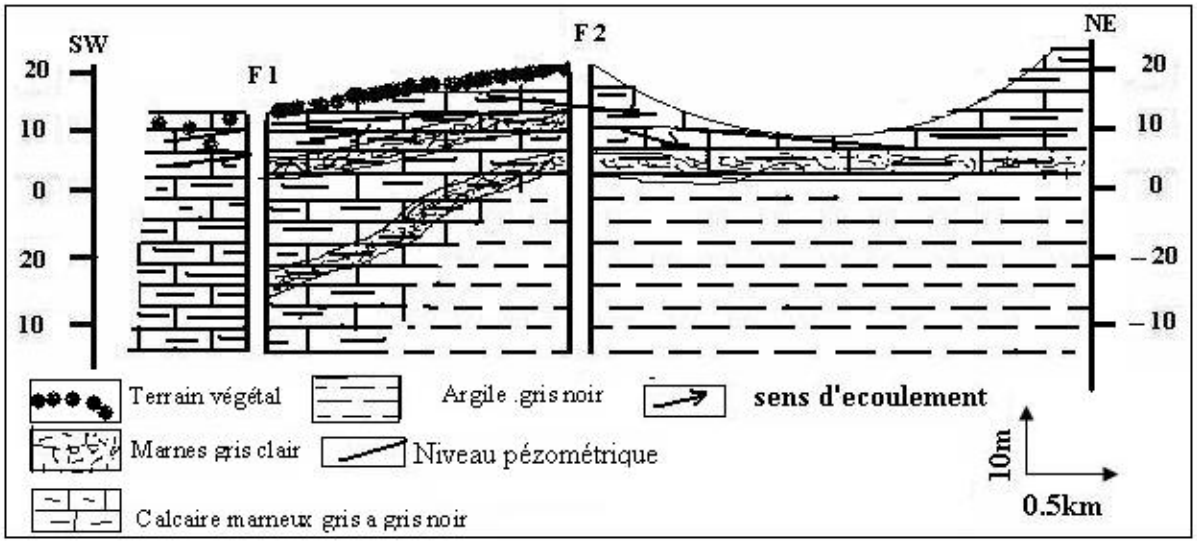
Fig. 35: Coupe hydrogéologique de la région de l'oued Zenati



- ✓ **Coupe hydrogéologique La région de Ras El Agba :**

Cette coupe réalisée à partir de deux forages FI et F2, elle est orientée suivant la direction SW-NE dans la région de Ras Agba La nature de la nappe est considérée comme une nappe captive, constituée par une abondance des couches de marnes calcaires avec des veines de calcite et de calcaires marneux gris à gris noir reposent SW une couche d'argile (gris noir feuilleté compacte**).** Coupe hydrogéologique

Fig. 36: Coupe hydrogéologique de la région de Ras el Agba



V. Les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère

La détermination des différents paramètres hydrodynamiques donne les informations sur l'aquifère et comportement de la nappe durant de l'exploitation.

En raison de l'absence des données, notre étude hydrodynamique a été réalisée sur quelques forages OZ1et OZ2

Les résultats des différents essais par pompages sont indiqués dans les graphiques semi-logarithmiques (annexes).

V. 1. Essai de pompage par palier

Le but de l'essai par pompage est de calculer les pertes de charges de l'aquifère l'accroissement des rabattements et leur remontée après l'arrêt du pompage

Le rabattement(s) mesuré à un instant (t) est la somme de deux composants :

- La perte de charge linéaire provoque par l'écoulement laminaire note par BQ
- La perte de charge quadratique non linéaire provoque par l'écoulement turbulent noté par CQ^2 Le rabattement(s) est donne par la formule de (C.E Jacob)

$$\mathbf{s = BQ + CQ^2}$$

Le cœfficient B est obtenu par l'intersection de la droite représentative (Rabattement spécifique – débit) avec l'axe des rabattements.

Le cœfficient C est égale à la pente la droite représentative

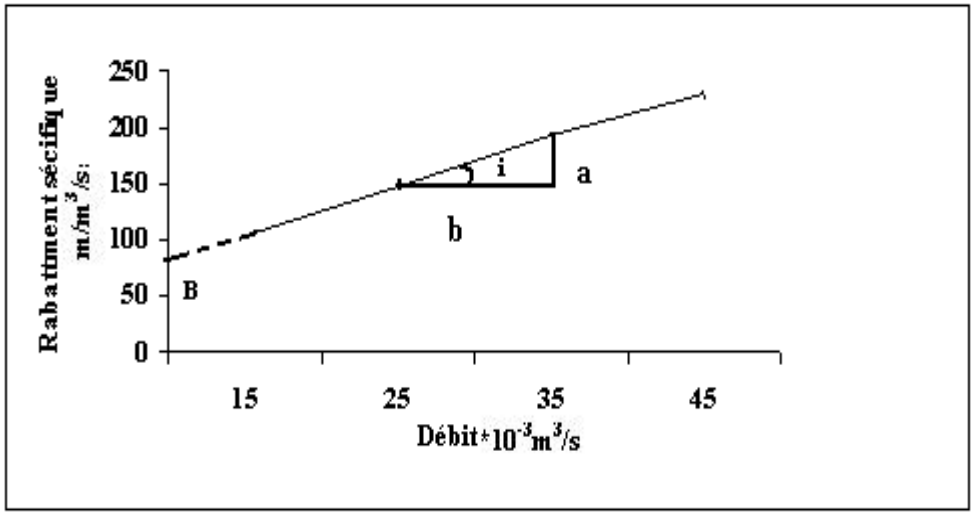
V.2 .Les caractéristiques hydrodynamiques forages OZ1

On a utilisé les données de l'essai de pompage réalisé sur le Forage OZ1 avec un essai de quatre paliers ou le débit maximal est de l'ordre 45 l/s sans arrêt de quatre heurs par palier , et le niveau statistique de 4.56m

Tab 55 Essai de paliers du forage OZ1

Date	Durée h	paliers	Débitm^3/s	Niveau dynamique m	Rabattement(s) m	Rabattement spécifique $m/m^3/s$
26/09/76	4	1	0.015	6.12	1.56	104
	4	2	0.025	8.48	3.92	156.8
	4	3	0.035	11.32	6.76	193.14
	4	4	0.045	14.25	10.31	229.11

Fig. 37 Courbe (Rabattement spécifique – débit) du forage OZ1



Le cœfficients B = 85 $m/m^3/s$

Le cœfficients C= (193.14-156.8)/(0.035-0.025) =$3.63*10^3$

- ✓ La perte de charge : 85 *Q
- ✓ La perte de charge quadratique : $3.63*10^3*Q^2$

Le rabattement(s) **s = BQ+ CQ^2** ' **s** = (85 *0.045) +$3.63*10^3$ *$(0.045)^2$

- ✓ Le rabattement(s) = 11,17m

A partir de la courbe caractéristique, nous avons essayé d'estimer les valeurs des caractéristiques hydrodynamiques **:**

Trois paramètres hydrodynamiques sont pris en considération : la transmissivité (T), le coefficient d'emmagasinement (S), et la perméabilité (K); cela en se basant sur la formule de Jacob simplifier: **s = 0,183 Q / T. log 2, 25 Tt /r² S**

s : Rabattement observé au temps t en (m). **Q** : Débit de pompage en m³/s.

T : Transmissivité en (m²/s) **S** : Coefficient d'emmagasinement.

t : Temps de pompage en seconde (s).**r** : Distance du puits d'observation à l'axe du puits de pompage en (m).

- ✓ **Calcul de la transmissivité** (T) : T **=0,183 Q /C**

C : Pente de la droite pour un module logarithmique

Q = 45 l/s ⇒ C 1.78m T **=0,183 Q /C** ⇒ T **=$4.6*10^{-3}m^2/s$**

- ✓ **Calcul de la perméabilité** (K) : T = K. e avec e est l'épaisseur e = 12m

T = K. e ⇒ K = T/ e ⇒ K =$3.83 *10^{-4}$

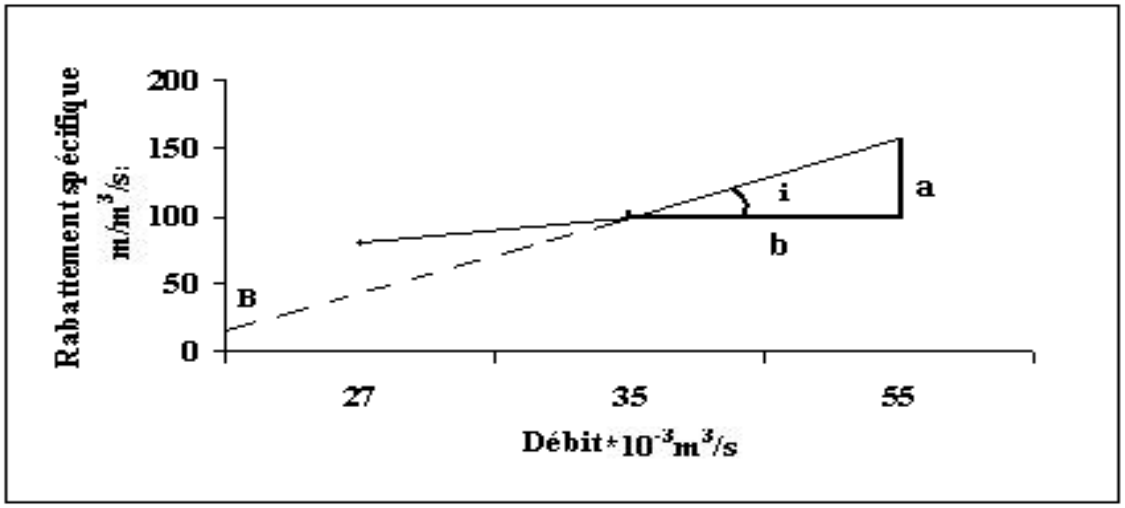
V.3.les caractéristiques hydrodynamiques forages OZ2

L'essai de pompage réalisé sur le Forage OZ2 avec un essai de quatre paliers ou le débit maximal est de l'ordre 55 l/s sans arrêt de trois heurs par palier, et le niveau statistique de 3.78m

Tab 56 Essai de paliers du forage OZ2

Date	Durée h	paliers	Débitm^3/s	Niveau dynamique m	Rabattement(s) m	Rabattement spécifique $m/m^3/s$
11/10/76	4	1	0.0275	5.96	2.18	79.27
	4	2	0.035	7.28	3.50	100
	4	3	0.055	12.43	8.65	157.27

Fig.38 Courbe (Rabattement spécifique – débit) du forage OZ2



Le cœfficient B = 23 $m/m^3/s$

Le cœfficient C= (157.27-100)/ (0.055-0.035) =$7.36*10^3$

- ✓ La perte de charge : 23*Q
- ✓ La perte de charge quadratique : $7.36*10^3*Q^2$

Le rabattement(s) **s = BQ+ CQ^2** ' **s** = $(23*0.055) +7.36*10^3*(0.055)^2$

- ✓ Le rabattement(s) = 23,53m

✓ **Calcul de la transmissivité** (T) : T **=0,183 Q /C**

C : Pente de la droite pour un module logarithmique

Q = 55 l/s ⇒ C 1.17 m T **=0,183 Q /C** ⇒ T **=$8.6*10^{-3}m^2/s$**

✓ **Calcul de la perméabilité** (K) : T = K. e avec e est l'épaisseur e = 11m

T = K. e ⇒ K = T/ e ⇒ K =$7.8*10^{-4}$

VI. Evaluation de la réserve en eau souterraine de la nappe de l'oued Zenati

La réserve en eau souterraine, W, est évaluée par le traitement d'un couple de données Le volume, V, de la tranche aquifère (réservoir saturé) ;

La porosité efficace, n_e, de l'aquifère à nappe captive (n_e= 8% selon l'étude de CASTANY 1970)

La réserve en eau souterraine est calculée par l'expression : $\mathbf{W = V.\ n_e}$

Le calcul du volume de la tranche d'aquifère de la nappe de est basé sur la formule suivante

$$\mathbf{V= \Sigma\ b.*A_i}$$

Avec :

b Epaisseur (m), A_i Surface m^2

La catégorie de réserve en eau souterraine de la nappe de est définie par le volume d'eau gravitaire stocké, pondant l'année hydrologique 2006/2007 dans la tranche d'aquifère délimitée.

Tab 57 Estimation des réserves potentielles des alluvions du bassin de l'oued. Zenati

Epaisseur (m)	Surface10^3 m^2	Le volume terrainm^3
30	95	2850
40	76,5	3060
30	120	3600
30	134	4020
20	70,5	1410
20	95,15	1903
28.83	592,15	16843

La réserve totale, W_T, une porosité efficace moyenne de 8 % est de :

$$\mathbf{W = V.\ n_e}$$

$$W_T = 16.843\ 10^6 * 0.08 = 1.347 hm^3$$

VI. La perméabilité

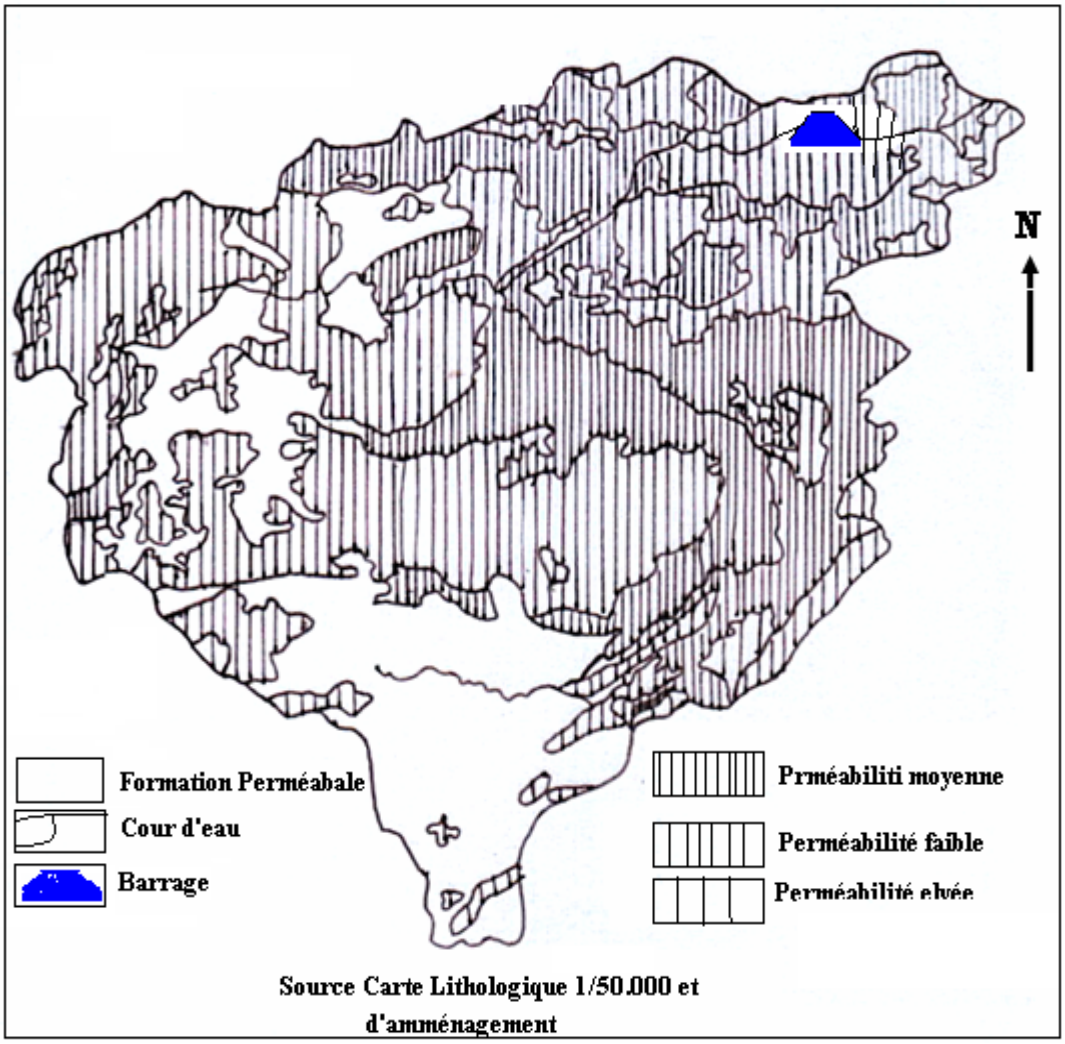
L'importance de la perméabilité dans l'écoulement et son influence sur l'érosion, nous impose à déterminer les classes de perméabilité suivantes

Tab. 58 : La distribution des classes de perméabilité du bassin versant l'oued Bouhamdane

Perméabilité des Roches	Formation lithologique	Superficie Km^2	%
Formation à perméabilité élevée	Calcaires	44.34	4.01
Perméable	Formations superficielles	357.81	32.39
Formations moyennement perméables	Grés ; Conglomérats ; Marno- calcaires ; Marno schisteuses	447.6	40.51
Formation à perméabilité faible	Argile ; Marne	255.7	23.14

D'après le tableau on trouve que les formations perméables sont moyennement perméables qui sont affleurent dans le bassin de l'oued Bouhamdane

Fig. 39Carte perméabilité du bassin versant de l'oued Bouhamdane



I. Les fonctions socio-économiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane

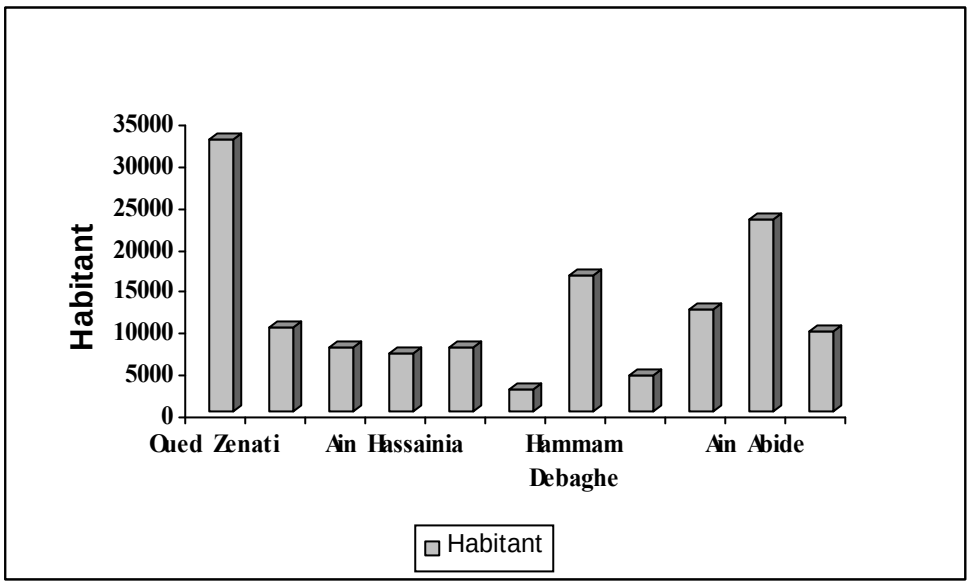
I .1. La population

Le bassin versant de l'oued Bouhamdane s'étend sur une superficie de 1105 Km^2 et abrite une population (recensement 2008) de l'ordre 134 314 habitants dont 66,37 % sont concentrés au niveau des communes de Wilaya de Guelma. La densité moyenne de cette population est de l'ordre121, 54 hab./km^2.

Tab 77 Représentation de la population du bassin d'oued Bouhamdane 2008

Commune	Superficie (km^2)	Pop.2008	Densité (hab. / km^2)	Observations
Oued Zenati	135.00	32867	243,46	Urbaine
Bourdj Sabath	198.70	10199	51,33	Semi urbaine
Ain Regarda	118.79	7776	65,46	Rurale
Ain Hassainia	50.18	7104	141,57	Urbaine
Medjez Ammar	38.67	7681	198,63	Semi urbaine
Ras el Agba	37.27	2717	72,90	Rurale
Hammam Debaghe	58.75	16391	279,00	Urbaine
Bouhamdane	159.62	4411	27,63	Rurale
Ben Badis	135,56	12330	90,96	Urbaine
Ain Abide	126,85	23094	182,06	Urbaine
Oulade Hababa	45,69	9744	213,26	Semi urbaine
Total	1105	134314	121,54	

Fig.50 Représentation graphique de la population du bassin d'oued Bouhamdane2008

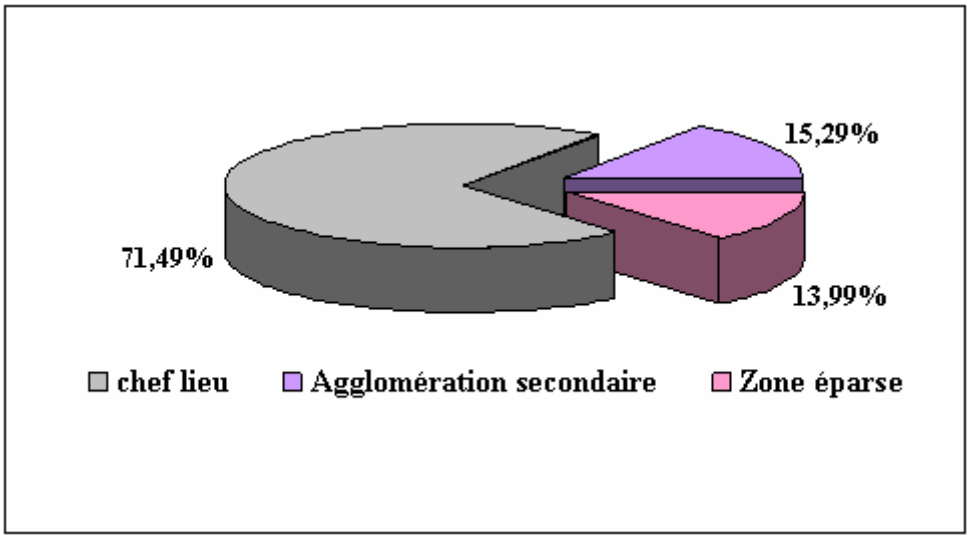


I .1.1. Répartition spatiale de la population dans le B.V. de l'oued Bouhamdane

Le bassin de l'oued Bouhamdane comprend les communes (Oued Zenati Bourdj Sabath Ain Regarda Ain Hassainia Medjez Ammar Ras el Agba Hammam Debaghe Bouhamdane Ben Badis Ain Abide et la commune de l'Oulade Hababa), d'après les résultats du dernier recensement de 2008 Le bassin versant de l'oued Bouhamdane répartis spatialement en trois zones principales de peuplement

- La populations agglomérée elle correspond aux chef lieu des communes, qui abrite 94980 habitants, ce nombre constitue70.71% de la population totale du bassin réparti en 17418 ménages.
- Les agglomérations secondaires : les agglomérations secondaires comptait 20541 hab. soit 15.29 % de la population totale du bassin répartis en 3062 ménages.
- La population éparse elle englobe 18793 hab., soit 13.99 % de la population totale du bassin réparti en 2439 ménages. Comme le montre le tableau suivant

Fig. 51 Représentation graphique des zones principales de peuplement du bassin de l'oued Bouhamdane 2008



Tab.78. Répartition spatiale de la population communale dans le bassin versant

Commune	Population 2008	Logement	Ménage
Oued Zenati	32867	7207	6514
Bourdj Sabath	10199	1980	1786
Ain Regarda	7776	1615	1446
Ai Hssainia	7104	1459	1387
Medjez Ammar	7681	1467	1479
Ras El Agba	2717	638	544
Hammam Debaghe	16391	3505	3019
Bouhamdane	4411	912	788
Ben Badis	12330	2349	1872
Ai Abide	23094	4686	4185
Oulade Hababa	9744	2134	1810

DPAT Guelma

I .1.2. Evolution de la population et perspectives

L'accroissement de la population du bassin versant de l'oued de Bouhamdane 2008 à 2038 est donné aux, ci après pour un taux d'accroissement constant de 2 .45%.

Tab.79. Evolution de la population communale à moyen et longs thermes

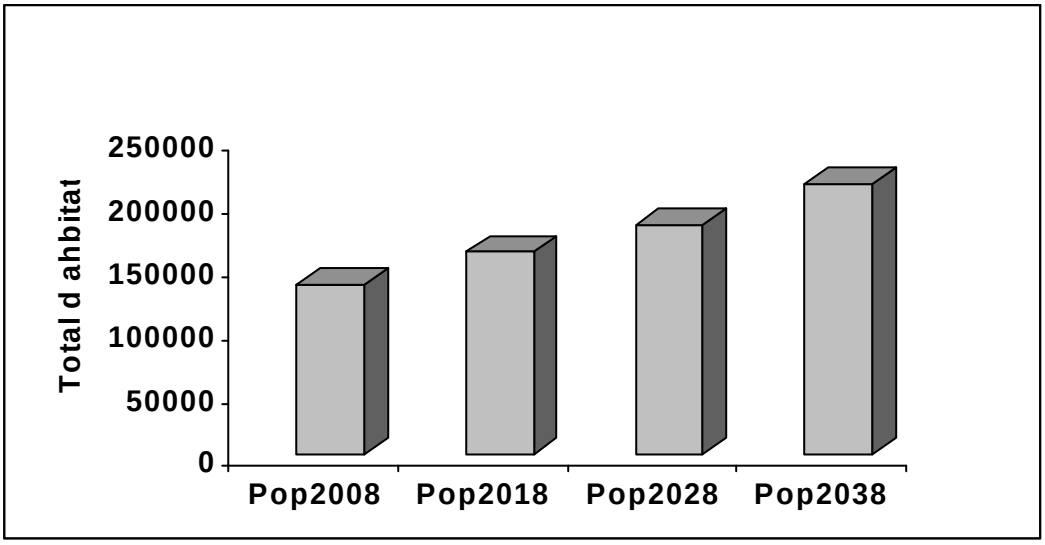
Commune	Population 2008	Population 2018	Population 2028	Population.2038
Oued Zenati	32867	39309	41043	52193
Bourdj Sabath	10199	12198	14197	16196
Ain Regarda	7776	9300	10824	12348
Ai Hassainia	7104	8496	9889	11281
Medjez Ammar	7681	9186	10692	12197
Ras El Agba	2717	3250	3782	4315
Hammam Debaghe	16391	19604	22816	26029
Bouhamdane	4411	5276	6140	7005
Ben Badis	12330	14747	17163	19580
Ai Abide	23094	27620	32147	36673
Oulade Hababa	9744	11654	13564	16318

Le tableau ci-dessous résume cette évolution à travers les différents horizons et les différentes zones du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Tab.80. Evolution de la population à moyen et longs thermes dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane 2008

Catégorie de population	Pop .2008	Pop .2018	Pop .2028	Pop .2038
chef lieu	94980	113596	127504	150828
Agglomération secondaire	20541	24567	28593	33464
Zone éparse	18793	22476	26160	29843
Total	134314	160640	182257	214135

Fig.52 Représentation graphique de la population à moyen et longs thermes dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane 2008



II. Les activités agricoles

La région du bassin versant de l'oued Bouhamdane a comme activité économique principale, notamment l'arboriculture (olivier, arbre fruitiers etc.…). L'agriculture maraîchère, bien développée au niveau de plaine (Oued Zenati, Ain Hessainia, etc.…), constituent la principale ressource de la plupart des populations.

Tab 81. Répartition de la SA.T et de la S. A.U par commune 2007

Commune	S.A.T (en ha).	S.A.U (en ha).
Oued Zenati	30439	24230
Hammam Debaghe	8003	7268
Ain Hessainia	9452	8590
Ben Badis	11860	11530
Ain Abide	9760	8830
Total	69514	60448

DSA Guelma

Fig.53Répartition de la SA T par commune du bassin versant de l'oued Bouhamdene

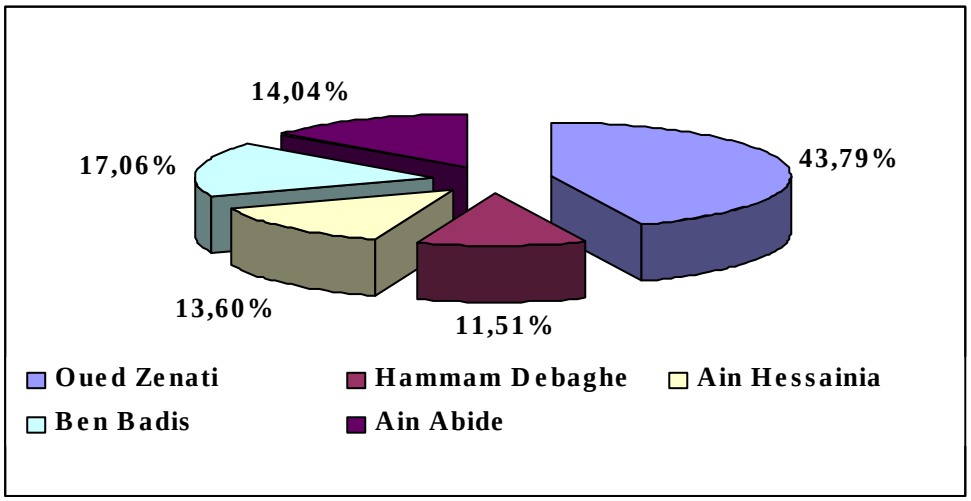
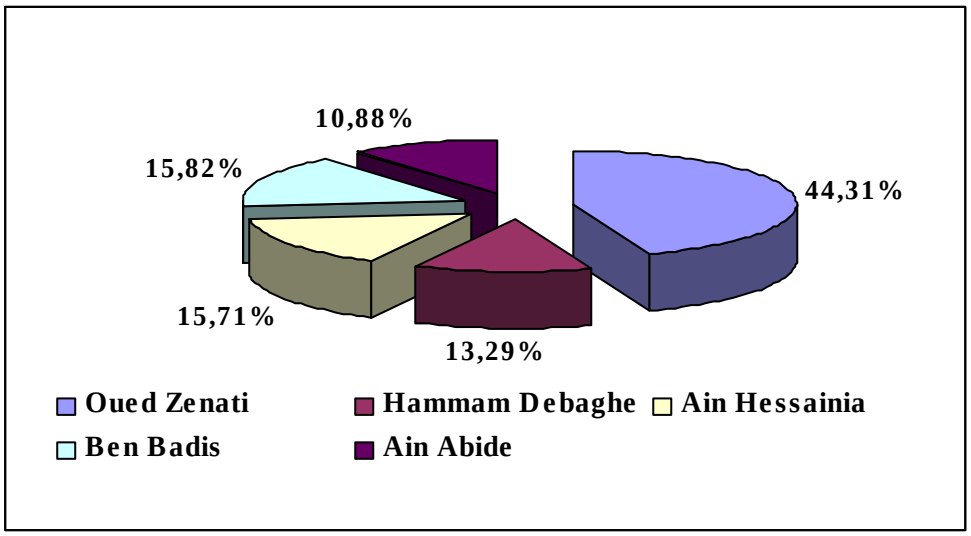


Fig. 54.Répartition de la S.A.U par commune 2008 du bassin versant de l'oued Bouhamdane



III. Les activités industrielles

Elle est presque insignifiante, elle est représentée par ; la menuiserie du Bois, et par des unités de petite industrie spécialisées dans l'agro- alimentaire (huileries Production et limonaderies). Et par des entreprises privées des travaux de construction

IV. Répartition spatial des infrastructures hydraulique

IV.1. Les barrages et les retenues collinaires

Le bassin versant de l'oued Bouhamdane compte un barrage en exploitation d'une capacité totale de 195 hm^3 avec un volume régularisable total de l'ordre 55 hm^3/an. Et onze (11) retenues collinaires avec une capacité totale de l'ordre 2.82 hm^3, ces retenues sont essentiellement destinées à l'agriculture.

IV.2. Les forages

Selon le dernier bilan de la DHW de Guelma, quatre (4) forages sont actuellement en exploitation dans le bassin versant de Bouhamdane mobilisant un potentiel de l'ordre 1.17hm^3/an. Et neuf (9) forages Sont Localisés dans La plaine de Tamlouka mobilisant un potentiel de l'ordre 4.11hm^3/an, le total est de l'ordre 5.28hm^3/an Les eaux de ces forages sont destinées essentiellement à l'alimentation en eau potable Oued Zenati Ain Abid Ben Badis Bourdj Sabath Ras El Agba Tableau

Tab.82 Représentation des forages du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Dénomination	Localisation	Commune	Wilaya	Ql/s	Destination
F 14 (Balta)	Tamlouka	Tamlouka	Guelma	6	AEP Oued Zenati
F16 (Ain Arko)	Tamlouka	Tamlouka	Guelma	40	AEP Oued Zenati
F1 (Ain Arko)	Tamlouka	Tamlouka	Guelma	10	AEP Oued Zenati
F 8(Ain Arko)	Tamlouka	Tamlouka	Guelma	40	AEP Oued Zenati
F 9 Bis(Ain Arko)	Tamlouka	Tamlouka	Guelma	10	AEP Oued Zenati
F10 (Tamlouka)	Tamlouka	Tamlouka	Guelma	30	AEP Oued Zenati
F17 (Ain Arko)	Tamlouka	Tamlouka	Guelma	8	AEP Oued Zenati
F Ain Abid (AinArko)	Tamlouka	Tamlouka	Guelma	20	AEP Ain Abid
Boulagnafed 1Bis	Ain Abid	Ain Abid	Constantine	15	AEP Ain Abid
Centre Vol a voile	Ben Badis	Ben Badis	Constantine	6	AEP Ben Badis
F2bourdj Sabath	Bourdj Sabath	Bourdj Sabath	Guelma	8	AEP Bourdj Sabath
F 13 Bis (Aintrab)	Tamlouka	Ain Makhlouf	Guelma	20	AEP Oued Zenati
F1 Ain Branis	Ras El Agba	Ras El Agba	Guelma	8	AEP Ras El Agba

DHW Guelma

IV.3. Les réservoirs et capacité de stockage

La capacité de stockage du bassin versant de Bouhamdane est de 0.36 hm^3 dont les agglomérations de chef lieu des communes s'accapare 72% du total, le reste est reparti entre les agglomérations secondaires (24.54%), et les zones éparses (7.46 %).

Tab83.Représentation des réservoirs et le réseau de distribution du bassin de l'oued Bouhamdane

Commune	Réservoirs		Perte (%)	réseau de distribution	
	N b r	Volume m^3		Long (m)	Etat
Oued Zenati	16	6500	40	48852	moyen
Hammam Debaghe	6	1950	30	15350	bon
Ain Hessainia	3	1150	35	21850	moyen
Ben Badis	5	1812	25	36175	bon
Ain Abide	4	3063	30	48375	moyen
Total	34	14475		170602	

DHW Guelma

V. Mobilisation des ressources en eau du bassin versant de l'oued Bouhamdane

D'après le dernier bilan de la D.H.W de Guelma on constat que:

La potentialité des ressources totale reconnue dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane est de l'ordre63.1 hm^3/an, mobilisé un potentiel de 13.35 hm^3/an avec un volume exploitable de9.05 hm^3/an

Tab. 84 La potentialité des ressources en eau totale du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Paramètre	Barrage	Retenues collinaires	Forage	Total
Capacité hm^3	55	2,82	5,28	63,1
Potentiel mobilisé hm^3	8,5	0,7	2,4	11,6
Volume exploitable hm^3	5,6	0,65	1,5	7,75

DHW Guelma

Fig.55La potentialité des ressources en eau totale du bassin versant de l'oued Bouhamdane

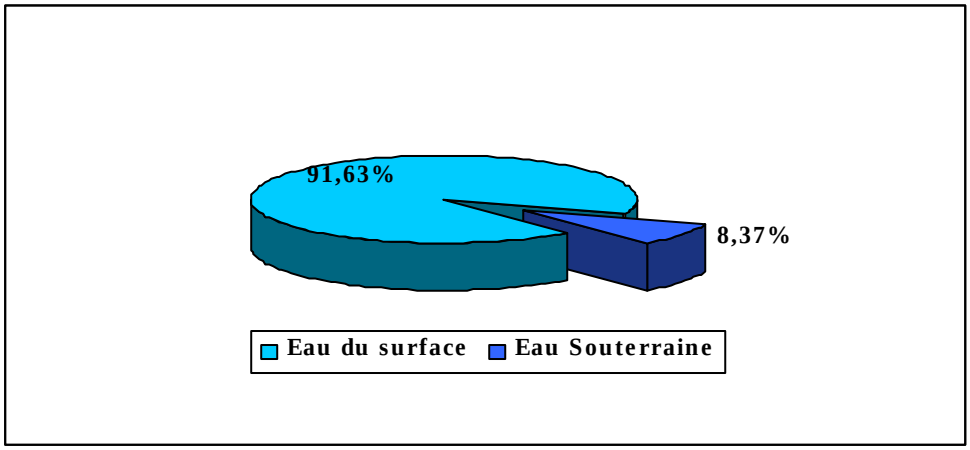


Fig. 56La potentialité mobilisé des ressources en eau du bassin versant de l'oued Bouhamdane

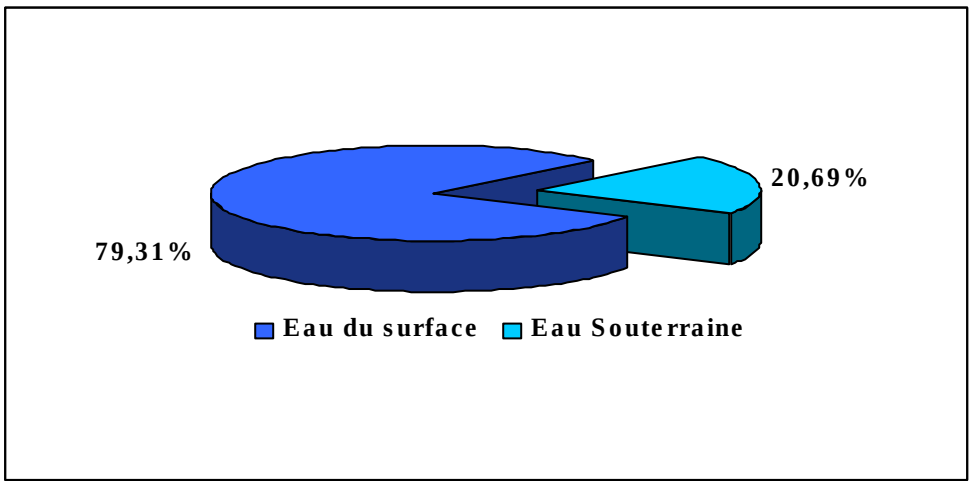
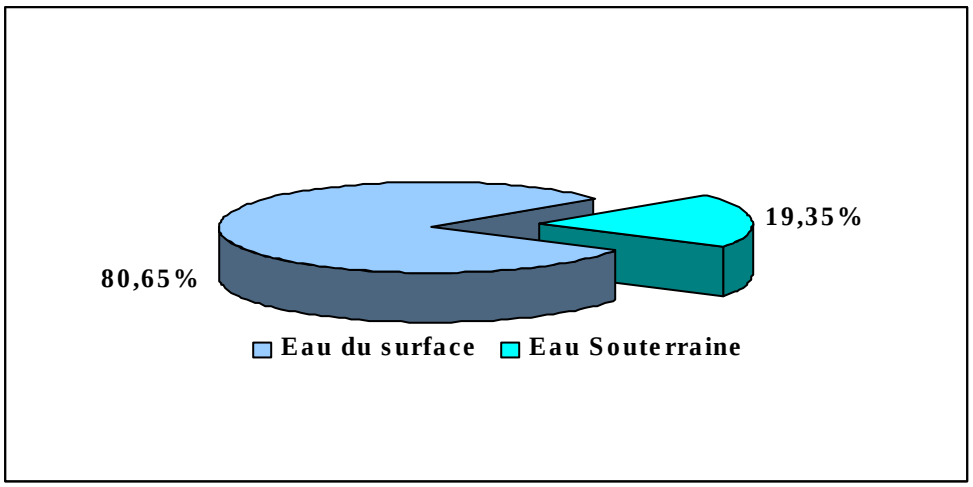


Fig.57 Le volume exploitable des ressources en eau du bassin versant de l'oued Bouhamdane



V.1. Les ressources en eau de la surface

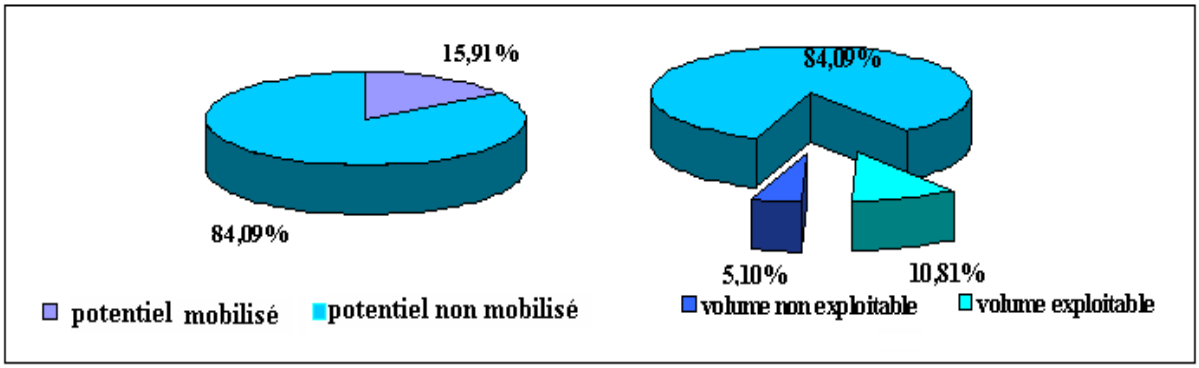
Les ressources en eau de surface avec une capacité reconnue de l'ordre 57,82 hm^3/an, mobilisé un potentiel de 9.2hm^3/an et exploité un volume de6.25hm^3/an

Tab 85 Représentation des potentialités des ressources de surface du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Paramètre	ressources de la surface hm^3
Capacité hm^3	57,82
Potentiel mobilisé hm^3	09,20
Potentiel non mobilisé hm^3	48,62
Volume exploitable hm^3	06,25
Volume non exploitable hm^3	02,95

DHW Guelma

Fig.58 Représentation des potentialités des ressources de surface du bassin versant de l'oued Bouhamdane



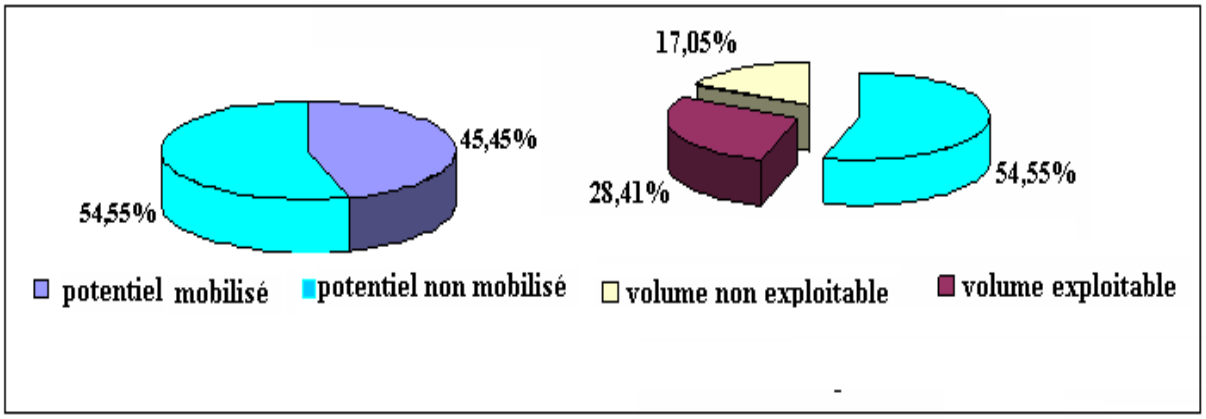
V.2.Les ressources en eaux souterraines

Les ressources en eaux souterraines avec une potentialité reconnue de5, 28 hm^3/an, mobilisé un potentiel de 2.4 hm^3/an et exploité un volume de 1.5 hm^3/an

Tab 86Représentation des potentialités des ressources des eaux souterraine du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Paramètre	ressources souterraine hm^3
Capacité hm^3	05,28
Potentiel mobilisé hm^3	02,40
Potentiel non mobilisé hm^3	02,88
Volume exploitable hm^3	01,50
Volume non exploitable hm^3	00,90

Fig.59 Représentation des potentialités des ressources des eaux souterraine du bassin versant de l'oued Bouhamdane



V.3. Estimation des besoins en eau par secteurs d'utilisation

Les besoins en eau se rapportent aux quantités nécessaires à utiliser pour assurer une efficacité minimale voulue, l'application des fonctions requises par les divers usages : usage domestique et publique (l'A E P - Alimentation en eau potable - est prioritaire en Algérie), usage industriel, usage agricole.

L'estimation quantitative des besoins en eau est établie suivant des normes unitaires tenant compte de paramètres, socio-économiques en ce qui concerne l'A E P (degrés de croissance démographie, et niveau de vie des populations), technique pour ce qui est de l'industrie (type de l'industrie, processus technologique et volume de production) et biophysique concernant l'irrigation (déficit d'apport d'eau naturelle – précipitation – par rapport au besoins physiologiques des plantes).

V.3.1. Demande en eau domestique

Le bassin versant de Bouhamdane regroupe une population de l'ordre 134 314 habitants suivant le recensement de2008, cette population a une linéaire total de réseaux de distribution de plus de 170.60 km, et disposent d'un potentiel de stockage de 14475 m^3.

Pour la totalité de ces agglomérations, le volume produit annuellement est de 7.50 hm^3, ce qui correspond à une dotation unitaire moyenne de l'ordre 200/hab. / jour. Les besoins de ces populations sont de l'ordre 13.1775 hm^3/an avec un déficit de l'ordre de5.6775 1hm^3/an.

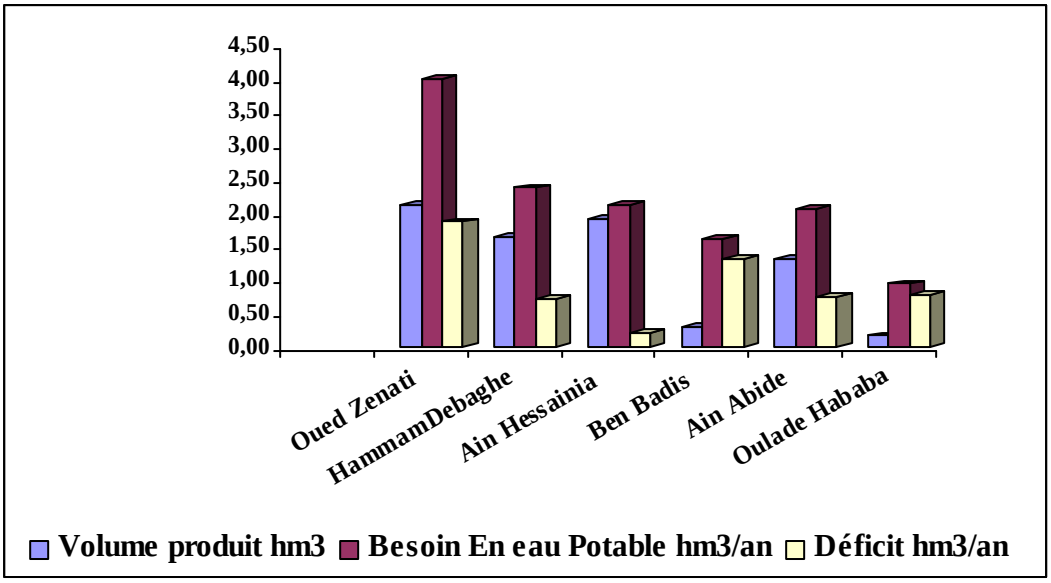
La dotation en eau des agglomérations est très hétérogène, elle dépend du nombre d'habitants et de la source d'alimentation de chaque agglomération.

Tab 87 Alimentation en eau potable dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane2008

Commune	Volume produit hm^3	Dotation Théorique l/hab./jour	dotation l /hab. / jour	Dotation Atteindre l/hab./jour	Besoin En eau Potable hm^3/an	Déficit hm^3/an
Oued Zenati	1,44	240	250	260	2,281	0,841
Bourdj Sabath	0,17	150	170	250	0,483	0,313
Ain Regarda	0,53	150	180	200	1,29	0,76
Ai Hassainia	0,3	150	170	225	1,41	1,11
Medjez Ammar	0,5	150	190	200	1,39	0,89
Ras El Agba	0,11	160	180	200	0,1255	0,0155
Hammam Debaghe	1,45	360	250	400	1,866	0,416
Bouhamdane	0,2	150	180	250	0,52	0,32
Ben Badis	1,3	160	220	240	1,43	0,13
Ain Abide	1,33	180	250	350	1,43	0,1
Oulade Hababa	0,17	150	180	220	0,95	0,78
Total	7,5	180	200	250	13,1775	5,6775

ADE : Guelma

Fig.60. Répartition volume produit besoin déficit pour l'A.E.P dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane



V.3.2. Demande en eau agricole

Le bassin versant de Bouhamdane d'une vocation essentiellement agricole, avec un potentiel important:

Surface agricole totale (SAT**)** : de 69514 ha, soit 62.90 % de la superficie totale.

Surface agricole utile (SAU) : de prés de 60448 ha soit 54,70 % de la superficie totale de bassin versant et 86.95 % de la S.A.T. Ainsi, le ratio S.A.U est de prés de 0,4 ha /habitant,

Tab 88: Situation actuelle de l'alimentation en eau agricole dans le bassin versant de Bouhamdane

Commune	S.A.U (ha).	Culture	Irriguée (ha)	Ressources en eau	Dotation hm^3/an	Besoins hm^3/an
Oued Zenati Ras el Agba Bourdj Sabath	24230	Céréalière Maraîchère	3150	6 Retenues collinaire + fil d'eau	0,072	0,9895
Ain Hassainia Medjez Ammar	8590	Céréalière Maraîchère Arboriculture	650	Barrage Hammam	3,9	4,89
Hammam Debaghe	7268	Céréalière Maraîchère Arboriculture	2560	Barrage Hammam	2,6	3,60
Ben Badis	11530	Céréalière Maraîchère	980	Retenue collinaire	0,021	0,66
Ain Abid	8830	Céréalière Maraîchère	250	Retenue collinaire	0,055	0,25
Total	60448		5030		6,648	10,39

Source : ABH

V.3.3. Demande eau industrielle

Le bassin versant de l'oued Bouhamdane ne disposé pratiquement d'aucune unité industrielle importante, les seules petites unités privées existantes sont alimentées à partir du réseau communal. Les renseignements recueillis sont récapitulés dans le tableau ci- dessous :

Tab89 Besoins hm^3/an actuelle en eau industrielle dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane

Wilaya	Commune	Nom	Type d'activité	Type	Besoins en eau (m3/j)	Besoins eau (hm^3/an)
Constantine	Ben Badis	SNATA SOALCO	Tabacs Production de margarine	AGRO AGRO	500 2000	0,125 0,5
Total					2500	0.625

DHW Constantine

VI. Evaluation des besoins en eau des déférents secteurs

L'évaluation de la demande socio –économique en eau est l'évolution des besoins en eau à plus mois long terme (2008 – 2038) des différents secteurs usagers

L'alimentation en eau potable (A.E.P), L'alimentation en eau agricole (A.E.A) et L'alimentation en eau industrielle (A.E.I)

VI.1. Evaluation de la demande Socio-économique en eau (Alimentation en eau potable

L'étude des besoins (court, moyen et long terme) sont basés sur le taux satisfaction des besoins en eau potable et en relation avec le modèle de développement du réseau urbain et des espaces ruraux ,Les besoins en eau potable en (hm^3 /an) est résumée dans le tableau

Tab 90 Estimation de bilan prévisionnel des besoins (hm^3 /an) en A.E.P

Situation	Population	Dotation (l/hab. /j)	Besoin en eau potable hm^3/an
Situation de 2008	134 314	150_200	13,178
Situation de 2008- 2018	160 640	170_220	16,272
Situation de 2018- 2028	182 257	190_240	19,338
Situation de 2028- 2038	214 135	210_260	23,694

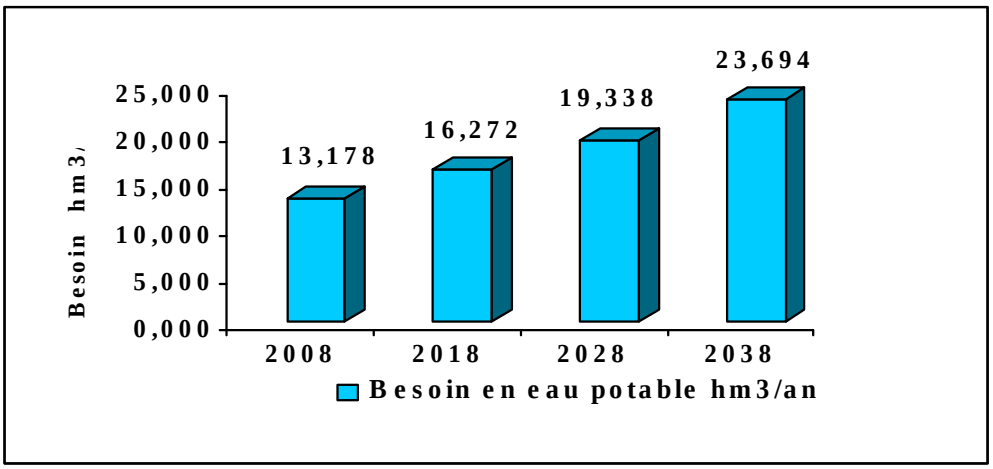
La projection de population et la dotation journalière nous permis à estimé les besoins en eau potable à (court, moyen et log terme) pour les situations suivante

- Situation de 2008 avec une dotation journalière varie entre (150_200)l/hab./j ou les besoins en eau potable 13,178 atteindre hm^3/an
- Situation de 2018 la dotation journalière est augmentée (170_220)l/hab./j les besoins

en eau potable de l'ordre16, 272hm3/an

- Situation de 2028 l'estimation de la dotation journalière (190_240)l/hab./j ou les besoins en eau potable atteindre19, 338 hm^3/an
- Situation de 2038 est la dotation journalière (210_260) l/hab. /j. Les besoins en eau potable atteindre 23, 694 hm^3/an

Fig.61 Répartition des besoins en eau potable pour déférents horizons dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane



VI.2.Evaluation des besoins en eau agricole (horizon 2018 – 2028 – 2038).

En se basant sur le taux d'accroissement des wilayas Guelma et de Constantine et on a pu faire une estimation approchée de la superficie irriguée dans les années à venir, suivant une projection à l'horizon 2018,2028 et 2038.

Tab.91 Taux d'accroissement de la PMH retenu (ha/an) par wilaya

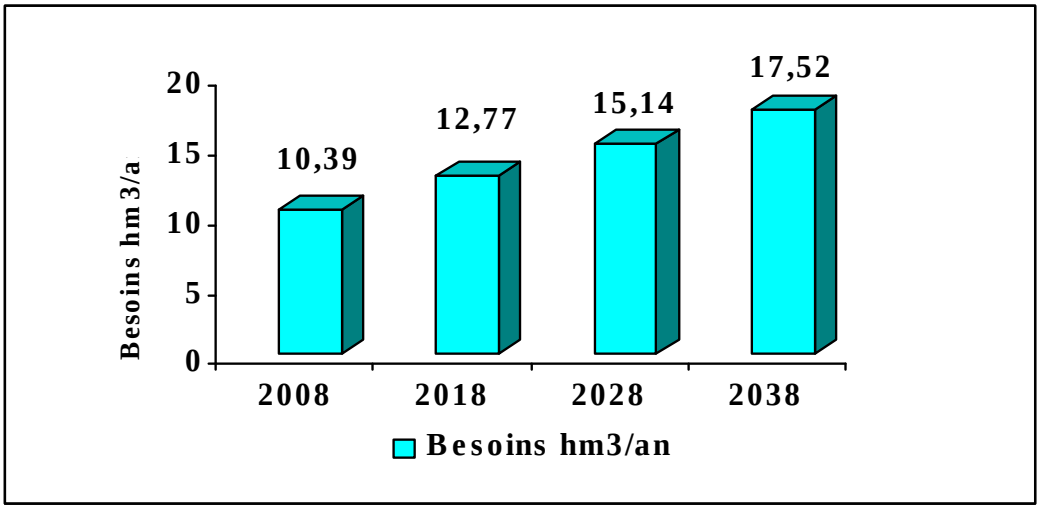
Wilaya	Constantine	O.E.Bouaghi	Alger	Annaba	Setif	Guelma
Taux d'accroissement (ha/an)	50	180	50	180	50	180

Source: PNE

Tab 92 Besoins hm^3/an en eau agricole dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane

Horizon	2008	2018	2028	2038
Superficie irriguée ha	5030	6180	7330	8480
Dotation hm^3/an	6,64	8,17	9,69	11,21
Besoins hm^3/an	10,39	12,77	15,14	17,52

Fig.62 Répartition des besoins en eau agricole pour déférents horizons dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane



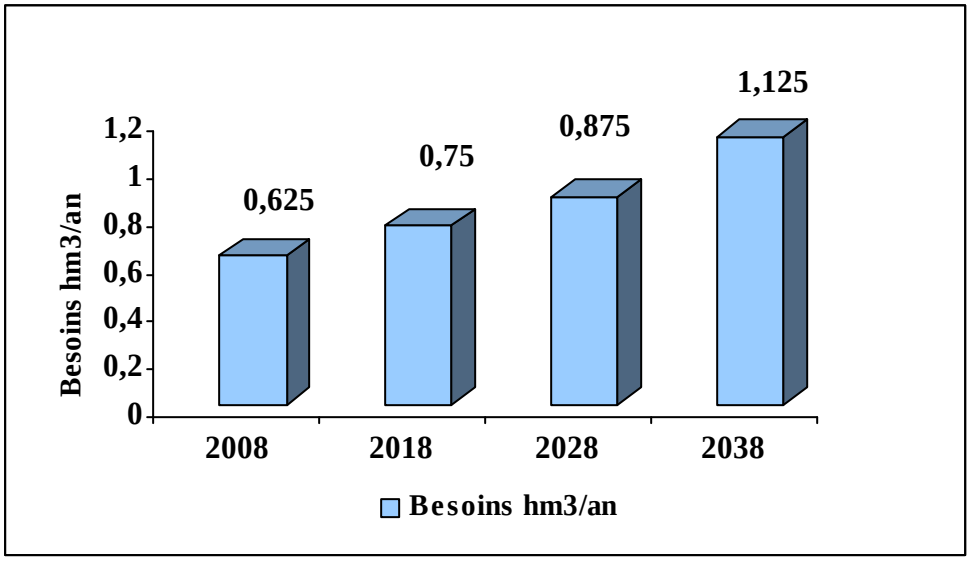
VI.3. Evaluation des besoins en eau industrielle (horizon 2018 – 2028 – 2038).

L'évaluation de ce volume est basée sur des rations moyennes exprimées en m^3/an/emplois, selon les activités En admettant un taux d'accroissement annuel moyen de 2 %. Comme le montre le tableau ci-dessous

Tab 93 Besoins hm^3/an en eau industrielle dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane

Horizon	2008	2018	2028	2038
Besoins hm^3/an	0,625	0,75	0,875	1,125

Fig.63 Répartition des besoins en eau industrielle pour déférents horizons dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane



VII. Bilan des besoins globaux

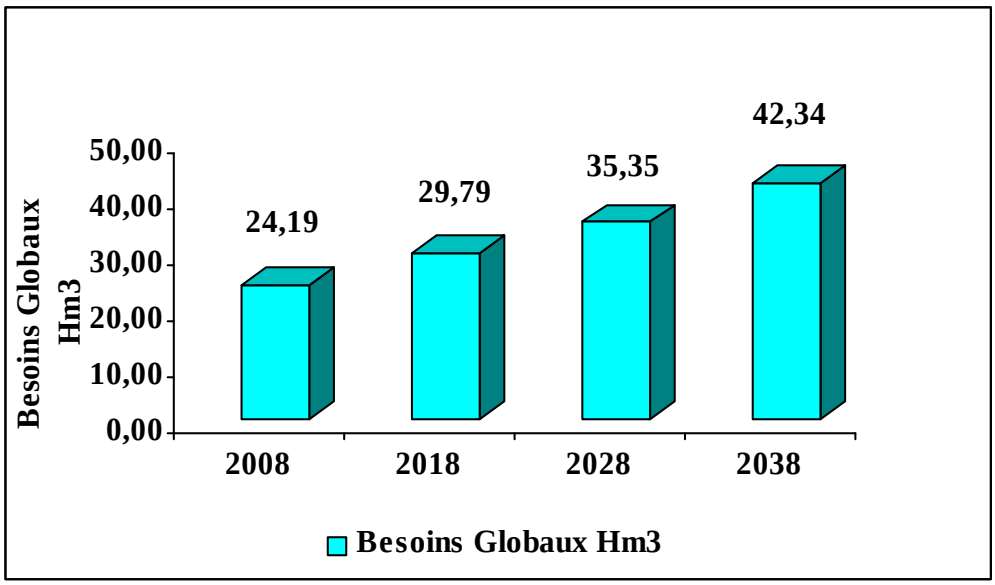
Les besoins globaux en eau actuelle dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane sont de l'ordre de 24,19 hm^3/an à l'horion2018 les besoins sont de l'ordre29.79hm^3/an à l'horion2028 de l'ordre 35.35 hm^3/an et en 2038 est de l'ordre 42.34 hm^3/an.

On peut dire que la potentialité totale actuellement dans le bassin versant de Bouhamdane (62,79 hm^3/an) est suffisant pour satisfaire les besoins en eau des différents secteurs à court, moyen et log terme

Tab 94 Besoins totale (hm^3/an) en eau dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane

Horizon / Besoins (hm^3)	2008	2018	2028	2038
Alimentation en eau potable	13,178	16,272	19,338	23,694
Alimentation en eau agricole	10,39	12,77	15,14	17,52
Alimentation en eau industrielle	0,625	0,75	0,875	1,125
Total	24,19	29,79	35,35	42,34

Fig.64. Bilan des besoins globaux dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane



Conclusion générale

Le bassin versant de Bouhamdane est situé au Nord _ Est de l'Algérie fait partie du grand bassin versant de la Seybouse le bassin couvre une superficie de l'ordre de 1105 Km^2 ; occupe la partie Ouest de la wilaya de Guelma.

Le bassin versant de l'oued Bouhamdane présente une opposition topographique très nette entre le Nord et le Sud. Ou partie Nord caractérisée par une topographie plus nette et marque par les massifs montagneux , par contre la partie Sud à une topographie plus libre.

➢ **L'étude géologique de bassin versant de l'oued Bouhamdane** montre que :

- ❖ A l'ouest du 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, constitué principalement de marnes, grés, marno- calcaies, de quaternaire et des formations superficielles.
- ❖ Le bassin inférieur - le plus arrosé - constitué en majeur partie de roche résistantes à moyennement résistantes: grès, des argiles, marne et des schistes

➢ **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 considérée comme incomplètement protégée, car la majorité de ces terres sont couvre par la céréaliculture.

✓ Les terrains de parcoure représentent aussi une proportion importante. Elles s'étendent généralement aux centre de sous bassin.

Dans le sous bassin de l'oued Sabath, le couvert forestier se localise sur les reliefs de Dj. Meliani, Béni Seline, Béni M'djeled où les précipitations sont abondantes, ce qui permet la conservation de ces forêts.

✓ 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 de sous bassin.

➢ **L'étude hydroclimatologie** montre que le bassin est soumis à un climat semi-aride avec l'influence du celui sub-humide plus au Nord. Ou :

✓ La précipitation de l'ordre 556,16mm et 531.60mm

✓ Les températures de l'ordre de 16.34°C, 15,16°C. Cela se manifeste par une saison pluvieuse au printemps, et une saison pluvieuse en hiver

✓ Le bilan hydrique calculé par la méthode de Thornthwaite donne un taux de ruissellement de (76.53, 57.50, 51.38) mm et l'infiltration (161.98, 7.98, 25.88) mm pour les stations

Hammam Bourdj Sabath Ras El Agba

➢ **L'étude des écoulements** de surface montre que : le bassin versant de Bouhamdane a un débit moyen de 6,83 m^3/s pendant 39 années d'observation

Le bassin versant de l'oued Bouhamdene présente une la lame d'eau écoulée est nettement faible par rapport à la hauteur pluviométrique moyenne du bassin traduit une forte évapotranspiration ; elle est de l'ordre de 195..07 mm.

Le coefficient d'écoulement moyennement élevé (plus de 33%), en raison de l'influence du couvert végétale dégradé et la nature lithologique moyennement perméable qui prédomine

➢ **L'étude hydrogéologique** du bassin versant de Bouhamdane a permis de constater que :

✓ la plaine de l' Oued Zenati est de composition hétérogène et d'épaisseur varie entre 5 à 25mètres. Le substratum et toujours constitué par les marnes et argile Mio - Pliocène.

Les études géologiques, géophysiques et hydrogéologiques effectuées dans la plaine de montré l'existence des formations des alluvions qui donne nappe captive

➢ **L'étude des caractéristiques chimique.** des eaux du barrage révèlent un faciès dominant de type Chlorurée – Magnésien pour les années 2002-2003, 2003-2004, 2004-2005et2005-2006 , l'année 2001-2002 marquée par un faciès chimique de Sulfaté – Magnésien et un faciès chimique de Chlorurée - calcique pour l'année2006-2007

❖ L'interprétation des résultats des analyses chimiques des eaux souterraines a permis de montre que le faciès le plus dominant dans les deux forages est de type Chlorure de Calcique pour l'année 2005-2006 au Forage F1 Ain Branis et Chlorurée – Magnésien pour les deux forages F1 Ain Branis 2006-2007 Boulganafade 1Bis années 2005-2006 ,2006-2007

➢ **Etude quantitative des ressource en eau** : La qualité Les eaux d u barrage et les eaux souterraines se sont des eaux potables et ne sont présentent pas de danger pour les habitants.

D'après les résultats du dernier recensement de 2008. Le bassin versant de l'oued Bouhamdene regroupe134314 habitants avec une densité démographique de121, 54 hab. /km^2 et un total de logement 14458 Qui sont répartis spatialement en trois zones principales

La potentialité des ressources totale reconnue dans le bassin versant de Bouhamdene est de l'ordre 63.1 hm^3/an, mobilisé un potentiel de 11.60 hm^3/an avec un volume exploitable de 09.05 hm^3/an qui répartie comme ce suit :

✓ Les ressources en eau de surface avec une potentialité reconnue de 57,82 hm^3/an, mobilisé un potentiel de 9.2 hm^3/an et exploité un volume de 06.25 hm^3/an.

✓ Les ressources en eau souterraines avec une potentialité reconnue de 05.28 hm^3/an, mobilisé un potentiel de 02.4 hm^3/an et exploité un volume de 01.5 hm^3/an.

➢ L'estimation quantitative des besoins en eau est établie suivant des normes unitaires tenant compte de paramètres, socio-économiques en ce qui concerne l'A E P (degrés de croissance, démographie, et niveau de vie des populations), technique pour ce qui est de l'industrie (type de l'industrie, processus technologique et volume de production) et biophysique concernant l'irrigation (déficit d'apport d'eau naturelle – précipitation – par rapport au besoins physiologiques des plantes).

✓ L'alimentation en eau potable des agglomérations en 2008 le volume produit annuellement est de 7.50 hm^3, ce qui correspond à une dotation unitaire moyenne de 250 /hab./ jour. Par contre les besoins actuels de ces populations sont estimés par 13.175 hm^3/an avec un déficit de l'ordre de5.66751hm^3/an

✓ L'alimentation en eau pour l'agriculture est essentiellement d'origines superficielles ou les besoins sont estimés 10.39 hm^3/an

✓ L'alimentation en eau industrielle avec un volume de consommation est de l'ordre 0.625hm^3/an

♦ La projection de population et la dotation journalière nous permis à estimé les besoins en eau potable à court, moyen et log terme pour les situations suivante

❖ Situation de 2008 avec une dotation journalière varie entre (150_200)l/hab./j ou les besoins en eau potable 13,178 atteindre hm^3/an

❖ Situation de 2018 la dotation journalière est augmentée (170_220)l/hab./j les besoins en eau potable de l'ordre16, 272hm3/an

❖ Situation de 2028 l'estimation de la dotation journalière (190_240)l/hab./j ou les besoins en eau potable atteindre19, 338 hm^3/an

❖ Situation de 2038 est la dotation journalière (210_260) l/hab. /j. Les besoins en eau potable atteindre 23, 694 hm^3/an

♦ Les besoins en eau pour l'agriculture en 2008 sont de l'ordre de10.39 hm^3 /an, à court terme, 12,77$hm^{3/}$an à moyen terme est 15.14 hm^3/an hm^3/ an à log terme sont de l'ordre17, 52 hm^3 /an

♦ Les besoins en eau pour l'industrie sont de l'ordre de 0.625 hm^3/an à court terme 0.75 hm^3/an moyen terme et 0.875 hm3/an à long terme1.125 hm^3/an

♦ Les besoins globaux en eau actuelle dans le bassin versant de l'oued Bouhamdene sont de l'ordre de 24,19 hm^3/an à l'horion2018 les besoins sont de l'ordre29.79hm^3/an à l'horion2028 de l'ordre 35.35 hm^3/an et en 2038 est de l'ordre 42.34 hm^3/an que la potentialité totale

actuellement dans le bassin versant de Bouhamdene (62,79 hm^3/an) est suffisant pour satisfaire les besoins en eau des différents secteurs à court, moyen et long terme.

Recommandations

Afin de tendre à une gestion Intégrée des ressources en eau, à l'échelle des bassins versants, il est d'une importance primordiale pour les décideurs (directeurs des Organismes de Bassin et des Administrations, membres des Comités de Bassin, représentants des Pouvoirs

Locaux, des usagers et du milieu associatif) de pouvoir disposer, à tous les niveaux géographiques pertinents, d'informations fiables, complètes et représentatives à la fois sur :

- l'état des ressources en eau de surface et souterraines, tant en quantité qu'en qualité, et des évolutions saisonnières et interannuelles,
- la situation des biotopes et milieux aquatiques et leurs degrés de sensibilité,
- les usages de l'eau (prélèvements), et notamment l'adduction d'eau potable pour les habitants, et les sources de pollution (rejets) aussi bien localisées que diffuses,
- les risques d'occurrence de phénomènes extrêmes, tels que les inondations ou les sécheresses, ainsi que des pollutions accidentelles.

Les recommandations suivantes sont proposées pour affronter les défis de l'eau qui se présentent pour l'avenir dans le bassin versant de l'oued Bouhamdane

- la participation de la société civile tendant vers la création de comités de bassin,
- la police des eaux,
- la réalisation et la gestion des grands aménagements,
- la gestion des services municipaux de l'eau et de l'assainissement,
- la gestion et l'aménagement des périmètres irrigués,
- la sensibilisation, l'information et l'éducation des usagers,
- les systèmes financiers (tarification, taxes, redevances, …),
- la formulation et mise en application de stratégies au niveau local, national ou régional, afin d'élaborer des schémas directeurs (à long terme sur 15 années)
- la mobilisation des ressources financières et un plan d'intervention prioritaire
- l'observation et l'évaluation,
- la formation professionnelle des personnels

Références bibliographiques

A.B.H. Les Cahiers de l'Agence, Agence de Bassin Hydrographique Constantinois - Seybouse- Mellegue

ADE de la wilaya de Guelma.

Aich. M (1996) – Contribution a l'étude de l'érosion en vue d'aménagement bassin versant de Bouhamdanne Thèse de magistère, université de Constantine.

ANB de la wilaya de Guelma

Annuaire pluviométrique de L'Algérie. D.E.M.R.H., Alger

A N R H de la wilaya de Constantine.

Arnaud R., (2000) - Gestion durable d'une ressource naturelle : le cas du système aquifère girondin. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse. France. 322 p.

Bebrabeh .S (2006) : Etat actuelle des ressources en eau dans la wilaya de Skikda, essai de synthèse (bilan, gestion, perspectives). Mémoire de magistère, université Annaba ; 178 pages

Benchaiba L. (2006) condition d'écoulement et impact sur la mobilisation des ressources en eau bassin versant de Bouhamdane Thèse de magistère université Batna

Bechiri .M et Handouzi .A (2007) : Caractéristiques de quelques aquifères de l'extrêmes Nord Est Algérien, cas de secteur El Tarf, Annaba, Guelma, Souk Ahras et Tébessa. Mémoire d'ingénieur université Annaba ; 102 p

Benmarce k. (2006) Mise en évidence de l'interaction eau roche dans trais aquifères différent dans la région de Guelma .N.E Algérien

Bouteraa W. (2008) Gestion Intégrée des Ressources en eau dans le bassin versant de Boumerzoug ((Kebir--Rhumel) perspectives et Développement Durable Thèse de magistère université d'Annaba

Castany G., (1982) - Hydrogéologie. Principes et méthodes, Paris, Dunod, 236 p.

Debieche T. (2002) Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle Application à la basse plaine de la Seybouse - Nord-Est Algérien. Thèse doctorat université Franche -Comte

DHW de la Wilaya de Guelma - Bilan d'activités de l'année 2002 : recommandation et prospectives. 5 p.

Doonen Bos .J. (1975) Les besoins en eau des cultures Eyrolles .Paris

DPAT de la wilaya de Guelma .Recensement 2008

D.S.A de la Wilaya de Constantine.

D.S.A de la wilaya de Guelma.

Dridi. S et Hammar. H (1994) : Contrebutions à l'étude de bassin de Bounamoussa, bilan et confrontation fréquentielle offre / demande en eau. Mémoire d'ingénieur, université Annaba ; 178p

FARAH A.S., (1991) - Etude du comportement hydrochimique d'un oued en zone méditerranéenne semi-aride d'Afrique du Nord et de ses causes naturelles et anthropiques: l'oued Rhumel, Constantinois Algérie. Thèse de Doctorat. Université d'Orléans.France. 272 p.

Khadri S. (2004). Monographie hydrogéologique de la wilaya de Guelma mémoire d'ingénieur université d Annaba

Khelfaoui. F.2008 ressources en eau et gestion intégrée dans le bassin versant du saf saf (nord-est Algérien) Thèse de magistère université d'Annaba

Khnchoul K. (2006) : Quantification de l'érosion et des transports solides dans certains bassins versants de l'ex terme nord –est algérien. Thèse doctorat université d Annaba

Ghachi ; M. Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie le bassin de la Seybouse. O. P.U Alger

Mansouri Z. Attafi N. (2005) : Identification et étude des sources thermales de la région de Guelma mémoire d'ingénieur université d Annaba

Maou .S et Sebti. S (2006) : Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine de Guelma (hydrochimie des rejets de la sucrerie). Mémoire d'ingénieur, université Annaba

Mebarki A., (1984) - Ressources en eau et aménagement en Algérie. Le bassin du Kebir Rhumel (Algérie). Doctorat troisième cycle. Office des Publications Universitaires. Alger. 302 p.

Mebarki A., (2005) - Hydrologie des bassins versants de l'Est algérien. Ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse de Doctorat. Université. Constantine. 260 p.

Mecibah I.(2008). Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant d'oued Guebli (nord-est Algérien)

Remanias ; G. (1979). L'hydrologie de l'ingénier Eyrolles .Paris

Vila J.M., (1980) - La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens, Thèse doctorat d'état des Sciences, Université de Paris VI, 2 tomes, 586 p.

Websites

www. bunesco.org/water/wwap World Water Assessment Programme;

www.water-2001.de International Conference on Freshwater, Bonn;

www.worldwaterforum.net The 2nd World Water Forum;

www.ime-eau.org Institut Méditerranéen de l'Eau ;

www.oieau.fr Office International de l'Eau.

Abréviations et acronymes

ABH	Agence de Bassin Hydrographique
ADE	Algérienne des Eaux
AEP	Alimentation en Eau Potable
ANB	Agence Nationale des Barrages
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydriques
DSA	Direction des Services Agricole
DHW	Direction de l'Hydraulique de la wilaya
PMH	Grands Périmètres Irrigués
PNE	Plan National de l'Eau

Moyennes mensuelles des précipitations

Tableau 01 : Station Oulade Hababa

ANNEE	S	O	N	D	J		M	A	MAI	J	J	A	TOTAL

77-78	153	112,4	44	62,5	76,4	261,5	35,7	109,7	55,1	11,4	4,5	3,7	929,9
78-79	66,9	76,4	50,4	76,4	76,5	104,2	84,6	21,1	22,4	15,5	10,1	14,7	619,2
79-80	89,6	74,3	25,6	160	43,8	78,2	75,2	33,6	35,4	15,4	11,9	11,4	654,4
80-81	91,4	37,1	84,6	51	89,9	57,6	84,6	53,6	37,1	16,2	5,8	3	611,9
81-82	84,6	46,5	57,6	112,4	51,4	45	19,2	46,7	25,6	3	8,4	15,5	515,9
82-83	126,4	105	40	55,5	54,2	89,9	33,8	18,9	22,5	11,2	6,7	11,4	575,5
83-84	126	8	40,7	45	78,6	57,6	68,7	49,7	28,7	11,4	9,5	17,2	541,1
84-85	31,9	29,7	70,1	109,7	89,5	98,7	36	34	33,7	17,2	4	9,5	564
85-86	77	138	51	36,3	59	68,6	39,8	21,1	11,4	18,7	17	12,3	550,2
86-87	104,2	76,4	50,4	31,5	21,1	26,9	46,7	33,6	25,8	14,6	5	8,8	445
87-88	185,5	111,8	25,6	138	33,6	29,7	55,5	54,2	38,1	12,5	3	0	390,2
88-89	105	41,6	76,4	68,7	98,7	41,6	87,2	62,5	35,4	15,4	11,2	5,5	649,2
89-90	77	103,2	57,6	78,2	57,6	68,7	112	13,5	37,1	10,2	3,7	0,9	619,7
90-91	84,6	76,4	84,6	57,6	104,2	78,2	49,8	57,6	26,8	9,8	14,7	3,5	647,8
91-92	68,7	89,2	31,9	44,5	78,2	31,9	54,8	43,1	19,5	11,3	11,4	12,5	497
92-93	67,4	85,6	60,7	76,5	57,6	89,5	98,7	44,5	24,1	17,5	8	15,8	645,9
93-94	68,7	153	44,5	43,8	78,2	49,8	57,6	31,5	23,7	3,7	6,8	4	565,3
94-95	136,1	73	94,8	89,9	109,7	65	50,7	40,2	25,2	14,7	14,9	17	731,2
95-96	127,5	94,8	57	102	57,6	23,9	48,9	51,7	87,7	11,4	10,2	5	677,7
96-97	74,3	94,8	76,4	68,7	98,7	141,6	63,7	29,8	10,7	8	3,7	16,2	686,6
97-98	165,9	138	89,5	98,7	36	109,7	64,1	21,8	36,6	6,8	14,7	3	784,8
98-99	76,4	50,4	44,5	16	84,6	33,8	78,2	30,4	29,7	14,9	11,4	15,4	485,7
99-00	144	109,7	75,2	76,4	50,4	57,6	87,7	55,8	43,5	3	16,2	11,2	730,7

Tableau 02 Station Hammam Debaghe

année	s	O	N	D	J	F	Mr	A	M	J	J	A	Toutal
81/82						35	70,1	68,6	20	/	1,5	12,4	207,6
82/83	24,2	91,3	87,8	92,2	30,8	31,6	70,3	11,5	20	7,9	5,5	0	473,1
83/84	21,6	74,3	127,8	54,8	155,6	261,5	35,7	40,1	5,8	15,4	0	3	795,6
84/85	29,7	66,4	8	363,8	71,8	65	132,5	42,8	52,5	/	0	0	832,5
85/86	94,8	21,3	23,7	14,5	100,7	23,9	73,3	48,9	4,7	15	0	0	420,8
86/87	51,4	77,7	143,7	157,7	68	141,6	73,2	41,3	77,7	/	6,5	8,5	847,3
87/88	1,9	24	65,5								0	0	91,4
88/89	9,8	0,2	29,1	107,5	21,7	72	38,7	38,3	4,2	46,8	20	10,1	398,4
89/90	38	61	31,6	59,4	145,1	/	43,6	37,3	79,6	/	0,8	26,7	523,1
90/91	5,2	43,5	104,1	167,9	60,5	56,3	67,3	118	16,9	58,8	0	15	713,5
91/92	26,8	98,1	32,7	157,6	49,4	57,6	68,7	112	120,8	16,6	14,5	15,5	770,3
92/93	2,8	31,1	214,3	174,9	58	51,2	65	24	87,7	11,5	0	10	730,5
93/94	52	33	8,6	130,8	65,5	80	9,5	77,4	10,7	/	0,9	8,9	477,3
94/95	27,7	73,3	62,9	54,2	233,3	12,5	103,6	43,3	7,1	30	0	5,6	653,5
95/96	86,8	15,9	34,5	31,7	149,5	211	43,7	63,9	73,8	12,6	2,4	4,5	730,3
96/97	18,9	14,6	14,2	43,1	62	14,6	24,8	49,6	2,5	38,2	0	32,3	314,8
97/98	75,3	40,8	103,1	111,8	49,7	57,2	37,7	46	62	11,9	0	12,8	608,3

98/99	113,1	31,9	153	41,6	76,5	66,6	65,9	34,7	47,1	5,8	9	1,5	646,7
99/00	17,7	18,5	59	114,1	43,8	26,6	19,8	28,3	127,5	39,3	0	14,2	508,8
00/01	4,3	55	21,1	47,8	89,9	74,9	14,1	45,6	48,5	/	0	3,6	404,8
01/02	42,8	20,4	33,6	34,2	30,2	66,6	25,2	26	10,2	/	23,3	26,9	339,4
02/03	21	29	146,6	118,2	209,1	106,9	34	126,4	49,7	/	3,8	/	844,7
03/04	72,8	47,9	25,1	253,1	109,2	9,8	63,9	52,7	122	63,8	/	8	827,9
04/05	36,1	10,9	165,9	136,1	73	94,8	57	75,8	5,2	24,2	7,8	6,8	693,6
05/06	8,5	3	9,4	166,7	89,5	98,7	36	11,8	74,7	4,8	15,8	14,9	533,8
06/07	23,9	7,6	33,7	72,7	27,1	57,5	231,9	60,9	22,9	11,5	6,2	1,4	557,3

Tableau 03 Station Ain Makhlouf

Année	s	O	N	D	J	F	Mr	A	M	Jn	Ju	A	Toutal
68-69	21	0	6,9	83,7	106,9	34,2	59,7	25,7	26,8	29,5	22,5	21,7	438,6
69-70	184,1	61,3	11,2	172,5	50,5	66,9	55,9	155	31	4	6	6,5	804,9
70-71	0	44	0	30,6	112	99,9	99,5	32	74	4	0	20	516
71-72	80	55,7	13	232	204	55	62	161	41	10,2	4	0	708,9
72-73	83	60	6	125	59,7	81	197	32	10	14,7	0	3,6	672
73-74	18	5,3	8	47	26	38,1	39	62	11	0	0	2,5	256,9
74-75	9	28,5	41,5	33,5	26	144	64,5	25	60	0	0	7	439
75-76	24	0	71	33	73	102	93	55,5	75	29	50	15	620
76-77	32	98,5	158,5	29	39,6	16	37	45	58,5	24	0	52	590
77-78	12	1,7	111	3	68,6	75,2	58,5	74,2	34,9	7,3	0	15,4	461,8
78-79	0	44,2	40	13,4	25,8	84,6	42,4	182,5	18	25	0	15,6	491,5
79-80	62,3	28,5	38,9	7	42,4	19,2	74,8	44,7	43,1	0	0	0	360,9
80-81	74,9	8	27,5	169,7	61,5		36	31,5	4,5	33,5	0	8	455,1
81-82	54	26,5	17,5	59,5	80	75,5	79,5	60,2	31,5	3,5	0	2	489,7
82-83	16,5	45,5	86,5	42	59,5	3,5	16	5	27,5	10,5	5,5	21	339
83-84	5	62	81,5	31	96,5	166	46,5	27	2,5	13	0,9		531,9
84-85	19,5	53	16	257,5	58	39	96	34,5	48	0	3,5	0	625
85-86	36,5	50,5	19	7,5	95,7	26,9	71,2	35,5	6,5	24	2,5	2	377,8
86-87	35,5	70,5	103,5	131	47,5	143	76	40,4	60,5	0	10,6	1,5	719,5
87-88	3,5	19	66,5	16	78,5	27,5	55	26,5	38	63	0	1,5	395
88-89	38	7	28	128,5	30	66	31,5	48,5	5	34	9,5	5,5	431,5
89-90	52,5	48,5	24,5	28	101,8	0	42	34	57	8,7	3,8	47	447,8
90-91	0	19,5	119,5	122,5	51,5	69,7	92	77,5	60,5	30	15,5	5,5	663,7
91-92	46,5	123	34	22	37	51,5		131,5	102	10,5	6,5	7,5	572
92-93	8,5	56	145,5	200,5		47,5	40,5	33	70	13,2	0	6	620,7
93-94	5,5	6	10,5	128,7	63	90,5	5,5	63,5	11	0	0	15	399,2
94-95	37	75	14	49	51,5	0	189	52	8	21,3	0	3,6	500,4
95-96	31	13,8	16,2	14	37,1	75,5	26	15,6	15,4	8,8	6,4	9,9	270,1

96-97	4,8	6,1	5	14,9	23	5,5	7,2	14,4	3,2	12		10	106,1
97-98	24,8	11,2	78,2	58,9	21,6	61	119,1	108	16,2	6,1	6	23,7	534,8
98-99		108,3	339,8	11,6	203,1	50,8	153,3	46	55,02	24	14,9	14,5	1121,5
99-00	58,1	38,8	80,1	126,7	36	19,5	23,3	57,6	113	25,7	0		579

Tableau 04 Localisation des stations

Station	longitude: x	Latitude: y	Altitude: Z
Hammam Debaghe	909.645 m	360.860 m	316 m.
Bourdj Sabath	07° 2' E	36° 24' N	516
Ras Agba	**7** ° 4 ' E	36° 15'N	750

Tableau 05 Localisation des forages

Dénomination	Localisation	Commune	Wilaya	X	Y	Z	Pm
F 14 (Balta)	Tamlouka	Tamlouka	Guelma	892750	314950	820	140
F16 (Ain Arko)	Tamlouka	Tamlouka	Guelma	897400	320000	790	172
F1 (Ain Arko)	Tamlouka	Tamlouka	Guelma	899850	328600	750	250
F 8(Ain Arko)	Tamlouka	Tamlouka	Guelma	899300	320000	795	302
F 9 Bis(Ain Arko)	Tamlouka	Tamlouka	Guelma	895300	317600	783	220
F10 (Tamlouka)	Tamlouka	Tamlouka	Guelma	898000	326900	760	210
F17 (Ain Arko)	Tamlouka	Tamlouka	Guelma	897400	318000	760	140
F Ain Abid (Ain Arko)	Tamlouka	Tamlouka	Guelma	896350	320350	775	292
Boulagnafed 1Bis	Ain Abid	Ain Abid	Constantine	893650	332350	910	155
Centre Vol a voile	Ben Badis	Ben Badis	Constantine	******	******	***	11
F2bourdj Sabath	Bourdj Sabath	Bourdj Sabath	Guelma	******	******	***	90
F 13 Bis (Ain trab)	Tamlouka	Ain Makhlouf		902400	331480	780	255
F1 Ain Branis	Ras El Agba	Ras El Agba		940100	351000	743	100

Tableau 03 Répartition de population du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Commune	Catégorie de population	Population 2008.	Logement	Ménage
Oued Zenati	chef lieu	27453	6049	5494
Kifen Assel	Agglomération secondaire	907	156	161
Sidi Abid	Agglomération secondaire	943	174	170
Ain Trab	Agglomération secondaire	1884	402	369
poly cap	Agglomération secondaire	486	159	101
	Zone éparse	1194	267	219
Total		32867	7207	6514
Bourdj Sabath	chef lieu	3929	767	699
Louzat	Agglomération secondaire	622	137	109
Ras Ayoun	Agglomération secondaire	1394	263	251
	Zone éparse	4254	813	727
Total		10199	1980	1786
Ain Regada	chef lieu	3713	772	701
Kas Azab	Agglomération secondaire	1679	348	307
Yakhlaf khelifa	Agglomération secondaire	629	146	123
Boukoche Ahmade	Agglomération secondaire	993	190	184
	Zone éparse	762	159	149
Total		7776	1615	1464
Ain Hassainia	chef lieu	5398	1064	1061
Ain Ammara	Agglomération secondaire	667	142	128
	Zone éparse	1039	253	198
Total		7104	1459	1387
Medjez Ammar	chef lieu	3071	553	604
Salah Sarfani	Agglomération secondaire	1408	259	265
Salah Salah	Agglomération secondaire	1370	270	255
	Zone éparse	1832	385	355
Total		7681	1467	1479
Ras El Agba	chef lieu	2108	471	426
	Zone Esparse	609	167	118
Total		2717	638	544
Hammam Debaghe	chef lieu	13016	2814	2407
Ain Ragba	Agglomération secondaire	782	147	141
Dahmoune Tahar	Agglomération secondaire	1357	236	222
	Zone éparse	1236	308	249
Total		16391	3505	3019
Bouhamdene	chef lieu	1992	375	364
	Zone éparse	2419	537	424
Total		4411	912	788
Ben Badis	chef lieu	8950	1680	1586

Ben Yagoub	Agglomération secondaire	1630	334	325
	Zone éparse	1750	335	286
Total		12330	2349	1872
Ain Abid	chef lieu	17 742	3454	3 156
El Maamra	Agglomération secondaire	3202	784	654
	Zone éparse	2150	448	375
Total		23094	4686	4185
Oulade Hababa	chef lieu	7608	1580	1412
	Agglomération secondaire	588	198	121
	Zone éparse	1548	356	277
Total		9744	2134	1810