

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE KASDI MERBAH

OUARGLA

**FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
ET SCIENCES DE LA MATIERE**

Département d'hydraulique et de génie civil

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Magister en Hydraulique

Option : Aménagement hydraulique en zones arides

Réalisé par :

Mr : BELAGOUNE FARES

THEME

**ETUDE ET MODÉLISATION DES CRUES DES COURS D'EAUX EN
MILIEU SEMI ARIDE
« Cas des grands bassins versants 05, 06 et 07 »**

Soutenu publiquement le : 02/05/2012

Devant le Jury composé de :

KRIKER Abdelouahed	Professeur	Univ. Ouargla	Président
SAKER Mohamed Lakhdar	Maître de conférences	Univ. Ouargla	Examineur
DJIDEL Mohamed	Maître de conférences	Univ. Ouargla	Examineur
BOUTAOUTAOU Djamel	Maître de conférences	Univ. Ouargla	Encadreur

SOMMAIRE

Liste des tableaux	I
Liste des figures	IV
Liste des cartes	VI
Introduction	01

Chapitre I :

Etude physico-géographique et climatique des bassins versants Semi-arides et arides

1.1. Le cadre orographique et le réseau hydrographique	03
1.1.1. Situation géographique et relief	03
1.1.1.1. Situation géographique	03
1.1.1.2. Relief	04
1.1.1.3. Les caractéristiques morpho-métriques des bassins	06
1.2. Les caractéristiques géologiques et lithologiques des Bassins versants	10
1.2.1. Stratigraphie et aperçu lithologique global	10
1.2.2. Les caractéristiques lithologiques et la perméabilité des sols des sous bassins versants	14
1.3. Le couvert végétal et le sol	15
1.3.1. Couvert végétal	16
1.3.1.1. Classification de la végétation	16
1.3.1.2. Impact de la végétation sur l'écoulement	17
1.3.2. Sol	17
1.3.2.1.. Les Sols peu évolués	17
1.3.2.1.. Les Sols calcaires	18
1.3.2.1.. Les Sols gypseux	18
1.3.2.1.. Les Sols salins	18
1.3.2.1.. Les Sols argileux	18
1.3.3. Type des sols de la région d'étude	19
1.4. Aperçu Climatique	19
1.4.1. Le réseau pluviométrique et les séries d'observation	19
1.4.2. Critique et homogénéisation des données pluviométriques	21
1.4.2.1. Contrôle de la fiabilité des séries pluviométriques	21
1.4.2.2. Comblement des lacunes d'observations	25
1.4.2.3. Variations spatiales et temporelles des pluies sur le bassin versant	46
1.4.3. Les températures	47
1.4.4. Les autres facteurs climatiques	50
1.4.5. L'évapotranspiration	54
Conclusion	60

Chapitre II

Caractéristiques de l'écoulement et les débits des crues

2.1. Les formes extrêmes de l'écoulement : crues	61
2.1.1. Les maximums annuels : les crues	61
2.1.1.1. La genèse des crues et leur extension dans le temps et l'espace	61
2.1.2. Les crues des oueds des zones arides et semi-arides	68
2.1.2.1. Les apports de crues	74
2.1.3. Les Différentes méthodes d'estimation des débits des crues	77
2.1.3.1. Formules empiriques régionales	77
2.1.3.2. Détermination des zones des crues par données de mesure (Ajustement à la loi de Gumbel)	80
2.1.3.3. Méthode faisant intervenir les pluies	85
2.1.4. La puissance des crues	92
Conclusion	97

Chapitre III

Traitement statique et Modélisation des débits de crues des zones arides et semi-aride

3.1. Traitement statique des données d'observation (données de mesure)	98
3.1.1. Homogénéisation des séries des crues	98
3.1.2. Ajustement des débits des crues	105
3.1.2.1. Ajustement à la loi normale	105
3.1.2.1. Ajustement à la loi Gumbel	110
3.1.2.3. Ajustement à la loi Log normale	113
3.2. Modélisations des débits des crues (débits max)	116
3.2.1. Modélisations des débits des crues fréquents	118
3.2.2. Détermination des paramètres du calcul	120
3.2.2.1. Détermination du débit spécifique	120
3.2.2.2. Détermination du coefficient de variation (cv)	120
3.2.3. Comparaison entre les valeurs de crues calculées et modélisées	121
Conclusion	123
Conclusion Générale et Recommandation	124
Bibliographie	128
Annexe	131
Résumé	156

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Superficie des différents sous bassin de Grand bassin versant 05	7
Tableau I.2 : Superficie des différents sous bassin de Grand bassin versant 06	7
Tableau I.3 : Superficie des différents sous bassin de Grand bassin versant 07	7
Tableau I.4: Tableau récapitulatif des résultats (B.V05)	9
Tableau I.5: Tableau récapitulatif des résultats (B.V06)	9
Tableau I.6: Tableau récapitulatif des résultats (B.V07)	12
Tableau I.7 : Les ressources en sols inventoriées (Source ANRH-2001)	19
Tableau I.8 : Coordonnées des stations pluviométriques étudiées Grands bassins versant BV5 (Chott Hodna)	20
Tableau I.9 : Coordonnées des stations pluviométriques étudiées Grand Bassin versant BV6 (Chott Melghir)	20
Tableau I.10 : Coordonnées des stations pluviométriques étudiées Grand bassin versant BV7 (Hauts plateaux constantinois)	21
Tableau I.11 : Les coefficients correctifs des doubles cumuls (BV05)	23
Tableau I.12 : bassin versant BV5 (Chott Hodna-M'sila).Résultats d'homogénéisation Des données pluviométriques.	27
Tableau I.13 : bassin versant BV6 (Chott Melghir- Biskra): Résultats D'homogénéisation des données pluviométriques.	29
Tableau I.14 : bassin versant BV6-Suite- (Chott Melghir- Biskra): Résultats D'homogénéisation des données pluviométriques.	30
Tableau I.15 : bassin versant BV6-Suite- (Chott Melghir- Biskra): Résultats D'homogénéisation des données pluviométriques.	31
Tableau I.16 : bassin versant BV7 (haut plateaux constantinois): Résultats D'homogénéisation des données pluviométriques.	33
Tableau I.17 : bassin versant BV7-suite- (haut plateaux constantinois): Résultats D'homogénéisation des données pluviométriques.	35
Tableau I.18 : Application de la méthode de moyenne arithmétique au Calcul de la pluie moyenne annuelle(B.V05).	36
Tableau I.19 : Application de la méthode de moyenne arithmétique Au calcul de la pluie moyenne annuelle(B.V06).	36
Tableau I.20 : Application de la méthode de moyenne arithmétique Au calcul de la pluie moyenne annuelle(B.V07).	36
Tableau I.21 : Application de la méthode de THIESSEN au calcul De la pluie moyenne annuelle.	40
Tableau I.22: moyenne, écart type et coefficient de variation De la série pluviométrique (1974-2006).	42
Tableau I.23: Ecart à la moyenne des précipitations annuelles extrêmes (1974-2006)	43
Tableau I.24 : moyenne, écart type et coefficient de variation De la série pluviométrique (1974-2006).	44
Tableau I.25: Ecart à la moyenne des précipitations annuelles extrêmes (1974-2006)	45
Tableau I.26: moyenne, écart type et coefficient de variation De la série pluviométrique (1971-2003).	46
Tableau I.27: Ecart à la moyenne des précipitations annuelles extrêmes (1971-2003) Pluviométriques (1974-1995).	47
Tableau I.28: les températures moyennes mensuelles enregistrées Chott Hodna (1973-2005)	48
Tableau I.29: les températures moyennes mensuelles enregistrées Chott Melghir (1977-2002)	48
Tableau I.30: les températures moyennes mensuelles enregistrées Haut Plateaux (1973-1998)	48

Tableau I.31: résumé ces principales données qui complètent l'analyse climatique Bassin versant Haut Plateau	51
Tableau I.32: résumé ces principales données qui complètent l'analyse climatique Chott Melghir (1990-2000)	52
Tableau I.33: résumé ces principales données qui complètent l'analyse climatique Chott Hodna (1999-2000)	53
Tableau I.34: ETP mensuelle selon THORNTHWAITE à la station de Batna	55
Tableau I.35: L'ETP mensuelle selon TURC, à la station de Batna.	56
Tableau I.36: L'ETP mensuelle selon la formule de BLANNY-CRIDDLE, Modifiée par la F.A.O pour la station de Batna.	57
Tableau II.1: Débits journaliers des crues de l'oued SOUBELLA	66
Tableau II.2: Débits journaliers des crues d'Oued Chéria	67
Tableau II.3: Débits journaliers des crues de l'Oued Chemorah	68
Tableau II.4: Caractéristiques des principales crues des différents oueds (BV 05)	71
Tableau II.5 : Caractéristiques des principales crues des différents oueds (BV 06)	72
Tableau II.6 : Caractéristiques des principales crues des différents oueds (BV 07)	73
Tableau II.7: les apports et les débits absolus, spécifiques des principales crues (BV05)	74
Tableau II.8 : les apports et les débits absolus, spécifiques des principales crues (BV06)	75
Tableau II.9 : les apports et les débits absolus, spécifiques des principales crues (BV07)	76
Tableau II.10 : Calcul des débits des crues par la formule empirique issue des lois de Gilbert-Galton-Gauss (BV05)	78
Tableau II.11 : Calcul des débits des crues par la formule empirique issue des lois de Gilbert-Galton-Gauss (BV06)	78
Tableau II.12 : Calcul des débits des crues par la formule empirique issue des lois de Gilbert-Galton-Gauss (BV07)	79
Tableau II.13 : Durée de récurrence des débits journaliers maximaux annuels (BV05)	80
Tableau II.14 : Durée de récurrence des débits journaliers maximaux annuels (BV06)	82
Tableau II.15 : Durée de récurrence des débits journaliers maximaux annuels (BV07)	84
Tableau II.16 : Application de la méthode du Gradex (BV05)	87
Tableau II.17 : Application de la méthode du Gradex (BV06)	88
Tableau II.18: Application de la méthode du Gradex (BV07)	89
Tableau II.19: Débit de crue moyenne (1) pour le Grand bassin versant 05	89
Tableau II.20: Débit de crue moyenne pour le Grand bassin versant 06	89
Tableau II.21: Débit de crue moyenne pour le Grand bassin versant 07	90
Tableau II.22: Résultats finales de l'application de la méthode du Gradex (BV05) " Débits de pointe des crues (1) "	90
Tableau II.23: Résultats finales de l'application de la méthode du Gradex (BV06)	90
Tableau II.24: Résultats finales de l'application de la méthode du Gradex (BV07)	90
Tableau II.25 : B.V 05	91
Tableau II.26 : B.V 06	92
Tableau II.27 : B.V 07	92
Tableau II.28: La puissance des crues (BV05)	93
Tableau II.29: La puissance des crues (BV06)	94
Tableau II.30: La puissance des crues (BV07)	95
Tableau III.1: Débit Maximum instantané (B.V05)	99
Tableau III.2: Application Test de Wilcoxon (Station 05 08 01)	100
Tableau III.3: Débit Maximum instantané (B.V06)	101
Tableau III.4 : Application Test de Wilcoxon (Station 06 12 01)	102
Tableau III.5: Débit Maximum instantané (B.V07)	103
Tableau III.6 : Application Test de Wilcoxon (Station 07 05 01)	104
Tableau III.7 : Ajustement à la loi Normale (B.V05)	105
Tableau III.8 : Ajustement à la loi Normale (B.V06)	106

Tableau III.9: Ajustement à la loi Normale (B.V07)	106
Tableau III.10: Débits fréquents de Grand bassin versant 05(Loi Normale)	107
Tableau III.11 : Débits fréquents de Grand bassin versant 06(Loi Normale)	110
Tableau III.12 : Débits fréquents de Grand bassin versant 07(Loi Normale)	110
Tableau III.13: Débits fréquents de Grand bassin versant 06(Loi de Gumbel)	111
Tableau III.14: Débits fréquents de Grand bassin versant 06(Loi de Gumbel)	112
Tableau III.15: Débits fréquents de Grand bassin versant 07(Loi de Gumbel)	112
Tableau III.16: Débits fréquents de Grand bassin versant 05(Loi Log-Normale)	113
Tableau III.17: Débits fréquents de Grand bassin versant 06(Loi Log-Normale)	114
Tableau III.18: Débits fréquents de Grand bassin versant 07(Loi Log-Normale)	115
Tableau III.19: caractéristiques morpho métriques des sous bassin versant étudiées	116
Tableau III.20: Calcul q_{max}	118
Tableau III.21: détermination le rapport (Cv/q) et Log(S+1)	120
Tableau III.22: Comparaison entre les valeurs de crues calculées et modélisées	122

LISTES DES FIGURES

Figure I.1 : Critique des données pluviométriques par la méthode Des doubles cumuls (Station Sidi Ouadah)	22
Figure I.2 : Critique des données pluviométriques par la méthode Des doubles cumuls (Station Gsob Barrage)	23
Figure I.3 : Critique des données pluviométriques par la méthode Des doubles cumuls (Station Guentis)	24
Figure I.4 : Critique des données pluviométriques par la méthode Des doubles cumuls (Station Djemorah)	24
Figure I.5 : Critique des données pluviométriques par la méthode Des doubles cumuls (Station Reboa)	25
Figure I.6 : Résultats d'homogénéisation des données pluviométriques (Après Contrôle de fiabilité et comblement de lacunes B.V05)	28
Figure I.7 : Résultats d'homogénéisation des données pluviométriques (Après Contrôle de fiabilité et comblement de lacunes-Suite B.V05-)	28
Figure I.8 : Résultats d'homogénéisation des données pluviométriques (Après Contrôle de fiabilité et comblement de lacunes B.V06)	30
Figure I.9 : Résultats d'homogénéisation des données pluviométriques (Après Contrôle de fiabilité et comblement de lacunes-Suite B.V06-)	31
Figure I.10 : Résultats d'homogénéisation des données pluviométriques (Après Contrôle de fiabilité et comblement de lacunes-Suite B.V06-)	32
Figure I.11: Résultats d'homogénéisation des données pluviométriques (Après Contrôle de fiabilité et comblement de lacunes B.V07)	35
Figure I.12: Résultats d'homogénéisation des données pluviométriques (Après Contrôle de fiabilité et comblement de lacunes-Suite B.V07-)	35
Figure I.13: Méthode graphique	37
Figure I.14: découpage de bassin versant d'oued Chemorah	39
Figure I.15: Evolution annuelle des précipitations (1974/2006).	43
Figure I.16: Evolution annuelle des précipitations (1974/2006)	45
Figure I.17: Ecart à la moyenne des précipitations annuelles extrêmes (1971-2003)	47
Figure I.18 : Réparation des températures moyennes mensuelles maximales et minimales Chott Hodna (1990-2000)	49
Figure I.19 : Réparation des températures moyennes mensuelles maximales Et minimales à la Chott Melghir (1977-2002)	49
Figure I.20 : Réparation des températures moyennes mensuelles maximales et minimales Hauts Plateaux (1973/ 1998)	49
Figure II.1 : Hydrogramme Horaire de la crue de la saison froide Avril 1982(Sidi Ouadah)	63
Figure II.2: Hydrogramme Horaire de la crue de la saison froide Avril 1982(Ain babouche)	63
Figure II.3 : Hydrogramme Horaire de la crue de la saison froide Septembre 1996(Chemorah)	64
Figure II.4: Hydrogramme de la crue de la saison chaude Septembre 1979 (Sidi Ouadah)	65
Figure II.5: Hydrogramme de la crue de la saison chaude septembre 1981 (Chemorah)	65
Figure II.6: Hydrogramme de la crue de la saison chaude juin 1981 (Ain Babouche)	65
Figure II.7: Hydrogramme de la crue Octobre 1981	69
Figure II.8: Hydrogramme de la crue Septembre 1979	70
Figure II.9 : Hydrogramme de la crue Aout 1983	70
Figure II.10: Ajustement des Débits de crue à une loi de Gumbel (Station Sidi Ouadah)	82
Figure II.11: Ajustement des Débits de crue à une loi de Gumbel (Station El Kantra)	83
Figure II.12: Ajustement des Débits de crue à une loi de Gumbel (Station Timgad)	85
Figure III.1: Ajustement des débits maximaux instantanés A une loi Normale (Station 05 11 01)	108
Figure III.2: Ajustement des débits maximaux instantanés A une loi de Gumbel (Station 05 11 01)	111

Figure III.3: Ajustement des débits maximaux instantanés A une loi de Log-Normale (Station 05 11 01)	113
Figure III.4: Ajustement des débits maximaux instantanés A une loi de Log-Normale (Station 06 12 01)	114
Figure III.5: Ajustement des débits maximaux instantanés A une loi de Log-Normale (Station 07 05 01)	115
Figure III.6: Relation entre le débit spécifique moyen max(QM), la surface de bassin (S) et (S+1)	119
Figure III.7: relation entre le coefficient de variation (cv/q_{\max}) et Log (S+1)	120

LISTES DES CARTES

Carte I.1	: Les grands bassins versants caractérisés le nord d'Algérie	04
Carte I.2	: Carte Stratigraphie et aperçu lithologique global (partie est d'Algérie)	14
Carte I.3	: Températures moyennes annuelles	50
Carte I.4	: Evaporations potentielles moyennes annuelles	59

Introduction

Introduction

L'inondation est une submersion (rapide ou lente) susceptible d'affecter de vastes surfaces naturelles et urbaines, elle correspond au débordement des eaux lors d'une crue. Par définition, une crue est une augmentation rapide et temporaire du débit d'un cours d'eau. Elle est décrite par trois paramètres : la hauteur, le débit et la vitesse du courant.

Les crues se produisent lorsque le sol et la végétation ne peuvent pas assimiler toute l'eau de ruissellement et provoquent une élévation du lit du cours d'eau. Le plus souvent, celui-ci ne déborde pas, mais l'eau ruisselle parfois dans des quantités qui ne peuvent être transportées dans les lits des cours d'eau, ni retenues dans les bassins naturels ou artificiels. Le cours d'eau déborde et il se produit alors une inondation.

Les inondations subites, qui peuvent survenir en automne dans les régions méditerranéennes sont généralement dues à des précipitations intenses sur une zone relativement réduite, les pratiques agricoles intensives diminuent la capacité du terrain à retenir l'eau et augmente le ruissellement.

L'homme a aggravé les inondations en dégradant le milieu naturel au tour de certains cours d'eau (l'imperméabilisation du bassin versant). Il est bien connu que l'imperméabilisation du sol par les bâtiments et les infrastructures a pour effet d'accroître les coefficients de ruissellement et donc d'accélérer les écoulements des eaux et d'aggraver les débits reçus à l'aval; à ces conditions, l'incapacité des réseaux d'assainissement est considérée comme l'un des causes de ce phénomène.

L'impact de ces inondations reste relativement local, et le nombre de victimes est généralement limité, mais très variable en raison de la densité des habitations, de sa localisation et de type de construction adopté.

Événement récurrent partout dans le monde, ce phénomène a touché la plus part des pays, ces pays présentent à la fois les conditions climatiques, les sites géologiques à risque et des infrastructures insuffisantes en terme de protection de l'homme et de l'environnement ; à l'océan Indien à Bangladesh ce phénomène entraîne parfois, comme en 1970 la mort de plusieurs personnes.

La montée précoce des eaux du fleuve Sénégal fait peser au mois d'août 2000 de graves inondations [1] en France 3 à 4% de la population concernée et 7600 communes, sont exposées à l'inondation.

Chaque année les inondations font quelques dizaines de victimes. En 1935 à Toulouse, des inondations catastrophiques ont provoqué la mort de 200 personnes. En 1988 à Nîme, des crues torrentielles et inondations pluviales ont provoqué la mort de 11 personnes [2].

En Algérie, le risque d'inondation est parmi les défis majeurs qu'affrontent les agglomérations Algériennes situées aux pieds des versants dans les basses plaines ; aux embouchures des oueds. Les crues inondantes

constituent un risque engendré par l'accroissement démesuré de ces entités urbaines sans infrastructures convenables en matière d'assainissement et de protection contre ce risque.

Pour rappel nous citons quelques crues et inondations catastrophique survenus sur e territoire algériens :

- ✚ Les précipitations exceptionnelles survenues le 28 au 31 mars 1974 sur plusieurs régions du centre ont causés uniquement dans la wilaya de Tizi-Ouzou 52 morts, 4570 maisons détruites, 130 villages isolés et plus de 18000 sinistrés. Les dégâts matériels ont été estimés à l'époque à 27 millions de Dinars, 13 ponts et quelques Kilomètres de route ont été emportés par les crues.
- ✚ La plus forte crue historique de Oued El Hammam dans le bassin de la MACTA, enregistrée le 27 Novembre 1927(estimé à environ de 5000 m³/s) à amener la rupture totale de l'ancien Barrage Fergoug près de Mascara [3].
- ✚ Les pluies exceptionnelles (plus de 240mm), abattu sur Bouzaréah dans la nuit de 9 au 10 Novembre 2001, provoquées par un orage local ont généré une crue catastrophique, estimée à 730m³/s, sur un bassin versant de 10 km². Cette crue à arracher et emporté avec elle d'énormes quantité de terre (boue), arbres et détritrus de toute sorte. La violence meurtrière de cette crue survenue sur Bab El Oued (Alger) à fait presque 1000 morts et importants dégâts matériels [4].

Le bon dimensionnement des ouvrages d'évacuation (évacuateur de crue, canaux, conduites fossés, etc.....), repose sur la bonne évaluation des valeurs des débits de crue, nécessaires pour la détermination des gabarits des ouvrages. Il y a donc lieu d'étudier les crues des cours d'eau pour la conception des ouvrages d'évacuation.

CHAPITRE I :

Etude physico-
géographique et
climatique des bassins
versants semi-arides et
arides

Etude physico-géographique et climatique des bassins versants semi-arides et arides

1.1. Le cadre orographique et le réseau hydrographique

1.1.1. Situation géographique et relief

1.1.1.1. Situation géographique

Notre zone d'étude concerne trois parties de zone semi-aride de l'Algérie (Chott Melghir, Chott Hodna et Haut plateaux constantinois) [5]. La surface totale de cette zone est d'environ 104500 Km². Le grand bassin versant de Chott Melghir d'une superficie environ de 68751 km², englobe trente (30) sous bassins versants [6], situé en zone aride steppique, est représentatif de la région méditerranée, notamment en raison de la diversification des habitats qu'il renferme : chott et sebkha. On y rencontre des halipedes, des zones steppiques toujours vertes aux alentours du chott et, au centre, des sebkhas saturées en sel complètement dépourvues de végétation. A ces formations végétales s'ajoutent les formations des zones humides où se rencontre une végétation purement aquatique lacustre et paludicole.

Coordonnées géographiques : Latitude : 6°07'30'' et 6°30'02'' Est
Longitude : 34°00'00'' et 34°30'01'' Nord [5].

Le Chott El Hodna est un type de zone humide représentatif au niveau de la méditerranée de par l'étendue de sa superficie et de son bassin versant. Sa situation en zone aride est un autre atout justifiant le degré de rareté de milieux naturels d'un seul tenant ayant peu ou pas de transformations importantes par l'homme.

Enfin, Le chott est un modèle représentatif de par la présence de plusieurs types de sols, de bioclimats et de variétés biologiques.

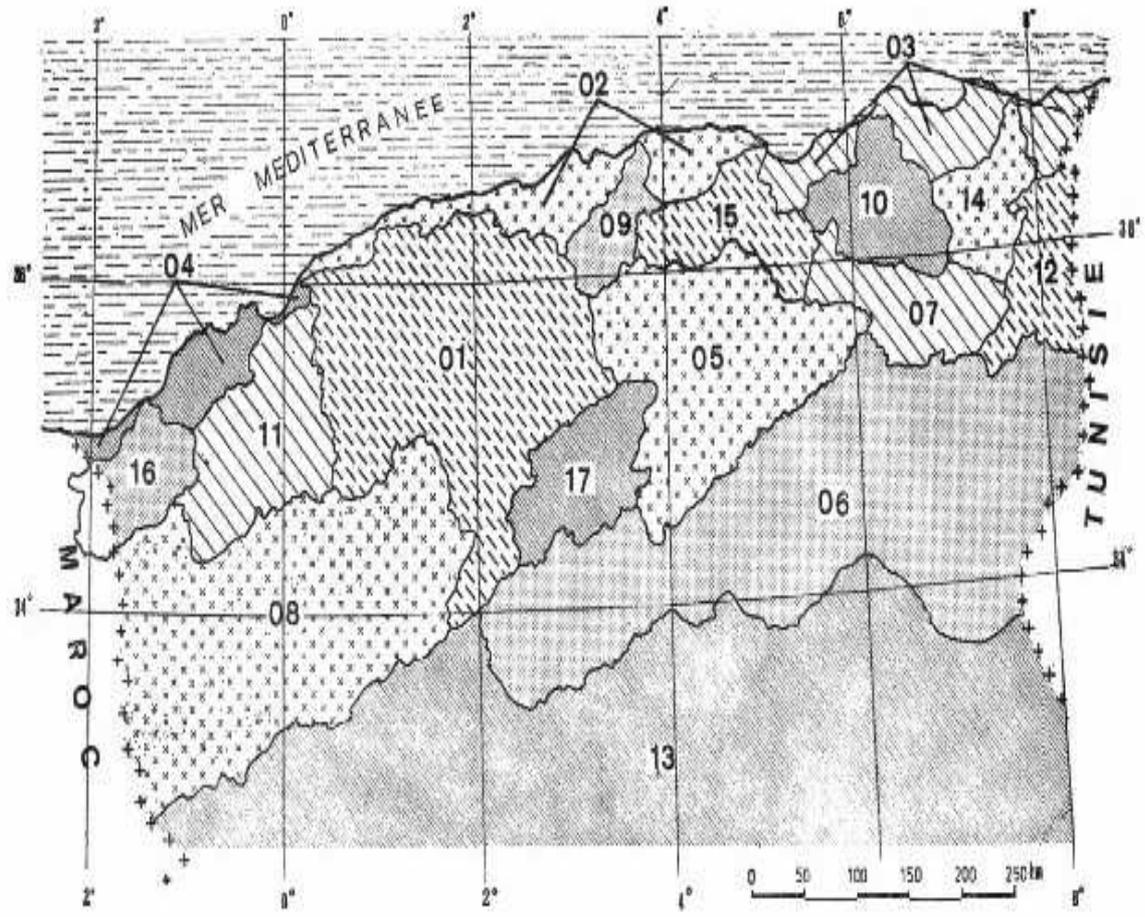
Le Chott El Hodna couvre deux wilaya, M'Sila, sur 1000 Km², et Batna sur 100Km², située au Sud-est de l'Algérie et isolé de la Mer Méditerranéenne par 100 à 150 km de chaînes de montagnes, cet écosystème qui occupe le centre de la cuvette du Hodna est situé à 40 km de la Ville de M'Sila, à 20 km au Sud-ouest de la ville de Boussaâda et à 80 km au Sud-est de la ville de Biskra.

Coordonnées géographiques : Latitude : 35° 18' / 35° 32' Longitude : 4°15' / 5° 06' [5].

Le Haut plateau constantinois de l'est situés dans les étages bioclimatiques semi-arides à arides (200 à 400 mm/an de précipitation) et renfermant de grandes dépressions continentales salées appelées chotts et sebkhas.

Coordonnées géographiques : Latitude : 35° 44' 69'' Nord / Longitude: 06° 47' 43'' Est [5].

Cette zone renferme les principales ressources en eaux de surface et les infrastructures hydrauliques du pays.



- | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|-------------|
| 01 CHELIFF | 07 H. PLAINES CONSTANTINOISES | 13 SAHARA |
| 02 COTIERS ALGEROIS | 08 H. PLAINES ORANAISES | 14 SEYBOUSE |
| 03 COTIERS CONSTANTINOIS | 09 ISSER | 15 SOUMMAM |
| 04 COTIERS ORANAIS | 10 KEBIR RHUMEL | 16 TAFNA |
| 05 CHOTT HODNA | 11 MACTA | 17 ZAHREZ |
| 06 CHOTT MELGHIR | 12 MEDJERDAH | |

Carte I.1: Les grands bassins versants caractérisés le nord d'Algérie [5]

1.1.1.2. Relief

Le relief est le résultat d'une conjugaison de plusieurs facteurs et particulièrement par l'évolution géologique et par l'action de l'érosion à une grande échelle (des milliers ou des millions d'années) [4].

Dans ce contexte, la zone semi-aride est divisée en quatre ensembles distincts :

A. Les montagnes

Ces reliefs forment une barrière naturelle qui joue un rôle climatique et hydrologique important. Les différents paramètres climatiques sont fortement influencés par ces reliefs qui forment une limite entre les influences sahariennes du Sud et celles de la continentalité caractérisant les hautes plaines contrairement au bassin versant de Chott Hodna, qui caractérisent les

régions steppiques semi-arides et arides de Haut Plateau (900-400m d'altitude), le bassin versant de Chott Melghir caractérisent les régions sahariennes arides et hyperarides et constituent les points les plus bas du Sahara (-35m d'altitude).

Le bassin versant de chott Melghir est composée essentiellement de massifs montagneux des Aurès qui on citée par exemple : Djebel Metlili (1496m), Ras er Rih (1916 m), el Mahmel (2231) m, plus à l'Est on rencontre les massifs de Djebels Timagoult (1875 m), Lizourès (1746 m), et Djebels Aslaf (1606 m).

Le grand bassin versant de Haut plateaux est composée aussi de massifs montagneux des Aurès: Asker (1833m) , Ras er Rih (1916 m) , el Mahmel dont l'altitude s'élève jusqu'à 2231m , plus à l'Est de Grand bassin versant on rencontre les massifs de Djebels Timagoult (1875 m) , Lizourès (1746 m) , et Djebels Aslaf (1606 m) .

Le bassin versant de chott Hodna est une zone où interfèrent les domaines telliens et sahariens, ce qui entraîne une très grande variation de faciès et une tectonique complexe.

Les terrains qui forment la région sont essentiellement Mésozoïques (Secondaire). Le Paléozoïque (Primaire) est absent, le Trias et le Jurassique n'occupent que des surfaces réduites, le plus souvent le Trias apparaît en diapres et présente une épaisseur de l'ordre de deux cent mètre (200m), alors que le Crétacé forme la majorité des affleurements en relief. Le Quaternaire, quant à lui, recouvre toute la plaine du Hodna [7].

B. Le piedmont

Sur le bassin versant de haut plateau constantinois c'est une zone de transition entre la montagne et la plaine : Elle s'allonge de l'Ouest à l'Est au pied du versant Sud et celui de Djebels Bou-Arif au Nord-ouest, sous forme des collines constituées par les dépôts colluviaux qui descendent en pente atténuée vers la plaine, son altitude varie entre 1200 et 1400m.

En plus de ces collines, le bassin se caractérise par les draâs, il s'agit d'une série de glacis sous forme des petits reliefs monoclinaux. La zone de piedmont est le plus souvent agricole.

Elle s'allonge de l'Est à l'Ouest sur le grand bassin versant de Chott Melghir et grand bassin versant de Chott Hodna, on trouve également le piedmont méridional avec ses collines et ses étendues planes, étagées et en pente douce ; son altitude varie entre 1200 et 1600m [7].

C. La plaine

Cette zone plutôt plate à relief peu accusé occupe la plus grande partie du grand bassin versant de haut plateau et s'étend au Nord et à l'Est des piedmonts. Elle est circonscrite par les courbes de niveau 1200m et 900m, et s'étale jusqu'aux rives des lacs salés avec une déclivité qui ne dépasse pas le

plus souvent les 8%. Les dépôts accumulés dans cette plaine sont composés dans l'ensemble, de sable, gravier, et de limon, résultants de la charge solide des oueds qui perdent leur compétence avant d'atteindre les lacs salés ; Ce terrain est utilisé pour les activités agricoles saisonnières et c'est la zone plate du grand bassin versant de Chott Melghir qui est plus exposée aux crues, elle se situe au Nord-est des piedmonts, elle est circonscrite par les courbes de niveau 800 à 1200m, les dépôts accumulés dans cette plaine sont composés de sable, gravier et de limon résultant de la charge solide des oueds .Ce terrain est utilisé pour les activités agricoles saisonnières.

De ces ensembles physiques ci-dessus décrits, il est possible de délimiter trois grandes unités hydrologiques du bassin :

a. Le bassin supérieur

C'est une région montagneuse formée d'une chaîne imposante à relief accidenté avec une altitude variant entre 1200m et 1400m ; Ce secteur constitue la partie la plus arrosée et présente une déclivité accentuée par exemple.

b. Le bassin moyen

Ce bassin englobe la zone du piedmont et une partie de la plaine, et caractérisé par des reliefs moins abrupts que ceux du bassin supérieur, avec une altitude variant entre 1400m et 1000m.

c. Le bassin inférieur

C'est la partie septentrionale, avec une altitude variant entre 1000m et 900m.

1.1.1.3. Les caractéristiques morpho-métriques des bassins

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

A. La superficie des bassins

La surface du bassin d'un cours d'eau donné en un point de ceci est l'aire limitée par le contour, à l'intérieur duquel l'eau précipitée se dirige vers ce point.

La superficie d'un bassin versant est une dimension importante à connaître, car elle est la base de tous les calculs hydrologiques (bilan, module, débit spécifique ... etc).

La mesure de cette surface suppose d'abord la délimitation du bassin par la ligne de partage des eaux qui est matérialisée par les lignes de crêtes.

Tableau I .1: Superficie des différents sous bassin de Grand bassin versant 05 [5]

Sous Bassin	superficie	
	A	B
Ain Nessissa	460	460.3
Ain EL Hadjel	2670	2660.5
Rocade Sud	6130	5600
Ced Fagues	334	333.5
Medjez	1330	1331.1
Sid Ouadah	176	176
Moulin Ferrero	1020	1020

Tableau I .2 : Superficie des différents sous bassin de Grand bassin versant 06 [5]

Sous Bassin	superficie	
	A	B
El Kantara	1788	1170
Djemorah	906	595
M'Chounche	1234	1049.6
Khanget Sidi Nadji	3044	2085
Ain Babouche	816	784.8
Ktef Essouda	3154	2098

Tableau I .3 : Superficie des différents sous bassin de Grand bassin versant 07 [5]

Sous Bassin	superficie	
	A	B
Timgad Gue	189.5	196
Reboa	280.5	194
Chemorah	741	765.2
Yabous	79	77.9
Foum El-Gueiss	176	144.5
Morri	24.5	-

A : par planimétrie sur des cartes à l'échelle 1/200.000

B : d'après l'agence nationale des ressources hydriques(A.N.R.H)

B. Le réseau hydrographique

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

a. Présentation du réseau hydrographique de grand bassin versant 05 [5]

Le réseau hydrographique est très dense. Pour la majorité, ce sont des oueds à écoulement temporaire. Les oueds les plus importants sont: l'oued K'sob, l'oued AL Ham, l'oued Boussaâda, l'oued M'cif.

Au Nord, les oueds prennent naissance au mont du Hodna et s'acheminent vers le Chott. Sur les formations lithologiques des plaines et hautes plaines, le réseau laisse très bien ses traces par l'effet de l'érosion hydrique car les pluies tombent souvent sous forme d'averses et les oueds charrient d'importantes quantités de particules solides. La période des sécheresses étant longue, ces oueds restent longtemps à sec.

b. Présentation du réseau hydrographique de grand bassin versant 06 [5]

Les cours d'eau alimentant l'oued El Hai en un caractère d'écoulement périodique : seul l'oued El Hai demeure relativement permanent, mais lui aussi se perd par endroit dans les dépôts de sable et de gravier de son lit pendant les périodes d'étiages, en aval de la station d'El Kantara il draine les massifs de Metlili, Mekrizane et Haouidja.

L'oued El Hai prend son origine sur les flancs d'Atlas Saharien, qui à son tour prend sa naissance du confluent des deux oueds : oued Fedhala issue du djebel Ich Ali (1815m) et l'oued Tilatou qui descend des monts de Bellezma (2091m) et coule dans la direction SE-NO.

L'oued Djemoura résulte aussi de la jonction de deux oueds : oued Abdi qui prend sa source du Djebel Lazreg (1937m) et Djebel Boutlarmine (2178m), il coule vers le Sud-ouest.

L'oued Chéria coule dans le synclinal de Ain Babouche depuis sa source en contre bas de la plaine de Nerdi jusqu'au Khanget El Anseur où il traverse le flanc Sud- Est du synclinal pour rejoindre l'oued Abdi à Menaâ.

L'oued Biskra ; c'est le principal dans la région, son réseau hydrographique est constitué par un grand nombre d'affluents et sous affluents, qui collectent les eaux de ruissellement du Sud-ouest de l'Aurès, au Nord de la ville de Biskra, qu'ils traversent avant de se déverser dans le Chott Melghir. L'oued Biskra résulte de la jonction de deux affluents : oued El Hai et oued Djemoura, qui drainent respectivement une superficie de 1788 et 906 km², dont la confluence donne naissance à l'oued Biskra à une altitude de 200m [7].

c. Présentation le réseau hydrographique de grand bassin versant 07 [5]

L'Oued Reboa prend forme à l'amont par la jonction des deux Oueds : Oued Taga issu des massifs montagneux des Aurès et coule dans la direction SW-NE. L'Oued Reboa traverse la vallée entre Draâ Charf et-Trab avec une orientation SW-NE, jusqu'à Draâ Ouled Makhloof où il rencontre les roches gréseuses, et change brusquement de direction vers le Nord-Ouest pour

recevoir l'Oued Morri sur sa rive gauche, et reprend ensuite son orientation SW-NE pour confluer avec l'Oued Soultez à environ 3km.

L'Oued Soultez résulte aussi de la jonction de deux Oueds : Feid Tloudi qui prend sa source au Nord-Ouest de Djebels Tagratine, et Engendra qui prend naissance à partir de la confluence de l'Oued el-Kriane et l'Oued Abdi el-Achir qui se forment dans les massifs de Djebels Ras er-Rih. L'Oued Soultez coule à travers les plaines au Sud de Djebels Tagratine, avant de confluer avec l'Oued Reboa, il reçoit sur sa rive gauche l'Oued Guerguour, en aval de la ville de Timgad.

L'Oued Chemorah résulte de la jonction de deux affluents : Oued Reboa et Oued Soultez, qui drainent respectivement une superficie de 280.5 et 189.5 km², dont la confluence donne naissance à l'Oued Chemorah qui reçoit sur sa rive gauche les Oueds de Taguedai et Amizraguen. L'Oued Chemorah se perd après un trajet d'environ 30 km, dans les lacs salés des hautes plaines Constantinoises, il s'agit de Sebket Djendli, Garâet Ank Djmel, et Garâet et-Tarf [7].

Nous présentons ci-dessous les caractéristiques physiques des 03 bassins versants :

Tableau I.4: Bassin 05-Chott Hodna [5]

paramètre	Unité	Ain Nessissa	Ain Al Hadjel	Rocade Sud	Ced Fagues	Medjez	Sidi Ouadah	Moulin Ferrero
Surface du B.V	Km ²	460.00	2670	6130.00	334	1330	176	1020
Périmètre	Km	80	205	300.00	75	165	63	160
longueur d'oued	Km	35	82	131.00	35	73	33	69
Indice de compacité		1.04	1.11	1.07	1.15	1.27	1.33	1.4
Altitude maximale	m	1810	1810	1852	1852	1875	1886	1626
Altitude moyenne	m	929	767	760	961	1080	1153	780
Altitude minimale	m	670	530	435	546	637	710	600
Pente de l'oued	m/km	32.6	15.6	10.8	17.4	16.9	35.6	14.9
densité de drainage	km/km ²	3.1	-	-	5.88	4	2.3	-
temps de concentration	heures	11	27	335	8	15	6	22

Tableau I.5: Bassin 06-Chott Melghir [5]

paramètre	Unité	El Kantara	Djemorah	M'Chounche	Khanget Sidi Nadji
Surface du B.V	Km ²	1170.00	595	1050.00	2085
Périmètre	Km	150	135	160.00	200
longueur d'oued	Km	66	80	85.00	112
Indice de compacité		1.24	1.56	1.39	1.24
Longueur du rectangle équivalent	m	95.17	79.92	96.76	95.87
Altitude maximale	m	2091	2321	2243	2328
Altitude moyenne	m	1523.5	1659.5	1420	1105
Altitude minimale	m	956	998	220	190
Pente de l'oued	m/km	14.71	16.78	23.80	19.09
densité de drainage	km/km ²	0.5	3	2.1	4.8
temps de concentration	heures	10.05	7.82	9.24	13.19

Tableau I .6: Bassin 07-Haut Plateaux Constantinois [5]

paramètre	Unité	Reboa	Timgad	Morri	Chemorah	Gueiss
Surface du B.V	Km ²	296.00	194	24.50	765	144
Périmètre	Km	80	60	24.00	115	48
longueur d'oued	Km	40	28	-	65	19
Indice de compacité		1.31	1.21	1.37	1.17	1.13
Longueur du rectangle équivalent	m	24.34	18.30	8.11	35.08	14.64
Altitude maximale	m	2321	1833	1351	2321	2311
Altitude moyenne	m	1450	1279	1143	1270	1305
Altitude minimale	m	1010	1020	1000	890	998
Pente de l'oued	m/km	21.87	21.75	29.68	14.86	14.56
densité de drainage	km/km ²	2.2	2.4	-	-	2.7
temps de concentration	heures	4.43	3.41	-	7.25	2.65

1.2. Les caractéristiques géologiques et lithologiques des Bassins versants

La géologie des terrains influe non seulement sur l'écoulement de l'eau souterraine mais également sur le ruissellement des surfaces. Dans ce dernier cas, l'étude géologique d'un bassin versant dans le cadre d'un projet hydrologique a surtout pour objet de déterminer la perméabilité des formations lithologiques. Celle-ci intervient sur la vitesse de montée des crues, sur leur volume, ainsi que sur l'aggravation du phénomène d'inondation.

Les caractères géologiques principaux à considérer sont la lithologie et la structure tectonique :

1.2.1. Stratigraphie et aperçu lithologique global

Les terrains les plus anciens qui affleurent dans cette région sont attribués au crétacé le plus récent et au quaternaire le plus ancien.

1.2.1.1. Le Crétacé

Pour Grand bassin versant de Chott Hodna le Crétacé affleure largement dans la région et on note la présence d'un Crétacé inférieur et d'un Crétacé supérieur.

A. Le Crétacé inférieur: Il est essentiellement carbonaté terrigène mais on note le développement de formations gréseuses avec d'importantes variations de faciès. Il n'affleure qu'aux noyaux et sur les flancs des anticlinaux au Nord et au Sud des Monts du Hodna.

B. Le Crétacé supérieur: Les formations du Crétacé supérieur correspondent à un milieu néritique, tous les étages sont représentés et l'épaisseur des formations est importante.

Pour grand bassin versant de Chott Melghir constitue les principaux affleurements des monts de Bellezma et Djebel Metlili, la série de crétacé inférieur est caractérisée par des roches gréseuses dures et des marnes tendres contenant par endroit des cristaux de gypse ; elle affleure sur les sommets des monts de Bellezma, au Nord-est de Theniet El Abed, au Sud-ouest de Menaa, cette série est bien liée et attribuée au jurassique.

Alors que le crétacé supérieur qui s'étend du cénomanien au turonien est constitué essentiellement de marno-calcaire, il apparaît approximer de déchera Tilatou (extrémité Nord du Djebel Metlili) et dans la vallée de l'oued Fedhala.

Le sénonien complet s'observe à El Kantara, où il fait suite au cénomanien-turonien étudiés précédemment, mais d'une épaisseur de 2200 à 2300m.

En s'éloignant vers l'Ouest, le sénonien s'amincit fortement au Djebel Bourhzel, il n'a plus que 300m de puissance d'Ouest en Est, d'une extrémité à l'autre du Djebel Azreg, le sénonien passe de 700 à 1400m d'épaisseur.

Alors pour bassin versant Haut plateaux Il constitue les principaux affleurements des monts des Aurès et des Djebels Bou-Arif. La série de Crétacé inférieur à une extension réduite, elle affleure au Nord-Ouest du bassin (Dj. Bou-Arif), il s'agit d'une série à dominante calcaire, bien litée et attribuée à l'Aptien. Alors que Le Crétacé supérieur qui s'étend du Cénomanien au Maastrichtien, est constitué essentiellement de marno-calcaire et de marne dominant, il apparaît sur la majorité des reliefs [7].

1.2.1.2. Le Tertiaire

Le Tertiaire continental repose en discordance sur les formations Crétacées, résultant du démantèlement du relief de l'Atlas saharien par le phénomène de l'érosion.

Ces formations continentales du Tertiaire, se rencontrent à l'Est et au Nord de Boussaâda, ainsi qu'à l'Ouest du Chott el Hodna. Cet ensemble renferme des conglomérats, des galets, des sables, des grès et des passées marneuses.

Le Tertiaire marin n'est présent que dans la partie orientale de l'Atlas saharien, et comprend:

A. Le Paléocène: Qui est formé de calcaires argileux, de lumachelles, de marnes à gypses et de souffre noir.

B.L'Eocène: Qui est constitué de calcaire gris avec des intercalations de marnes grises, de calcaire à silex et de lumachelles.

C. Le Miocène: Les formations marines du Miocène sont transgressives dans le Hodna. Plusieurs cycles de transgressions y sont dénombrés.

Les terrains attribués au miocène non différencié affleurent largement dans le secteur de BV 06, il s'agit d'une formation marneuse très puissante, se caractérise par deux assises d'épaisseurs très différentes et largement discordantes, l'une par rapport à l'autre :

La première appartient au miocène inférieur, elle occupe les reliefs de Maafa, Djebel Mahmel et Kef Ed Darsa (au Sud d'El Kantara).

La deuxième partie représente le miocène moyen et supérieur, sa puissance d'environ 1800m dans le bassin du Djemoura, les marnes deviennent très gypseuses annonçant ainsi les faciès évaporitiques du miocène terminal de Branis au Nord d'El Outaya au voisinage de Djebel El Felleg.

L'éocène inférieur, d'une épaisseur varie entre 150 à 200m, il est représenté par des marno- calcaire, marnes, calcaires blancs riches en silices et souvent fissurés, il affleure à l'Est -Sud-est de Djebel El Melah, où il est représenté par quelques dizaines de mètres de marnes jaunes, verdâtre légèrement gypseuses et des calcaires argileux. Cette formation affleure également à l'Est d'El Outaya les reliefs de Bouzina et le Nord d'El Kantara.

L'éocène moyen est surmonté par une assise rouge gréso-marneuse à la base conglomératique au sommet, dont l'épaisseur atteint au maximum 300m, les séries détritiques rouges d'El Kantara pourraient alors représenter l'éocène moyen et pourraient être la base de l'éocène supérieur. Quant au pliocène, il se présente sous forme de vaste affleurement de grés et d'argiles-sableux, on le trouve le long de la rive de Biskra et Ras Chich.

La pliocène repose sur le miocène marneux, avec une légère discordance constituée par des grés, sables, argiles, marnes brunes et gypses, avec quelques poudingues, l'épaisseur de ces formations peut atteindre les 400m. Dans le bassin de l'oued El Hai, il est caractérisé par une formation gréseuse épaisse de plusieurs dizaines de mètres, elle débute par quelques bancs de grés relativement tendres bruns rosâtres à petits galets, qui alternent avec des marnes gréseuses rosâtres.

Les terrains attribués au Miocène et Pliocène non différencié, affleurent largement dans le secteur BV06, il s'agit d'une série constituée par alternance d'argile silteuse et de grés, qui occupent les reliefs de Trab et Djebels Tagratine ; Et des grés blancs et grossiers qui affleurent en de nombreux endroits par de vastes surfaces allant jusqu'à 50km². Alors que la formation conglomératique constituée de marne, conglomérats, et de calcaire, a une extension très limitée, elle affleure au Sud-ouest du bassin [7].

1.2.1.3. Le Quaternaire

A. Le Quaternaire ancien: Ce niveau comporte des conglomérats à gros blocs, des horizons à galets et feuillets d'encroûtement calcaires rouge orange.

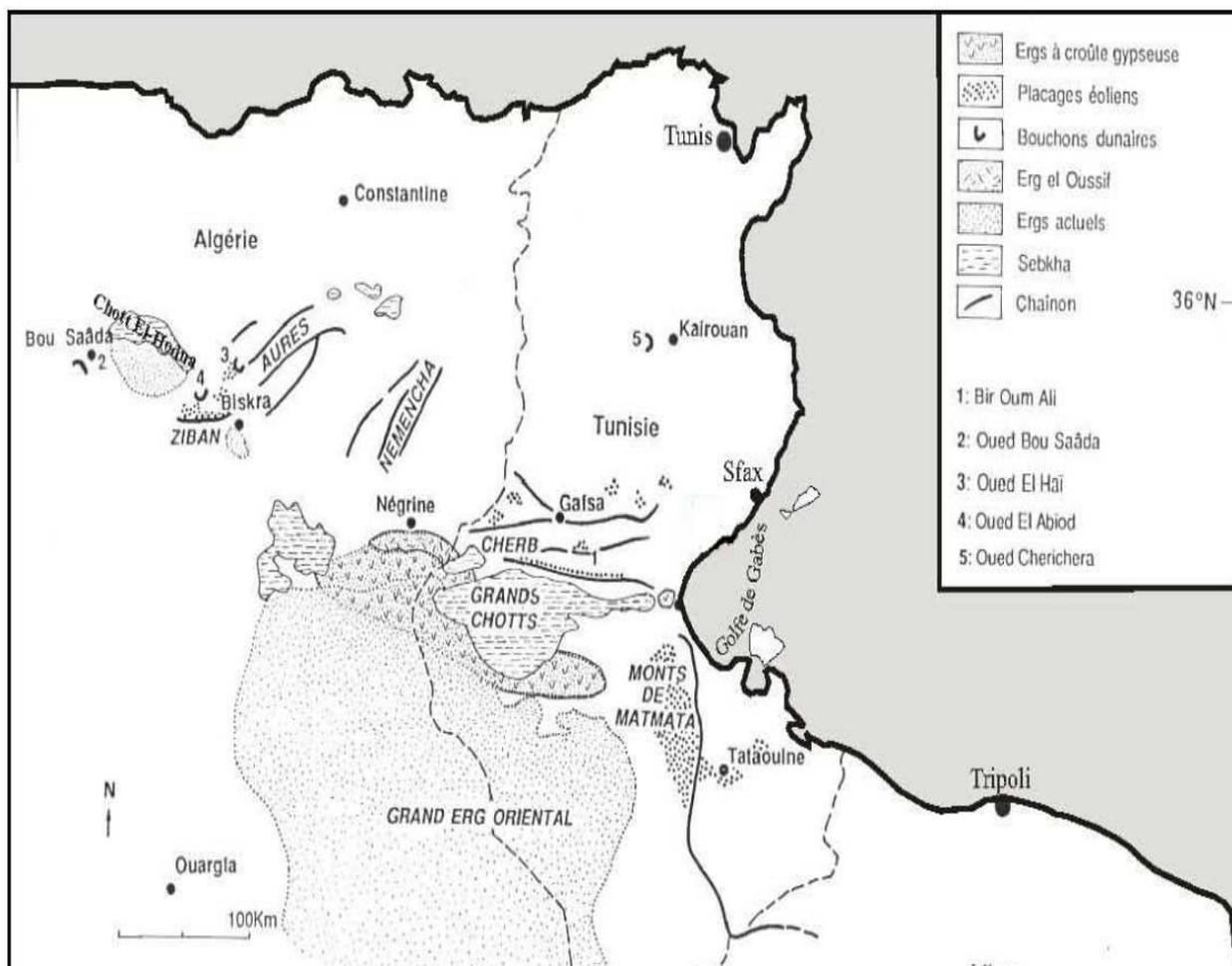
B. Le Quaternaire moyen: Il est représenté par de gros bancs de calcaires, de galets emballés dans une matrice de croûte calcaire gréseuse, des conglomérats et d'argiles à débris prismatique.

C. Le Quaternaire récent: Au niveau du Chott el Hodna, il est constitué par des limons, de couleur grise, avec des cristaux de gypse. Par contre, dans les dunes on trouve des sables fins, des argiles et du gypse. Les galets sont localisés au pied des reliefs.

Les terrains quaternaires sont très répandues dans grand bassin versant de Chott Melghir, ces formations sont caractérisées par des conglomérats épais, des graviers-sableux et éventuellement des limons sableux contenant des galets de gravier, des alluvions sableuses et caillouteuses des lits des oueds (elle atteint 25m en bordure de l'oued Biskra) et Djebel Melah.

Le quaternaire moyen est représenté par des alluvions sableuses et argileuses dans toutes les grandes plaines, vers l'oued Biskra. La terrasse du quaternaire ancien est bien développée elle est formée exclusivement par des poudingues aux alentours des montagnes.

Le quaternaire est représenté par les nappes d'éboulis d'origine calcaire ou gréseuse dans Bassin versant de haut plateaux, localisées sur les flancs de Djebels Timagoult ; Les alluvions récentes formées le long des oueds (Reboa-Chemorah) ; Les glacis polygéniques nappant les reliefs, qui couvrent de très vastes surfaces et organisés en pente douce ; Et les croûtes calcaires qui affleurent en de nombreux endroits localisés dans le Nord-Ouest du bassin.



Carte I.2 : Carte Stratigraphie et aperçu lithologique global (partie est d'Algérie) [5]

1.2.2. Les caractéristiques lithologiques et la perméabilité des sols des sous bassins versants

1.2.2.1. Les caractéristiques lithologiques

Les caractéristiques hydrologiques des sous bassins sont dans une large mesure influencées par l'imperméabilité des roches et les sols qui ont dérivé d'absorber l'eau et de la retenir de manière temporaire.

D'une manière générale de l'étude géologique, nous ressortons les différentes formations lithologiques.

1.2.2.2. Perméabilité des soles des bassins versants

En général, dans les sous bassins de notre étude on constat trois types de roches ou trois grands ensembles

A. les formations imperméables

Constituées des marnes, marno-calcaires et sols argileux de telles assises rencontrent dans la formation marno-calcaire turonienne et la formation marneuse miocène, ainsi que sous forme de divers recouvrements quaternaire (sols forestiers). Sur les zones de cette nature, l'infiltration doit être inférieur à

10% des précipitations, s'élève à 23% et 12% pour les sols à texture moyenne et lourde or ces derniers, plus hétérogènes que les terrains considérés et plus perméables qu'eux.

Ainsi ces assises sont pratiquement imperméables, cependant de par leur nature argileuse, elles peuvent emmagasiner par imbibition une importante quantité d'eau. Ce types de terrais occupent 20 % sur oued Al Arab, Ced Fagues, l'oued Abdi, Timgad et Reboa [7].

B. Les formations à perméabilité moyenne

Ces formations sont formées de calcaires du cénomanien supérieur et les formations dolomitiques, ainsi que les marnes du miocène. Elles appartiennent à la vallée de déchera Tilatou (extrémité Nord du Djebel Metlili), la vallée de l'oued Fedhala, sa puissance de 200 à 400m au Aurès, Maafa, Mena, Lougmane, Ktef Essouda et Kef Ed Darsa.

Il s'agit des calcaires bio détritiques et su lithographiques du crétacé, ou des calcaires d'algues du miocène, ou encore de la dolomie grenue, ces roches sont très compactes ; la formation dolomitique retenue cependant de rares poches de minéralisation ferrugineuse plus au moins caverneuse, seules susceptibles d'accroître localement sa perméabilité.

C. Les formations à forte perméabilité

Les conglomérates et les brèches du miocène marin, dont les éléments généralement très grossiers sont soudés entre eux par un ciment calcaire bio détritiques fin, laissant subsister autour d'eux des rives importants ; ces formations occupent le Nord d'El Kantara, le Nord de Djebel El Mahmel et le Nord de Chéria et Ain Hadjel.

Les grés calcaireux très vacuolaires, qui correspondent aux marno-calcaires miocène et les divers recouvrements quaternaires, très peu consolidés formés de débris calcaires ou dolomitiques à taille variable, parfois arrondis, de limon sableux et caillouteux verts [7].

1.3. Le couvert végétal et le sol

D'une manière générale la couverture végétale conditionne et influence la rapidité du ruissellement superficiel, le taux d'évaporation et la capacité de rétention du bassin versant.

L'intérêt de cette couverture végétale est permet un amortissement notable des crues et leur étalement dans le temps.

Nous ne prétendons pas à faire une étude de la végétation, ce n'est pas le but de notre recherche, mais nous essayons de donner quelques éléments descriptifs sur les principaux types de la couverture végétale et surtout sur l'état de dégradation de cette couverture.

Mais avant de parler de tout ça, il sera utile de parler du rôle de la végétation sur l'écoulement.

1.3.1. Couvert végétal :

La végétation joue un rôle essentiel dans la protection du sol, elle exerce une protection mécanique directe sur l'écoulement fluvial, en diminuant la force vive des eaux et en favorisant leur infiltration ; cette résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense.

Enfin, elle donne de l'ombre, ce qui conserve l'humidité et l'activité biologique nécessaire à l'équilibre du sol, l'infiltration en profondeur est facilitée par les fissurations préparées au sein du sol les eaux qui ruissellent rencontrent des obstacles, qui les obligent à ralentir leurs vitesses.

1.3.1.1. Classification de la végétation

Plusieurs classifications plus ou moins complexes ont été proposées, mais la classification des types de couverture par ordre de densité de J, Tricart est plus adaptée à montrer l'impact du couvert végétal sur les conditions d'écoulement à notre contexte.

Nous reprendrons les trois grandes catégories de type de couverture végétale distinguées:

A. Les surfaces bien protégées : Ce sont les surfaces qui bénéficient de couverture végétale plus ou moins dense, permanente et plus spécialement les forêts, ces dernières protègent contre l'érosion et la concentration rapide des eaux.

B. 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 inondantes.

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. Ainsi la pratique de la jachère nue est dommageable puisque les terres sont laissées au repos une année sur deux sans aucune protection.

C. 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 favorisées, surtout dans les terrains dénudés imperméables et sur les terrains de parcours fortement pâturés.

1.3.1.2. Impact de la végétation sur l'écoulement

Du fait que les terres destinées aux cultures sont généralement découvertes en saison froide saison où les précipitations sont les plus fréquentes et les plus abondantes, dont l'intensité est généralement élevée, le ruissellement n'est freiné par aucun obstacle végétal, ou on vient de voir que ces surfaces faisant l'objet de façon culturale n'offrent aucune protection (seulement pendant une période de l'année), à ajouter à celles-là, les terrains nus ou quasiment nus en permanence. Ces surfaces sont les plus dominantes dans les bassins dès l'oued, ces dernières ont toutefois dans les secteurs karstiques du bassin (massifs calcaires du crétacé) un pouvoir de rétention souterraine importante, comme le témoigne les débits des résurgences se trouvant aux pieds de certains Djebels.

La discontinuité ou l'absence totale de la couverture végétale favorise l'écoulement superficiel donc la remontée des crues, sous l'effet de la forte intensité de pluie.

La présence du couvert végétal est profitable à l'équilibre hydrologique du bassin alors que sa discontinuité, ou son absence totale constitue un facteur favorable à l'irrégularité des débits et à la genèse de fortes crues, surtout sur les terrains à fortes pentes et là où les sols sont très sensibles au ruissellement direct.

1.3.2. Sol

Suivant la texture, la morphologie, le mode d'évolution pédo-génétique et le niveau de la salinisation la classification distinguent cinq principaux types de sol dans les zones arides et semi arides.

- Les sols peu évolués.
- les sols calcaires.
- les sols gypseux.
- les sols salins.
- les sols argileux [7].

1.3.2.1. Les Sols peu évolués

Les sols peu évolués occupent des surfaces étendues dans le monde, ils sont répartis dans les montagnes, déserts, sables, alluviaux, avec un régime d'humidité et de température variable.

Cette classe est très hétérogène sur le plan pédologique. Car elle regroupe soit des profils jeunes des climats humides, qui représentent des stades initiaux d'un certain type de pédogenèse (sol d'érosion ou d'apport), soit des sols dont l'évolution est empêchée par un facteur climatique : climat tantôt trop sec (désert) tantôt trop froid (cryosols).

Pour que l'altération chimique puisse se produire, seule une désagrégation mécanique des matériaux minéraux peut intervenir.

Les sols peu évolués à profil de type « AC » sont caractérisés essentiellement par la faible altération du matériau minérale et dans la majorité

des cas, la faible teneur en matière organique du profil, qui reste peu coloré (peu de fer libre). Il ne se forme pas de complexe organo-minéraux permettant l'élaboration d'une structure, et caractérisent une pédogenèse.

1.3.2.2. Les Sols calcaires

Un sol calcaire est un sol contenant du CaCO_3 libre en suffisant pour présenter une effervescence visible sous l'action d'HCl dilué à froid, le CaCO_3 est souvent accompagné de Mg (Ca) [10]. Le sol contient généralement le CaCO_3 en proportions diverses :

Terre dites « terres franche » ; 1 à 5% de calcaire.

Terre argilo-calcaire ; 5 à 30% de calcaire.

Terre sablo-calcaire ; 5 à 30% de calcaire.

L'origine de calcaire de sol provient de la désagrégation des roches calcaires [11].qui laissent dans le sol des fragments de roche calcaire de dimensions diverses et en quantités variables selon la nature de la roche d'une part et selon les conditions d'altération d'autre part [7].

1.3.2.3. Les Sols gypseux

Il s'agit essentiellement des sols calci-magnésiques à encroûtement gypseuses de surface.

Les sols gypseux sont largement répandus et apparaissent typique des régions arides et semi-arides.

L'origine du gypse en quantité importante dans les sols est en relation avec la présence des roches sédimentaires gypseuses. Le gypse est dissous, transporté à l'état de solution dans les nappes et dans les couvertures pédologiques ; il peut être repris sous forme solide et transporté par le vent [13].

Les sols gypseux offrent à la végétation un milieu très défavorable et difficile à traverser aussi bien du point de vue physique que du point de vue chimique (fort déficit en éléments nutritifs, particulièrement en phosphate, mais aussi en nitrate et autres oligo-éléments).

1.3.2.4. Les Sols salins

Ils sont caractérisés par une texture lourde, une structure moins favorable, compacte et moins aérée ce qui les rend asphyxiant et une bonne profondeur, leur mise en valeur dépend essentiellement de la maîtrise de la salinité. L'idéal est l'implantation d'espèces tolérantes aux sels.

1.3.2.5. Les Sols argileux

Les sols argileux sont des sols dont la teneur en argile est relativement élevée, ce qui le rend trop compact et donc moins propice à certaines cultures, on l'affecte généralement à des reboisements ou à des pâturages permanents, si la teneur en argile le rend trop lourd.

1.3.3. Type des sols de la région d'étude

Les sols de la région d'étude sont presque tous calci-magnésiques, à texture variable et à structure polyédrique.

Le problème de salinité existe dans la région et se localise principalement au sud (peu élevées du partie de Biskra) et au nord de la région d'étude, et affecte une grande superficie.

-Les sols steppiques : caractérisés par une roche mère calcaire. Présentant un aspect squelettique. Ils sont peu profonds et généralement caillouteux avec une structure peu stable (chott Melghir et Hodna).

Tableau I .7: Les ressources en sols inventoriées [5]

N°	Bassins versants	Superficies totales (ha)	Superficies irrigables (ha)
01	Chott Hodna	1 176 636	489 241
02	Chott Melghir	788 645	225 796
03	Haut plateau	227 981	137 389

1.4. Aperçu Climatique

Les conditions climatiques jouent un rôle déterminant sur le régime d'un cours d'eau, ce sont les précipitations surtout liquides, qui constituent le facteur essentiel intervenant par :

Leur répartition annuelle et mensuelle, leur total journalier et surtout les averses génératrices des crues.

Ces différents aspects des précipitations sont plus ou moins modifiés selon un effet combiné des autres paramètres physiques (altitude et exposition) et climatiques : la température l'évaporation l'évapotranspiration, les vents et l'humidité aussi ; des facteurs qui influent sur l'écoulement et le régime hydrologique du bassin.

1.4. 1.Le réseau pluviométrique et les séries d'observation

La pluviométrie en Algérie a été étudiée par plusieurs auteurs (P. Seltzer (1913-1938) H.Gaussen et Paquin (1913-1963)). La plus part des stations connues des périodes d'arrêt pendant la guerre d'Algérie d'autres ont subi des modifications après 1962[6].

Un bon nombre de stations ont été installées dans les années (1968-1970), les années de ces stations sont très utiles pour l'établissement des séries hydro- pluviométriques, qui vont être traitées ultérieurement. Le grand bassin versant BV5 (Chott Hodna-M'sila) équipé de vingt-sept stations pluviométriques, trente-quatre dans le bassin versant BV6 (Chott Melghir-Biskra), vingt-deux dans le bassin versant BV7 (Hauts plateaux constantinois), les coordonnées des stations pluviométriques et leurs codes sont présentés ci-dessous. Tableaux I.8, I.9 et I.10.

**Tableau I.8 : Coordonnées des stations pluviométriques étudiées
Grand bassin versant BV5 (Chott Hodna) [6]**

Code mécano-graphique	Nom de la station	coordonnées		Altitude	Période disponible
		X	Y		
050303	BEL AROUG	597.85	237.45	693	1971-84
050401	SIDI AISSA	597.05	287.95	662	1904-61/1964-79
050901	Medjez	673.35	289.65	636	1974-2006
051005	KSOB BARRAGE	668.7	282.65	600	1943-92/01-2003
051111	SIDI OUADAH	721.5	268.75	720	1973-95/98-2006
051201	MEROUANA	790.75	263.65	1000	1970-95/98-2008
051206	CHER EL AIN	786.1	266.6	900	1974-95/98-2008
051306	N'GAOUS	764.100	255.100	730	1914-2000
051203	Oued el ma	798.250	265.750	1050	1919-1999
050301	Ain El Hadjel	607.1	264.6	545	89-1997/99-2004
050703	Rocade Sud	642.8	260.55	440	1968-87
050801	Ced Fagues	657.1	277.9	504	1978-93

**Tableau I.9 : Coordonnées des stations pluviométriques étudiées
Grand Bassin versant BV6 (Chott Melghir) [6]**

Code mécano-graphique	Nom de la station	coordonnées		Altitude	Période disponible
		X	Y		
061205	EL OUTAYA (Ferme driss)	767.35	190.25	222	1967-98
061305	DJEMORAH	782.35	199.8	400	1969-2007
061416	BISKRA SECTEUR	776.1	178.2	130	1974-2007
062308	AIN BABOUCHE	953.05	216.75	1045	1973-2004
061804	BABAR	901.1	217	1100	1970-2007
062003	CHECHAR	892.65	200.15	1165	1991-2007
061806	KHANGAT SIDI NADJI	866.13	174.796		1970-2006
061805	KHEIRANE	870.55	197.1	560	1970-2006
061211	OUED CHELIH	799.400	252.600	1180	1971-75/77-2008
061803	BOUHMAMA	867	228.5	1140	1970-2008
062101	GUENTIS	919.75	199	993	1984-2008
061503	MEDINA	849.7	230.5	1570	1970-2008
061505	T'Kout	828.85	210.50	980	1971-82/83-98

061511	Tiffelfel	821.90	207.65	450	1973-98
060104	SEKLEF	467.5	378.5	995	1993-2005

**Tableau I .10 : Coordonnées des stations pluviométriques étudiées
Grand bassin versant BV7 (Hauts plateaux constantinois) [6]**

Code mécano-graphique	Nom de la station	coordonnées		Altitude	Période disponible
		X	Y		
070102	AIN AZEL	754.477	283.344		2005-2008
070201	AIN DJASSER	798.35	289.1	865	1970-2008
070410	Sidi Maancer	833.7	253.25	1112	1970-2000 (lacune 8 ans)
070409	TIMGAD	841.75	250.9	1000	1968-2006
070408	Bouhmar	837.15	244	1275	1972-2000 (lacune 3 ans)
070604	YABOUS	858.45	239.65	1200	1969-2006 (lacune 3 ans)
070405	Ain Tin	839.6	237.5	1650	1972-82
070403	REBOA	848.1	250.25	1002	1969-84/86-2001
070316	BATNA FERME	814.7	257.35	1040	1970-2008

1.4.2. Critique et Homogénéisation des données pluviométriques

Avant d'exploiter les informations statistiques des pluies fournies par les services gestionnaires, il est plus prudent de tester leur qualité et combler les lacunes d'observation, le cas échéant [7].

1.4.2.1. Contrôle de la fiabilité des séries pluviométriques

Toute étude climatique ou hydrologique est basée sur l'exploitation de séries de données recueillies pendant des périodes plus ou moins longues, continues ou discontinues. Les méthodes statistiques d'analyse de ces séries, exigent une homogénéité de leurs composantes, il est donc nécessaire, avant toute utilisation des variables pluviométriques, de contrôler leur qualité par l'emploi d'outils statistiques et graphiques, afin de réduire les erreurs systématiques qui pourraient les affecter.

La méthode des " **double cumuls** " est la plus utilisée, et la courbe des doubles cumuls est obtenue en portant en abscisses les totaux annuels cumulés de la station de base, et en ordonnées les totaux annuels cumulés de la station à vérifier [8] ; Si les points sont distribués de façon linéaire, on conclut que la série est homogène, au contraire, s'il apparaît une ou plusieurs cassures dans la distribution des points, la série n'est pas homogène.

Pour rendre les séries homogène il faut affecter la valeur du rapport correctif, selon le cas, m/m' ou m'/m, aux totaux annuels considérés comme erronés.

A l'échelle du bassin du Chott Hodna, la station de référence (MEDJEZ), a été choisie (Une série de 36 ans : 1970/71 – 2005/06) pour la raison de sa continuité, fiabilité et longueur relative des observations .Pour le bassin du chott Melghir (Medina) .Pour le bassin de haut plateau a été choisi la station (BATNA FERME). La méthode des doubles cumuls a permis de déceler quelques anomalies au niveau de quelques stations.

À titre d'exemple, le graphique des doubles cumuls de comparaison de la série de Medjez avec celle de SIDI OUADAH a montré une nette cassure au niveau de l'année 1986, la même opération a été effectuée pour les autres postes (voir figure I.1).

Pour les graphiques des doubles cumuls des stations (BEL AROUG, SIDI AISSA, MEDJEZ, KSOB BARRAGE, MEROUANA et CHER EL AIN), les points s'alignent suivant une seule direction formant une droite et aucune cassure ne s'est apparaît. Donc les séries pluviométriques pour ces stations présentent si on peut dire aucunes erreurs systématiques, elles sont homogènes (voir figure I.1), (annexe I.1).

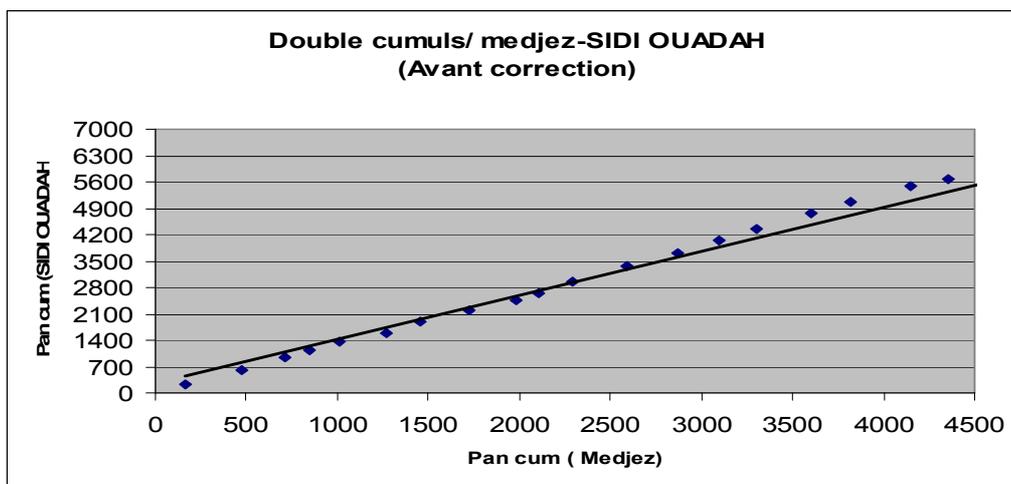


Figure I .1 : Critique des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls (Station Sidi Ouadah)

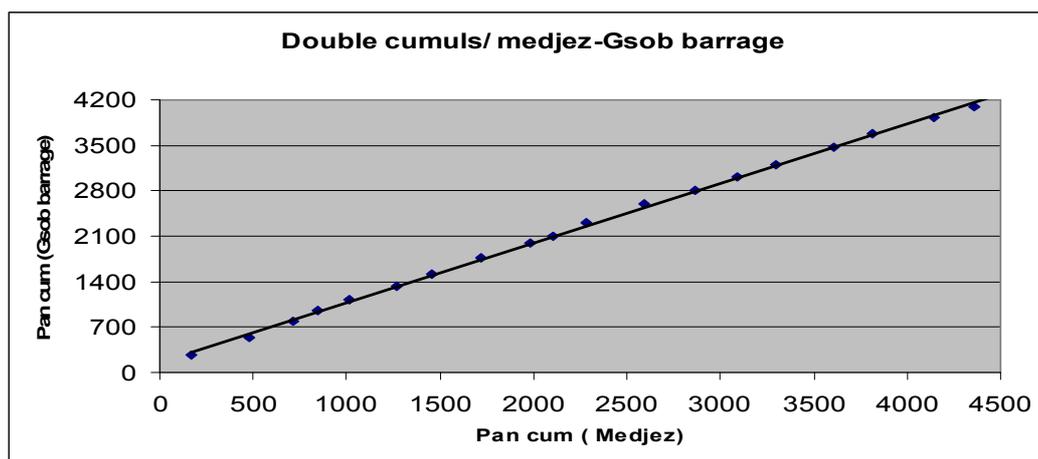


Figure I .2 : Critique des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls (Station Gsob Barrage)

Pour corriger les séries des pluies, nous avons procédé à deux démarches différentes, selon le cas qui se présente :

- Tantôt en corrigeant pour surestimer les valeurs douteuses afin de tomber en adéquation avec l'objectif du travail (valeurs extrêmes) comme **par exemple** correction de la période 1987-1995 au poste de SIDI OUADAH.
- Tantôt en sous-estimant les valeurs de pluies ayant recours à des périodes plus longues ou plus récentes. **Par exemple**, on a sous-estimé les valeurs de pluies pendant la période 1974-1984 en se basant sur la période 1984-2006 étant la plus longue et la plus récente.

Les coefficients correctifs correspondants figurent dans le tableau suivant :

Tableau I .11 : Les coefficients correctifs des doubles cumuls (BV05)

Poste pluviométrique	Période corrigée	Coefficient correctif	Poste référentiel
Sidi Ouadah	1974-1995	0.55	Medjez
Oued El Ma	1974-1999	1.05	Medjez
N'Gaus	1974-2000	0.73	Medjez

Pour les graphiques des doubles cumuls des stations (EL OUTAYA (Ferme driss), BISKRA SECTEUR, AIN BABOUCHE, DJEMORAH, BABAR, CHECHAR, KHANGAT, SIDI NADJI, OUED CHELIH, KHEIRANE, BOUHMAMA, GUENTIS, MEDINA), les points s'alignent suivant une seule direction formant une droite et aucune cassure ne s'est apparaît. Donc les séries pluviométriques pour ces stations sont homogènes (voir figure I.3 et 4), (annexe I.2).

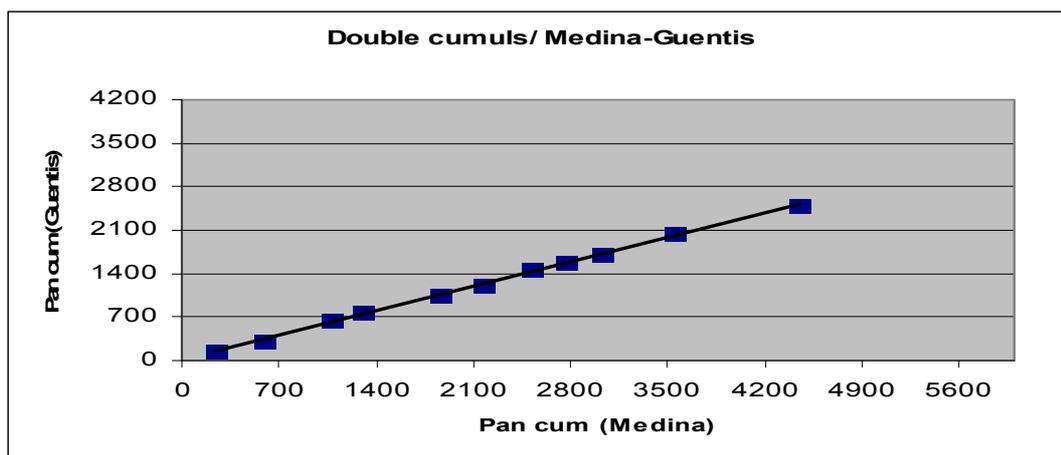


Figure I .3 : Critique des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls (Station Guentis)

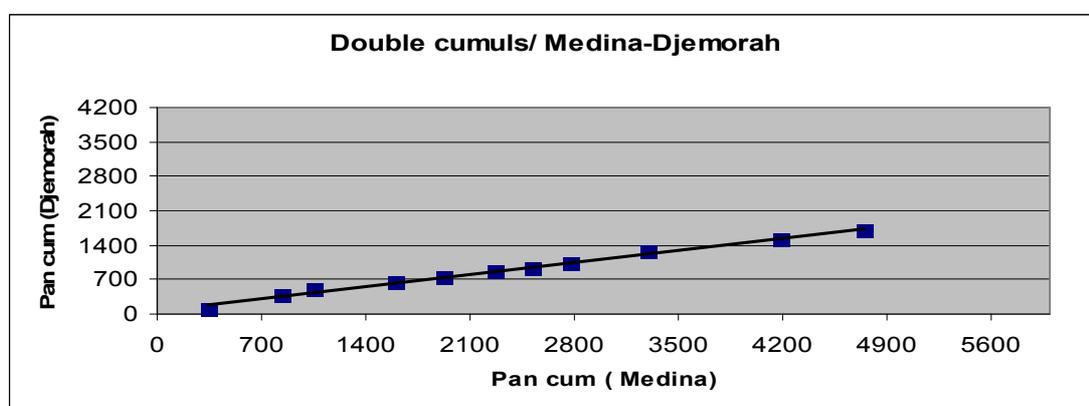


Figure I .4 : Critique des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls (Station Djemorah)

Pour les graphiques des doubles cumuls des stations (AIN AZEL, AIN DJASSER, TIMGAD, YABOUS, Sidi Maancer, Bouhmar, Reboa et Ain Tin), les points s'alignent suivant une seule direction. Donc les séries pluviométriques sont homogènes (voir figure I.5), (annexe I.3).

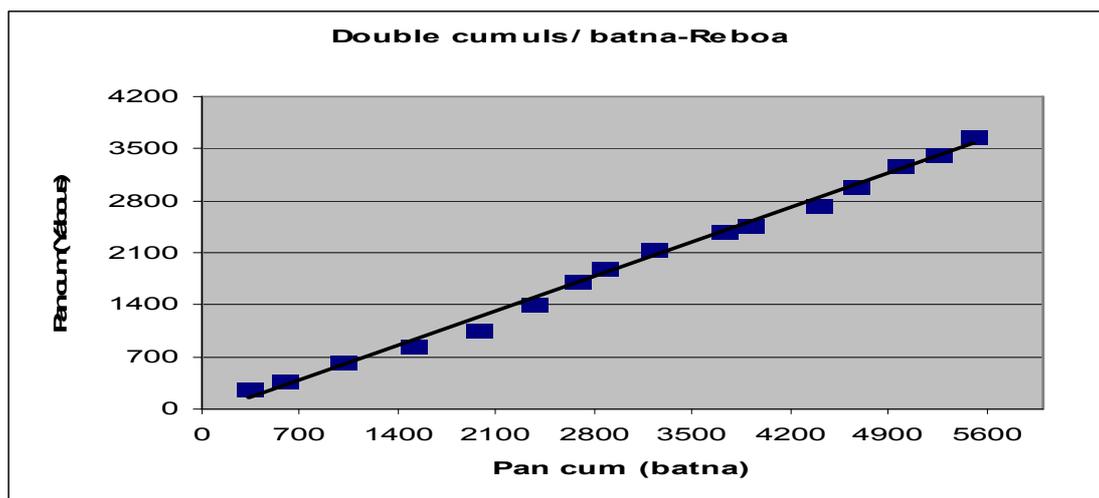


Figure I .5 : Critique des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls (Station Reboa)

1.4.2.2. Comblement des lacunes d’observations

L’analyse des séries d’observations pluviométriques révèle que les stations disponibles présentent des lacunes à l’échelle mensuelle (de un à plusieurs mois) et donc annuelle, ces lacunes sont dues soit à l’absence de l’observation soit à une défaillance du pluviomètre.

La restitution de ces données manquantes a été établie à l’aide de la méthode de corrélation linéaire : Soit X et Y, les deux stations comparées, x(i) et y(i) leurs observations, et convenons d’appeler X la station de longue durée, dont l’abondante information (de taille n), devra venir compléter celle plus courte sur Y.

On établit d’abord un graphique y(x) permettant de se faire une idée de l’intensité de liaison; Si le nuage de points est peu allongé, il n’y a rien à attendre de cette méthode ; Si le nuage de points est très allongé avec dispersion faible autour d’une droite centrale, on peut ajuster cette dernière graphiquement. Donc on calcule le coefficient de corrélation linéaire par la méthode suivant [9] :

$$K_{xy}^r = \frac{\sum \left[\left(x^{(i)} - m_x \right) \left(y^{(i)} - m_y \right) \right]}{(k-1) \left(\delta_x \cdot \delta_y \right)}$$

Avec : K : Nombre de valeurs (couples) de l’échantillon, concomitant des X et Y.

- m_x : Moyenne des $x = \frac{\sum x(i)}{k}$
- m_y : Moyenne des $y = \frac{\sum y(i)}{k}$

- δ_x : Ecart type des x = $\sqrt{\frac{\sum (x(i) - m_x)^2}{k - 1}}$
- δ_y : Ecart type des y = $\sqrt{\frac{\sum (y(i) - m_y)^2}{k - 1}}$

Si la corrélation est significative, on peut écrire l'équation de la droite de régression.

- $y(x) = m_y + r_{xy} \cdot \frac{\delta_y}{\delta_x} (x - m_x)$; ou encore :

$$y(x) = ax + b, \text{ avec } a = r_{xy} \cdot \frac{\delta_y}{\delta_x}, \text{ et } b = m_y - m_x \cdot r_{xy} \cdot \frac{\delta_y}{\delta_x}$$

Cette méthode qui néglige la réalité géographique et les nuances pluviométriques locales, peut provoquer des erreurs de jugements, car on risque d'établir des régressions entre des stations dont le coefficient de corrélation apparaît élevé alors qu'elles n'ont en réalité aucun lien climatique.

En tenant compte de la spécificité de chaque région, nous avons essayé de regrouper les stations qui se corrélaient entre elles, non pas en fonction de coefficients de corrélation annuelle, mais de la pondération de la valeur de coefficient de corrélation de chaque mois de l'année et de la réalité géographique, afin de dégager les zones pluviométriques homogènes.

Les lacunes d'observations ont été comblées mois par mois, toutefois pour les séries qui présentent des lacunes sur 6 mois ou plus pour une année donnée, on a estimé parallèlement, les totaux annuels afin de les confronter aux totaux mensuels estimés séparément, ce qui permet d'éviter une incohérence des résultats.

Afin de rendre homogène la somme des valeurs mensuelle estimées (p_j') avec l'estimation globale faite à l'échelle de l'année (p_j), on a multiplié ces valeurs par le rapports (p_j/p_j').

Les résultats finaux du contrôle de fiabilité et de comblement des données pluviométriques sont rassemblés dans le tableau I .12.

Tableau I.12 : bassin versant BV5 (Chott Hodna-M'sila): Résultats d'homogénéisation des données pluviométriques

	MEDJEZ	KSOB BARRAGE	MEROUANA	CHAR AL AIN	SIDI OUADAH	OUED EL MA	N'GAOUS	ROCAD Sud	Ain El Hadjel	Ain El Hadjel
1974	166.9	172.5	288.8	223.40	222	410.3	410.3	108.1	-	133.8
1975	312.5	367.1	390.5	306.3	388.7	351	351	248	-	224.9
1976	235.4	245.2	372.5	209.1	352.1	275.5	275.5	232.4	-	144.88
1977	129.5	161.5	178.7	126	158.6	229.5	229.5	101.3	-	64.91
1978	171	179.6	319.7	231.2	250.3	284.7	284.7	116.8	-	83.2
1979	250.8	199	304.2	201.7	231.2	375.5	375.5	135.8	-	138.6
1980	191.4	185.3	313.2	195.8	281.7	247.9	247.9	156.5	-	144.8
1981	262.9	261.5	323.9	257.1	312.7	204.1	204.1	134.6	-	236.8
1982	259	230.1	355.26	246.5	278.7	258.1	258.1	147.6	-	168.6
1983	129.3	108.4	226.85	223.1	167.1	228.9	228.9	64.5	-	51.3
1984	178.8	187.4	275.86	243.7	317	134.4	134.4	143.6	-	125.3
1985	303.9	298	399.5	339.6	403.5	281.2	281.2	148.2	-	197.9
1986	275	213.5	300.5	295.8	341.4	278	278	217.81	-	166.9
1987	228.5	205.9	325.06	172.7	356.8	401.8	401.8	160.7	-	141
1988	203.6	194.3	325	313.4	293.1	513.9	513.9	84.4	-	81.8
1989	305.1	260.3	355	312.4	425	467	467	260.1	291.3	266
1990	210.8	205.9	279.3	331.3	301.1	376.2	376.2	398.04	241.6	128.1
1991	331.7	249.3	401.9	405.4	387.4	372.1	372.1	309.96	219.2	93.3
1992	212.3	171.5	287.4	276.6	197.1	200.2	200.2	54.4	112.7	144.1
1993	155.2	148.292	215.4	165.9	178.2	358.3	358.3	99.9	116.5	90.3
1994	180.9	170.394	296.7	330.8	291.3	438.8	438.8	292.60	154.5	181.60
1995	309.9	281.334	517.8	343.526	469.8	219.4	219.4	331.2	263.9	205.15
1996	162.8	154.828	260.022	219.962	210.634	347.8	347.8	128.7	212.2	162.8
1997	304.8	276.948	400.602	339.242	392.394	235.8	235.8	213.3	269.8	304.8
1998	169.3	156	238.3	192.1	133.7	325.1	325.1	122.1	254.238	122.1
1999	274.8	228.3	335.7	249.5	286.3	170.9	170.9	109.8	222.9	-
2000	179.4	169.104	221.4	186.8	170.2	170.2	170.2	222.3	129	-
2001	143.9	128.7	222.3	250.6	161.8	297.334	105.04	353.3	168.6	-
2002	231.3	153.7	502.9	425.1	346.6	302.578	168.84	233.4	187.8	-
2003	366.2	300.1	582.6	468.6	457.8	310.672	267.31	266.6	289.2	-
2004	181.9	171.254	371.7	328.2	218.9	299.614	132.78	265.2	117.1	-
2005	302.9	275.314	419.5	433.3	528.3	306.874	221.11	528.3	173.126	-
2006	336	388.9	292.1	324	359	308.86	245.27	359	239.4	-

 Valeur reconstituée

Les figures I.6 et I.7 représentent la représentation des hauteurs pluviométriques annuelles des stations retenues dans l'étude, après contrôle de fiabilité (Doubles cumuls) et homogénéisation (Régression linéaire).

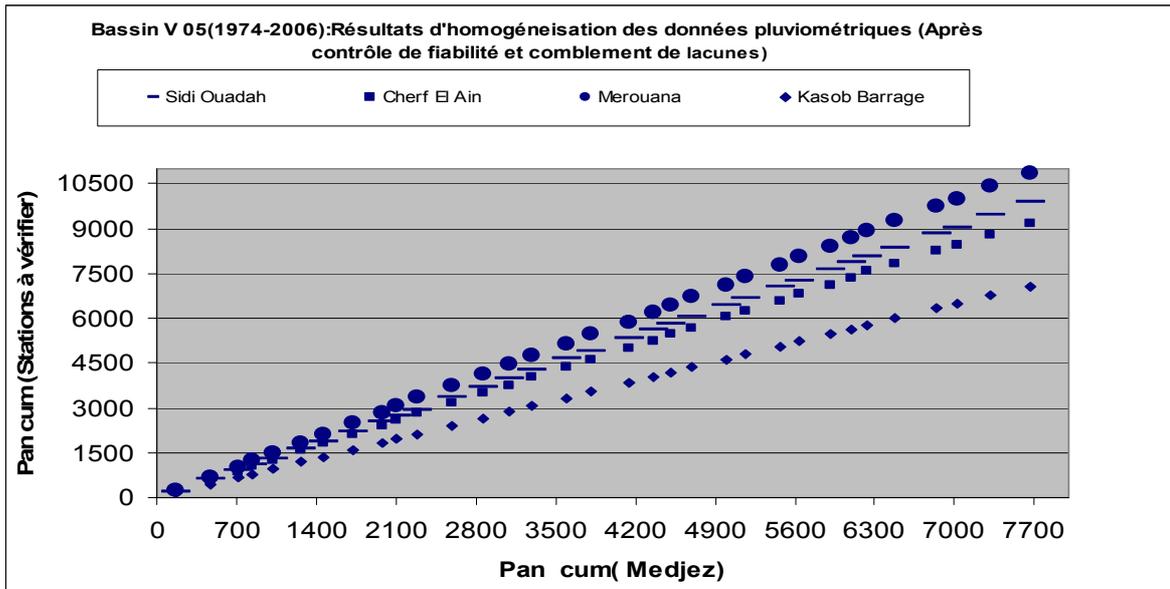


Figure I.6 : Résultats d'homogénéisation des données pluviométriques(Après Contrôle de fiabilité et comblement de lacunes B.V05)

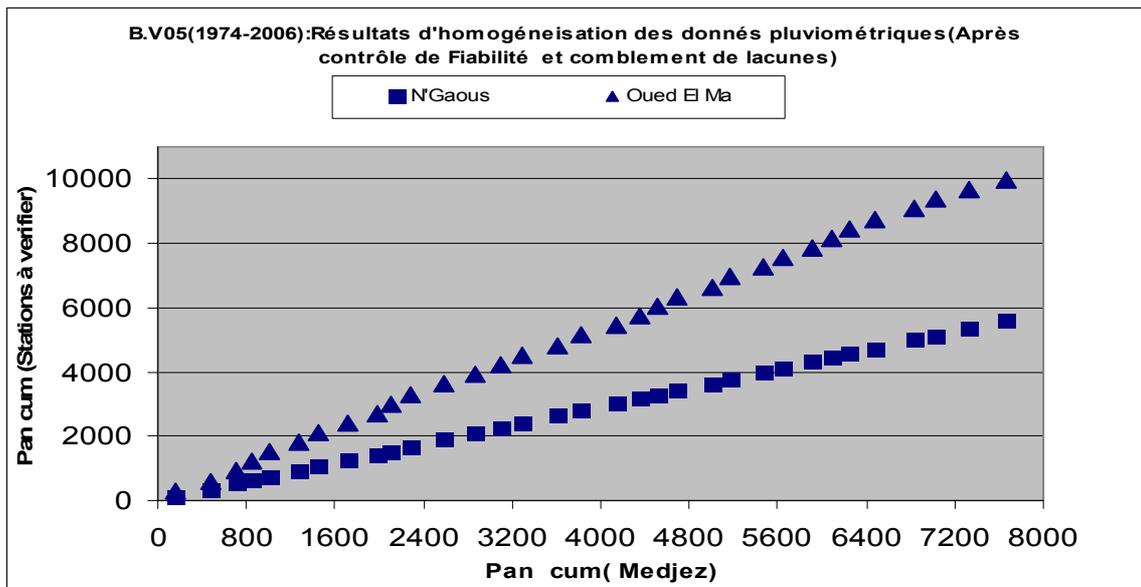


Figure I.7 : Résultats d'homogénéisation des données pluviométriques(Après Contrôle de fiabilité et comblement de lacunes-Suite B.V05-)

Même chose pour les autres bassins versants

Tableau I.13 : bassin versant BV6 (Chott Melghir- Biskra): Résultats D'homogénéisation des données pluviométriques

Année/ Stations	MEDINA	KHANGAT SIDI NADJ	DJEMORAH	BISKRA SECTEUR	KHEIRANE	SEIRAH	BABAR
1970	244.6	42.8	323.1	79.48	217.548	32.516	251.18
1971	482.9	55.804	8.5	129.52	119.8	158.1	299.6
1972	658.7	25	179.47	166.44	327	98.772	291.8
1973	331.7	40.9	127.15	97.77	195.9	46.452	160.3
1974	388.6	44.1	114.8	114.6	129.2	88.29	205.1
1975	546.4	82.1	101.6	142.86	286.9	159	397.1
1976	521.3	75.9	196.2	137.59	259.4	76.788	410.8
1977	330.7	33.4	126.9	97.56	293.4	46.292	264.2
1978	280.4	32.624	99.8	87.00	230.7	38.244	292
1979	373.6	75	133.856	115.8	235.3	53.156	350.5
1980	517.2	68	138.5	110.2	218.6	76.132	239.8
1981	465.3	27.9	148.52	125.83	225.5	82.2	248.1
1982	380.1	43.491	134.89	107.94	214.7	54.196	181.2
1983	236.4	27.696	111.90	24.3	149	29.4	230.5
1984	401.7	45.510	175.5	107.9	346.8	57.652	266.26
1985	512.4	10.3	131.3	110.7	250.1	57.8	331.9
1986	420	11.9	188.1	115.1	129.3	39.4	347.9
1987	251.3	25.8	83.8	79	162.5	44	331.4
1988	537.1	60.07	134.2	72.8	401.823	79.316	286.3
1989	527.2	21.76	103.3	138.832	527.2	63.6	507.9
1990	318.7	36.21	125.07	143	264.231	31	402.3
1991	483.3	54.44	151.40	119.7	367.929	70.708	323.57
1992	360.9	41.14	131.82	103.909	290.817	51.124	253.5
1993	251.6	28.59	84.078	63.6	251.6	33.636	190.5
1994	347.1	12.4	91.9	106.3	347.1	27	328
1995	487.7	25.9	278.5	199	487.7	72.2	472.1
1996	225.1	7.8	111.5	137.4	225.1	20	183.2
1997	540.7	40.3	167.8	141.667	540.7	56.9	415.8
1998	316.6	53.1	99.7	112.8	316.6	49.3	164.4
1999	348.7	80.1	107.3	128.8	348.7	71.1	265.2
2000	252	75.9	55.8	78.9	252	39	129.7
2001	254.4	51.1	100.8	57.1	223.722	40.3	317.7
2002	527.4	198.1	256.2	131	527.4	83.3	414
2003	896.4	109.1	258.7	252.2	896.4	89.5	531
2004	558.8	109.5	157.4	124.5	415.494	58.6	507.86
2005	581.4	126.4	167.104	150.214	581.4	64	581.4
2006	492.7	58.8	152.912	146.6	492.7	45.3	492.7
2007	585.9	66.3408	167.824	151.159	432.567	27.6	585.9
2008	769.5	86.504	197.2	189.715	548.235	65.9	769.5

Valeur reconstituée

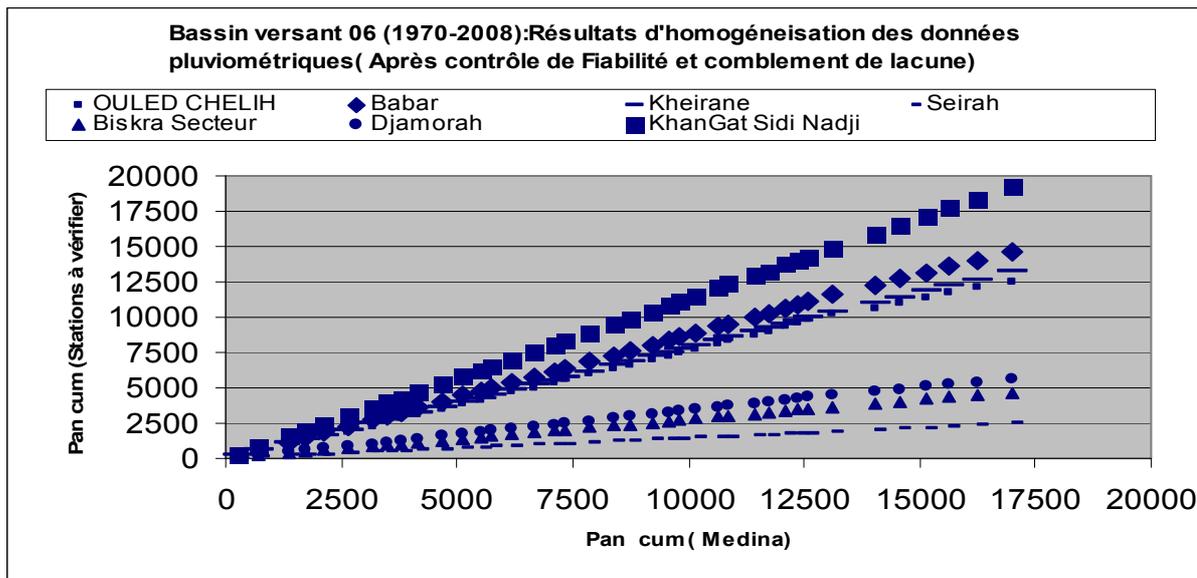


Figure I.8 : Résultats d'homogénéisation des données pluviométriques (Après Contrôle de fiabilité et comblement de lacunes B.V06)

Tableau I.14 : bassin versant BV6-Suite- (Chott Melghir- Biskra): Résultats D'homogénéisation des données pluviométriques

	MEDINA	AIN BABOUCHE	Driss
1970	244.6	150.202	73.8
1971	482.9	214.543	183.5
1972	658.7	262.009	168.6
1973	331.7	173.719	66.3
1974	388.6	189.082	75.2
1975	546.4	231.688	119.6
1976	521.3	224.911	212.1
1977	330.7	173.449	90.53
1978	280.4	229.4	100.5
1979	373.6	296.9	73.1
1980	517.2	223.804	90.5
1981	465.3	242.9	70
1982	380.1	186.787	107
1983	236.4	147.988	71.67
1984	401.7	158.5	78.2
1985	512.4	135.9	98.4
1986	420	145.1	130.3
1987	251.3	176.8	80.6
1988	537.1	187.5	89.2
1989	527.2	243.2	129.83
1990	318.7	170.209	88.13
1991	483.3	174	121.05
1992	360.9	199.9	96.57
1993	251.6	102.5	74.71

1994	347.1	177.877	93.81
1995	487.7	258	121.93
1996	225.1	82.3	69.41
1997	540.7	154.7	132.53
1998	316.6	109.9	87.71

 Valeur reconstituée

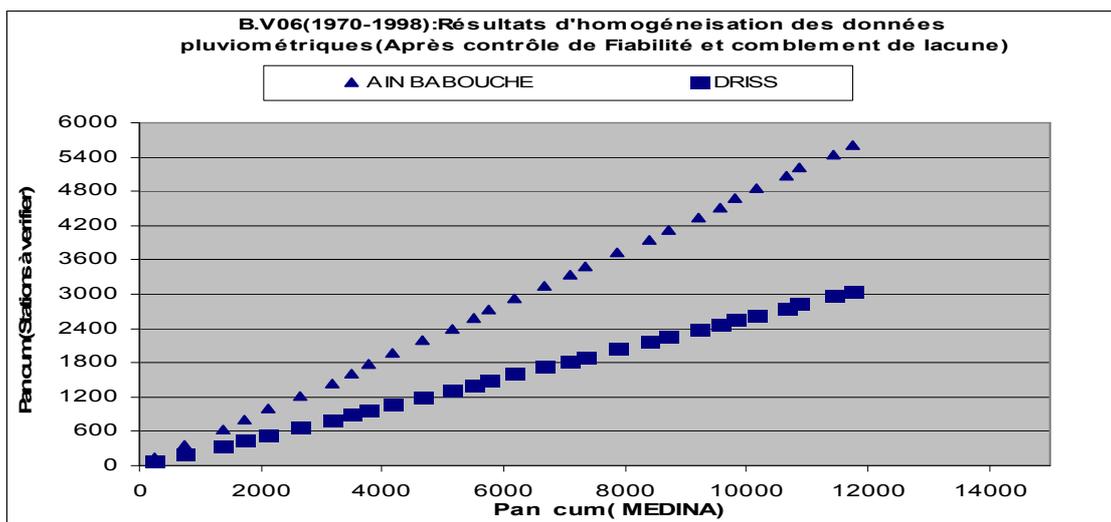


Figure I .9 : Résultats d’homogénéisation des données pluviométriques(Après Contrôle de fiabilité et comblement de lacunes-Suite B.V06-)

Tableau I .15 : bassin versant BV6-Suite- (Chott Melghir- Biskra): Résultats D’homogénéisation des données pluviométriques

	MEDINA	GUENTIS
1974	388.6	222.212
1975	546.4	333.6
1976	521.3	284.581
1977	330.7	194.999
1978	280.4	171.358
1979	373.6	292.4
1980	517.2	282.654
1981	465.3	258.261
1982	380.1	218.217
1983	236.4	150.678
1984	401.7	228.369
1985	512.4	280.398
1986	420	145.8
1987	251.3	140.4
1988	537.1	292.007
1989	527.2	462
1990	318.7	245.7
1991	483.3	266.721

1992	360.9	209.193
1993	251.6	169.9
1994	347.1	136.7
1995	487.7	352.3
1996	225.1	123.3
1997	540.7	266.1
1998	316.6	164.9
1999	348.7	253.7
2000	252	97
2001	254.4	155.4
2002	527.4	327.8
2003	896.4	437.4
2004	558.8	302.206
2005	581.4	312.828
2006	492.7	211.7
2007	585.9	155.7
2008	769.5	401.235

■ Valeur reconstituée

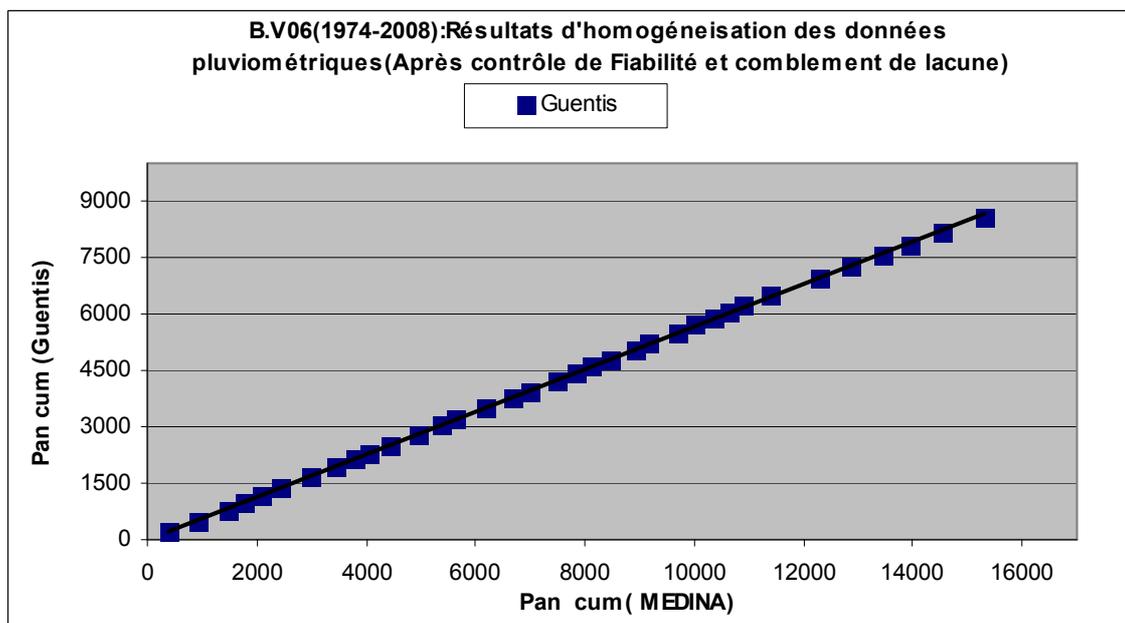


Figure I .10 : Résultats d'homogénéisation des données pluviométriques(Après Contrôle de fiabilité et comblement de lacunes-Suite B.V06-)

Tableau I .16 : bassin versant BV7 (haut plateaux constantinois): Résultats d'homogénéisation des données pluviométriques

	BATNA	AIN DJASSER	TIMGAD	YABOUS
1971	530.5	358.1	486.9	626.2
1972	517.5	277.5	491.8	458
1973	309.9	190.7	225.7	403
1974	361.6	269.6	321.9	401.9
1975	424.7	307.191	463.4	571.7
1976	188	255.6	342	507.9
1977	293	133.6	61.5	274.3
1978	306.3	169.2	215.4	320.6
1979	378.4	232.5	300.7	386.7
1980	336	251.31	187.7	359.284
1981	307.7	361.1	329.7	463.5
1982	435.8	149.9	306.9	432.138
1983	338.8	193.2	264.738	271.9
1984	238.1	189.633	326	371.1
1985	432.1	233.2	344.976	313.2
1986	499.2	292.9	232	314.7
1987	462.7	178.9	120	451.775
1988	383.4	368.4	296.4	343.9
1989	317.7	251	415.8	528.8
1990	185.8	352.2	321.4	383.4
1991	352	374.7	318.7	417.1
1992	510.5	248.3	198.1	277.8
1993	191.8	150.1	194.9	235.9
1994	476.2	276.8	167.5	307.4
1995	278.2	364.8	391.5	510.1
1996	306.8	194.3	102.1	138.8
1997	269.4	342.9	353.6	427.8
1998	254.7	260.3	158.8	252.9
1999	476.2	329.5	269.7	303.3
2000	603.8	168.7	146.6	147.6
2001	456.3	136.7	365.788	323.1
2002	435.8	347.8	444.6	469.4
2003	265.4	481.2	390	534.5
2004	375.7	353.2	337.5	413.7
2005	581.4	376.8	325.7	509.8
2006	492.7	254.3	247.3	393.9
2007	585.9	338.7	477.244	541.711
2008	550.6	386.508	446.886	515.942

 Valeur reconstituée

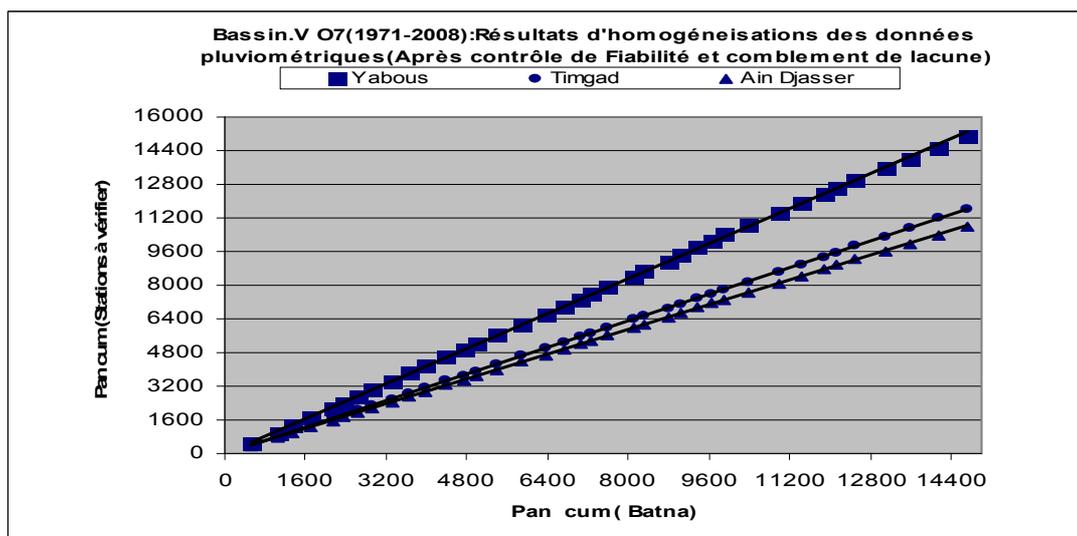


Figure I .11: Résultats d'homogénéisation des données pluviométriques(Après Contrôle de fiabilité et comblement de lacunes B.V07)

Tableau I .17 : bassin versant BV7-suite- (haut plateaux constantinois): Résultats d'homogénéisation des données pluviométriques

	BATNA	REBOA	AIN TIN	BOUHMAAR	SID MAANCER
1971	530.5	505.3	132.6	365.5	529.1
1972	517.5	534.0	427.5	340.3	310.4
1973	309.9	327.3	368.4	150.5	213.9
1974	361.6	355.3	456.1	262.6	311.6
1975	424.7	587.7	744.2	341.4	352.9
1976	188	426.9	483.6	303.7	303.4
1977	293	120.0	206.7	85.9	159.5
1978	306.3	99.5	366.4	72.0	200.6
1979	378.4	207.8	528.6	252.9	176.3
1980	336	239.7	511.2	195.538	175.0
1981	307.7	227.2	423.2	273.0	291.9
1982	435.8	143.3	433.5	298.6	293.9
1983	338.8	114.7	76.0	165.9	225.9
1984	238.1	345.8	614.0	305.0	328.2
1985	432.1	239.9	739.2	297.7	247.3
1986	499.2	251.6	508.9	370.5	308.2
1987	462.7	120.5	104.7	343.6	200.6
1988	383.4	254.6	368.7	436.6	354.0
1989	317.7	219.7	559.5	308.8	433.1
1990	185.8	224.0	216.7	373.0	398.1
1991	352	329.4	99.186	234.8	317.1
1992	510.5	314.6	76.9	232.6	264.1
1993	191.8	175.2	437.3	249.7	240.1
1994	476.2	244.5	256.2	198.61	264.0

1995	278.2	256.8	256.8	254.3	209.8
1996	306.8	78.7	78.7	535.4	392.5
1997	269.4	250.3	250.3	151.4	252.8
1998	254.7	261.0	261.0	419.4	312.4
1999	476.2	298.6	298.6	261.8	210.2
2000	603.8	130.7	130.7	195.8	298.6
2001	456.3	249.7	84.1	201.9	227.5
2002	435.8	270.8	107.6	215.5	231.9
2003	265.4	253.9	118.0	204.6	233.9

 Valeur reconstituée

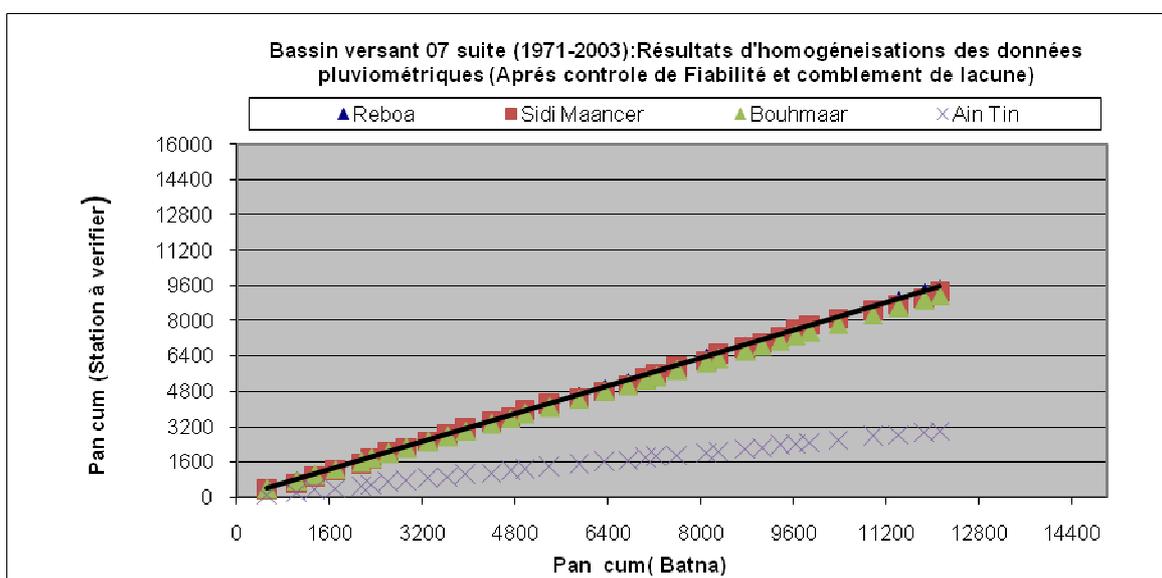


Figure I .12: Résultats d’homogénéisation des données pluviométriques(Après Contrôle de fiabilité et comblement de lacunes-Suite B.V07-)

1.4.2.3. Variations spatiales et temporelles des pluies sur le bassin versant

A. Evaluation de la pluie moyenne annuelle précipitée sur le bassin

Comme dans toute étude pluviométrique, nous sommes référés à une période d’observation qui s’étale du premier septembre 1971 au 31 août 2004 (33ans).

Plusieurs méthodes établies pour le calcul de la pluie moyenne annuelle précipitée sur le bassin versant dont on a choisi :

a. La moyenne arithmétique

C’est une simple moyenne arithmétique des précipitations moyennes annuelles des stations pluviométriques relevées au même temps, aux différentes stations du bassin ou dans son voisinage pour une période déterminée.

Elle est déterminée par la relation :

$$\bar{P} = \frac{\sum P_i}{N} \text{ (mm)} \quad \text{(I.1)}$$

avec :

- P_i : Précipitation moyenne annuelle à la station i .
- N : Nombre d'année d'observation.

Tableau I .18 : Application de la méthode de moyenne arithmétique au calcul de la pluie moyenne annuelle(B.V05) [6]

Station	Bel Aroug	Medjez	Ksob Barrage	Sidi Ouadah	Merouana	Cher El Ain	N'Gaous	Oued El Ma	Ain El Hadjel	Rocade Sud	Ced Fagues
Pi (mm)	33	33	33	33	33	33	33	33	18	33	25
Nombre d'année d'obser	38.002	232.05	190.54	299.08	330.31	277.82	203.9	306.60	200.30	186.59	149.63

Tableau I .19 : Application de la méthode de moyenne arithmétique au calcul de la pluie moyenne annuelle(B.V06) [6]

Station	El Kantara	KHANGAT SIDI NADJ	Guentis	Babar	Tiffelfel	Bouh-ama	Kheirane	Seirah	Oued chelih	Medina	T'kout	DJEMO-RAH	BISKRA	AIN BABOU-CHE
Pi (mm)	230	54.14	244	351	247	410.06	339	62	318	436	288	144	120	196
Nombre d'année d'obser	37	39	35	39	25	39	39	39	39	39	33	39	39	35

Exemple : Pour le bassin versant d'oued Biskra contrôlé par les stations :

Djemorah, Biskra, T'Kout et El Kantara ; la moyenne $\bar{P} = 117.89mm$

Tableau I .20 : Application de la méthode de moyenne arithmétique au calcul de la pluie moyenne annuelle(B.V07) [6]

Station	BATNA	AIN DJASSER	YABOUS	Tazoult	Reboa	A. Tin	Bouhmar	Timgad	S. Mancer
Pi (mm)	387	274	392	349,48	274,76	467,51	327,68	282,13	356,82
Nombre d'année d'observ	38	38	38	33	33	33	33	38	33

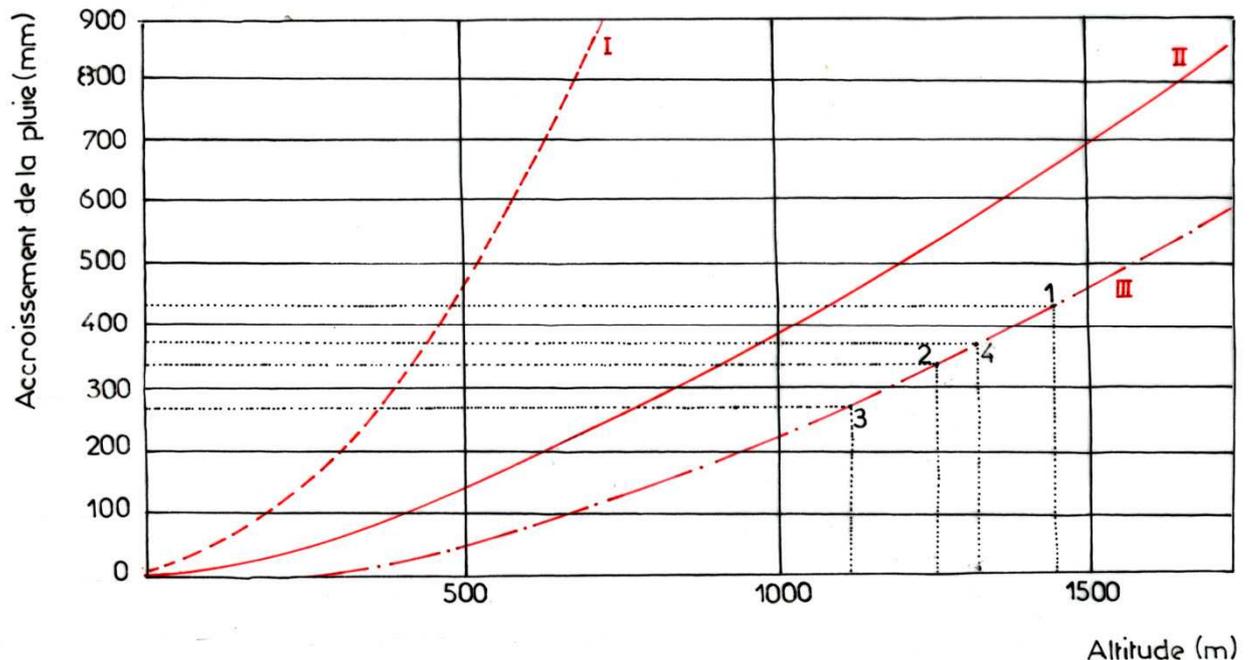
Exemple : Pour le bassin versant de Chemorah qui est contrôlé par les stations : Tazoult, Reboa, A. Tin, F, Bouhmar, Timgad, S. Maancer,

La méthode de moyenne arithmétique Pour le bassin versant a donné une pluie moyenne annuelle de $\bar{P} = 368.58$ mm.

b. Utilisation des graphiques (les trois lois de l'Algérie)

C'est une méthode graphique empirique tirée de l'ouvrage (climat de l'Algérie) de Seltzer montre avec tous les autres qui ont étudié la pluviométrie en Algérie, que la pluie en Algérie subit trois influences : celle de l'altitude, les conditions topographiques, de la longitude et enfin de l'éloignement des influences maritimes. Ainsi P.Seltzer a montré que la répartition des pluies en Algérie obéit au trois lois suivantes :

- La hauteur des pluies augmente de l'Ouest à l'Est.
- La pluie augmente avec l'altitude, celle-ci est plus élevée sur les versants exposés aux vents humides que sur les versants sous les vents secs.
- La pluie diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral. [10]



- Courbe I : Littoral.
- Courbe II : Atlas Tellien Algérois-Constantinois.
- Courbe III : Atlas Tellien Oranais-Hautes Plaines, Atlas Saharien, Sahara

Figure I .13: Méthode graphique

La méthode de P.Seltzer fournie les :

N°	Bassin	H _{moy} (m)	P _m (mm)
1	Reboa	1450	430.0
2	Timgad	1279	335.0
3	Morri	1143	265.0
4	Chemorah	1270	335.0

c. Méthode de Thiessen

C'est l'une des méthodes la plus rapide et la plus utilisée, elle 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. Un point situé dans cette zone soit plus près en distance horizontale du pluviomètre correspondant que tout autre pluviomètre.

La construction est la suivante :

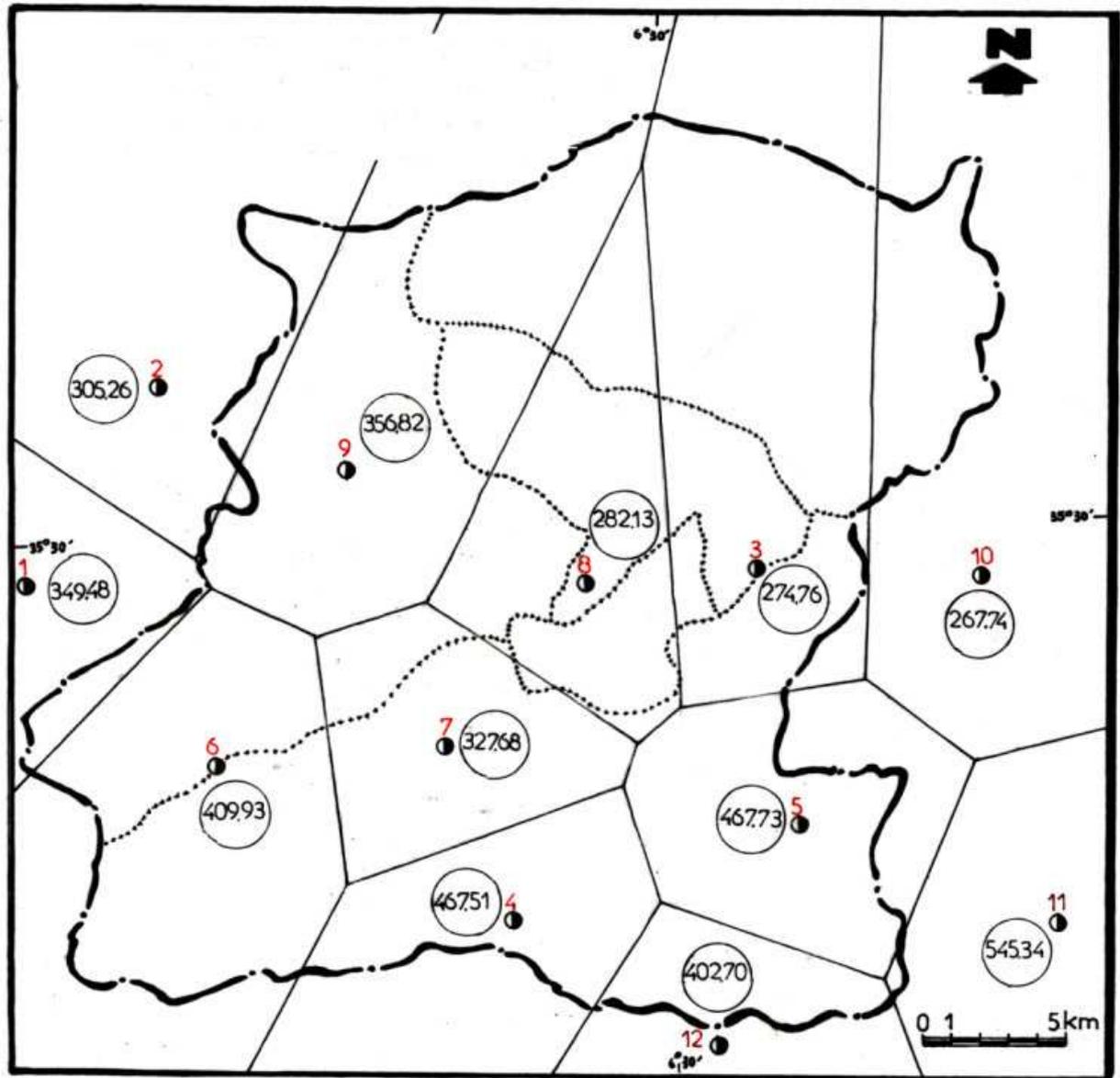
- Les stations disponibles étant reportées sur une carte.
- On trace une série de droite reliant les stations adjacentes.
- Au milieu de chacune de ces droites on prend une perpendiculaire.
- Les intersections de ces médiatrices déterminent un certain nombre de polygones, pour chacun des quels la hauteur de précipitation moyenne est prise égale à celle de la station comprise à l'intérieur du polygone qui l'entoure.

$$\bar{P} = \frac{\sum P_i.S_i}{S_T} \quad (I.2)$$

Avec :

- \bar{P} : Pluie moyenne sur l'ensemble du bassin (mm).
- S_i : surface élémentaire d'égale précipitation (km²).
- P_i : précipitation moyenne sur la surface élémentaire qui est égale à celle de la station située à l'intérieur de la surface élémentaire (mm).
- S_T : surface totale du bassin (km²) [9]

Exemple de découpage de bassin versant d'oued Chemorah



— Limite du bassin versant

... Limite des sous bassins

● Station pluviométrique

274.76 Pluviométrie moyenne inter-annuelle.

Figure I.14: découpage de bassin versant d'oued Chemorah

La Méthode de Thiessen donne les résultats suivants :

Tableau I.21 : Application de la méthode de THIESSEN au calcul de la pluie moyenne annuelle

Station	B.V Reboa			B.V Timgad			B.V Morri			B.V K. Medaour			B.V Chemorah		
	\bar{P}_i (mm)	Si (km ²)	$\bar{P}_i \cdot S_i$	\bar{P}_i (mm)	Si (km ²)	$\bar{P}_i \cdot S_i$	\bar{P}_i (mm)	Si (km ²)	$\bar{P}_i \cdot S_i$	\bar{P}_i (mm)	Si (km ²)	$\bar{P}_i \cdot S_i$	\bar{P}_i (mm)	Si (km ²)	$\bar{P}_i \cdot S_i$
Tazoult	-	-	-	349.48	10.56	3620.61	-	-	-	349.48	10.36	3620.61	349.48	10.36	3620.61
A.b Tenoun	-	-	-	305.26	16.28	4969.63	-	-	-	305.26	16.28	4969.63	305.26	16.28	4969.63
Reboa	274.76	23.09	6344.21	-	-	-	274.76	4.08	1121.02	274.76	55.61	15279.40	274.76	134.66	36999.18
A. Tin	467.51	56.05	26203.94	-	-	-	-	-	-	467.51	56.05	26203.94	467.51	56.05	26203.94
F. Toub	467.73	60.67	28377.18	-	-	-	-	-	-	467.73	60.67	28377.18	467.73	60.67	28377.18
Baïou	409.93	60.76	24907.35	409.93	49.08	20119.36	-	-	-	409.93	109.84	45026.71	409.93	109.84	45026.71
Bouhmar	327.68	47.38	15525.48	327.68	15.06	4934.86	327.68	0.48	157.29	327.68	62.92	20617.63	327.68	62.92	20617.63
Timgad	282.13	5.28	1489.65	282.13	23.20	6545.42	282.13	19.94	5625.67	282.13	70.0	21724.01	282.13	88.69	25022.11
S. Mancer	-	-	-	356.82	75.52	26947.05	-	-	-	356.82	87.0	31043.34	356.82	144.62	51603.31
Toufana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	267.74	29.64	7935.81
Chélia	545.34	0.75	409.01	-	-	-	-	-	-	545.34	0.75	409.01	545.34	0.75	409.01
Médina	402.70	26.52	10679.60	-	-	-	-	-	-	402.70	26.52	10679.6	402.70	26.52	10679.6
Totale	-	280.50	113936.42	-	189.50	67136.93	-	24.50	6903.98	-	563.0	207951.06	-	741.0	261464.72
P moyennes	406.19 mm			354.28 mm			281.80 mm			369.36 mm			352.85 mm		

d. Méthode des isohyètes

L'étude plus au moins précise des variations spatiales des précipitations annuelles moyennes passe par l'élaboration d'une carte d'isohyète, avec la série corrigée et homogénéisée.

On appelle isohyète les lignes d'égale hauteur de précipitation, l'utilisation des isohyètes est le procédé le plus rationnel et le plus précis, il tient compte de la réalité géographique et climatique de chaque région.

Si l'on dispose d'une carte de précipitations on l'utilise directement, sinon il faut tracer le réseau des isohyètes sur la carte du bassin.

Pour passer à la pluie moyenne (\bar{P}) tombée sur la surface totale du bassin (S_t), on planimètre chacune des surfaces élémentaires (S_i) délimitées par les isohyètes (P_i) et (P_{i+1}).

On calcul (\bar{P}) précipitée sur la surface du bassin en prendront la précipitation moyenne entre les deux isohyètes successives, par la surface comprise entre ces isohyètes, en totalisant ces produits et en divisant sur la surface totale du bassin versant.

La pluie moyenne tombée sur le bassin (mm)
$$\bar{P} = \frac{\sum P_i \cdot S_i}{S_t} \quad (I.3)$$

- P_i : précipitation moyenne entre les isohyètes successives (mm).
- S_i : surface comprise entre deux isohyètes successives (km²).
- S_t : surface totale du bassin versant (km²) [9]

B. Répartition pluviométrique interannuelle

Pour mieux saisir et préciser la variation pluviométrique annuelle, on s'est basé sur le coefficient de variation ; paramètre très efficace pour le mesure du degré de dispersion relative des valeurs particulières autour de la moyenne globale (tableau I.22, 24 et 26).

Afin de caractériser la pluviosité propre à chaque année, il convient de tenir compte de "l'écart type" correspondant à l'excédent, ou au déficit des précipitations de l'année considérée rapportée à la moyenne de 33 ans; nous avons relevé toutes les années pluviométriques extrêmes humides et sèches (voir la figure I.15, 16 et 17) (tableau I.23, 25 et 27).

A titre d'exemple, l'année la plus pluvieuse pour ces séries est 2005/2006 à Rocard Sud avec un écart à la moyenne de 96%, à Seirah un écart à la moyenne de 145 % de la série 91/92 et à A. Tin un écart à la moyenne de 130% de la série 74/75. Par contre, l'année la plus sèche est l'année 1991/1992 à Rocard Sud, son déficit par rapport à la moyenne est de -90% à Khanget Sidi Nadji c'est l'année 1995/1996 avec un déficit de -86% et à Timgad c'est l'année 1976/1977 avec un déficit de -79%.

Tableau I.22: moyenne, écart type et coefficient de variation de la série pluviométrique (1974-2006)

Station		sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	Année
Medjez	\bar{P}	28.15	21.29	25.46	19.16	20.80	17.25	19.99	25.66	31.93	10.17	4.23	7.96	232.05
	δ	28.63	17.21	18.67	15.31	19.65	12.94	18.43	15.83	25.04	10.32	12.16	9.77	66.91
	c.v	1.02	0.81	0.73	0.80	0.94	0.75	0.92	0.62	0.78	1.01	2.87	1.23	0.26
Oued el ma	\bar{P}	28.20	28.20	27.30	34.70	30.20	25.90	28.80	32.60	36.90	18.80	4.20	8.70	306.60
	δ	21.50	23.80	24.00	26.60	23.40	20.20	30.00	27.10	33.50	23.00	7.20	12.70	86.10
	c.v	0.80	0.80	0.90	0.80	0.80	0.80	1.00	0.80	0.90	1.20	1.70	1.50	0.30
N'Gaous	\bar{P}	23.69	20.24	20.74	20.06	17.79	19.35	20.64	20.73	21.98	8.47	2.41	7.16	203.86
	δ	26.77	23.70	22.73	16.00	16.22	16.50	20.23	16.92	23.18	12.11	5.53	11.77	61.01
	c.v	1.13	1.17	1.10	0.80	0.91	0.85	0.98	0.82	1.05	1.43	2.30	1.64	0.40
Ksob Barrage	\bar{P}	20.29	21.50	24.33	21.70	16.80	16.50	20.74	25.15	27.26	10.50	4.40	5.95	190.54
	δ	14.82	18.60	18.01	12.48	15.52	12.52	15.15	14.98	20.66	8.58	7.42	7.58	56.99
	c.v	0.73	0.87	0.74	0.58	0.92	0.76	0.73	0.60	0.76	0.82	1.68	1.27	0.30
Sidi Ouadah	\bar{P}	29.78	29.58	31.92	33.39	31.59	27.75	29.33	28.43	35.62	11.61	2.90	7.17	299.08
	δ	25.05	25.49	22.55	25.54	27.38	22.33	29.57	20.28	27.63	13.51	4.93	11.19	91.28
	c.v	0.84	0.86	0.71	0.76	0.87	0.80	1.01	0.71	0.78	1.16	1.70	1.56	0.31
Merouana	\bar{P}	29.08	26.51	32.05	40.62	32.67	29.13	35.41	36.59	38.82	15.11	5.40	8.93	330.31
	δ	22.73	21.05	24.80	28.28	29.11	23.39	23.25	23.16	30.06	16.73	8.56	12.25	79.86
	c.v	0.78	0.79	0.77	0.70	0.89	0.80	0.66	0.63	0.77	1.11	1.59	1.37	0.24
Cherf El Ain	\bar{P}	24.03	30.47	29.04	30.82	29.44	25.35	27.26	28.62	26.24	13.29	4.78	8.48	277.82
	δ	19.62	27.21	24.43	21.60	22.76	23.11	19.63	19.16	25.30	15.02	6.26	11.18	72.61
	c.v	0.82	0.89	0.84	0.70	0.77	0.91	0.72	0.67	0.96	1.13	1.31	1.32	0.26
Rocad Sud	\bar{P}	16.91	20.50	20.48	12.72	19.84	14.56	11.90	16.83	26.77	13.64	4.23	8.22	182.71
	δ	11.57	24.12	19.55	11.12	22.28	13.14	10.30	9.94	25.56	14.07	6.34	10.93	77.71
	c.v	0.68	1.18	0.95	0.87	1.12	0.90	0.87	0.59	0.95	1.03	1.50	1.33	0.48

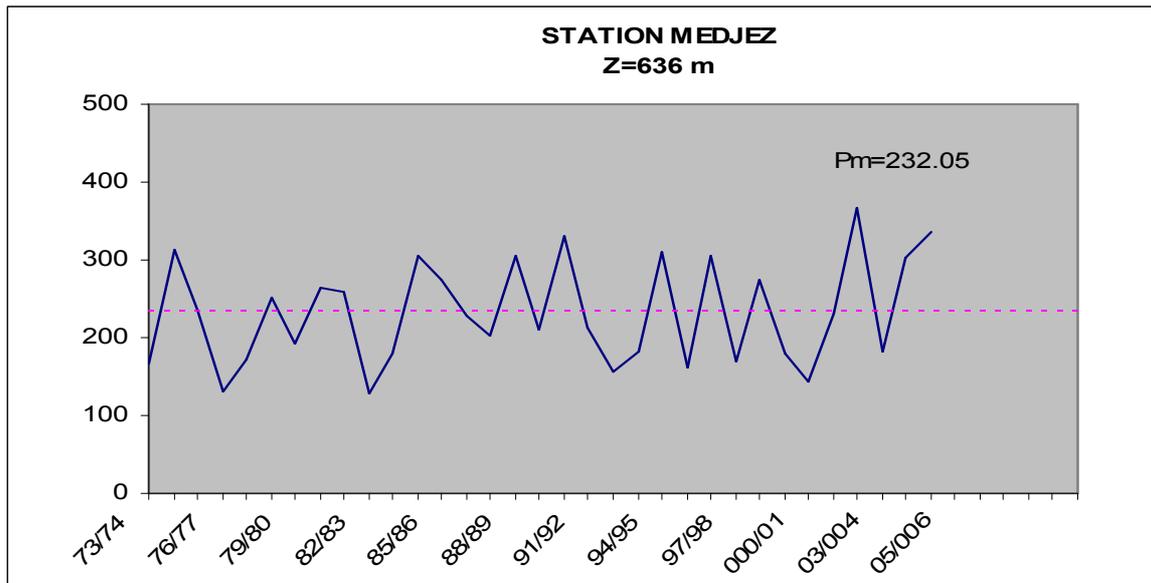


Figure I.15: Evolution annuelle des précipitations (1974/2006)

Tableau I.23: Ecart à la moyenne des précipitations annuelles extrêmes (1974-2006)

Station	Moy. annuelle	Année humide extrême	Ecart à la moyenne $e_i = \frac{P_i - P_m}{P_m} \cdot 100$	Année sèche	Ecart à la moyenne $e_i = \frac{P_i - P_m}{P_m} \cdot 100$
	(1974- 2006) (Pm)			(Pi)	
Medjez	232.05	2002-2003	58%	1982-1983	-44%
Oued el ma	306.60	1987-1988	68%	1983-1984	-56%
N'Gaus	169.40	2002-2003	58%	1982-1983	-44%
Ksob Barrage	206.00	2005-2006	89%	1981-1982	-48%
Sidi Ouadah	299.08	2004-2005	77%	1997-1998	-55%
Merouana	330.31	2002-2003	76%	1976-1977	-46%
Cherf El Ain	277.82	2002-2003	69%	1976-1977	-55%
Rocad Sud	182.71	2005-2006	96%	1991-1992	-71%

Tableau I.24 : moyenne, écart type et coefficient de variation de la série pluviométrique (1974-2006)

station		sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	Année
Djemorah	\bar{P}	11.73	11.03	17.52	13.27	18.12	13.09	12.96	15.94	15.12	5.32	0.95	4.96	140.03
	δ	15.59	11.92	16.27	10.26	14.73	12.01	15.31	17.84	22.53	8.72	3.27	9.87	50.50
	c.v	1.33	1.08	0.93	0.77	0.81	0.92	1.18	1.12	1.49	1.64	3.46	1.99	0.36
Biskra Secteur	\bar{P}	11.55	10.33	16.65	8.58	15.88	8.67	14.28	13.05	9.30	4.38	2.29	2.72	117.70
	δ	15.67	12.71	14.31	8.34	19.72	8.76	15.80	18.57	12.07	7.98	7.08	5.20	40.48
	c.v	1.36	1.23	0.86	0.97	1.24	1.01	1.11	1.42	1.30	1.82	3.09	1.91	0.34
Bouhmama	\bar{P}	34.45	30.77	41.89	35.34	33.80	33.23	40.45	32.52	37.46	25.66	13.87	23.55	383.00
	δ	36.20	23.20	31.23	31.01	32.31	29.69	27.74	20.65	25.49	24.11	17.59	29.55	100.40
	c.v	1.05	0.75	0.75	0.88	0.96	0.89	0.69	0.63	0.68	0.94	1.27	1.25	0.26
Ain Babouche	\bar{P}	19.89	14.06	15.90	14.31	18.56	15.48	22.10	12.79	21.26	15.07	5.74	8.15	197.32
	δ	18.30	12.05	13.53	12.24	18.28	14.07	25.60	13.55	21.95	15.94	14.29	9.59	77.81
	c.v	0.92	0.86	0.85	0.86	0.98	0.91	1.16	1.06	1.03	1.06	2.49	1.18	0.39
Ouled Chelih	\bar{P}	33.58	27.02	35.87	35.98	27.60	27.24	30.08	30.91	28.59	11.43	4.56	13.04	305.89
	δ	28.08	27.27	30.73	31.64	22.27	25.88	25.81	24.39	30.27	15.23	8.55	19.94	110.72
	c.v	0.84	1.01	0.86	0.88	0.81	0.95	0.86	0.79	1.06	1.33	1.87	1.53	0.36
Medina	\bar{P}	43.58	34.13	46.49	43.11	35.77	31.99	39.75	38.36	45.27	24.00	10.00	29.78	422.22
	δ	32.54	24.80	39.75	29.14	26.19	30.20	26.83	21.84	30.94	24.21	12.79	35.39	140.88
	c.v	0.75	0.73	0.85	0.68	0.73	0.94	0.67	0.57	0.68	1.01	1.28	1.19	0.40
Babar	\bar{P}	37.14	31.84	31.61	21.78	19.60	26.53	34.36	27.46	31.97	22.44	14.69	22.76	322.18
	δ	35.37	24.76	25.73	14.31	17.89	24.31	28.64	16.52	31.62	23.04	19.79	26.42	94.30
	c.v	0.95	0.78	0.81	0.66	0.91	0.92	0.83	0.60	0.99	1.03	1.35	1.16	0.29
Seirah	\bar{P}	6.17	7.02	7.62	4.13	4.77	4.67	4.00	8.56	4.87	4.25	1.70	1.30	59.48
	δ	5.73	5.30	7.81	3.98	7.16	6.15	4.91	9.15	7.69	8.34	8.23	3.01	21.67
	c.v	0.93	0.76	1.02	0.96	1.50	1.32	1.23	1.07	1.58	1.96	4.85	2.31	0.36
Guentis	\bar{P}	31.16	23.74	21.71	15.17	23.69	16.11	28.75	23.02	26.18	15.09	6.83	10.67	242.11
	δ	22.88	15.77	18.02	16.62	22.87	15.45	28.53	15.63	22.60	17.78	7.60	16.35	81.13
	c.v	0.73	0.66	0.83	1.10	0.97	0.96	0.99	0.68	0.86	1.18	1.11	1.53	0.34
Khanget Sidi Nadj	\bar{P}	5.95	6.00	5.57	3.79	8.36	3.85	2.55	6.43	6.29	2.24	0.76	2.58	77.00
	δ	8.29	5.61	6.96	4.12	6.12	4.94	3.25	4.93	8.38	2.90	1.67	7.05	28.50
	c.v	1.39	0.94	1.25	1.09	0.73	1.28	1.27	0.77	1.33	1.29	2.21	2.73	0.37
Kheirane	\bar{P}	25.70	26.18	26.70	13.18	18.06	18.34	22.60	23.10	28.68	15.74	9.18	9.35	330.00
	δ	31.79	29.18	56.78	20.34	36.22	23.84	28.29	40.82	44.26	27.49	15.61	20.52	141.00
	c.v	1.24	1.11	2.13	1.54	2.01	1.30	1.25	1.77	1.54	1.75	1.70	2.19	0.43

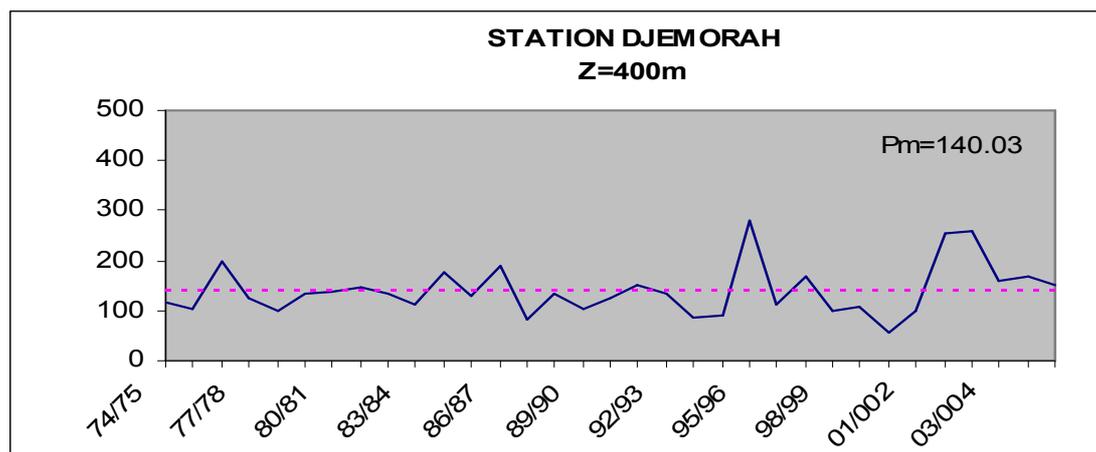


Figure I.16: Evolution annuelle des précipitations (1974/2006)

Tableau I.25: Ecart à la moyenne des précipitations annuelles extrêmes (1974-2006)

Station	Moy. annuelle	Année humide extrême	Ecart à la moyenne $e_i = \frac{P_i - P_m}{P_m} \cdot 100$	Année sèche	Ecart à la moyenne $e_i = \frac{P_i - P_m}{P_m} \cdot 100$
	(1974- 2006) (Pm)			(Pi)	
Biskra	117.70	2002-2003	114%	1983-1984	-79%
Djemorah	140.03	2001-2002	99%	1999-2000	-60%
Medina	422.22	2002-2003	112%	1996-1997	-47%
Bouhmama	383.00	1988/1989	50%	1977-1978	-53%
Seirah	59.48	1975/1976	83%	1996-1997	-66%
Kheirane	330.00	2002-2003	141%	1984-1985	-64%
Guentis	242.11	1988-1989	91%	1999-2000	-60%
Khanget Sidi Nadji	77.00	2001-2002	78%	1995-1996	-90%
Babar	322.18	2002-2003	65%	1999-2000	-60%
Ouled chelih	305.89	1984-1985	58%	1998-1999	-69%
Ain babouche	197.32	1991-1992	145%	2001-2002	-69%

Tableau I.26: moyenne, écart type et coefficient de variation de la série pluviométrique (1971-2003)

Station		Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juit.	Aoû	année
Reboa	\bar{P}	30.57	22.45	21.70	24.33	23.02	18.80	35.18	27.73	34.03	18.63	7.13	11.40	261.96
	δ	28.65	27.65	21.67	23.59	20.68	13.67	33.19	26.09	27.68	23.29	9.78	27.94	98.98
	c.v	0.94	1.23	1.00	0.79	0.90	0.73	0.94	0.94	0.81	1.25	1.37	2.45	0.53
A. Tin	\bar{P}	54.45	47.58	45.59	41.54	35.57	32.08	54.13	42.37	45.46	24.50	12.01	28.45	324.20
	δ	51.71	42.43	43.59	32.28	31.77	23.22	39.03	31.21	36.72	22.13	17.82	33.06	119.27
	c.v	0.95	0.89	0.96	0.78	0.89	0.72	0.72	0.74	0.81	0.90	1.48	1.16	0.43
Ain Djassar	\bar{P}	28.09	21.29	23.40	30.20	25.87	20.54	27.37	33.47	34.75	12.23	5.34	12.44	283.94
	δ	12.53	14.35	8.73	19.81	10.86	7.62	11.77	11.50	18.34	15.60	10.68	9.68	101.58
	c.v	0.45	0.67	0.37	0.66	0.42	0.37	0.43	0.34	0.53	1.27	2.00	0.78	0.50
Bouhmar	\bar{P}	36.83	28.02	32.91	33.99	27.30	29.81	48.36	33.96	28.28	17.48	4.28	11.07	283.94
	δ	66.92	29.21	37.61	35.58	29.82	29.16	46.52	30.20	32.99	21.78	7.56	17,28	113.00
	c.v	1.82	1.04	1.14	1.05	1.09	0.98	0.96	0.89	1.17	1.25	1.77	1,56	0.40
Timgad	\bar{P}	32.69	22.55	26.18	28.85	26.71	20.23	29.05	31.25	35.52	17.13	8.92	15.68	289.60
	δ	28.48	23.38	19.93	21.48	25.66	20.55	26.93	23.54	24.52	17.84	12.36	21.95	112.34
	c.v	0.87	1.04	0.76	0.74	0.96	1.02	0.93	0.75	0.69	1.04	1.39	1.40	0.39
S.Manser	\bar{P}	34.31	34.67	31.86	29.45	38.05	27.75	38.75	37.10	37.20	22.23	6.27	12.69	280.85
	δ	34.37	38.34	26.81	20.99	38.60	26.00	31.81	38.72	34.80	31,62	9,24	17.82	104.85
	c.v	1.00	1.11	0.84	0.71	1.01	0.94	0.82	1.04	0.94	1.42	1.47	1.40	0.48
Batna	\bar{P}	40.73	30.22	34.73	34.82	32.26	28.79	38.39	36.74	37.65	20.26	28.15	24.38	387.12
	δ	32.15	30.63	30.74	27.53	28.37	21.73	28.38	28.42	29.90	21.23	13.63	14.67	118.31
	c.v	0.79	1.01	0.89	0.79	0.88	0.75	0.74	0.77	0.79	1.04	1.67	1.02	0.31
Yabous	\bar{P}	40.48	25.70	41.39	33.85	33.06	30.23	49.02	40.10	44.12	24.31	11.58	18.38	379.69
	δ	29.01	22.92	36.81	34.17	33.41	31.13	34.05	34.38	31.34	20.16	14.68	21.03	114.08
	c.v	0.72	0.89	0.89	1.01	1.01	1.03	0.69	0.86	0.71	0.83	1.27	1.14	0.30

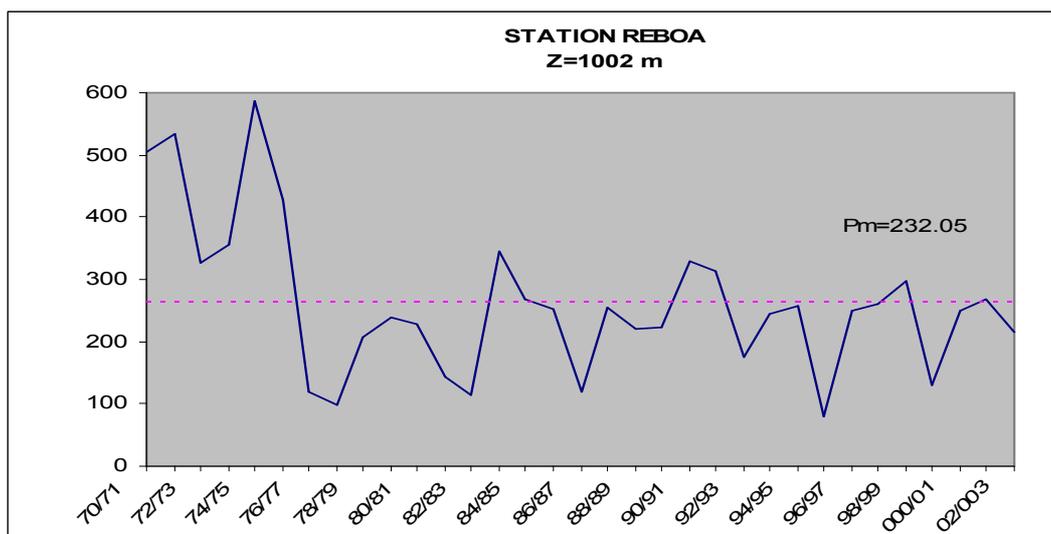


Figure I.17: Ecart à la moyenne des précipitations annuelles extrêmes (1971-2003)

Tableau I.27: Ecart à la moyenne des précipitations annuelles extrêmes (1971-2003)

Station	Moy. annuelle	Année humide extrême	Ecart à la moyenne $e_i = \frac{P_i - P_m}{P_m} \cdot 100$	Année sèche	Ecart à la moyenne $e_i = \frac{P_i - P_m}{P_m} \cdot 100$
	(1971- 2003)			extrême	
	(Pm)			(Pi)	
Reboa	261.96	1974-1975	124%	1995-1996	-70%
A. Tin	324.20	1974-1975	130%	2002-2003	-77%
Ain Djassar	283.94	1988/1989	102%	1970-1971	-53%
Bouhmar	283.94	1995/1996	89%	1977-1978	-75%
Timgad	289.60	1971-1972	70%	1976-1977	-79%
S.Manser	280.85	1970-1971	88%	1976-1977	-43%
Batna	387.12	1999-2000	56%	1989-1990	-52%
Yabous	379.69	1970-1971	65%	1999-2000	-63%

L'analyse de la variabilité interannuelle des précipitations mérite d'être complétée par une étude fréquentielle, c'est-à-dire l'estimation des valeurs limites atteintes ou dépassées pendant une période donnée. Ceci suppose de rechercher au préalable la loi d'ajustement.

1.4.3. Les températures

La température de l'air est un paramètre important qui régit les déperditions d'eau qui s'opèrent par le phénomène de l'évapotranspiration. L'étude des températures moyennes mensuelles et annuelles est primordiale, car c'est elles qui nous permettent d'évaluer le déficit d'écoulement des bassins versants.

**Tableau I.28: les températures moyennes mensuelles enregistrées
Chott Hodna (1973-2005) [11]**

Moi /Paramètre	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
Température moyenne en (°C)	23.5	17.5	9.0	5.9	4.8	6.1	9.5	14.5	20.0	22.8	27.0	27.6
Température moyenne max en (°C)	28.99	22.57	14.31	10.49	9.81	11.20	15.20	20.39	26.34	30.54	34.51	34.81
Température moyenne min en (°C)	16.01	12.43	5.12	2.43	1.01	1.52	4.21	8.56	13.43	14.65	17.47	17.98

**Tableau I.29: les températures moyennes mensuelles enregistrées
Chott Melghir (1977-2002) [11]**

Moi /Paramètre	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
Température moyenne en (°C)	28.71	22.78	16.88	12.86	12.35	14.03	16.76	20.11	25.02	30.45	33.56	33.28
Température moyenne max en (°C)	34.19	27.90	21.57	17.16	16.69	19.17	22.27	25.73	30.86	36.68	39.93	39.35
Température moyenne min en (°C)	23.16	17.65	12.15	8.11	7.16	8.86	11.25	14.43	19.11	21.15	27.14	16.69

**Tableau I.30: les températures moyennes mensuelles enregistrées
Haut Plateaux (1973-1998) [11]**

Moi /Paramètre	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
Température moyenne en (°C)	20.51	15.62	10.32	6.69	5.66	7.18	9.40	12.65	17.22	22.46	26.35	26
Température moyenne max en (°C)	26.53	21.47	15.62	11.25	10.51	12.74	15.28	19.53	24.69	29.96	34.49	34.13
Température moyenne min en (°C)	14.16	9.78	5.02	2.13	0.81	1.62	3.53	5.77	9.76	14.97	18.21	17.87

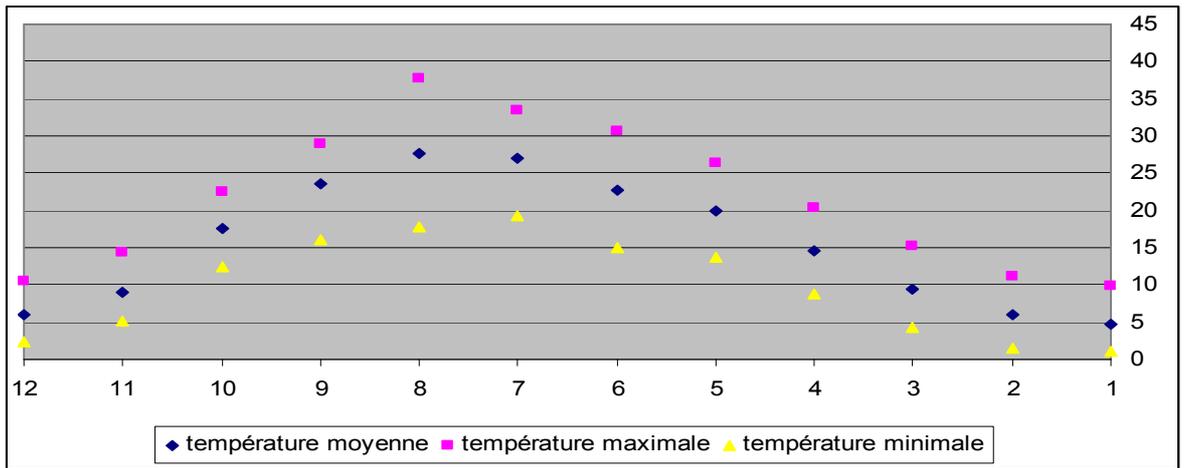


Figure I.18 : Répartition des températures moyennes mensuelles maximales et minimales Chott Hodna (1990-2000) [11]

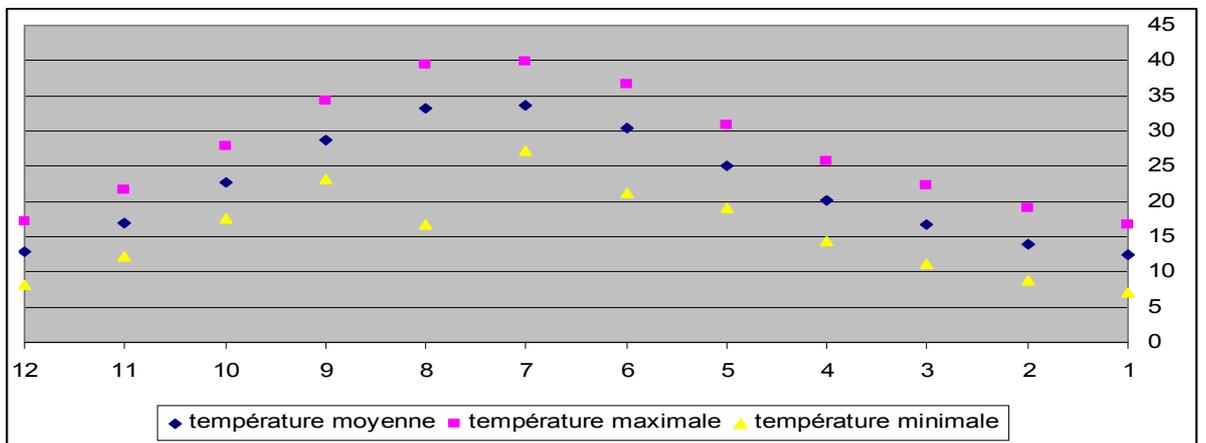


Figure I.19 : Répartition des températures moyennes mensuelles maximales et minimales à la Chott Melghir (1977-2002) [11]

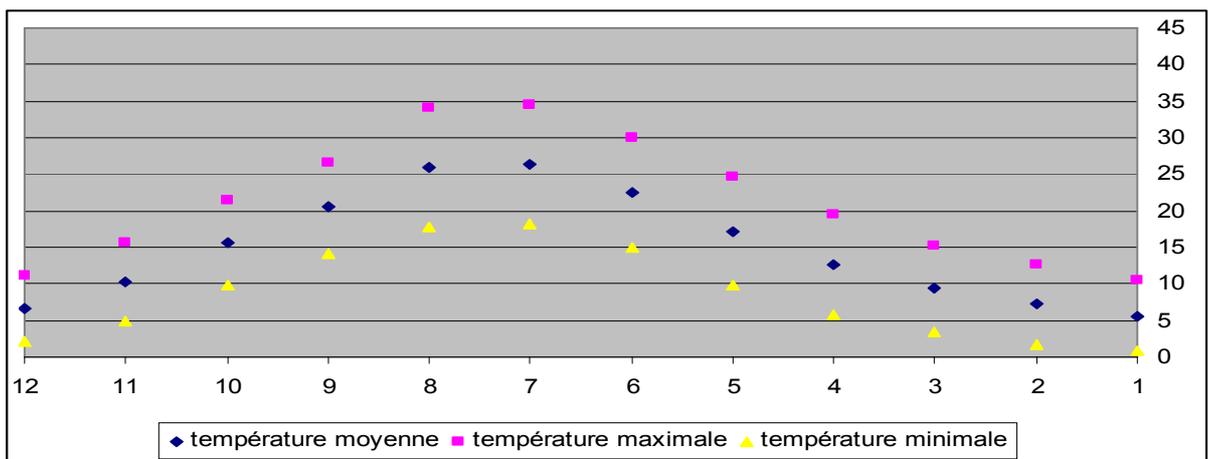


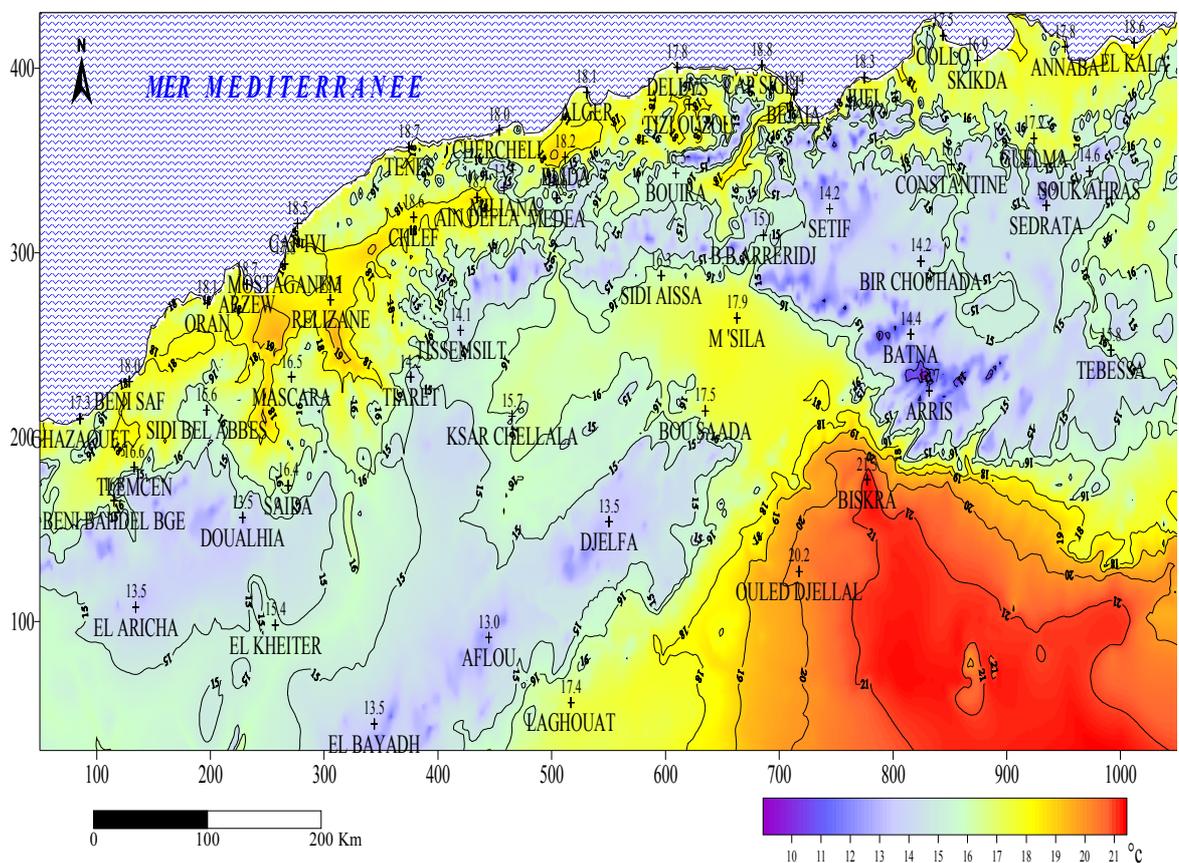
Figure I.20 : Répartition des températures moyennes mensuelles maximales et minimales Hauts Plateaux (1973/ 1998) [11]

Un /des points essentiels, qu'il faut retenir de cette étude, est la division de l'année en deux saisons thermiques bien tranchées.

La saison chaude s'étend de mai en octobre, mois pendant lesquels les températures moyennes sont supérieures à la moyenne annuelle qui est de $14\text{ }^{\circ}\text{C}$, avec un maximum en juillet ou août, qui atteint la valeur de $26\text{ }^{\circ}\text{C}$. Alors que la saison froide correspond à novembre-avril, avec un minimum en janvier ($4,4\text{ }^{\circ}\text{C}$).

La diminution du Nord vers le Sud des températures pour les bassins versants, est liée essentiellement à l'altitude, mais aussi à cause de l'effet de la continentalité dans la région semi-aride.

L'amplitude thermique annuelle qui traduit la différence entre la température moyenne du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid, est environ $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, ce qui confirme la continentalité marquée de ces bassins.



Carte I.3 : Températures moyennes annuelles [11]

1.4.4. Les autres facteurs climatiques

Les facteurs climatiques jouent un rôle important dans le comportement hydrologique des cours d'eau alimentant un bassin versant.

Pour le Grand bassin versant de Haut plateaux les données d'observation des autres paramètres climatiques, est pour une période de 10 ans (1975-1984).

Les données de Chott Melghir et Biskra, pour un période de 12 ans (1999-2000).

Tableau I.31: résumé ces principales données qui complètent l'analyse climatique Bassin versant Haut Plateau [11]

Fréquence mensuelle de gelée														
Haut plateau Période (1975-1984)	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Jui.	Août.	Année	
	0,0	0,3	5,7	8,7	8,2	7,5	4,7	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	37,2	
	Vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s)													
	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Jui.	Août.	Moy.	
	3,1	3,5	3,5	4,5	4,1	4,2	4,1	4,0	4,0	3,8	4,2	3,8	3,9	
	Fréquence mensuelle de sirocco													
	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Jui.	Août.	Année	
	2,0	0,4	0,4	0,1	0,0	0,4	1,9	2,3	1,5	2,8	5,1	2,1	19	
	Humidité relative moyenne mensuelle (%)													
	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Jui.	Août.	Moy.	
	58,6	64,2	72,4	72,9	71,3	71,4	63,3	63,2	59,0	49,9	39,7	44,4	60,9	
	Insolation moyenne mensuelle (heure)													
	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Jui.	Août.	Moy.	
	327,5	263,5	197,5	160,5	162,6	148,8	217,3	250,9	382,4	403,7	480,4	402,7	3397,3	
	Evaporation moyenne mensuelle (mm)													
	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Jui.	Août.	Année	
364,0	229,4	189,0	179,8	189,1	168,0	223,2	237,0	272,8	318,0	350,3	322,4	2943,0		
Fréquence moyenne mensuelle de neige														
Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	mai	Jui.	Jui.	Août.	Année		
0,0	0,0	1,1	2,4	2,9	2,6	1,7	0,6	0,1	0,0	0,1	0,1	11,6		

La gelée a une fréquence moyenne de 37 jours/an, avec un maximum au mois de décembre (environ 9 jours), et une absence totale de gelée pour la période mi-septembre.

Les vents dominants sont ceux du Sud-ouest et du nord-est, qui sont fréquents pendant la période hivernale, avec une vitesse moyenne maximale de 4,5 m/s en décembre ; Ils sont relayés par les vents du Sud (Sirocco) pendant la saison estivale (juin, juillet, août), ce vent chaud et sec au pouvoir desséchant, provoque une augmentation brutale de la température et l'abaissement simultané de l'humidité de l'air, et par conséquent une augmentation de l'évapotranspiration ; Le terrain d'étude est affecté par le Sirocco 19 jours/ans.

L'humidité relative dépasse les 50% pendant huit (8) mois, avec un maximum de 73% en décembre ; Alors qu'elle est inférieure à 50% pendant l'été (juin ; juillet, août), avec un minimum en juillet (40%).

L'insolation mensuelle effective est au moyenne 283,11 heures, le maximum (480,36 heures) est enregistré en juillet, et le minimum (148,78 heures) en février.

En ce qui concerne la neige, les statistiques disponibles se limitent au nombre annuel de jours de chutes de neige, et la durée de l'enneigement au sol [9], et le nombre mensuel de jours où il y a neigé [11].

D'une manière générale, la durée de l'enneigement reste faible à l'échelle du bassin (8 jours à Batna, 15 jours à Arris, et 2 jours à Foug Toub), elle peut être considérable sur les hauts sommets des massifs des Aurès (au-dessus de 1600 m d'altitude) où l'influence directe du relief et les faibles températures hivernales.

L'évaporation est mesurée par un évapomètre de type " Bac", elle atteint ses valeurs plafonds pendant la saison chaude, avec un maximum de 350 mm en juillet ; l'évaporation moyenne annuelle pour la période (1975-1984) est de 2943 mm ; Ces valeurs concordent étroitement avec celles des autres facteurs météorologiques, notamment la température, la durée d'insolation, et la fréquence de Sirocco

Tableau I.32: résumé ces principales données qui complètent l'analyse climatique Chott Melghir (1990-2000) [11]

Moi /Paramètre		jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	An
Chott Melghir	Température en (°C)	11.6	13.7	17.3	20.5	26.7	30.8	34.1	34.0	28.9	23.1	16.8	12.5	22.7
	Le vent en (m/s)	8.8	4.6	4.7	6.2	6.0	5.7	4.5	4.3	4.7	4.2	4.7	4.3	4.8
	Humidité en (%)	57	46	41	35	30	27	240	28	38	44	53	58	40
	Tension de Vapeur (mbar)	7.8	7.2	7.9	8.3	10.2	11.9	130.6	14.5	15.0	12.7	10.1	8.4	10.6
	Insolation mensuelle (heure)	228	252	284	300	327	335	357	326	267	267	204	230	3395
	Evaporation en (mm)	123	147	202	271	344	390	427	403	500	205	143	103	3086

Pour le grand bassin versant de Chott Melghir, les vents sont caractérisés par leurs directions, leurs vitesses et leurs intensités, ils exercent une action destructrice : augmente l'évapotranspiration et les phénomènes érosifs, les vents dominants dans la partie sud du bassin en hiver sont de direction Nord-ouest venant de l'Atlantique du Nord chargé de l'humidité.

Ceux de l'été sont de direction Sud/ Est ; Nord/Ouest, Sont forme de Sirocco asséchant les vents des sables caractéristiques dans cette partie de la région, sont fréquents pendant les mois de mars, avril et mai. Cependant, on peut noter leur apparition pendant les autres saisons avec une faible fréquence

L'humidité relative, d'après la série de données des 10 années d'observations on constate que :

- la moyenne minimale annuelle est de 40,16%
- la moyenne maximale annuelle est de 45,50%

L'évaporation est un paramètre étroitement lié à la température, la sud du bassin versant de l'oued Biskra est située en zones à fortes températures, les quantiles d'eau évaporées sont aussi relativement importantes.

- L'évaporation moyenne mensuelle = 300 mm.
- L'évaporation moyenne maximale = 323 mm.
- L'évaporation moyenne minimale = 215 mm.

Cette différence de l'évaporation démontre que le phénomène de cette dernière doit être régi par un autre facteur et une autre température, tel que la vitesse de vent, le taux d'humidité, le taux d'ensoleillement et le couvert végétal.

Tableau I.33: résumé ces principales données qui complètent l'analyse climatique Chott Hodna (1999-2000) [11]

Moi /Paramètre		jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	An
Chott Hodna	Température en (°C)	8.3	10.2	13.9	16.7	22.9	28.0	31.6	31.1	25.3	19.8	13.3	9.5	19.2
	Le vent en (m/s)	3.6	3.7	3.9	5.0	4.6	4.7	4.4	4.1	3.9	3.5	3.6	3.7	4.1
	Humidité en (%)	73	65	60	56	55	52	50	49	63	66	72	74	61
	Tension de Vapeur (mbar)	8.0	8.0	9.8	10.0	13.1	15.5	17.6	17.3	17.2	13.7	10.5	8.6	12.4
	Insolation moyenne mensuelle (heure)	193	229	268	279	320	325	345	302	262	258	199	184	3165
	Evaporation en (mm)	97	127	185	223	287	359	394	369	281	203	130	99	2754

Concernant le grand bassin versant de Chott Hodna, les vents dominants sont ceux du Sud- Est et du Nord-est qui sont fréquentes pendant la période hivernale, avec une vitesse moyenne maximale de 3,7 m/s, en mois de Décembre. Les saisons estivales (juin, juillet et août), ce vent chaud et sec au pouvoir desséchant, provoque une augmentation brutale de la température et abaissement simultané de l'humidité de l'air et par conséquent une augmentation de l'évaporation.

L'humidité relative l'humidité relative est le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau à

L'air humide et la pression de saturation, à la même température) dépasse 50% pendant 10 mois, avec maximum de 74 % en Décembre alors qu'elle est inférieur à 50 % pendant l'été (juillet et Août) avec un maximum en juillet (50%).

L'insolation mensuelle effective est au moyenne 282,91 heures, le maximum (345,00 heures) est enregistré en juillet, et le minimum (184,00 heures) en Décembre.

L'évaporation est mesurée par un évapomètre de type " Bac", elle atteint ses valeurs plafonds pendant la saison chaude, avec un maximum de 394 mm en juillet ; l'évaporation moyenne annuelle pour la période (1999-2000) est de 2754 mm ; Ces valeurs concordent étroitement avec celles des autres facteurs météorologiques, notamment la température, la durée d'insolation, et la fréquence de Sirocco.

1.4.5. L'évapotranspiration

La connaissance du bilan de l'eau d'une région, consiste à évaluer la répartition des précipitations entre l'écoulement, l'infiltration, et l'évapotranspiration. Ce dernier paramètre conditionne l'abondance en eau de la végétation.

-Modèles de calculs

A l'origine, l'ETP était mesurée dans la plupart des cas à l'aide de bacs, d'évapomètre, et de lysimètre ; Ces instruments n'estimant que l'ETP physiologique sur une surface restreinte.

De nombreuses formules ont été établies pour calculer l'ETP à partir de quatre (4) éléments fondamentaux, mais aux pouvoirs évaporats distincts. Il s'agit de températures, du déficit de saturation, du vent, et de la radiation globale.

Parmi les dizaines de formules élaborées en ce sens, et pour une raison de disponibilité des données, nous avons retenu celles qui ont acquis une certaine notoriété, et qui sont renommées d'après leurs auteurs : THORNTHWAITE, TURC, et BLLANY-CRIDDLE.

Malgré la courte période d'observation disponible de nos stations, a pu nous fournir toutes les données indispensables pour le calcul de l'ETP

Dans notre approche, nous avons tout d'abord, essayé de calculer le gradient géothermique qui convient pour le calcul des températures pour les stations (altitudes) du bassin, de fait que ces stations sont situées dans le même régime bioclimatique.

a. Formule de THORNTHWAITE [12]

C'est l'un des premiers auteurs à introduire la notion d'évapotranspiration potentielle, et à en présenter la formule de calcul convenable en 1948.

$$ETP = 16 \left(\frac{10t}{I} \right)^a .f(\lambda)$$

Avec :

- ETP : Evapotranspiration potentielle en mm.
- t : Température moyenne de la période considérée en c°.
- a : Indice lié à la température, calculé par la relation suivante :

$$a = 67,7(10^{-8} \cdot I^3) - 77,1(10^{-6} \cdot I^2) + 0,0179I - 0,492$$

- I : L'indice thermique annuel obtenu, en somment les 12 valeurs de $\left(\frac{t}{5}\right)^{1,154}$
- t : La température moyenne mensuelle en c°.
- L. SERA (1954) à proposer de la simplifier en $a = 0,016I + 0,5$

Par exemple les valeurs mensuelles de l'ETP pour la station de Batna sont reportées dans le tableau I.34; Les calculs pour les autres stations du bassin, sont reportés en annexe I.4.

Tableau I.34: ETP mensuelle selon THORNTHWAITE à la station de Batna [11]

	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	mai	Jui.	Jui.	Août.	année
Température (t c°)	20.6	15.6	10.3	6.7	5.7	7.2	9.4	12.7	17.2	22.5	26.4	26.0	15.03
Indice I	8.5	5.6	3.0	1.6	1.2	1.7	2.6	4.1	6.5	9.7	12.4	12.1	-
Correction saisonnière de l'altitude.	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	-
ETP (mm)	92.5	56.4	26.0	12.3	10.2	14.5	26.8	45.8	82.1	125.9	164.8	150.9	808.20

Selon les critiques formulées par certains auteurs (L. SERRA 1954), la méthode THORNTHWAITE est inégalement valable selon les zones climatiques ; Elle donne par rapport aux mesures effectuées par les lysimètre, des résultats sous-estimés en zones arides et semi-arides, et des valeurs surestimées dans les zones tropicales humides ou équatoriales. Elle conviendrait seulement aux régions humides et subhumides de la zone tempérée, là où elle a été mise au point (USA).

En fin, le succès de la formule de THORNTHWAITE réside dans le fait qu'elle ne requiert que les données les plus disponibles dans les stations météorologiques, à savoir uniquement les températures ; De ce fait elle rend de grands services à l'estimation de l'ETP dans les régions d'équipement météorologiques le plus modeste.

b. Formule de TURC [12]

Sur la base des bilans hydrologiques observés sur 254 bassins versants situés sous différents climats, et sur la base d'expériences au lysimètre, L. TURC (1961) considère que les principaux éléments qui régissent l'ETP sont essentiellement : La température, la radiation solaire, les précipitations, et la réserve en eau du sol.

TURC distingue entre l'ETR et l'ETP aux pas de temps différents (journaliers, décadaires, mensuels, et annuels) ; En ce sens, il a suggéré pour chaque durée, la formule convenable ; Les plus simples étant celles qui concernent le pas mensuel calculé par :

- Si l'humidité relative (hr) est supérieure ou égale 50%, l'ETP selon TURC s'exprime par la formule suivante :

$$ETP = 0,40 \cdot \frac{t}{t + 15} \cdot (I_g + 50)$$

- ETP : Evapotranspiration potentielle en mm/ mois.
- I_g : Moyenne mensuelle de la radiation solaire globale, exprimé en $\text{cal/cm}^2/\text{jours}$, qui s'exprime par la formule

$$I_g = I_{ga} \left(0,18 + 0,62 \frac{h}{H} \right)$$

suyvante :

- I_{ga} : Le rayonnement global à la limite de l'atmosphère pour le mois considéré, qui dépend de latitude ; Il est obtenu à partir de tables.
 - h : Durée moyenne d'insolation en heures.
 - H : Durée astronomique du jour en heures, elle dépend de la latitude, et s'obtient à partir de tables.
 - t : Moyenne mensuelle de la température mesurée sous abri en $^{\circ}\text{C}$.
- Si l'humidité relative (hr) est inférieure à 50%, le résultat obtenu par la précédente formule doit être multiplié par le facteur correctif

$$\left(1 + \frac{50 - hr}{70} \right) \quad [12]$$

et l'estimation annuelle de l'ETP et l'ETR ; Ces dernières donnent une idée générale sur l'évapotranspiration pour de grandes surfaces.

Les résultats de calcul pour la station de Batna sont reportés dans le tableau I.35, pour les autres stations, les calculs sont reportés en annexe I.5.

Tableau I.35: L'ETP mensuelle selon TURC, à la station de Batna [11]

	SEP.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	mai	Jui.	Jui.	Aoû.	Total
Température (t c°)	20.6	15.6	10.3	6.7	5.7	7.2	9.4	12.7	17.2	22.5	26.4	26.0	15.03
Précipitations (p)	40.7	30.2	34.7	34.8	32.3	28.8	38.4	36.7	37.7	20.5	8.1	14.4	357.30
Humidité relative (hr)	58.6	64.2	72.4	72.9	71.3	71.4	63.3	63.2	59.0	49	39.7	44.4	60.86
Radiation globale (I _g)	459.2	343.6	250.0	209.2	235.0	284.0	392.6	472.5	537.0	6192	640.4	573.0	5015.7
ETP (mm)	117.8	74.3	48.9	32.0	31.2	43.3	68.2	95.6	125.5	160.7	201.9	170.7	1170.1

c. Formule de GLANNY-CRIDDLE modifiée par la F.A.O

En 1945, H. BLANNY et W. CRIDDLE ont établi une formule pour le calcul de l'ETP :

- ETP = K.F
- ETP : L'évapotranspiration mensuelle en mm.
- K : Coefficient cultural qui varie de 0,50 à 1,20 pour différentes cultures et diverses zones climatiques.
- F : Force évaporant qui dépend de la température moyenne mensuelle et du rapport d'éclairement h/H, défini comme pour la formule de TURC, mais exprimé en %.

Ensuite les recherches menées pour la F.A.O, ont permis de modifier cette formule, et la suggérer pour les zones aride et semi-aride.

Cette formulation s'effectue en deux temps, le premier concerne uniquement le terme climatique de l'ETP, tandis que le second introduit les coefficients culturaux pour aboutir à l'ETP de cultures

La formule de l'ETP climatique s'écrit de manière suivante : $ETP_{clim.} = aF + b$

- F : La force évaporant de BLANNY-CRIDDLE, en mm/mois, qui s'obtient par la relation suivante :
- $F = p(0,46t + 8)$
- p : Rapport de la durée d'éclairement mensuelle en %.
- t : Température moyenne mensuelle en c°.
- a et b : Coefficients de correction en fonction des trois paramètres climatiques : Humidité relative, vitesse de vent, et insolation effective moyenne (rapport des heures d'insolation et de la durée astronomique du jour).

Pour le calcul de l'ETPCUL., nous avons adopté pour notre région d'étude, $K_c = 0,70$ pour la saison humide, et $K_c = 1,1$ pour la saison sèche.[12]

Les calculs de l'ETP selon cette méthode pour la station de Batna sont consignés dans le tableau I.36, pour les autres stations. (Voir annexe I.6).

Tableau I.36: L'ETP mensuelle selon la formule de BLANNY-CRIDDLE, modifiée par la F.A.O pour la station de Batna [11]

	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	mai	Jui.	Jui.	Aoû.	total
Température (t c°)	20.57	15.62	10.32	6.69	5.66	7.18	9.40	12.65	17.22	22.46	26.35	26.0	15.03
P (%)	8.37	7.86	6.94	6.80	6.99	6.90	8.34	8.83	9.81	9.81	9.96	9.40	8.33
F (mm/mois)	147.25	120.38	89.37	76.21	75.03	78.89	103.87	123.17	157.46	181.11	201.7	188.85	-
A	1.25	1.14	0.96	0.96	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.59	1.59	1.59	-
B	-1.84	-1.84	-1.66	-1.66	-1.84	-1.84	-1.84	-1.84	-1.84	-1.84	-2.11	-2.11	-
ETP _{clim.} (mm)	182.22	135.39	84.14	71.50	83.69	88.09	116.57	138.57	177.66	285.85	318.59	298.16	1980.43
Kc	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	1.1	1.1	1.1	-
ETP _{cul.} (mm)	127.5555	94.77	58.90	50.05	58.58	61.66	81.60	97.00	124.36	314.44	350.45	327.98	1747.34

d. Formule de BOUTOUTAOU

La formule relie l'évapotranspiration potentielle à la température et l'humidité de l'air. Pour les différentes zones climatiques de l'Algérie, la valeur de l'évaporation potentielle annuelle est donnée par la relation suivante:

$$E_0 = 157 \beta (T + 15) (1 - H/100)$$

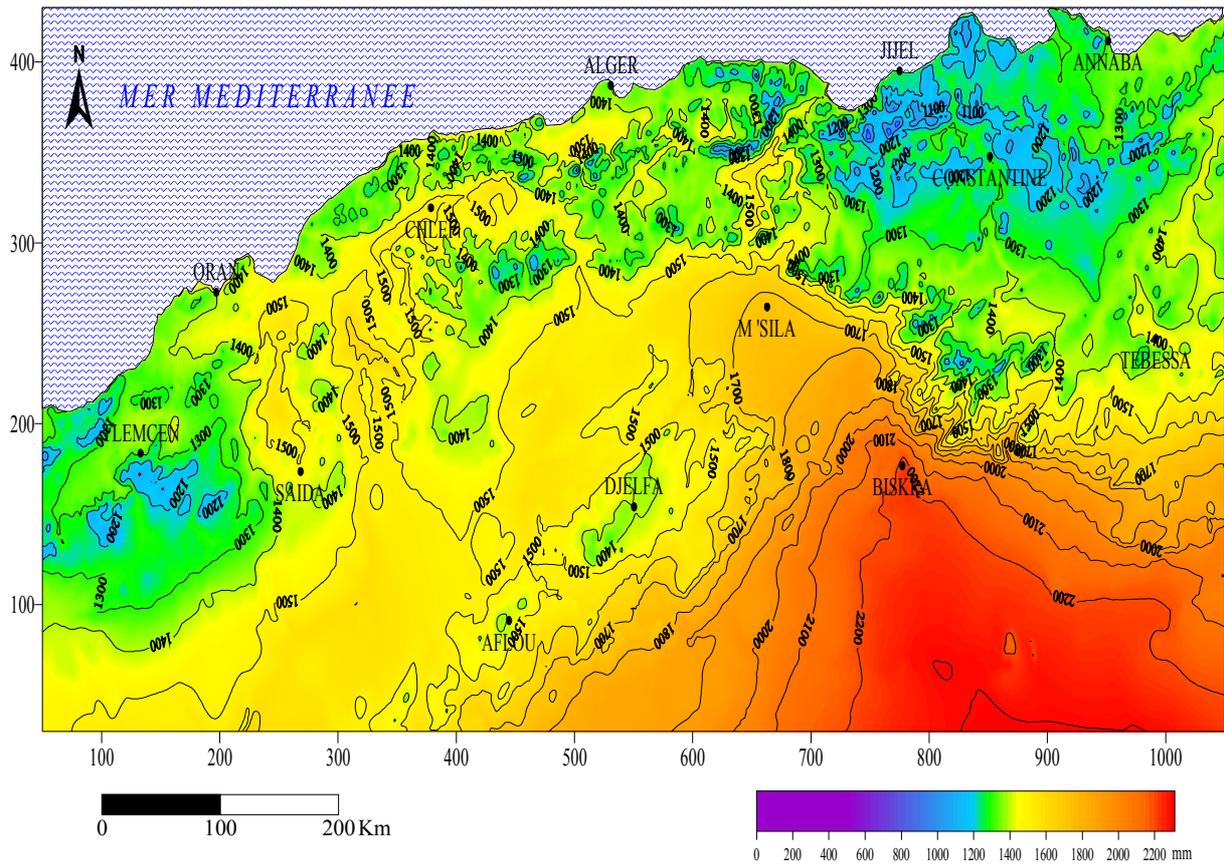
Avec :

- E_0 - Evapotranspiration potentielle annuelle, mm ;
- T - température moyenne annuelle de l'air, ° C ;
- H - Humidité relative annuelle de l'air, % ;

β - coefficient correctif propre à chaque station météorologique, variant de 0,73 à 1,49 et tabulé en fonction des stations météorologique.

L'évapotranspiration potentielle est étroitement liée aux températures et aux humidités de l'air.

Selon la carte établie par l'ANRH, les valeurs moyennes annuelles de (E_0) varient généralement entre 1000 et 2000 mm/an. Elle atteint sa valeur maximale dans les régions du Sahara 2000-2500 mm/an. [13]



Carte I.4: Evaporations potentielles moyennes annuelles [11]

Conclusion

A travers les caractéristiques morpho métriques et structuraux, nous avons voulu dégager les différents éléments du relief en relation directe avec l'écoulement et la genèse des crues.

Les formations prédominantes dans les bassins versant de notre étude, sont celles du quaternaire dans les grandes plaines et vers les oueds sont bien développés.

Les terrains imperméables et semi-perméables sont majoritaires dans les bassins à cette faible perméabilité vient s'ajouter les conditions morphologiques favorables au ruissellement.

Le couvert végétal rencontré à travers les bassins est de type dégradé, il est constitué de touffes de plantes clairsemées, de steppes d'alfas, de broussailles adaptées au sol et au climat, où la végétation devient rare et plus dégradée du fait de la surexploitation des quelques nappes vertes. Dans la zone Nord ; montagneuse et assez dénudée.

Les caractéristiques climatiques des bassins versants sont étroitement liées à sa position géographique et son relief ; on relève de fortes variabilités spatiales et surtout temporelles des précipitations sous forme d'averses, des températures et l'influence élevée de l'évapotranspiration. La combinaison de ces conditions physico-géographiques et climatiques est déterminante dans le comportement hydrologique des diverses unités des bassins.

CHAPITRE II :

Caractéristiques de
l'écoulement et les débits
des crues

Caractéristiques de l'écoulement et les débits des crues

2.1. Les formes extrêmes de l'écoulement : crues

Les crues sont des gonflements hydrométriques exceptionnels débordant ou non, qui affectent sans périodicité le plus souvent l'écoulement [14]. Ce sont des événements rares, qui ont un double effet ; l'un destructif provoquant de grandes inondations qui touchent l'intérêt socio-économique du pays l'autre bénéfique, pour une éventuelle mobilisation de ces eaux par des structures hydrauliques.

L'étude des crues permet de mettre en lumière la réaction du bassin pendant un pas de temps réduit, à une averse ou séquence pluvieuse donnée. Cette réaction ou réponse du bassin fonction des caractères propres des précipitations (hauteur, intensité, durée totale et durée efficace) est déterminée par la combinaison complexe des divers éléments caractérisant l'organisme fluvial : Etat de saturation du sol, importance des pentes, densité de drainage, taux de couverture végétale, forme du bassin,...etc [15].

2.1.1. Les maximums annuels : les crues

Le débit maximal d'un oued est le résultat des pluies d'hiver et de printemps, il s'établit entre mars, mai et présente près de la moitié du flux annuel de l'oued, se manifeste souvent par d'importantes inondations qu'affrontent les agglomérations situées aux pieds des versants notamment, les villes situées à l'embouchure des oueds.

Les estimations des débits des crues maximales ont été toujours perçues comme une nécessité impérieuse, pour ce protégé contre les séquences néfastes.

Il semble nécessaire de distinguer les crues de saison froide et les crues de saison chaude ces deux grands types de crues se différencient en effet, tant par leur genèse et leur mécanisme de propagation, que par leurs puissances, leurs durées, leurs fréquences ainsi que leurs extensions géographiques.

2.1.1.1. La genèse des crues et leur extension dans le temps et l'espace

A. Les crues de la saison froide

a. Leur genèse

Ces crues surviennent généralement durant la saison d'hiver, du printemps et plus particulièrement durant les mois de février et de mars : elles sont générées par des précipitations longues, régulières et continues présentant des intensités moyennes à élevées [16].

Ce sont les paramètres morpho-métriques du bassin versant, des réseaux hydrographiques (forme du bassin, pente des talwegs, hiérarchisation du chevelu et la densité de drainage,...) ainsi que les caractéristiques physiques des lits fluviaux, qui jouent pleinement leur rôle et déterminent des nuances dans la propagation et l'évolution des crues. Ces dernières, ont une alimentation essentiellement pluviale, car la neige n'intervient de façon

efficace que dans les secteurs montagneux élevés, supérieurs généralement à 1500m d'altitude.

Les averses génératrices de ces crues hivernales ont un caractère à la fois durable et extensif, il s'agit en fait d'épisodes pluvieux plus au moins longs, susceptibles d'engendrer non seulement une unique montée des eaux, mais également plusieurs crues successives,

b. Leur répartition temporelle

Les tableaux II.1, II.2 et II.3 (les autres stations voir annexe II.1) montre que les valeurs extrêmes des débits journaliers maximums ont une distribution annuelle variable selon les secteurs géographiques des trois Grands bassins versants (Par exemple d'oueds Soubella, Chéria et Chemorah).

Les crues de saison froide, plus fréquentes à la fin qu'au début de la période des hautes eaux, se produisent surtout en avril et mars, à degré moindre en février. Elles ne coïncident donc pas nécessairement avec les mois les plus pluvieux de l'année, car elles sont déterminées par la nature même des averses notamment, leur intensité en interaction avec les autres facteurs du ruissellement.

c. Leur répartition dans l'espace

L'évolution spatiale des crues est en fonction de la répartition des précipitations, de la densité de drainage et de la vitesse de propagation d'ondes évoquées par ces crues [17]. Elle même fonction de plusieurs facteurs physico-géographiques (topographiques, lithologiques, couvert végétal et caractéristiques des lits des oueds).

Cependant, la propagation des crues des oueds est souvent très compliquée, par les apports des affluents du fait que " les terroirs hydrologiques " réagissent différemment d'un oued à l'autre et d'une crue à l'autre [18].

d. L'exemple de crue (saison froide)

En raison de l'abondance et de l'extension remarquable d'averses, cette crue a caractérisé de l'année hydrologique 1981/1982 pour les deux stations de Sidi Ouadah (caractérisé le Grand bassin versants 05) et d'Ain Babouche (caractérisé le Grand bassin versants 06), et de l'année hydrologique 1990/1991 pour la station de Chemorah (caractérisé le Grand bassin versants 07).

Des précipitations importantes tombant sur les bassins ont provoqué la crue du Avril 1982 aux stations hydrométriques d'Ain Babouche a enregistré un débit journalier de 12.2 m³/s, avec une hauteur de 81 cm et un débit journalier de 39.62 m³/s avec une hauteur de 143 cm enregistré dans la station de Sidi Ouadah, cette valeur est de 127.7 m³/s, avec une hauteur de 60 cm dans la station de Chemorah (figures II.1, II.2 et II.3).

L'Hydrogramme relatif à cette crue est intéressant dans la mesure où il laisse apparaître deux montées des niveaux d'eau à deux averses successives. Ces dernières mettent en évidence le caractère relativement durable des précipitations de saison froide.

Cependant, le maximum d'onde de crue a été enregistré le 01/04/82 à oued Soubella à la station de Sidi Ouadah, le 18/04/1982 à Oued Chéria à la station d'Ain Babouche, et le 08/04/1971 à O. Chemorah à la station de Chemorah.

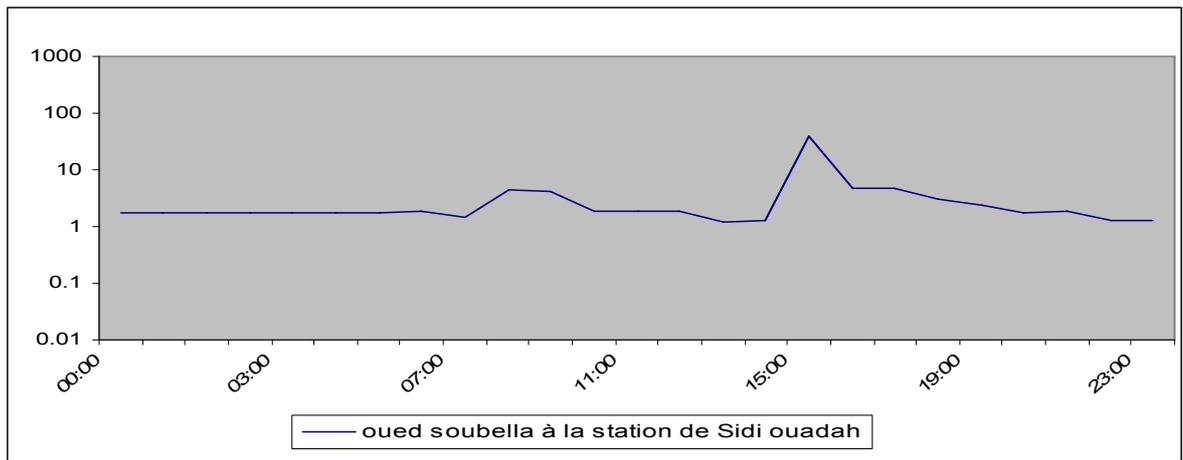


Figure II.1 : Hydrogramme Horaire de la crue de la saison froide Avril 1982 [5] (Sidi Ouadah)

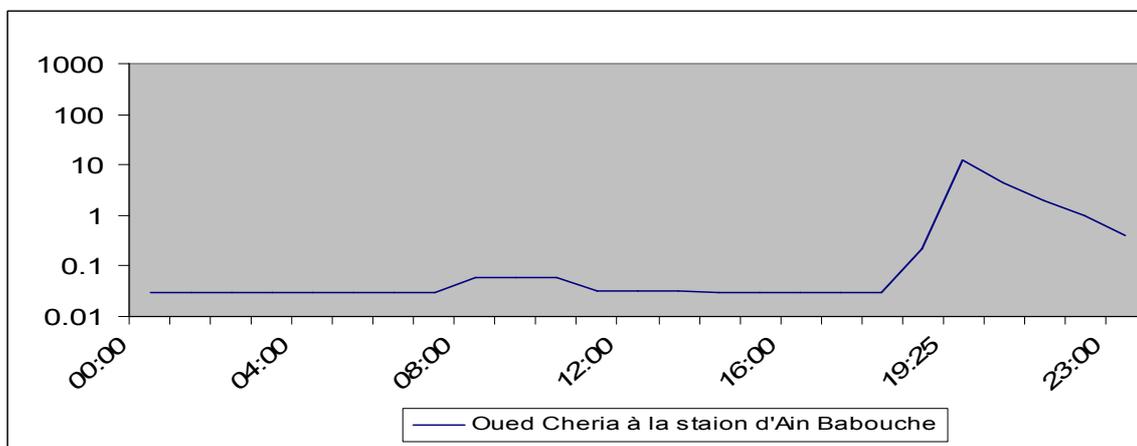


Figure II.2: Hydrogramme Horaire de la crue de la saison froide Avril 1982 [5] (Ain babouche)

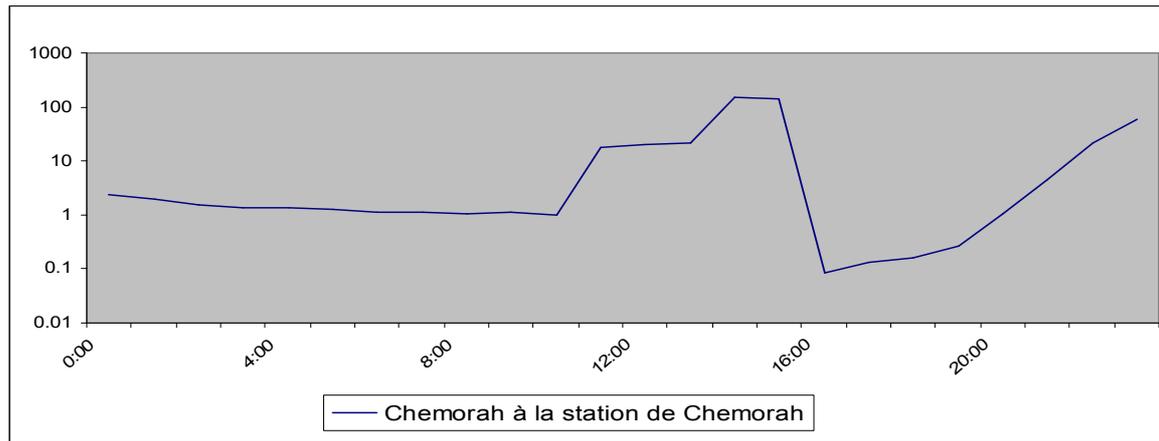


Figure II.3 : Hydrogramme Horaire de la crue de la saison froide Septembre 1996 [5] (Chemorah)

B. Les crues de la saison chaude

Les crues de la saison chaude liées généralement à des averses orageuses, brèves et localisées se caractérisent par une durée et une extension spatiale plus faibles que celle des crues de saison froide [19]. Leurs puissances sont également moins élevées bien que parfois, à la suite d'averses torrentielles elles peuvent atteindre des proportions jamais égalées en période de haute eau, ce qui entraîne des inondations brutales.

Les crues de saison chaude les plus fréquentes se produisent en début et en fin de saison plus précisément en mai et septembre. Ce sont les crues de septembre (mais des premières pluies) qui revêtent un caractère de gravité élevée, en raison de la forte intensité des averses et de l'absence de couvert végétal ; ces paramètres peuvent l'emporter sur les effets de l'évaporation et du pouvoir absorbant du sol, très élevés en cette période.

Ces crues sont de type orageux, de courte durée (4 à 6 heures) avec forte intensité. Les débits de pointe de ce type de crues peuvent être importants dépassant $100\text{m}^3/\text{s}$ comme celle produite le 23 juin 1981 avec son débit de $252\text{ m}^3/\text{s}$ à la station de Ain Babouche, le septembre 1979 de $303.875\text{ m}^3/\text{s}$ à la station de Sidi Ouadah et le 03 septembre 1981 de $182.27\text{ m}^3/\text{s}$ à la station de Chemorah.

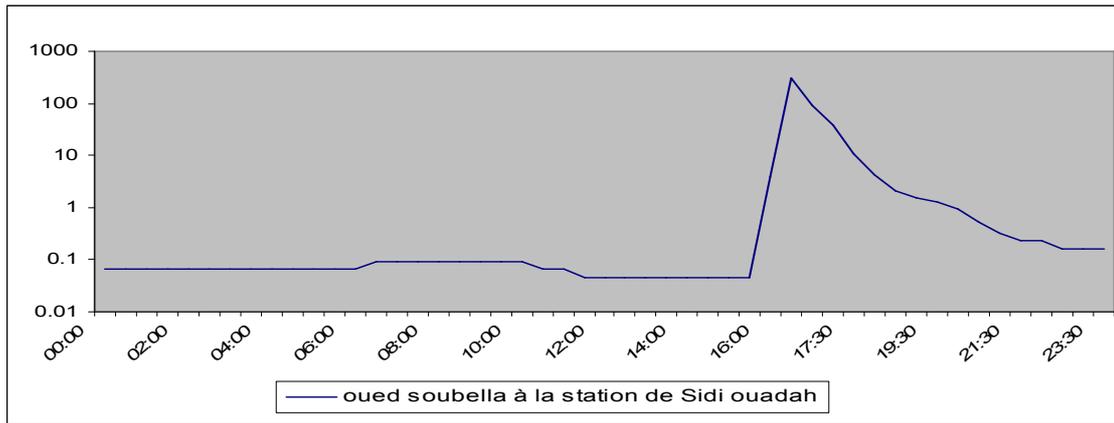


Figure II.4: Hydrogramme de la crue de la saison chaude Septembre 1979 [5] (Sidi Ouadah)

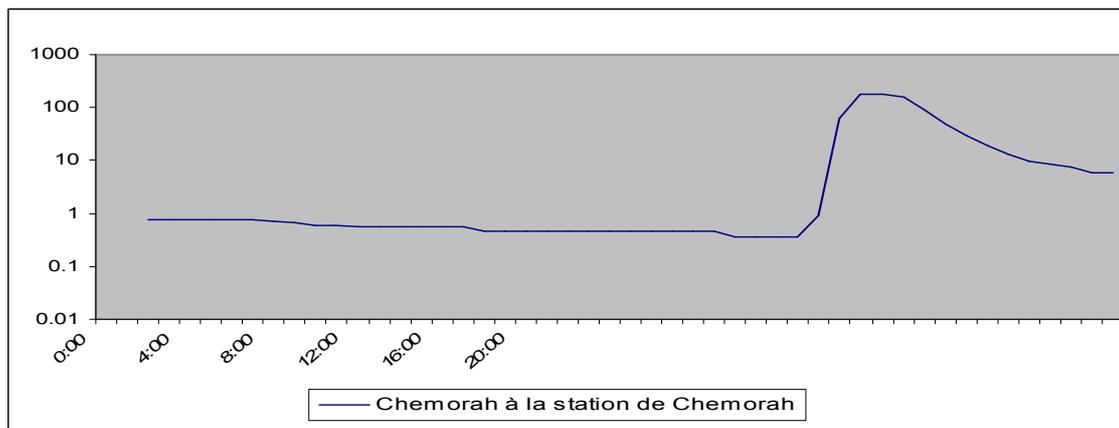


Figure II.5: Hydrogramme de la crue de la saison chaude septembre 1981 [5] (Chemorah)

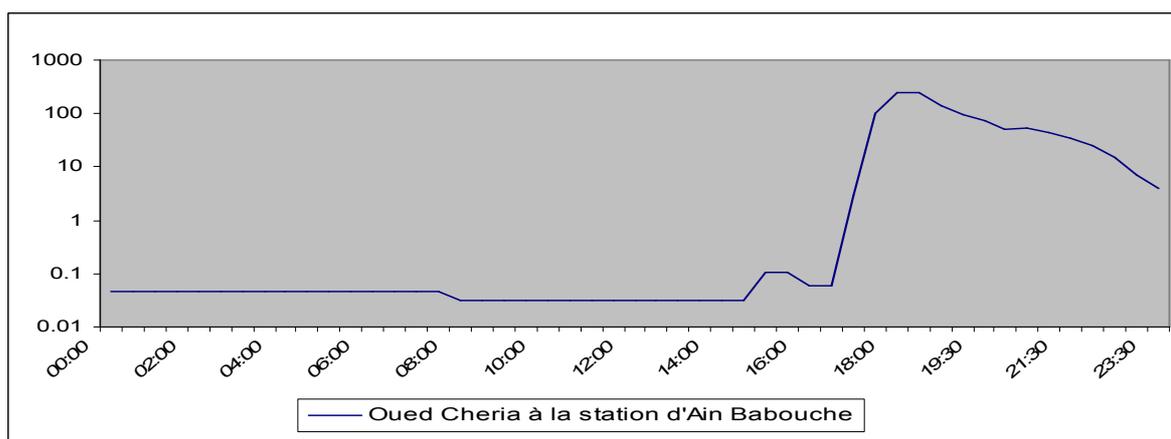


Figure II.6: Hydrogramme de la crue de la saison chaude juin 1981 [5] (Ain Babouche)

Tableau II.1: Débits journaliers des crues de l'oued SOUBELLA

SOUBELLA à la station SIDI OUADAH							
saison froide				saison chaude			
Q	date	Hauteur	heure	Q	date	Hauteur	heure
8.23	24-déc-73	87	17:00	15.96	24-sept-73	98	23:00
3.22	29-mars-74	70	15:00	3.82	24-sept-75	73	22:00
1.02	16-févr-75	50	18:00	6.18	04-juin-76	82	02:00
4.02	05-févr-76	74	16:00	17.08	14-sept-77	106	15:30
20.8	06-janv-77	108	20:30	62.52	17-août-78	178	18:00
11.32	25-janv-79	94	02:00	303.875	11-sept-79	367	16:25
2	13-févr-81	45	12:00	9.52	05-nov-80	84	02:50
39.62	01-avr-82	143	01:40	2.05	30-déc-80	47	13:00
5.04	22-avr-85	82	17:20	249.5	25-oct-81	333	07:35
5.04	30-janv-86	82	18:00	117.6	12-sept-82	233	16:25
3.05	01-déc-86	75	16:15	12	23-août-83	100	09:05
9.18	08-déc-87	144	23:00	13.96	10-août-84	104	18:15
5.46	03-avr-89	68	07:00	47.64	23-sept-85	156	21:15
4.72	09-déc-90	81	13:00	42.52	27-oct-85	148	20:50
7.28	04-févr-96	89	10:00	38.68	30-sept-86	142	03:10
15.92	22-avr-98	108	10:50	126	07-déc-87	240	22:15
64	16-avr-04	180	04:00	14.4	14-nov-88	154	06:00
4.4	12-avr-05	80	08:00	7.28	17-juin-89	76	22:00
				13.96	11-mai-90	104	10:00
				39.96	11-oct-91	144	18:05
				10.68	07-nov-92	97	09:10
				2.84	01-nov-93	74	14:00
				230	30-sept-94	320	20:30
				71.65	07-oct-95	189	17:25
				42.52	08-sept-96	148	18:30
				175.3	17-sept-97	281	09:25
				18.52	21-sept-98	112	22:10
				85.2	06-oct-99	204	03:30
				42.52	04-sept-00	148	23:00
				72	20-sept-01	190	06:30
				129.6	12-juil-02	243	22:00
				67.2	09-août-03	184	19:20

Tableau II.2: Débits journaliers des crues d'Oued Chéria

Oued Chéria à la station Ain Babouche							
saison froide				saison chaude			
Q	date	Hauteur	heure	Q	date	Hauteur	heure
1.108	08-janv-77	38	15:15	21.38	21-sept-75	94	04:30
1.396	23-déc-80	44	05:20	158.8	31-août-76	262	19:10
12.2	18-avr-82	81	19:25	110.8	08-août-77	212	20:10
7.54	15-sept-82	74	14:48	109	17-août-78	210	14:00
1.582	22-mars-84	58	18:40	90.66	12-sept-79	187	22:20
1.85	27-janv-91	60	03:00	89.88	05-mars-80	186	18:05
				252	23-juin-81	330	18:05
				125.64	03-août-83	228	16:25
				2.477	15-oct-84	63	13:35
				8.04	20-mai-85	78	21:05
				102.6	29-sept-86	202	01:35
				95.4	09-juil-87	193	22:00
				118	07-juin-88	220	02:00
				61.75	08-août-89	149	18:05
				33	29-avr-90	110	16:10
				50.56	05-août-90	134	20:35
				180	27-mai-91	280	14:10
				64.045	30-sept-92	152	19:40
				56.57	07-oct-94	142	21:45
				105.8	06-oct-95	206	22:00
				68.5	16-sept-96	158	18:15
				27.16	22-sept-97	102	04:35

Tableau II.3: Débits journaliers des crues de l'Oued Chemorah

Chemorah à la station de Chemorah							
saison froide				saison chaude			
Q	date	Hauteur	heure	Q	date	Hauteur	heure
26.98	11-févr-71	41	22:00	127.6	29-sept-69	263	18:00
127.7	08/04/1971	60	23:00	12.9	31/07/1970	113	4:00
127.9	11/04/1972	68	22:00	127.11	29/08/1973	263	18:00
94.11	27/03/1973	94	17:00	127.12	10/09/1974	265	16:00
94.12	29/12/1973	58	11:30	197	28/06/1976	230	22:00
11.78	20/04/1977	86	23:00	150	18/05/1977	200	1:00
127.13	27/04/1975	266	11:30	81.5	16/10/1978	145	21:30
127.12	29/03/1974	265	10:00	138.8	03/09/1979	192	11:30
2.802	07/04/1978	56	6:00	182.273	03/09/1981	220	18:05
60.6	10/04/1979	128	22:00	221	02/06/1982	344	20:30
10.02	06/03/1980	77	18:00	21.5	05/10/1983	100	0:10
127.6	22/04/1981	184	22:35	122	24/09/1985	180	16:00
10.04	15/04/1982	83	18:30	164.523	30/09/1986	209	2:45
1.13	30/03/1983	43	22:00	51.25	02/09/1987	126	19:15
51.25	04/02/1984	126	2:00	181.333	02/10/1988	220	22:30
26.5	06/03/1986	105	14:00	239.5	27/05/1989	255	23:25
4.54	27/04/1988	63	17:45	122	28/05/1990	180	22:15
108.2	22/01/1990	168	23:45	93	19/10/1991	155	10:30
184.467	31/03/1991	222	2:40	102.45	24/05/1992	163	21:44
96.6	06/04/1995	158	20:50	60.6	04/12/1993	128	8:45
153.133	14/03/1996	202	14:00	137.4	27/09/1994	191	13:15
				197	15/10/1995	230	21:00
				231	20/09/1997	250	21:45
				136	07/11/1997	190	10:30
				63	23/12/1997	130	16:45
				104.75	24/09/1998	165	15:15
				48.3	02/05/1999	118	16:00

2.1.2. Les crues des oueds des zones arides et semi-arides

A. La crue d'Octobre 1981 d'Oued Soubella

C'est un exemple de crues de saison chaude. La crue de 1981 qui a lieu le 25 octobre, dont la hauteur pluviométrique à Sidi Ouadah a été de 36.8 mm du total annuel (312.7 mm) et un débit journalier de 294.5 m³/s.

Malgré les fortes possibilités d'infiltration et d'évaporation, l'intensité particulièrement élevée des précipitations a provoqué des montées importantes des niveaux d'eau qui (figure II.7).

Il importe enfin, de souligner la brutalité caractérisant la montée de l'Hydrogramme de crue de la station de Sidi Ouadah (niveau d'eau près de 3m). La phase de décrue est également rapide en raison de l'arrêt de l'averse après la pointe de la crue.

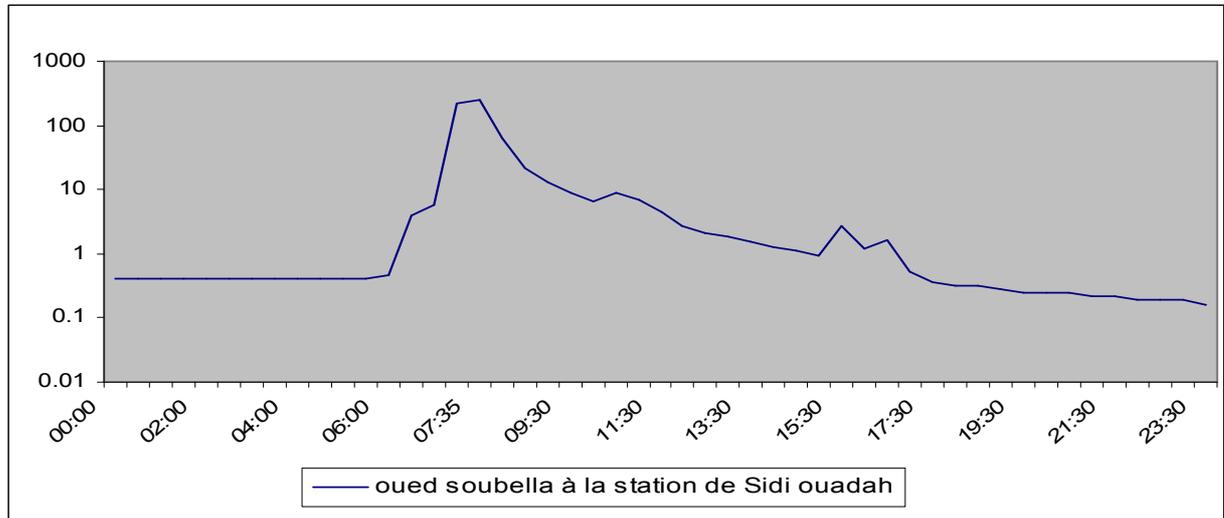


Figure II.7: Hydrogramme de la crue Octobre 1981 [5]

B. La crue de septembre 1979 d'Oued Chemorah

Le 03 septembre 1979, une pluie abondante s'était abattue sur le bassin (une hauteur pluviométrique moyenne mensuelle de 69 mm), le maximum journalier a été de 13.5 mm à Timgad, 64.5 mm à Ain Tin, 28.5 mm à Foum Toub, 16.8 mm à Baïou, et 10.5 mm à Batna ; Ces précipitations généralisées sur tout le bassin, ont provoqué les crues de septembre 1979.

Il importe enfin, de souligner la brutalité caractérisant la montée de l'Hydrogramme en septembre 1979, la phase de décrue est également rapide en raison de l'arrêt de l'averse après la pointe de crue et le faible soutient de l'écoulement fluvial par les eaux de nappes alluviales aux réserves très faibles, au début de l'année hydrologique.

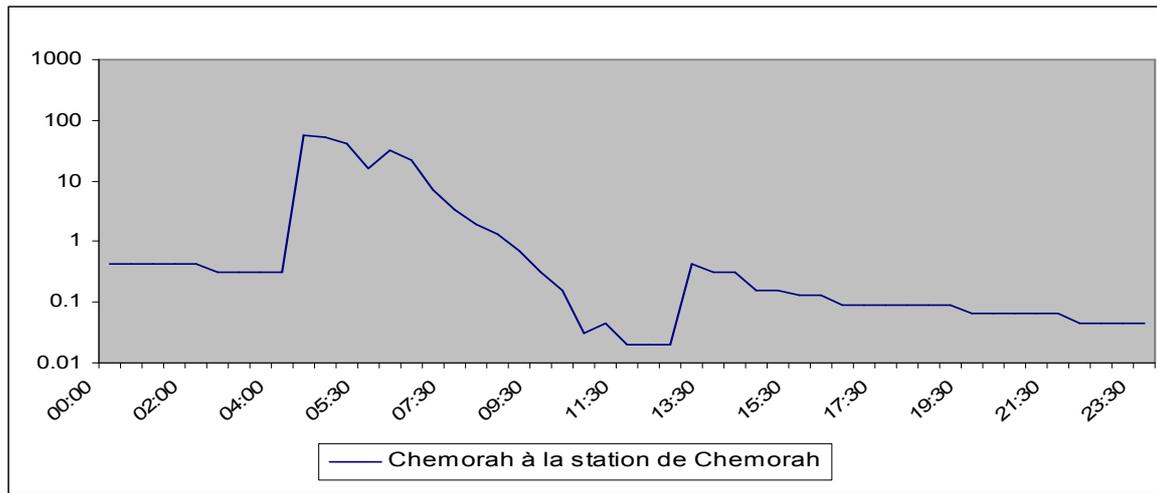


Figure II.8: Hydrogramme de la crue Septembre 1979[5]

C. La crue d'Aout 1983 d'Oued Chéria

Au mois d'août, une pluie abondante s'était abattue sur le sous bassin d'Oued Chéria (une hauteur pluviométrique moyenne mensuelle de 131.8mm). Ces précipitations généralisées sur tout le sous bassin ont provoqué la crue du 23 août 1983.

En cette crue, la station d'Ain Babouche a enregistré 125.64 m³/s. L'allure des Hydrogramme relative de cette crue donne une image suggestive de la rapidité et la brutalité caractérisant la montée et la descente des crues (figure II.9) , où les variations plus accusées dues essentiellement à l'importance de l'évaporation et de la nature lithologique des formations alluvionnaires traversées par l'oued qui engendrent une descente très rapide de la crue, après une montée aussi bien rapide.

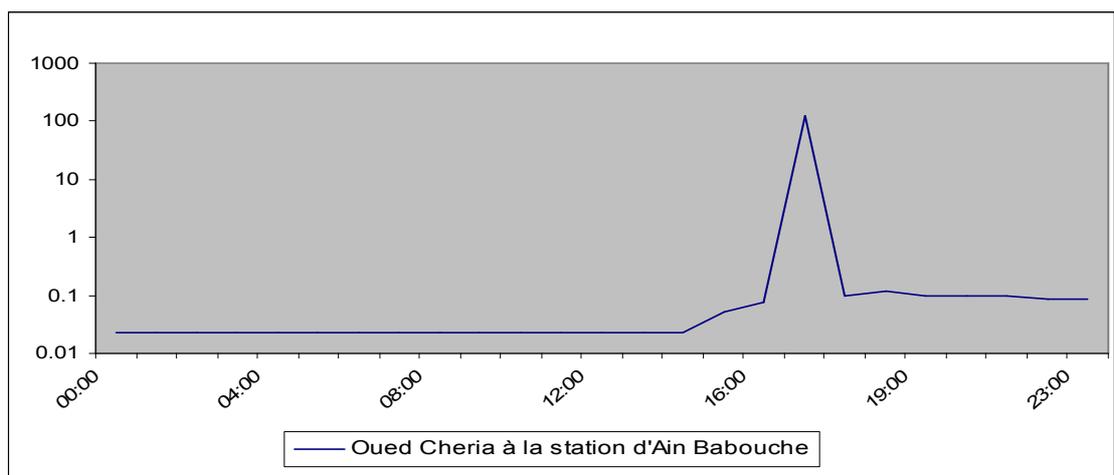


Figure II.9 : Hydrogramme de la crue Aout 1983[5]

Tableau II.4: Caractéristiques des principales crues des différents oueds (BV 05)

Oued	Date de maximum	Pluie moyenne annuelle (mm)	Pluie mensuelle (mm)	Pluie journalière maximale (mm)	Q _{mov} annuel	Q _{mov} mensuel	Oued
Soubella (station sidi Ouadah code 05.11.01)	11-sept-79	231.2	28.2	10.4	0.36	0.1	303.875
	25-oct-81	312.7	36.8	28	0.47	0.23	249.5
	12-sept-82	278.7	26.3	9.8	0.22	0.13	117.6
	7-déc.-87	356.8	95	42.2	0.91	0.21	126
Ksob (station Medjez code 05.09.01)	14-nov-88	203.6	36	32	0.42	2.11	153.6
	31-août-89	305.1	8	5	0.42	0.05	84.95
	21-sept-89	305.1	49.5	26	0.44	2.55	625
	11-mai-90	208.8	26.1	16.6	0.44	0.98	177.8
	13-sept-90	208.8	9.5	5.5	0.32	1.66	218.5
El Ham (station A.El Hadjel code 05.03.01)	7-mars-86	-	-	-	0.53	4.35	170.53
	28-mai-89	291.3	16.7	16.7	0.4	2.84	244.75
	21-sept-89	291.3	6.3	3.9	1.98	5.68	329.67
	18-oct-90	241.6	29.6	29.6	0.03	0.31	82.24
	05-sept-91	219.2	12.3	2.3	0.53	1.58	128.19
El Ham (station Rocade Sud code 05.05.01)	27-août-75	248	37.2	18.3	2.30	5.87	119.00
	5-sept.-75	248	30.5	18.6	1.09	7.2	168
	20-sept-78	116.8	1.7	1.7	1.15	10.91	246
	28-mai-88	84.4	10.3	6.8	1.87	5.9	100
	23-sept-93	99.9	28.9	20.1	0.94	9.27	182
Lougmane (station Ced Fagues code 05.08.01)	12-mai-81	236.8	78.8	27	0.34	1.97	94.60
	14-nov.-87	141	44.8	15.5	0.05	0.45	91.52
	15-sept-90	128.1	34.6	30	0.33	0.73	116.6
	24-mai-96	114.6	9.7	8.2	0.55	5.32	215.27
	18-sept-97	170.8	37.5	24	0.25	3.76	168.5
Boussaâda (station Moulin Ferrero code 05.17.01)	27-sept-69				0.23	0.14	21.65
	06-oct-71				0.21	0.84	10.1
	22-sept-74				0.39	2.65	51.9
	24-oct-90				0.69	4.11	149.56

Tableau II.5: Caractéristiques des principales crues des différents oueds (BV 06)

oued	Date de maximum	pluie moyenne annuelle (mm)	pluie moyenne mensuelle (mm)	pluie journalière maximale (mm)	Q _{moy} annuel	Q _{moy} mensuel	Q _{max}
EI Abiod (station M'Chounche (06.15.02), station pluviométrique MEDINA LANASSER (06.15.03))	04-sept-72	658.7	186.4	95	0.95	1.31	92.50
	26-août-78	280.4	4.1	4.1	0.20	0.72	131.00
	03-sept-79	373.6	119.4	50.1	0.46	3.14	148.00
	25-juil-81	465.3	122.6	43	0.50	0.69	178.20
	31-oct-82	380.1	48.2	19.5	0.30	0.61	242.15
	29-août-84	401.7	70.1	42.4	0.21	0.32	129.00
	10-oct-84	401.7	93.1	31.6	0.39	1.58	127.66
Chéria (station Ain Babouche code 06.23.08)	31-août-76	224.911	2.8	2.8	0.31	0.88	158.8
	08-août-77	173.449	7	7	0.18	0.32	110.8
	17-août-78	229.4	8.6	8.6	0.14	0.52	109
	23-juin-81	242.9	1.6	0.8	0.19	1.28	252
	03-août-83	147.988	5.4	0	0.03	0.02	125.64
	07-juin-88	187.5	19.2	7.9	0.28	2.33	118
	27-mai-91	483.3	24.4	14.8	0.55	0.60	180
EI Hai (station EI Kantara code 06.12.01)	01-oct-69				1.06	1.09	294
	29-sept-70				0.17	0.13	137.1
	27-nov-71				1.02	2.28	130.6
	01-juil-76				0.64	0.94	294
	18-mai-77				0.18	0.10	272.6
	02-sept-79				0.68	7.55	467
	30-sept-86				0.37	1.37	147
Djemorah (station Djemorah code 06.13.01)	22-déc-81	138.5	9.94	29	0.38	0.30	101.6
	25-juin-81	138.5	4.6	16.9	0.38	0.09	19.94
	31-oct-82	58.5	9.945	2.3	0.14	0.08	314.8
	29-août-84	83.9	5.02	1.9	0.21	0.28	102.88
	21-sept-89	106.7	10.9	21.6	0.20	0.26	82.7
Mellegu (station Ktef Essouda code 06.18.11)	07-oct-95	551.8	49.3	17.9	0.53	1.48	132.89
	21-août-97	514.2	12.3	33.9	0.13	0.84	159.29
	21-sept-97	514.2	75	130.6	0.21	0.94	140.43
	27-sept-01	452.4	114.5	24.5	0.46	1.86	122.74
	23-sept-03	618.5	81	16.6	0.83	0.66	105.14
Al Arab (station Khanget Sidi Nadji code 06.18.01)	04-sept-89	21.76	4	4	2.81	13.25	468.00
	30-juin-91	54.45	7.5	19	1.12	4.91	374
	30-sept-94	12.4	1.3	4	1.95	7.74	175.8
	15-mars-96	7.8	2.5	2.5	2.82	12.90	186
	21-août-97	40.3	2.9	2.9	0.78	7.00	147.2

Tableau II.6 : Caractéristiques des principales crues des différents oueds (BV 07)

oued	Date de maximum	pluie moyenne annuelle (mm)	pluie moyenne mensuelle (mm)	pluie journalière maximale (mm)	Q _{moy} annuel	Q _{moy} mensuel	Q _{max}
Soultez (station Timgad Gue 07.04.01)	06-oct-69	406.9	104.4	27.2	0.89	4.86	155
	07-oct-71	486.9	69.5	14.1	0.18	0.85	103
	04-sept-72	491.8	84.2	34.5	0.43	1.33	136
	02-oct-78	215.4	8	8	0.14	0.75	242
	02-juin-82	306.9	4.2	4.2	0.13	0.6	145
	11-nov-82	306.9	87.4	32.3	0.37	3.67	140.5
	27-mai-89	415.8	76.4	30.9	0.12	1.08	291.4
	28-mai-90	321.4	38.6	18.4	0.18	0.93	136
	15-oct-95	391.5	40.6	32.3	0.17	0.57	218.06
	17-sept-97	353.6	59.1	20.4	0.15	0.76	136
	25-août-02	444.6	28.1	16.4	0.22	0.45	180
12-sept.-04	337.5	9.8	4.2	0.58	0.37	136	
GUEIS (station FOUM EL GUEIS 07.07.02)	02-juin-70				0.35	0.31	34.6
	24-mai-72				0.83	1.08	53.66
	06-oct-72				0.75	0.75	66.14
	15-août-78				0.07	0.53	72.8
	12-mai-82				0.26	1.22	70.3
	03-août-90				0.39	0.27	127.66
Reboa (station Reboa 07.04.03)	18/09/1979	207.8	36.1	6	0.34	2.88	227.60
	11-nov-82	143.3	32.1	11.2	0.58	3.94	186.20
	04-oct-88	254.6	5	4.2	0.31	0.87	162.00
	01-sept-89	219.7	26.8	20.7	1.20	2.10	218.00
	19-déc-00	130.7	14.4	6.1	0.75	2.67	281.00
	25-juil-01	249.7	18.1	2.8	0.54	2.90	166.40
Morri (station Morri 07.04.04)	04/09/1972	-	-	-	0.07	0.16	16.72
	14-oct-74	-	-	-	0.02	0.04	7.80
	01-juil-76	-	-	-	0.05	0.10	15.64
	02-avr-81	-	-	-	0.03	0.04	18.16
	02-juin-82	-	-	-	0.02	0.05	17.73
	27-mai-89	-	-	-	0.02	0.04	10.65
Chemorah (station Chemorah 07.05.01)	29/09/1969	-	-	-	1.76	7.24	127.60
	02-juin-81	-	-	-	0.75	1.88	220.80
	30-sept-86	-	-	-	0.46	1.42	163.50
	31-mars-91	-	-	-	0.91	3.85	183.40
	20-sept-97	-	-	-	0.94	4.21	231.00
	24-mars-98	-	-	-	0.29	1.66	104.75

2.1.2.1. Les apports de crues

Le tableau II.7 et donne le volume écoulé pendant 24 heures pour les principales crues dès l'Oueds Soubella, Ksob, El Ham et de ses affluents et lougmane. La plus forte crue enregistrée dans notre période d'observation a été écoulée à Ksob (54000000 m^3) le 21/09/1989.

Les valeurs des débits absolus et spécifiques, regroupés dans le tableau II.7, montrent que les crues n'affectent pas le bassin avec la même puissance : La crue de 1989 est plus marquée au centre du grand bassin qu'aux autres secteurs ($625 \text{ m}^3/\text{s}$) à Ksob, alors que l'Oued Soubella a écoulé $303.875 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1979; C'est le contraire qui s'est produit le 14 novembre 1982 ($10.1 \text{ m}^3/\text{s}$) à Boussaâda, alors que la station de Reboa a enregistré $215.27 \text{ m}^3/\text{s}$ le 24 mai 1996 ; Cette répartition est liée probablement à des fortes averses d'orage très localisées.

Tableau II.7: les apports et les débits absolus, spécifiques des principales crues (BV05)

oued	Date de crue	Débit max journalier		Volume total écoulé pendant 24 h de crue (m^3)	Volume total écoulé en année moyenne (m^3)
		Absolu (m^3/s)	Spécifique ($\text{l/s}/\text{km}^2$)		
Soubella	11-sept-79	303.875	1726.6	26254800	9.583E+09
	25-oct-81	249.5	1417.6	21556800	7.868E+09
	12-sept-82	117.6	668.2	10160640	3.709E+09
	07-déc-87	126	715.9	10886400	3.974E+09
Ksob	14-nov-88	153.6	115.5	13271040	4.844E+09
	31-août-89	84.95	63.9	7339680	2.679E+09
	21-sept-89	625	469.9	54000000	1.971E+10
	11-mai-90	177.8	133.7	15361920	5.607E+09
	13-sept.-90	218.5	164.3	18878400	6.891E+09
El Ham à la Station d'Ain Hadjel	28-mai-89	244.75	91.7	21146400	7.718E+09
	21-sept-89	329.67	123.5	28483488	1.04E+10
	18-oct-90	82.24	30.8	7105536	2.594E+09
	05-sept-91	128.19	48.0	11075616	4.043E+09
El Ham à la Station de Rocade Sud	27-août-75	119.00	19.4	10281600	3.753E+09
	5-sept.-75	168	27.4	14515200	5.298E+09
	20-sept-78	246	40.1	21254400	7.758E+09
	28-mai-88	100	16.3	8640000	3.154E+09
	23-sept-93	182	29.7	15724800	5.74E+09
Lougmane	12-mai-81	94.60	283.2	8173440	2.983E+09
	14-nov.-87	91.52	274.0	7907328	2.886E+09
	15-sept-90	116.6	349.1	10074240	3.677E+09
	24-mai-96	215.27	644.5	18599328	6.789E+09
	18-sept-97	168.5	504.5	14558400	5.314E+09
Boussaâda	12-mai-81	21.65	21.2	1870560	682754400
	14-nov-87	10.1	9.9	872640	318513600
	15-sept-90	51.9	50.9	4484160	1.637E+09
	24-mai-96	149.56	146.6	12921984	4.717E+09

Les tableaux II.8 et donne le volume écoulé les principales crues des Oueds El Abiod, Chéria, El Hai, Djemorah, Mellegu et Al Arab La plus forte crue enregistrée pour notre période d'observation a écoulé 40435200 m³ à Al Arab le 04/09/89.

Les valeurs des débits absolus et spécifiques regroupées dans le tableauII.8, montrent que les crues n'affectent pas le grand bassin avec la même puissance. La crue de 1982 est plus marquée au Sud-Est du bassin, qu'a la partie Sud-Ouest. Elle a écoulé 314.80 m³/s avec en débit spécifique de 537.20 l/s/km² à l'oued Djemoura, alors que l'oued El Hai a écoulé 147 m³/s avec un débit spécifique de 125.6 l/s/km². Les valeurs des crues dans même année a écoulé 242.15 m³/s avec un débit spécifique de 230.6l/s/km² à El Abiod .Cette répartition est liée probablement à des fortes averses d'orage très localisées.

Tableau II.8: les apports et les débits absolus, spécifiques des principales crues (BV06)

oued	Date de crue	Débit max journalier		Volume total écoulé pendant 24 h de crue (m ³)	Volume total écoulé en année moyenne (m ³)
		Absolu (m ³ /s)	Spécifique (l/s/km ²)		
El Abiod	04-sept-72	92.50	88.1	7992000	2917080000
	26-août-78	131.00	124.8	11318400	4131216000
	03-sept-79	148.00	141.0	12787200	4667328000
	25-juil-81	178.20	169.7	15396480	5619715200
	31-oct-82	242.15	230.6	20921760	7636442400
	29-août-84	129.00	122.9	11145600	4068144000
	10-oct-84	127.66	121.6	11029824	4025885760
Chéria	31-août-76	158.8	202.3	13720320	5007916800
	08-août-77	110.8	141.1	9573120	3494188800
	17-août-78	109	138.9	9417600	3437424000
	23-juin-81	252	321.0	21772800	7947072000
	03-août-83	125.64	160.1	10855296	3962183040
	07-juin-88	118	150.3	10195200	3721248000
	27-mai-91	180	229.3	15552000	5676480000
El Hai	01-oct-69	294	251.3	25401600	9271584000
	29-sept-70	137.1	117.2	11845440	4323585600
	27-nov-71	130.6	111.6	11283840	4118601600
	01-juil-76	294	251.3	25401600	9271584000
	18-mai-77	272.6	233.0	23552640	8596713600
	02-sept-79	467	399.1	40348800	14727312000
	30-sept-86	147	125.6	12700800	4635792000
Djemorah	22-déc-81	101.6	170.8	8778240	3204057600
	25-juin-81	19.94	33.5	1722816	628827840
	31-oct-82	314.8	529.1	27198720	9927532800
	29-août-84	102.88	172.9	8888832	3244423680
	21-sept-89	82.7	139.0	7145280	2608027200
Mellegu	07-oct-95	132.89	63.3	11481324.48	4190683435
	21-août-97	159.29	75.9	13762656	5023369440
	21-sept-97	140.43	66.9	12133152	4428600480

	27-sept-01	122.74	58.5	10604736	3870728640
	23-sept-03	105.14	50.1	9084096	3315695040
Al Arab	04-sept-89	468.00	224.5	40435200	14758848000
	30-juin-91	374	179.4	32313600	11794464000
	30-sept-94	175.8	84.3	15189120	5544028800
	15-mars-96	186	89.2	16070400	5865696000
	21-août-97	147.2	70.6	12718080	4642099200

Le tableau II.9, donne le volume écoulé pendant 24 heures pour les principales crues de l'Oued Chemorah et de ses affluents, ainsi que le volume écoulé en année moyenne. La plus forte crue enregistrée dans notre période d'observation a écoulee à Soultez 25176960 m³ le 27/05/1989.

Les valeurs des débits absolus et spécifiques, regroupés dans le tableau II.9, montrent que les crues n'affectent pas le bassin avec la même puissance : La crue de 1989 est plus marquée au Sud-Est du grand bassin qu'aux autres secteurs (291.4 m³/s) à Soultez, alors que l'Oued Chemorah à écoulé 128.71 m³/s en 1981; C'est le contraire qui s'est produit le 02 juin 1970 (34.60 m³/s) à Gueiss, alors que la station de Reboa a enregistré seulement 7.8m³/s le 14 Octobre 1974 ; Cette répartition est liée probablement à des fortes averses d'orage très localisées.

Tableau II.9 : les apports et les débits absolus, spécifiques des principales crues (BV07)

oued	Date de crue	Débit max journalier		Volume total écoulé pendant 24 h de crue (m ³)	Volume total écoulé en année moyenne (m ³)
		Absolu (m ³ /s)	Spécifique (m ³ /s)		
Soultez	06-oct-69	155.00	790.8	13392000	4888080000
	07-oct-71	103.00	525.5	8899200	3248208000
	04-sept-72	136.00	693.9	11750400	4288896000
	02-oct-78	242.00	1234.7	20908800	7631712000
	02-juin-82	145.00	739.8	12528000	4572720000
	11-nov-82	140.50	716.8	12139200	4430808000
	27-mai-89	291.4	1486.7	25176960	9189590400
	28-mai-90	136	693.9	11750400	4288896000
	15-oct-95	218.06	1112.6	18840384	6876740160
	17-sept-97	136	693.9	11750400	4288896000
	25/08/2002	180	918.4	15552000	5676480000
12/09/2004	136	693.9	11750400	4288896000	
GUEIS	02-juin-70	34.60	238.6	2989440	1091145600
	24-mai-72	53.66	370.1	4636569.6	1692347904
	06-oct-72	66.14	456.2	5714841.6	2085917184
	15-août-78	72.80	502.1	6289920	2295820800
	12-mai-82	70.30	484.9	6074265.6	2217106944
	03-août-90	127.66	880.4	11029824	4025885760

Chemorah	29-sept-69	127.60	238.6	2989440	1091145600
	03-sept-79	138.80	238.6	2989440	1091145600
	03-sept-81	182.27	238.0	2989440	1091145600
	30-sept-86	164.52	214.8	14214787.2	5188397328
	02-oct-88	181.33	236.7	15667171.2	5718517488
	31-mars-91	184.47	240.8	15937948.8	5817351312
	14-mars-96	153.133	199.9	13230691.2	4829202288
	07/11/1997	136	177.5	11750400	4288896000
	24/09/1998	104.75	136.7	9050400	3303396000
Reboa	18/09/1979	227.60	768.9	19664640	7177593600
	11-nov-82	186.20	629.1	16087680	5872003200
	04-oct-88	162.00	547.3	13996800	5108832000
	01-sept-89	218.00	736.5	18835200	6874848000
	19-déc-00	281.00	949.3	24278400	8861616000
	25-juil-01	166.40	562.2	14376960	5247590400
Morri	04/09/1972	16.72	682.4	1444608	527281920
	14-oct-74	7.80	318.4	673920	245980800
	01-juil-76	15.64	638.4	1351296	493223040
	02-avr-81	18.16	741.2	1569024	572693760
	02-juin-82	17.73	723.8	1532159.71	559238295
	27-mai-89	10.65	434.8	920332.8	335921472

2.1.3. Les Différentes méthodes d'estimation des débits des crues :

Dans une première phase d'évaluation des risques de crues et de leurs divers paramètres, les hydrologues ont établi des méthodes d'estimation concernant la détermination des volumes probables de crues futures et leurs éléments associés. Dans la plus part des cas, il convient d'estimer les pointes de débits (et de niveaux d'eau) et leur fréquence dans un bassin versant, mais dans notre cas on peut procéder à l'estimation d'un maximum des conditions extrêmes [20].

Dans de nombreux cas réels, la méthode ou les méthodes adoptées dépendent des données disponibles des caractéristiques régionales et de l'intuition de l'hydrologue. C'est souvent l'une des tâches les plus difficiles à effectuer, les estimations sont fréquemment obtenues avec un degré marqué d'incertitude. Pour cette raison, il est recommandé pour toute application de faire appel à plusieurs méthodes d'évaluations des débits de crues.

2.1.3.1. Formules empiriques régionales :

Il existe de nombreuses formules pour l'estimation des débits des crues et leur étude détaillée permet une vue d'ensemble du développement historique de l'hydrologie. D'une façon générale, les formules empiriques peuvent être classées selon les paramètres intervenants, entre autre celles dans lesquelles le débit est en fonction de la surface du bassin versant "S" et la période de retour "T".

Les études hydrologiques effectuées à l'échelle régionale ont permis à Drouhin, Mallel et Paquant de proposer une relation empirique issue des lois de Gilbert-Galton-Gauss et de la relation séjourne muni d'un terme correctif.

La dite relation est commode et donne de bons résultats, une fois confronté aux valeurs historiques observées. En exprimant la crue Q_{crue} en m^3/s , la pluie moyenne interannuelle "P" en mètre "S" la surface du bassin versant en km^2 , la longueur de ce bassin "L" en km, "T" période de retour en année, on peut prendre en Algérie pour un bassin versant $k=1$ et $A=20$, qui sont des coefficients qui dépendent des caractéristiques topographiques, climatologiques et géologiques des bassins. Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau II.10 : Calcul des débits des crues par la formule empirique issue des lois de Gilbert-Galton-Gauss (BV05)

			A	B	C	D	E
Bassin/Débit	Surface (km^2)	Longueur du bassin (km)	Pluie moyenne (mm) (1971-2004)	Y_{100}	Q_{100} (m^3/s)	Y_{1000}	Q_{1000} (m^3/s)
station sidi Ouadah	176	33	299.1	1.075	1042.82	1.536	1491.10
station Medjez	1330	73	232.05	0.445	3533.45	0.798	6334.18
Station d'Ain Hadjel	2670	82	202.23	0.293	5160.46	0.629	11071.63
Station de Rocade Sud	6130	131	168.86	0.119	4597.53	0.468	18003.51
station de Ced Fegues	334	35	156.18	0.835	1622.55	1.254	2436.18

Tableau II.11 : Calcul des débits des crues par la formule empirique issue des lois de Gilbert-Galton-Gauss (BV06)

Bassin/Débit	Surface (km^2)	Longueur du bassin (km)	Pluie moyenne (mm) (1971-2004)	Y_{100}	Q_{100} (m^3/s)	Y_{1000}	Q_{1000} (m^3/s)
oued El Hai	1170	66	230	0.476	3379.45	0.833	5918.32
oued Chéria	785	-	197.17	0.577	-	0.951	-
oued Djemorah	595	88	135.78	0.654	1620.93	1.041	2579.13
oued El Abiod	1050	85	421.54	0.502	2943.40	0.864	5061.86
oued Mellegu	2098	-	383.96	0.344	-	0.684	-
oued Al arab	2085	112	50.91	0.345	3179.98	0.685	6317.40

Avec :

- **B** : $\gamma_{100} = 2.S^{-0.25}.\sqrt{9 - \ln S}$
- **C** : $Q_{100} = \gamma_{100}.S.K.\ln(1 + AP)(S/L^2)^{0.25}$
- **D** : $\gamma_{1000} = 2.S^{-0.25}.\sqrt{13 - \ln S}$
- **E** : $Q_{1000} = \gamma_{1000} .S.K.\ln(1 + AP)(S/L^2)^{0.25}$
- **A** : Pluie moyenne (1971-2004) pour station de Sidi Ouadah et Medjez, (1970-97) pour Rocade sud, (1967-2008) pour ced Fagues et (1989-2008) pour Ain Hadjel

Tableau II.12: Calcul des débits des crues par la formule empirique issue des lois de Gilbert-Galton-Gauss (BV07)

Bassin/Débit	Surface (km ²)	Longueur du bassin (km)	Pluie moyenne (mm) (1969-2001)	γ_{100}	Q_{100} (m ³ /s)	γ_{1000}	Q_{1000} (m ³ /s)
station Timgad Gue	194	28	338.56	1.035	1249.48	1.490	1798.46
station FOUM EL GUEIS	144	19	-	1.159	-	1.636	-
Station Chemorah	765	65	371.42	0.584	2598.58	0.959	4265.81
Station de Reboa	296	40	382.84	0.877	1522.96	1.304	2263.32

Le débit de crue de cent (100) ans et mille (1000) ans, les plus élevés sont enregistrés sous bassin de l'oued El Ham (station Ain El Hadjel) ($Q_t=100$ ans= 5160.46 m³/s) et $Q_t=1000$ ans=18003.51m³/s) à station de Rocade Sud, en raison de la grande superficie drainée par ce cours d'eau (2670 et 6130 km²). De même pour le sous bassin de l'oued El Hai d'une superficie de 1170 km² présente ($Q_t=100$ ans=3379.45 m³/s, $Q_t=1000$ ans=5918.32 m³/s) ainsi que le sous bassin versant de l'oued Ksob qui se distingue par des valeurs très élevées ($Q_t=100$ ans= 3533.45 m³/s $Q_t=1000$ ans= 6334.18 m³/s) s'expliquent par la nature lithologie imperméable et un couvert forestier assez dégradé.

En conclusion, on constate que la puissance des crues est en fonction de plusieurs facteurs liés l'un à l'autre : que ce soit morphologiques, lithologiques météorologiques et bien sûr le rôle du couvert végétal et son impact sur la genèse de ces crues.

2.1.3.2. Détermination des zones des crues par données de mesure

L'estimation fréquentielle des débits d'une crue est très importante pour le dimensionnement des ouvrages hydrotechniques qui peuvent être des ouvrages de protection, d'emménagement ou d'évacuation.

Parmi les distributions statistiques généralisées,

La loi de GUMBEL adoptées : $F(Q) = e^{-e^{-a(Q-Q_0)}}$

En adoptant "Q" comme représentation de variable.

- Q_0 : Paramètre de position : $Q_0 = Q_m - \left(0,577 \cdot \frac{1}{a}\right)$
- $\frac{1}{a}$: Paramètre d'échelle : $\frac{1}{a} = 0,780 \delta$
- Q_m et δ : Sont respectivement la moyenne et l'écart type des échantillons

La loi de Gumbel est fréquemment utilisée pour rendre compte de la distribution des valeurs extrêmes en hautes eaux.

De ce fait, la distribution statistique des Q_{\max} du bassin versant de l'oued Biskra s'adapte bien à cette loi (voir figures II.10, II.11 et II.12).

Ce qu'il est à signaler, c'est que les traitements statistiques ne prétendent pas à expliquer le phénomène de crue ; on constate simplement qu'ils sont adoptés ou non à l'estimation des risques de crues.

La détermination des quantiles (tableau II.13, II.14 et II.15) peut se faire soit par lecture directe du graphe soit d'après l'équation de la droite de Gumbel. L'équation de la droite de GUMBEL : $u = (Q - Q_0)$.

Tableau II.13 : Durée de récurrence des débits journaliers maximaux annuels (BV05)

Station	U	F	Période de retour	Q_{max} (m ³ /s)	q_{max} (l/s/km ²)
Sidi Ouadah $Q_{max}=64.21U+16.30$	0.367	0.50	2	39.83	226.33
	1.500	0.80	5	112.61	639.84
	2.250	0.90	10	160.80	913.61
	2.970	0.95	20	207.00	1176.16
	3.902	0.98	50	266.84	1516.16
	4.600	0.99	100	311.68	1770.88
	6.709	0.999	1000	440.66	2503.77
Medjez $Q_{max}=74.23U+63.81$	0.367	0.50	2	91.02	68.43
	1.500	0.80	5	175.15	131.69
	2.250	0.90	10	230.85	173.58
	2.970	0.95	20	284.27	213.74
	3.902	0.98	50	353.45	265.75
	4.600	0.99	100	405.28	304.72
	6.709	0.999	1000	554.40	416.84
Ain Hadjal $Q_{max}=70.32U+78.49$	0.367	0.50	2	104.26	39.05
	1.500	0.80	5	183.97	68.90
	2.250	0.90	10	236.74	88.67
	2.970	0.95	20	287.34	107.62
	3.902	0.98	50	352.87	132.16
	4.600	0.99	100	401.97	150.55
	6.709	0.999	1000	543.23	203.46
Rocade Sud $Q_{max}=87.15U+97.54$	0.367	0.50	2	129.48	21.12
	1.500	0.80	5	228.26	37.24
	2.250	0.90	10	293.66	47.91
	2.970	0.95	20	356.38	58.14
	3.902	0.98	50	437.59	71.39
	4.600	0.99	100	498.44	81.31
	6.709	0.999	1000	673.51	109.87
Ced Fegues $Q_{max}=51.74U+39.55$	0.367	0.50	2	58.51	57.37
	1.500	0.80	5	117.16	114.86
	2.250	0.90	10	155.98	152.93
	2.970	0.95	20	193.22	189.43
	3.902	0.98	50	241.44	236.70
	4.600	0.99	100	277.56	272.12
	6.709	0.999	1000	381.50	374.02

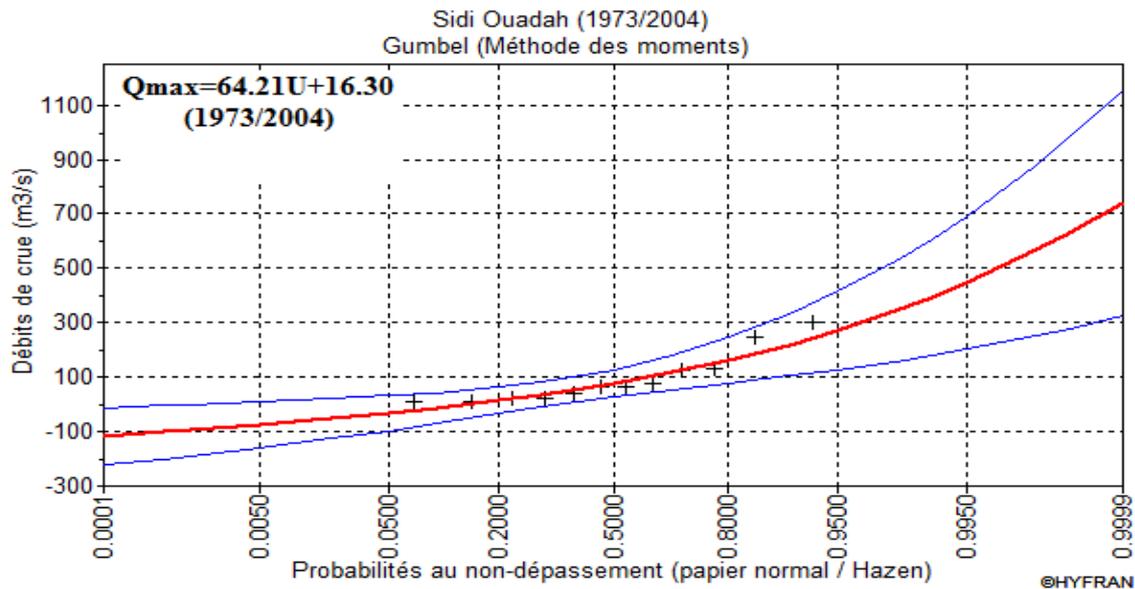


Figure II.10: Ajustement des Débits de crue à une loi de Gumbel (Station Sidi Ouadah)

Tableau II.14 : Durée de récurrence des débits journaliers maximaux annuels (BV06)

Station	U	F	Période de retour	Qmax (m3/s)	qmax (l/s/km2)
El Hai Qmax=85.48U+54.32	0.367	0.50	2	85.65	73.20
	1.500	0.80	5	182.53	156.01
	2.250	0.90	10	246.68	210.84
	2.970	0.95	20	308.20	263.42
	3.902	0.98	50	387.86	331.50
	4.600	0.99	100	447.54	382.51
	6.709	0.999	1000	619.26	529.28
Chéria Qmax=53.71U+61.02	0.367	0.50	2	80.71	102.81
	1.500	0.80	5	141.58	180.36
	2.250	0.90	10	181.89	231.70
	2.970	0.95	20	220.54	280.94
	3.902	0.98	50	270.59	344.70
	4.600	0.99	100	308.09	392.48
	6.709	0.999	1000	415.99	529.92
Djemorah Qmax=45.09U+52.16	0.367	0.50	2	68.69	115.44
	1.500	0.80	5	119.79	201.33
	2.250	0.90	10	153.63	258.20
	2.970	0.95	20	186.08	312.73
	3.902	0.98	50	228.10	383.36
	4.600	0.99	100	259.58	436.27
	6.709	0.999	1000	350.16	588.50

El Abiod $Q_{max}=70.66U+41.39$	0.367	0.50	2	67.29	64.08
	1.500	0.80	5	147.38	140.36
	2.250	0.90	10	200.40	190.86
	2.970	0.95	20	251.25	239.29
	3.902	0.98	50	317.10	302.00
	4.600	0.99	100	366.44	348.99
	6.709	0.999	1000	508.38	484.17
Al Arab $Q_{max}=115.41U+101.74$	0.367	0.50	2	144.04	68.65
	1.500	0.80	5	274.83	131.00
	2.250	0.90	10	361.43	172.27
	2.970	0.95	20	444.48	211.86
	3.902	0.98	50	552.02	263.12
	4.600	0.99	100	632.60	301.52
	6.709	0.999	1000	864.42	412.02
Mellegu $Q_{max}=44.43U+56.62$	0.367	0.50	2	72.90	34.97
	1.500	0.80	5	123.26	59.12
	2.250	0.90	10	156.60	75.11
	2.970	0.95	20	188.58	90.44
	3.902	0.98	50	229.98	110.30
	4.600	0.99	100	261.00	125.18
	6.709	0.999	1000	350.26	167.99

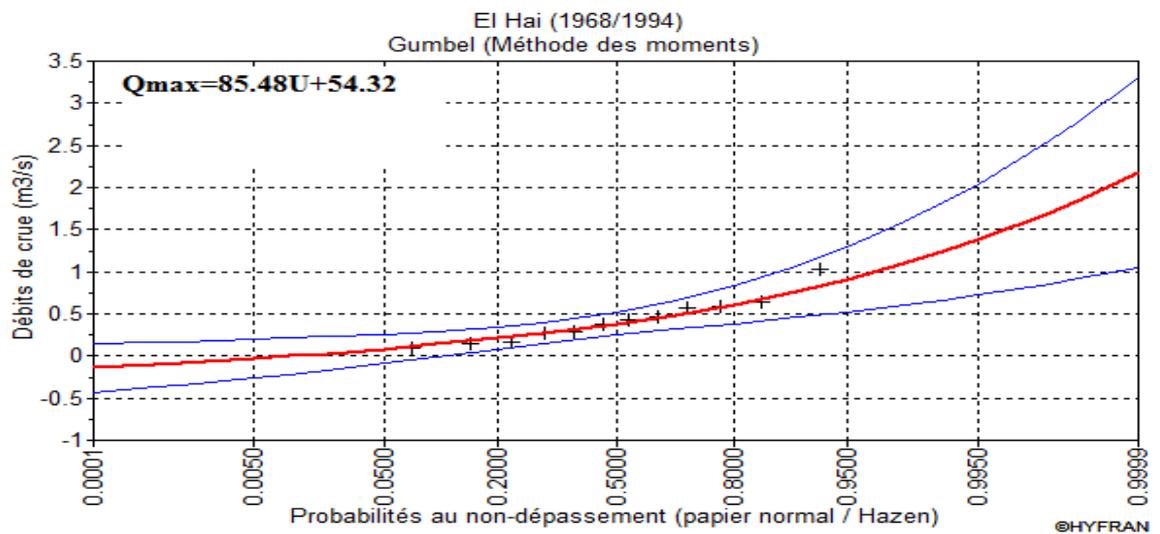


Figure II.11: Ajustement des Débits de crue à une loi de Gumbel (Station El Kantra)

Tableau II.15 : Durée de récurrence des débits journaliers maximaux annuels (BV07)

Station	U	F	Période de retour	Qmax (m3/s)	qmax (l/s/km2)
Timgad Gue Qmax=55.73U+61.55	0.367	0.50	2	81.98	418.24
	1.500	0.80	5	145.14	740.52
	2.250	0.90	10	186.96	953.89
	2.970	0.95	20	227.07	1158.51
	3.902	0.98	50	279.01	1423.50
	4.600	0.99	100	317.92	1622.02
	6.709	0.999	1000	435.44	2221.62
Foum El Gueiss Qmax=23.68U+23.85	0.367	0.50	2	32.53	224.34
	1.500	0.80	5	59.37	409.44
	2.250	0.90	10	77.14	531.99
	2.970	0.95	20	94.18	649.51
	3.902	0.98	50	116.25	801.71
	4.600	0.99	100	132.78	915.73
	6.709	0.999	1000	182.71	1260.14
Chemorah Qmax=44.94U+55.35	0.367	0.50	2	71.82	93.76
	1.500	0.80	5	122.76	160.26
	2.250	0.90	10	156.48	204.28
	2.970	0.95	20	188.82	246.50
	3.902	0.98	50	230.70	301.18
	4.600	0.99	100	262.08	342.14
	6.709	0.999	1000	356.58	465.51
Reboa Qmax=20.29U+11.03	0.367	0.50	2	18.50	95.38
	1.500	0.80	5	41.61	214.50
	2.250	0.90	10	56.91	293.38
	2.970	0.95	20	71.59	369.01
	3.902	0.98	50	90.59	466.96
	4.600	0.99	100	104.83	540.35
	6.709	0.999	1000	147.15	758.51

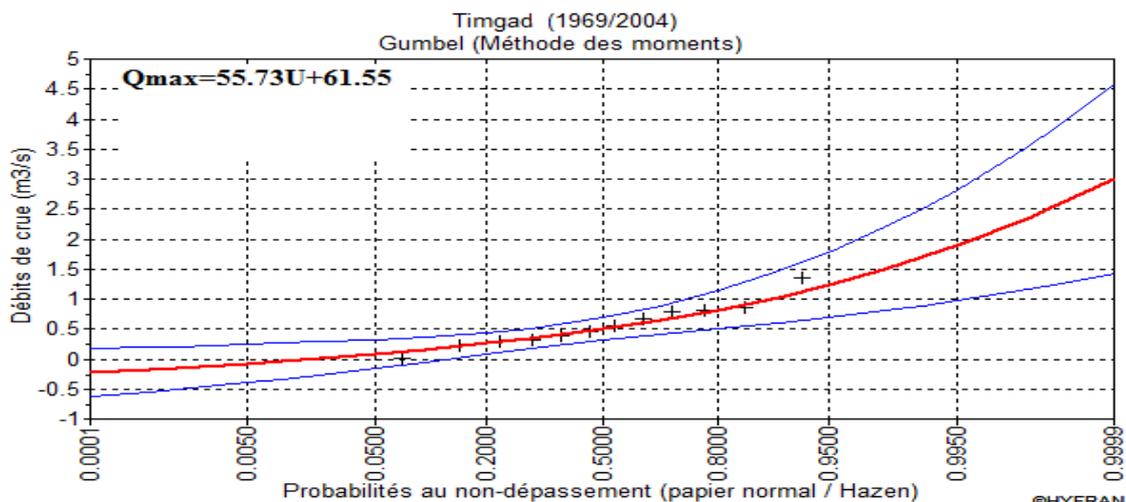


Figure II.12: Ajustement des Débits de crue à une loi de Gumbel (Station Timgad)

Les crues biennales (période de retour une année sur deux) : Les plus fortes sont enregistrées sur l'Oued El Arab ($Q_{\max} = 144.04 \text{ m}^3/\text{s}$), en raison de la grande extension de l'aire de drainage (2085 km^2) ; De même pour sous bassin d'Ain El Hadjel présente un $Q_{\max} = 129.48 \text{ m}^3/\text{s}$; L'Oued Reboa enregistre la faible valeur ($Q_{\max} = 18.50 \text{ m}^3/\text{s}$), bassin de taille moyen (194 km^2).

En conclusion, on retiendra que la puissance des crues est en fonction de la taille du bassin et de son comportement hydrologique notamment, la lithologie, la déclivité et la couverture végétale, qui jouent un rôle important par leurs impacts sur le régime des oueds.

Cependant, il n'est pas raisonnable d'explorer l'ajustement statistique à des périodes de retour supérieur à N , $2N$ et $3N$ étant la durée d'observation. Cette méthode est donc limitée par la durée habituelle des observations, à la prédétermination de débit de crue de fréquence généralement inférieure à 0,99. On propose de réévaluer les valeurs rares des crues par la méthode du Gradex.

2.1.3.3. Méthode faisant intervenir les pluies :

A. Méthode du Gradex :

Plusieurs tentatives ont été présentées depuis quelques dizaines d'années dans la littérature hydrologique. Pour baser le calcul du débit de la crue sur la connaissance des pluies sur le bassin versant. Ces méthodes se rattachent toutes au départ à la technique de l'Hydrogramme unitaire, c'est à dire que le débit pluvial (et éventuellement de fonte de neige) diminué de la rétention par le terrain est étalé dans le temps, par son parcours dans le bassin versant, pour former à l'exutoire le débit de crue.

Cependant, les variations de la rétention par le terrain en fonction du temps au cours de l'averse et dans les différentes parties du bassin versant, restent généralement très mal connues, et l'ajustement des modèles aux crues

déjà observées ne garantit pas leur validité en cas de précipitations beaucoup plus fortes. Les opinions divergent sur les débits d'infiltration, les capacités de rétention, les coefficients de ruissellement et sur la conception même des modèles des relations pluies-débits.

En fait, pour répondre au problème de la probabilité des grandes crues, la référence à un mécanisme physique trop précis, à un modèle déterministe, de la relation pluies-débits est une opération non seulement arbitraire, en égard aux données généralement disponibles, mais aussi inutile.

Il n'est pas possible, dans le domaine d'évaluation des phénomènes extrêmes, de s'affranchir complètement d'hypothèses, mais on doit s'efforcer de réduire celles-ci à un minimum indispensable et cohérent.

Les services d'exploitation d'électricité de France emploient depuis 1966 une méthode simplifiée d'évaluation des crues extrêmes, que nous appelons la méthode du Gradex, qui est applicable aux bassins versant de 0 à 5000km², dont le temps de concentration de ruissellement ou de l'écoulement rapide est compris entre 1 heure et 4 jours [14].

B. Application de la méthode du Gradex aux trois Grand bassins versants (Données de base) :

- T_c : Temps caractéristique du bassin (heure), qui sépare la fin de la pluie homogène et la fin de l'écoulement direct.
- g : Gradex des pluies maximales journalières observées aux différentes stations.
- b : Exposant climatique.
- Q_{max} (50ans) : Débit de pointe estimé par la formule de Gumbel.
- S : La surface du bassin versant en km².

Pour le sous bassin de l'oued Soubella et oued Ksob; Sur 33ans (1974-2006) les P_{jmax} sont ajustées à une loi de Gumbel et les valeurs des g Déduites sont égales à : 10.20mm et 11.19 mm.

Pour le sous bassin de l'oued d'Ain El Hadjel ; Sur 20 ans (1989-2008) les P_{jmax} sont ajustées à une loi de Gumbel et la valeur de g Déduite est égale à : 9.07 mm.

Pour le sous bassin de l'oued Rocado Sud ; Sur 42 ans (1967-2008) les P_{jmax} sont ajustées à une loi de Gumbel et la valeur de g Déduite est égale à : 7.21 mm.

Pour le sous bassin de l'oued Ced Fagues ; Sur 30 ans (1968-1997) les P_{jmax} sont ajustées à une loi de Gumbel et la valeur de g Déduite est égale à : 8.17 mm.

Les résultats de ce calcul sont présentés dans les trois tableaux qui suivent :

Tableau II.16 : Application de la méthode du Gradex (BV05)

bassin versant	Tc (heure)	Gradex g (mm)	A		Surface (km ²)	B		C	D
			b	Q max (50 ans) (m ³ /s)		gtc (mm)	r	Débit de Pointe de crue moy (m ³ /s)	
station sidi Ouadah	6.00	10.20	0.21	266.84	176	7.66	1.42	187.83	
station Medjez	15.00	11.19	0.21	353.45	1330	10.15	1.28	276.72	
Station d'Ain Hadjel	27.00	9.07	0.20	352.87	2670	9.29	1.24	283.87	
Station de Rocade Sud	35.00	7.21	0.20	437.59	6130	7.78	1.21	361.74	
station de Ced Fegues	8.00	8.17	0.20	241.44	334	6.55	1.38	175.21	

Avec :

- A : Exponent climatique ; il est calculé par la formule :

$$b = 1 + \frac{\ln(P_j \text{ max}/24) - \ln(25)}{\ln(24) - \ln(0.5)}$$

- B : Pour une pluie de durée est égale à t_c et sur la même étendue de la série d'observation, le Gradex correspondant est évalué par la relation de Montana :

$$gt_c = g \left(\frac{tc}{24} \right)^b \text{ en mm}$$

- C : Le coefficient de pointe des débits de crue estimé par la formule de Fuller :

$$r = 1 + \left(\frac{2.66}{S} \right)^b \text{ en mm}$$

- D : Le débit de crue moyen (T=50ans) est égale à : $\frac{\text{débit de pointe}}{r} \text{ en } (m^3 / s)$

Concernant la station pluviométrique d'El Kantara, l'absence de série pluviométrique nous a conduit à calculer g comme suite : P_{jmax} El Kantara=32.8mm (Analyse fréquentielle des pluies de l'Algérie synthèse régional ANRH 1985).

Application de la méthode de Gumbel nous donne : g = 25,57mm.

Pour le sous bassin de l'oued El Abiod la station pluviométrique la plus proche est celle de Medina ; Sur 39 ans (1970-2008) les P_{jmax} sont ajustées à une loi de Gumbel et la valeur de g Déduite est égale à : 21.01 mm.

Pour le sous bassin de l'oued Djemorah ; Sur 38 ans (1969-2007) les P_{jmax} sont ajustées à une loi de Gumbel et la valeur de g Déduite est égale à : 16.89 mm.

Pour le sous bassin de l'oued Chéria ; Sur 31 ans (1974-2004) les Pjmax sont ajustées à une loi de Gumbel et la valeur de g Déduite est égale à : 11.45 mm.

Pour le sous bassin de l'oued Al Arab ; Sur 39 ans (1970-2008) les Pjmax sont ajustées à une loi de Gumbel et la valeur de g Déduite est égale à : 28.75 mm.

Pour le sous bassin de l'oued El Abiod la station pluviométrique la plus proche est celle de Bouhmama ; Sur 39 ans (1970-2008) les Pjmax sont ajustées à une loi de Gumbel et la valeur de g Déduite est égale à : 9.56 mm.

Tableau II.17 : Application de la méthode du Gradex (BV06)

Oued	Tc (heure)	Gradex g(mm)	b	Q max (50 ans) (m ³ /s)	Surface (km ²)	gtc (mm)	r	Débit de Pointe de crue moy (m ³ /s)
El Hai	10.05	25.57	0.21	387.86	1170	21.37	1.29	301.77
Chéria	7.98	11.45	0.20	270.59	785	9.16	1.32	205.52
Djemorah	7.82	16.89	0.21	228.10	595	13.41	1.33	171.69
El Abiod	9.24	21.01	0.22	317.10	1050	17.01	1.27	250.32
Al Arab	13.19	28.75	0.22	552.02	2085	25.17	1.23	449.63
Mellegu	-	9.56	0.22	229.98	2098	-	1.23	186.96

Pour le sous bassin de l'oued de Soultez; Sur 38 ans (1968-2006) les Pjmax sont ajustées à une loi de Gumbel et la valeur de g Déduite est égale à : 8.11 mm

Pour le sous bassin de l'oued de Reboa ; Sur 33 ans (1969-2001) les Pjmax sont ajustées à une loi de Gumbel et la valeur de g Déduite est égale à : 9.87 mm

Pour le sous bassin de l'oued Chemorah les stations pluviométriques les plus proches sont : Ain Tin, sidi Mancer, Foum Toub et Bouhmar ; Sur 33 ans (1969-2001) les Pjmax sont ajustées à une loi de Gumbel et la valeur de g Déduite est égale à : 27 mm.

Tableau II.18 : Application de la méthode du Gradex (BV07)

Oued	Tc (heure)	Gradex g (mm)	b	Q max (50 ans) (m ³ /s)	Surface (km ²)	gtc (mm)	r	Débit de Pointe de crue moy (m ³ /s)
Soultez	3.41	8.18	0.21	279.01	194	5.48	1.41	197.23
Gueiss	2.65	-	0.20	116.25	144	-	1.45	80.39
Reboa	4.43	9.87	0.20	90.59	334	6.99	1.37	65.98
Chemorah	7.25	27.00	0.21	230.70	765	21.09	1.31	175.99

Tableau II.19: Débit de crue moyenne pour le Grand bassin versant 05 :

Période de retour	station sidi Ouadah	station Medjez	Station d'Ain Hadjel	Station de Rocade Sud	station de Ced Fegues
100	331.55	852.34	871.46	1233.28	350.12
500	432.00	1254.69	1282.17	1842.45	461.27
1000	475.26	1427.97	1459.06	2104.81	468.52
5000	575.71	1830.31	1869.77	2713.99	483.09
10000	618.98	2003.59	2046.65	2976.35	488.59

Tableau II.20: Débit de crue moyenne pour le Grand bassin versant 06

Période de retour	O. El Hai	O.Chéria	O.Djamorah	O.El Abiod	O.AL Arab
100	1893.02	781.86	824.30	1486.80	6244.59
500	3005.25	1184.70	1280.45	2351.06	6755.40
1000	3484.26	1358.19	1476.91	2723.27	6918.85
5000	4596.50	1761.03	1933.06	3587.53	7225.04
10000	5075.51	1934.53	2129.52	3959.75	7334.60

La crue Moyenne calculée par la relation suivant :

$$Q_{moy\ crue}(t_c, T) = Q_{moy\ crue}(t_c, T = 50ans) + (gt_c \cdot (S/3.6)^{t_c}) \cdot \ln(T/10)$$

D'où :

- $Q_{moy\ crue}(t_c, T=50ans)$: le débit moyen de crue (T=50ans) ; en m³/s.
- gt_c : Gradex pour une pluie de durée égale à t_c (mm).
- T_c : Temps caractéristique du bassin (heure).
- S : La surface du bassin versant en km².
- T : Période de retour.

Tableau II.21: Débit de crue moyenne pour le Grand bassin versant 07

Période de retour	O. Soultz	O. Chemorah	O. Reboa
100	398.69	2505.41	329.87
500	539.51	4133.60	514.10
1000	600.16	4834.83	593.45
5000	740.97	6463.02	777.68
10000	801.62	7164.24	857.02

**Tableau II.22: Résultats finales de l'application de la méthode du Gradex (BV05)
" Débits de pointe des crues ".**

Période de retour	station sidi Ouadah	station Medjez	Station d'Ain Hadjel	Station de Rocade Sud	station de Ced Fegues
100	470.79	1210.33	1237.48	1751.25	497.17
500	613.44	1606.00	1589.89	2229.37	636.55
1000	674.87	1827.80	1809.23	2546.82	646.56
5000	817.51	2342.80	2318.51	3283.93	666.66
10000	878.95	2564.60	2537.84	3601.38	674.25

Tableau II.23: Résultats finales de l'application de la méthode du Gradex (BV06)

Période de retour	O.El Hai	O.Chéria	O.Djamorah	O.El Abiod	O.AL Arab
100	2441.99	1032.05	1096.32	1888.23	7680.84
500	3876.77	1563.80	1703.00	2985.84	8309.14
1000	4494.70	1792.81	1964.29	3458.56	8510.19
5000	5929.48	2324.56	2570.97	4556.17	8886.80
10000	6547.41	2553.58	2832.26	5028.88	9021.56

Tableau II.24: Résultats finales de l'application de la méthode du Gradex (BV07)

Période de retour	O. Soultz	O. Chemorah	O. Reboa
100	562.16	3282.08	451.93
500	760.71	5415.02	704.32
1000	846.22	6333.62	813.02
5000	1044.77	8466.56	1065.42
10000	1130.28	9385.16	1174.12

Le débit de pointe de crue (t_c, T) calculé par la formule suivante :

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

Cette méthode repose bien sûr sur des hypothèses concernant la fréquence des pluies, le coefficient de ruissellement marginal et le temps de ruissellement du bassin, mais elle est pour ambition de constituer une convention cohérente.

On utilise essentiellement l'information pluviométrique historique, généralement fiable et faiblement autocorrective : le Gradex est un paramètre climatologique.

- Elle ne nécessite pas de longues séries de débits de crues.
- Elle prend en compte les risques saisonniers, pour établir la loi de probabilité du débit maximal annuel.
- Elle tient compte des disparités spatiales des risques de crues, parfois importantes dans une même région.

Cette méthode opérationnelle a été appliquée depuis 20 ans, pour calculer les débits de crues millénaires et déca milléniales de près de 180 bassins versants.

Cette méthode fait apparaître les résultats suivants :

Ce sont les bassins de l'oued El Hai, l'oued El Abiod, Oued Ksob et Oued El Ham, qui deviennent les plus dangereux en fréquence rare, ceci serait lié à la nature des précipitations, qui malgré leur faiblesse quantitative moyenne peuvent avoir une très forte intensité en fréquence rare. Cette intensité croissante est susceptible de provoquer sur des terrains mal protégés par la végétation des crues d'une grande ampleur.

Au contraire, les petits bassins dès l'oued Reboa, Soultez et Soubella qui s'est avéré dangereux par ses petits cours d'eau, qui sont souvent à sec semble réagir de façon relativement modéré en fréquence rare, phénomène qui serait en rapport avec le faible accroissement de la torrentialité des averses.

C. Comparaison entre les méthodes :

La comparaison entre ces méthodes est présentée dans les tableaux suivants :

Tableau II.25 : B.V 05

Station	période de retour	Méthode			
		Gilbert.G.G	données de mesure	Gradex	observé
Station Sidi Ouadah	100	1042.82	311.68	470.79	685.02
	1000	1491.10	440.66	475.26	1891.1
Station Medjez	100	3533.45	405.28	1210.33	993.28
	1000	6334.18	554.40	1427.97	2627.1
Station d'Ain Hadjel	100	5160.46	401.97	1237.48	1425.0
	1000	11071.63	543.23	1459.06	3159.5
Station de Rocade Sud	100	4597.53	498.44	1751.25	1627.9
	1000	18003.51	673.51	2104.81	4668.2
Station de Ced Fegues	100	1622.55	277.56	497.17	1319.6
	1000	2436.18	381.50	468.52	3494.5

Tableau II.26 : B.V 06

Oued	période de retour	Méthode			
		Gilbert.G.G	données de mesure	Gradex	observé
oued El Hai	100	3379.45	447.54	2441.99	851,13
	1000	5918.32	619.26	4494.70	1898,7
oued Chéria	100	-	308.09	1032.05	774,91
	1000	-	415.99	1792.81	1779,3
oued Djemorah	100	1620.93	259.58	1096.32	528,37
	1000	2579.13	350.16	1964.29	1045,9
oued El Abiod	100	2943.40	366.44	1888.23	-
	1000	5061.86	508.38	3458.56	-
oued El Arab	100	3179.98	632.60	7680.84	539,35
	1000	6317.40	864.42	8510.19	1008,5

Tableau II.27 : B.V 07

Station	période de retour	Méthode			
		Gilbert.G.G	données de mesure	Gradex	observé
Timgad Gue	100	1.035	317.92	562.16	790,12
	1000	1798.46	435.44	846.22	1740,5
FOUM EL GUEIS	100	1.159	132.78	-	272,87
	1000	-	182.71	-	649,86
Chemorah	100	0.584	262.08	3282.08	521,88
	1000	4265.81	356.58	6333.62	891,78
Reboa	100	0.877	104.83	451.93	814,6
	1000	2263.32	147.15	813.02	1665,3

2.1.4. La puissance des crues

Plusieurs critères peuvent caractériser la puissance d'une crue : sa cote maximale, son débit absolu et spécifique, son volume écoulé. Mais ces paramètres qui sont influencés par la surface du bassin et par les caractéristiques des lits des oueds, ne permettent pas une analyse comparative de crues des bassins de taille différentes.

Le coefficient "A", de Meyer-Coutagne-Parade donnée par $A = \frac{Q_{\max}}{\sqrt{S}}$

Avec :

- Q_{\max} : Le débit maximal instantané en m³/s, S : La surface réceptrice du bassin.

Et c'est un indicateur souvent utilisé, il permet d'apprécier la puissance des crues sur des bassins d'étendues diverses, mais cet indice peut pertinent, alors que le calcul de la lame d'eau écoulée nous donne un ordre de grandeur réel.

Les valeurs correspondantes calculées pour les crues maximales de saison froide et de saison chaude permettent de constater les fortes variations

de la puissance des crues extrêmes d'une station à l'autre (tableau II.28, II.29 et II.30).

Tableau II.28: La puissance des crues (BV05).

Sous bassin	Date de max	Surface (km ²)	Débit max journalier		A
			Absolu (m ³ /s)	Spécifique (l/s/km ²)	
Soubella	11-sept-79	176	303.875	1726.6	22.91
	25-oct-81	176	249.5	1417.6	18.81
	12-sept-82	176	117.6	668.2	8.86
	07-déc-87	176	126	715.9	9.50
Ksob	14-nov-88	1330	153.60	115.5	4.21
	31-août-89	1330	84.95	63.9	2.33
	21-sept-89	1330	625.00	469.9	17.14
	11-mai-90	1330	177.80	133.7	4.88
	13-sept.-90	1330	218.50	164.3	5.99
station A.E.Hadjel	28-mai-89	2670	244.75	91.7	4.74
	21-sept-89	2670	329.67	123.5	6.38
	18-oct-90	2670	82.24	30.8	1.59
	05-oct-91	2670	128.19	48.0	2.48
station Rocade Sud	27-août-75	6130	119	19.4	1.52
	05-sept-75	6130	168	27.4	2.15
	20-sept-78	6130	246	40.1	3.14
	28-mai-88	6130	100	16.3	1.28
	23-sept-93	6130	182	29.7	2.32
station Ced Fagues	12-mai-81	334	94.60	283.23	5.18
	14-nov.-87	334	91.52	274.01	5.01
	15-sept-90	334	116.6	349.10	6.38
	24-mai-96	334	215.27	644.52	11.78
	18-sept-97	334	168.5	504.49	9.22
station Moulin Ferrero	27-sept.-69	1020	21.65	21.23	0.68
	06-oct-71	1020	10.1	9.90	0.32
	22-sept-74	1020	51.9	50.88	1.63
	24-oct-90	1020	149.56	146.63	4.68

Tableau II.29: La puissance des crues (BV06).

Oued	Date de max	surface (km ²)	Débit max journalier		A
			Absolu (m ³ /s)	Spécifique (l/s/km ²)	
Ain babouche	31-août-76	785	158.8	202.3	5.67
	08-août-77	785	110.8	141.1	3.95
	17-août-78	785	109	138.9	3.89
	23-juin-81	785	252	321.0	8.99
	03-août-83	785	125.64	160.1	4.48
	07-juin-88	785	118	150.3	4.21
	27-mai-91	785	180	229.3	6.42
El Abiod	04-sept-72	1050	92.50	88.1	2.85
	26-août-78	1050	131.00	124.8	4.04
	03-sept-79	1050	148.00	141.0	4.57
	25-juil-81	1050	178.20	169.7	5.50
	31-oct-82	1050	242.15	230.6	7.47
	29-août-84	1050	129.00	122.9	3.98
	10-oct-84	1050	127.66	121.6	3.94
El Hai	01-oct-69	1170	294	251.3	8.60
	29-sept-70	1170	137.1	117.2	4.01
	27-nov-71	1170	130.6	111.6	3.82
	01-juil-76	1170	294	251.3	8.60
	18-mai-77	1170	272.6	233.0	7.97
	02-sept-79	1170	467	399.1	13.65
	30-sept-86	1170	147	125.6	4.30
Djemorah	22-déc-81	595	101.6	170.8	4.17
	25-juin-81	595	19.94	33.5	0.82
	31-oct-82	595	314.8	529.1	12.91
	29-août-84	595	102.88	172.9	4.22
	21-sept-89	595	82.7	139.0	3.39
Mellegu	07-oct-95	2098	132.89	63.3	2.90
	21-août-97	2098	159.29	75.9	3.48
	21-sept-97	2098	140.43	66.9	3.07
	27-sept-01	2098	122.74	58.5	2.68
	23-sept-03	2098	105.14	50.1	2.30
Al Arab	04-sept-89	2085	468.00	224.5	10.25
	30-juin-91	2085	374	179.4	8.19
	30-sept-94	2085	175.8	84.3	3.85
	15-mars-96	2085	186	89.2	4.07
	21-août-97	2085	147.2	70.6	3.22

Tableau II.30: La puissance des crues (BV07).

Oued	Date de max	Surface (km ²)	Débit max journalier		A
			Absolu (m ³ /s)	Spécifique (l/s/km ²)	
Soultez	06-oct-69	194	155	799.0	11.13
	07-oct-71	194	103	530.9	7.39
	04-sept-72	194	136	701.0	9.76
	02-oct-78	194	242	1247.4	17.37
	02-juin-82	194	145	747.4	10.41
	11-nov-82	194	140.5	724.2	10.09
	27-mai-89	194	291.4	1502.1	20.92
	28-mai-90	194	136	701.0	9.76
	15-oct-95	194	218.06	1124.0	15.66
	17-sept-97	194	136	701.0	9.76
	25/08/2002	194	180	927.8	12.92
GUEIS	12/09/2004	194	136	701.0	9.76
	02-juin-70	144	34.60	240.3	2.88
	24-mai-72	144	53.66	372.7	4.47
	06-oct-72	144	66.14	459.3	5.51
	15-août-78	144	72.80	505.6	6.07
	12-mai-82	144	70.30	488.2	5.86
Chemorah	03-août-90	144	127.66	886.5	10.64
	29-sept-69	765	127.60	166.8	4.61
	03-sept-79	765	138.80	181.4	5.02
	03-sept-81	765	182.27	238.3	6.59
	30-sept-86	765	164.52	215.1	5.95
	02-oct-88	765	181.33	237.0	6.56
	31-mars-91	765	184.47	241.1	6.67
	14-mars-96	765	153.133	200.2	5.54
	07/11/1997	765	136	177.8	4.92
Reboa	24/09/1998	765	104.75	136.9	3.79
	18/09/1979	296	227.60	768.9	13.23
	11-nov-82	296	186.20	629.1	10.82
	04-oct-88	296	162.00	547.3	9.42
	01-sept-89	296	218.00	736.5	12.67
	19-déc-00	296	281.00	949.3	16.33
Morri	25-juil-01	296	166.40	562.2	9.67
	04/09/1972	24.5	16.72	682.4	3.38
	14-oct-74	24.5	7.80	318.4	1.58
	01-juil-76	24.5	15.64	638.4	3.16
	02-avr-81	24.5	18.16	741.2	3.67
	02-juin-82	24.5	17.73	723.8	3.58
	27-mai-89	24.5	10.65	434.8	2.15

Il apparaît que la lame d'eau écoulée dans chaque sous bassin est variable lors d'une crue, elle oscille entre la saison chaude et froide, cette variation est liée aux conditions d'alimentation et de ruissellement différentes d'un secteur hydrologique à l'autre et d'une saison à l'autre.

Le coefficient "A" oscille entre 0.31 à 22.91 pour grand bassin versant 05, entre 0.82 à 13.65 pour BV06 et entre 1.58 à 20.98 pour BV07.

En saison froide, le coefficient "A" varie entre 11.78 à BV05, entre 6.42 à BV06 et 16.33 à BV07 ; en saison chaude il varie entre 22.91 à BV05, entre 13.65 à BV06 et 20.98 à BV07, ces fortes variations sont toujours liées aux conditions d'alimentation et de ruissellement.

La puissance des crues de saison chaude est dans l'ensemble, plus élevée qu'en saison froide en raison du régime pluviométrique particulier de ces secteurs.

Conclusion

L'étude des extrêmes de l'écoulement sur les différents Oueds équipés des sous bassins, a permis de confirmer le caractère d'irrégularité et d'immodération qu'on a déduit précédemment dans l'analyse du régime.

La variabilité des débits est liée aux caractéristiques physico-géographiques propres à chacun des sous bassins.

Certains sous bassins sont responsables d'une grande partie de débit écoulé à l'Oueds, surtout en période de crues

Les crues, plus spécialement celles de début de l'année hydrologique, dont la gravité et la fréquence sont les plus fortes, présentent une ressource potentielle importante.

Les formules empiriques utilisées pour le calcul des débits de crue ne fournissent pas de bon résultats à cause de leur caractère empirique. Ces formules sont établies ailleurs et ne conviennent pas pour les conditions physico-géographiques de ces zones semi-aride.

La meilleure méthode d'estimation des crues est la méthode qui utilise les données d'observation. Malheureusement les stations de mesure sont limites et ne couvre pas toute les régions arides et semi-arides.

CHAPITRE III :

Traitement statique et
Modélisation des débits
de crues des zones arides
et semi-aride

Traitement statique et Modélisation des débits de crues des zones arides et semi-aride

3.1. Traitement statique des données d'observation (données de mesure)

3.1.1. Homogénéisation des séries des crues

L'ajustement d'une distribution à un échantillon nécessite que les observations soient identiquement distribuées. Cette hypothèse peut être examinée à l'aide de tests statistiques.

A. Représentation test de Wilcoxon

C'est un test non paramétrique qui utilise la série des rangs des observations au lieu de la série de leurs valeurs. Le test de Wilcoxon se base sur le principe suivant :

- Si l'échantillon x est aussi d'une même population y , l'échantillon $x \cup y$ en est généralement aussi. On procède aussi :
- Soit une série d'observation de longueur N à partir de laquelle on tire deux échantillons x et y

$$N_1 + N_2 = N \quad \text{et} \quad N_1 \prec N_2 \quad \text{(III.1)}$$

On classe en suite les valeurs de notre série par ordre croissant. Par la suite nous ne nous intéressons qu'au rang de chacun des éléments des deux échantillons dans cette série, si une valeur se répète plusieurs fois, on lui attribue le rang moyen correspondant. On calcule la somme (W_x) de rang des éléments du premier échantillon dans la série comme :

$$W_x = \sum \text{Rang } X \quad \text{(III.2)}$$

Wilcoxon a démontré que dans le cas où les deux échantillons x et y constituent une série homogène la quantité (W_x) est comprise entre deux bornes (W_{\max}) et (W_{\min}) données par la formule suivante :

$$W_{\min} = \frac{(N_1 + N_2 + 1) \cdot (N_1 - 1)}{2} - Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \sqrt{\frac{N_1 \cdot N_2 \cdot (N_1 + N_2 + 1)}{12}} \quad \text{(III.3)}$$

$$W_{\max} = (N_1 + N_2 + 1) \cdot N_1 - W_{\min} \quad \text{(III.4)}$$

$Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ Représente la valeur de la variable centrée résulte de la loi normale correspondant à $1-\frac{\alpha}{2}$ (au seuil de confiance de 95 %, nous avons $Z_{1-\frac{\alpha}{2}} = 1,96$). [9]

B. Application test de Wilcoxon

Les séries des débits max dans 03 grands bassins qui ont vérifiés à l'homogénéisation sont donnés dans les tableaux suivants

Tableau III.1: Débit Maximum instantané (B.V05) [5]

STATIONS/ ANNEE	05 11 01	05 01 01	05 03 01	05 09 01	05 05 01	05 08 01	05 17 01
Stations	Sidi Ouadah	Ain Nessissa	Ain El Hadjel	Medjez	Rocad Sud	Ced Fagues	Moulin Ferrero
Oueds	Soubella	El Ham	El Ham	Ksob	El Ham	Lougmane	Boussaâda
1951\1952	-	-	-	-	86.3	-	
1952\1953	-	-	-	-	46.16	-	
1953\1954	-	-	-	-	199,00	-	
1954\1955	-	-	-	-	156.8	235.2	
1955\1956	-	-	-	-	159.8	235.2	
1956\1957	-	-	-	-	510,00	185.6	
1957\1958	-	-	-	-	24.1	74,00	
1958\1959	-	-	-	-	42.33	20,00	
1959\1960	-	-	-	-	168.1	20,00	
1960\1961	-	-	-	-	-	-	21.65
1961\1962	-	-	-	-	-	-	7.54
1962\1963	-	-	-	-	-	-	10.10
1963\1964	-	-	-	-	278,00	62,00	0.14
1964\1965	-	-	13.78	-	183.2	450,00	9.55
1965\1966	-	170,00	17,00	-	115.8	112,00	51.90
1966\1967	-	281,00	-	-	220.8	342,00	1.03
1967\1968	-	109,00	46.1	-	111,00	239,00	0.34
1968\1969	-	118.85	82.81	-	197.8	430,00	-
1969\1970	-	12.38	1.14	-	98.8	82,00	-
1970\1971	-	215.64	84,00	-	282.2	215,00	-
1971\1972	-	49.43	26.55	-	38,00	30,00	-
1972\1973	15,96	157.57	93.73	217,00	102,00	32,00	-
1973\1974	3,22	124.99	30.65	76.8	8.25	22,00	-
1974\1975	3,82	169,00	74.4	438.6	119,00	94,00	-
1975\1976	6,18	313.36	21.8	128,00	168,00	29	-
1976\1977	20,80	75.22	2.23	13.83	7.6	11.14	0.60
1977\1978	62,52	-	26.8	180,00	9.5	171.35	0.21
1978\1979	303,88	-	63.75	213.1	246,00	262,00	0.77
1979\1980	9,52	-	91.51	56.34	5.42	68.92	0.14
1980\1981	249,50	-	67.56	734.3	80,00	183,00	0.166
1981\1982	117,60	-	54	79,00	86.1	40.36	0.13
1982\1983	12,00	-	64.98	20.39	4.8	1.02	150,00
1983\1984	13,96	-	284,00	20.78	65.1	5.7	0.184
1984\1985	47,64	-	27,00	147,00	187,00	32.2	0.164
1985\1986	32,68	-	170.533	166.8	158,00	30.16	-
1986\1987	126,00	-	118.2	50.42	67,00	42.4	-
1987\1988	14,40	-	16.44	150.3	100,00	91.52	-
1988\1989	7,28	-	329.667	454.8	2.57	62.8	-
1989\1990	13,96	-	134.94	217,00	2.4	83.2	-
1990\1991	39,96	-	128.185	236,00	56,00	71.74	-

1991\1992	10,68	-	42.45	191.2	34,00	36.7	-
1992\1993	2,84	-	126.88	224.8	182,00	46,00	-
1993\1994	230,00	-	0.505	-	-	-	-
1994\1995	71,65	-	-	-	-	215.3	-
1995\1996	42,52	-	-	-	-	-	-
1996\1997	175,30	-	-	-	-	-	-
1997\1998	25,00	-	-	-	-	-	-
1998\1999	85,20	-	-	-	-	-	-
1999\2000	42,52	-	-	-	-	-	-
2000\2001	72,00	-	-	-	-	-	-
2001\2002	129,60	-	-	-	-	-	-
2002\2003	67,20	-	-	-	-	-	-
2003\2004	64,00	-	-	-	-	-	-
2004\2005	4,40	-	-	-	-	-	-

Le résultat de calcul et de vérification pour le test de Wilcoxon sont présentés dans les tableaux suivants.

Tableau III.2: Application Test de Wilcoxon (Station 05 08 01) [5]

Débit instant (m ³ /s)	X	Y	Rang	XUY (par ordre croissant)	Origine
62	62	171.35	1	1.02	y
450	450	262	2	5.7	y
112	112	68.92	3	11.14	x
342	342	183	4	15.44	y
239	239	40.36	5	22	x
430	430	1.02	6	29.00	x
82	82	5.7	7	30	x
215	215	32.2	8	30.16	y
30	30	30.16	9	32	x
32	32	42.4	10	32.2	y
22	22	91.52	11	36.7	y
94	94	62.8	12	40.36	y
29.00	29.00	83.2	13	42.4	y
11.14	11.14	71.74	14	46	y
171.35		36.7	15	62	x
262		46	16	62.8	y
68.92		15.44	17	68.92	y
183			18	71.74	y
40.36			19	82	x
1.02			20	83.2	y
5.7			21	91.52	y
32.2			22	94	x
30.16			23	112	x
42.4			24	171.35	y
91.52			25	183	y
62.8			26	215	x
83.2			27	239	x
71.74			28	262	y

36.7			29	342	x
46			30	430	x
15.44			31	450	x

$$W_{\min} = 174.12 \quad W_x = 252 \quad W_{\max} = 273.88$$

La condition $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée, la série donc est homogène

Tableau III.3: Débit Maximum instantané (B.V06) [5]

STATIONS/ ANNEE	06 12 01	06 23 08	06 13 01	06 18 01	06 18 11	06 15 02
Stations	El kantra	Ain Babouche	Djemorah	Khanget Sidi Nadji	Mellegu	M'Chouneche
Oueds	El Hai	Chéria	Djemorah	El Arab	Ktef-Essouda	El Abiod
1967\1968	12.28	-	-	-	-	-
1968\1969	34.3	-	-	-	-	-
1969\1970	137.1	-	-	-	-	-
1970\1971	130.6	-	-	-	-	52.1
1971\1972	52.6	-	-	-	-	92.5
1972\1973	70.6	-	-	-	-	115
1973\1974	82.6	-	-	-	-	28.18
1974\1975	91.3	21.38	-	724.00	-	58.2
1975\1976	294,00	158.8	67.20	-	-	76.06
1976\1977	272.6	110.8	-	-	-	131
1977\1978	178.5	109,00	67.04	207.80	-	15.82
1978\1979	467,00	90.66	7.48	216.67	-	148
1979\1980	86.82	89.88	55.00	-	-	178.2
1980\1981	61.2	252,00	265.00	-	-	53.9
1981\1982	182,00	12.2	123.60	-	-	242.15
1982\1983	35.7	125.64	102.88	-	-	129
1983\1984	38,00	2.477	44.80	-	-	127.66
1984\1985	42.6	8.04	35.25	-	-	96.5
1985\1986	147,00	102.6	105.44	-	-	63.06
1986\1987	91.05	97,00	17.00	-	-	19.96
1987\1988	88.06	118,00	109.50	84.70	-	91
1988\1989	113.2	61.75	159.40	152.00	197.00	297
1989\1990	58.52	50.56	39.52	468.00	37.00	135
1990\1991	136.6	180,00	91.45	374.00	37.00	11.09
1991\1992	121,00	64.045	-	57.60	17.35	105.5
1992\1993	3.76	118.8	141.00	17.50	24.05	101.49
1993\1994	66.55	56.57	23.86	20.50	105.14	114.7
1994\1995	8.1	105.8	150.00	175.80	132.89	-
1995\1996	-	68.5	-	186.00	159.29	-
1996\1997	-	27.16	-	147.20	140.43	-
1997\1998	-	-	-	-	96.52	-
1998\1999	-	0.05	-	-	43.58	-
1999\2000	-	-	-	-	24.00	-
2000\2001	-	-	-	-	122.74	-
2001\2002	-	-	-	-	42.14	-
2002\2003	-	-	-	-	105.14	-
2003\2004	-	-	-	-	31.90	-

Nous présentons ci-dessous un exemple d'application de ce test sur la série des débits fréquentiels de la station hydrométrique 06-12-01 sur oued El Hai.

Tableau III.4: Application Test de Wilcoxon (Station 06 12 01)

Débit instant (m ³ /s)	X	Y	Rang	XUY (par ordre croissant)	Série d'origine
12.28	12.28	61.2	1	3.76	y
34.3	34.3	182.00	2	8.1	y
137.1	137.1	35.7	3	12.28	x
130.6	130.6	38.00	4	34.3	x
52.6	52.6	42.6	5	35.7	y
70.6	70.6	147.00	6	38.00	y
82.6	82.6	91.05	7	42.6	y
91.3	91.3	88.06	8	52.6	x
294.00	294.00	113.2	9	58.52	y
272.6	272.6	58.52	10	61.2	y
178.5	178.5	136.6	11	66.55	y
467.00	467.00	121.00	12	70.6	x
86.82	86.82	3.76	13	82.6	x
61.2		66.55	14	86.82	x
182.00		8.1	15	88.06	y
35.7			16	91.05	y
38.00			17	91.3	x
42.6			18	113.2	y
147.00			19	121.00	y
91.05			20	130.6	x
88.06			21	136.6	y
113.2			22	137.1	x
58.52			23	147.00	y
136.6			24	178.5	x
121.00			25	182.00	y
3.76			26	272.6	x
66.55			27	294.00	x
8.1			28	467.00	x

$$W_{\min} = 145.45 \quad W_x = 218 \quad W_{\max} = 231.55$$

La condition $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée, la série donc est homogène

Tableau III.5: Débit Maximum instantané (B.V07)

STATIONS/ ANNEE	07 06 01	07 05 01	07 04 03	07 04 04	07 04 01	07 07 02
Stations	Yabous	Chemorah	Reboa	Morri	Timgad Gue	Foum El Gueiss
Oueds	Tarrist	Chemorah	Reboa	Morri	Soultez	Gueiss
1968\1969	43.5	127.6	-	-	155.00	34.6
1969\1970	2.8	12.9	260.26	-	92.20	35.99
1970\1971	95.64	127.9	18.70	97	103.00	53.66
1971\1972	49.6	127.9	101.30	22.35	136.00	66.14
1972\1973	12.237	127.11	197.00	111	107.00	4.25
1973\1974	7.603	127.12	10.14	114.51	39.00	8.25
1974\1975	5.35	127.14	59.20	29	136.00	39.47
1975\1976	13.9	127.15	30.72	143	34.50	16.99
1976\1977	7.14	150.00	61.96	36	13.40	72.80
1977\1978	12.005	81.00	170.80	76	242.00	8.25
1978\1979	83.625	138.8	81.50	7.88	136.00	22.38
1979\1980	37.25	37.25	138.80	13.65	71.20	27.59
1980\1981	9.225	182.273	127.60	118.16	145.00	70.30
1981\1982	72.2	221.00	220.80	17.73	140.50	44.34
1982\1983	2.73	21.5	215.70	17.09	22.76	1.45
1983\1984	8,80	51.25	3.15	244	99.00	13.69
1984\1985	46,50	122.00	47.56	18.97	18.40	31.39
1985\1986	25.825	164.523	122.00	12.45	51.70	33.14
1986\1987	23.215	51.25	163.50	234	34.50	39.12
1987\1988	12.96	181.333	58.20	24.56	291.40	66.97
1988\1989	-	239.5	239.75	11.88	136.00	127.66
1989\1990	-	122.00	174.00	4.31	-	85.55
1990\1991	-	184.467	183.40	22	49.50	15.85
1991\1992	-	102.45	-	-	3.70	1.48
1992\1993	-	60.6	102.45	123	24.28	46.78
1993\1994	-	137.4	51.00	8.99	60.50	7.11
1994\1995	-	-	67.80	7.54	218.06	8.56
1995\1996	-	-	138.80	7.43	92.20	11.02
1996\1997	-	-	197.00	11	136.00	1.62
1997\1998	-	-	90.20	35.6	-	13.76
1998\1999	-	-	231.00	76.65	74.00	33.20
1999\2000	-	-	104.75	67	88.00	24.73
2000\2001	-	-	147.20	14.56	180.00	13.10
2001\2002	-	-	136.00	17.88	136.00	6.93
2002\2003	-	-	122.00	213	136.00	8.25
2003\2004	-	-	112.80	34.77	136.00	32.00
2004\2005	-	-	58.10	216.7	4.4	-

Nous présentons ci-dessous un exemple d'application de ce test sur la série des débits fréquentiels de la station hydrométrique 07-05-01 sur oued Chemorah.

Tableau III.6: Application Test de Wilcoxon (Station 07 05 01)

Débit instant (m ³ /s)	X	Y	Rang	XUY (par ordre croissant)	Série d'origine
127.6	127.6	182.273	1	12.9	x
12.9	12.9	221	2	21.5	y
127.9	127.9	21.5	3	37.25	x
127.9	127.9	51.25	4	51.25	y
127.11	127.11	122	5	51.25	y
127.12	127.12	164.523	6	60.6	y
127.14	127.14	51.25	7	81	x
127.15	127.15	181.333	8	102.45	y
150	150	239.5	9	122	y
81	81	122	10	122	y
138.8	138.8	184.467	11	127.11	x
37.25	37.25	102.45	12	127.12	x
182.273		60.6	13	127.14	x
221		137.4	14	127.15	x
21.5			15	127.6	x
51.25			16	127.9	x
122			17	127.9	x
164.523			18	137.4	y
51.25			19	138.8	x
181.333			20	150	x
239.5			21	164.523	y
122			22	181.333	y
184.467			23	182.273	y
102.45			24	184.467	y
60.6			25	221	y
137.4			26	239.5	y

$$W_{\min} = 123.39 \quad W_x = 147 \quad W_{\max} = 200.61$$

La condition $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée, la série donc est homogène

Le résultat de calcul par ce test pour d'autres stations est présenté en annexe III.1

3.1.2. Ajustement des débits des crues

Dans notre étude nous avons retenu 03 lois de distribution statistique (Normale, Gumbel et Log Normale).

3.1.2.1. Ajustement à la loi normale

L'estimation fréquentielle des débits d'une crue est très importante pour le dimensionnement des ouvrages hydrotechniques qui peuvent être des ouvrages de protection, d'emménagement ou d'évacuation.

Parmi les distributions statistiques généralisées, la loi de Normal est fréquemment utilisée pour rendre compte de la distribution des valeurs extrêmes en hautes eaux.

On se propose d'ajuster une loi de Gauss à un échantillon donné de pluie annuelle. Les étapes à suivre sont les suivants :

a. Calcul les caractéristiques empiriques

$$\bar{Q} : \text{La pluie moyenne, } \bar{Q} = \frac{\sum x_i}{N}$$

$$\delta : \text{Écart -type, } \delta = \frac{\left\{ \sum x_i^2 - N \overline{x^2} \right\}}{N - 1}$$

$$Cv : \text{coefficient de variation, } Cv = \frac{\delta}{\bar{Q}}$$

Le résultat d'ajustement par la loi normale des bassins 05, 06 et 07 sont présente dans les tableaux III.7

Tableau III.7 : Ajustement à la loi Normale (B.V05)

caractéristiques	stations (B.V 05)						
	05 11 01	05 01 01	05 03 01	05 09 01	05 05 01	05 08 01	05 17 01
nombres des données	32	12	29	21	39	36	17
Q moy \bar{Q}	65.35	149.7	79.04	191.26	118.18	120.43	14.98
écart type δ	77.88	88.88	82.37	172.09	103.13	117.99	37.16
Q min	2.84	12.38	0.505	13.83	2.4	1.02	0.13
Q max	303.88	313.36	329.67	734.4	510	450	150
coeff de variations (Cv)	1.192	0.594	1.042	0.900	0.873	0.980	2.481

Tableau III.8 : Ajustement à la loi Normale (B.V06)

caractéristiques	stations (B.V 06)					
	06 12 01	06 23 08	06 13 01	06 18 01	06 18 11	06 15 02
nombres des données	28	24	20	13	16	24
Q moy \bar{Q}	110.84	84.65	89.19	217.82	82.26	103.46
écart type δ	97.93	59.27	62.32	191.72	55.15	67.96
Q min	3.76	0.05	7.48	17.5	17.35	11.090
Q max	467	252	265	724	197	297.00
coeff de variations (Cv)	0.884	0.700	0.699	0.880	0.670	0.66

Tableau III.9 : Ajustement à la loi Normale (B.V07)

caractéristiques	stations (B.V 07)					
	07 06 01	07 05 01	07 04 03	07 04 04	07 04 01	07 07 02
nombres des données	20	26	37	36	38	37
Q moy \bar{Q}	28.6	121.285	137.83	63.3	99.71	30.55
écart type δ	27.45	57.62	60.65	76.37	74.43	29.62
Q min	2.73	12.9	3.15	4.31	3.7	1.45
Q max	95.64	239.5	260.26	244	291.4	127.66
coeff de variations (Cv)	0.960	0.475	0.440	1.206	0.746	0.970

L'expression de la fonction de densité de probabilité de la loi normale est :

$$F(x) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{(x-u)^2}{2\delta^2}} \quad \text{(III.5) [9]}$$

Celle de la fonction de probabilité de la loi normale est :

$$F(x) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\Pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-u)^2}{2\delta^2}} dx \quad \text{(III.6) [9]}$$

Ou ‘u’ est la moyenne et δ l'écart type de la population étudiée.

En remplaçant x par $z=(x-u)/\delta$ qui est la variable normale réduite, ou encore appelée variable centrée réduite, on a :

$$F(x) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} \quad \text{(III.7) [9]}$$

Et :

$$F(x) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\Pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad \text{(III.8) [9]}$$

Les valeurs de F(x) sont fournies par les tables de l'intégrale de Gauss en fonction de la variable réduite z.

b. Classement des valeurs

On classe les valeurs de l'échantillon par ordre croissant ou décroissant en attribuant à chacune des valeurs son numéro d'ordre ni compté à partir de 1. Pour plus de faciliter on a utilisé logiciel HYFRAN

La fréquence expérimentale donne par la formule : $F_i(x) = (n_i - 0.5) / N$.

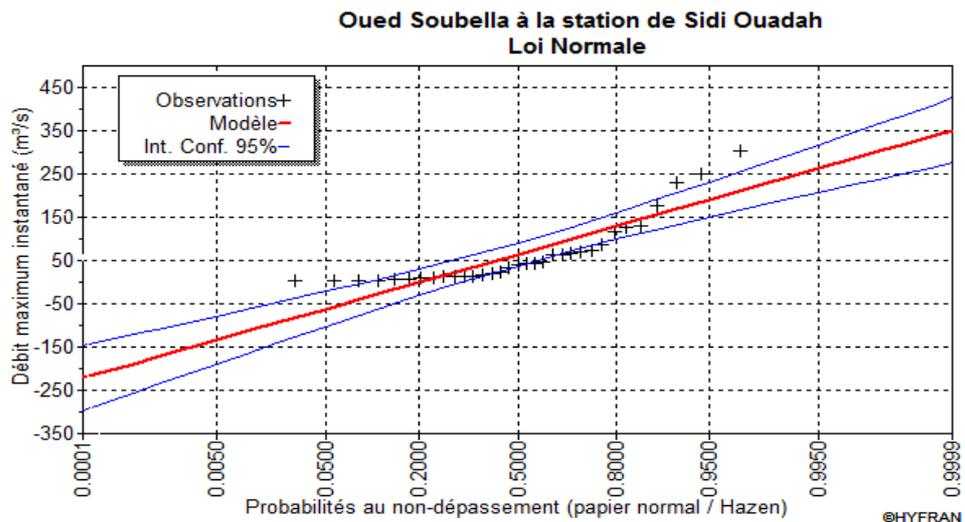
Le variable réduite donne par la formule : $z = \frac{(Q_i - \bar{Q})}{\delta}$

Donc : $Q_i = \bar{Q} + z \delta$ [9]

Tableau III.10: Débits fréquentiels de Grand bassin versant 05 (Loi Normale)

Stations (loi normale)	période de retour								
	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000
05 11 01	129.06	162.90	190.84	222.27	243.22	285.62	301.92	336.48	350.23
05 03 01	151.35	186.06	214.71	246.95	268.44	311.94	328.65	364.10	378.21
05 09 01	336.07	411.83	474.38	544.77	591.68	686.62	723.11	800.50	831.28
05 05 01	179.49	217.30	248.52	283.65	307.06	354.45	372.66	411.29	426.65
05 08 01	215.33	269.06	313.42	363.33	396.59	463.92	489.80	544.68	566.51

Nous présentons un exemple d'application la loi normale pour le Grand bassin versant 05 : Sidi Ouadah (05 11 01) :



**Figure III.1: Ajustement des débits maximaux instantanés
A une loi Normale (Station 05 11 01)**

c. Adéquation par test de Khi Deux (χ^2)

Le test du χ^2 (prononcer « khi-deux » ou « khi carré », qu'on écrit également à l'anglaise « chi-deux » ou « chi carré » permet, partant d'une hypothèse et d'un risque supposé au départ, de rejeter l'hypothèse si la distance entre deux ensembles d'informations est jugée excessive.

Il est particulièrement utilisé comme test d'adéquation d'une loi de probabilité à un échantillon d'observations supposées indépendantes et de même loi de probabilité. Un test d'homogénéité concerne un problème voisin, la comparaison d'échantillons issus de populations différentes. De manière assez différente, un test d'indépendance porte sur des données qualitatives.

À la base d'un test statistique il y a la formulation d'une hypothèse appelée hypothèse zéro (H_0). Dans le cas présent, elle suppose que toutes les données considérées dérivent de la même loi de probabilité (ou, dit différemment, la distribution observée n'est pas différente de la distribution supposée d'après la loi que l'on souhaite tester).

Ces données ayant été réparties en classes, il faut

- déterminer le nombre de degrés de liberté du problème à partir du nombre de classes ;
- se donner a priori un risque de se tromper (la valeur 5 % est souvent choisie par défaut, mais il s'agit plus souvent d'une coutume que du résultat d'une réflexion) ;
- à l'aide d'une table de χ^2 , déduire en tenant compte du nombre de degrés de liberté la distance critique qui a une probabilité de dépassement égale à ce risque. [9]

- calculer algébriquement la distance entre les ensembles d'informations à comparer.

$$x^2 = \sum_1^k \frac{(Fni - Fti)^2}{Fti^2} \quad (III.9)$$

Avec :

- Fni : effectif observé de la classe i ; Fti : effectif théorique de la classe i.

Le test de Khi deux a démontré que la distribution de cette quantité est approximation cette du Khi deux avec V degré de liberté ; avec : $V = k-1-r$
 r =nombre de paramètres qui caractérisent complétement la distribution théorique (dans le cas de la loi normale $r=2$).

Le logiciel de Hyfran donne les résultats suivants (Stations Sidi Ouadah)

Résultats de la statique : $\chi^2 = 17.18$

Degrés de liberté : $V = 5$

Nombre de classes : $k=8$

Conclusion : Les séries des bassins 05 ne s'ajuste pas bien à la loi Normale

Les résultats d'ajustement pour les grands bassins 06 et 07 sont présentons dans les tableaux suivants

Tableau III.11 : Débits fréquentiels de Grand bassin versant 06 (Loi Normale)

stations (loi normale)	période de retour								
	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000
06 12 01	192.85	235.81	273.88	310.98	337.34	371.51	404.71	452.55	472.07
06 23 08	134.44	160.52	183.63	206.15	222.16	242.90	263.05	292.10	303.95
06 13 01	141.54	168.96	193.26	216.95	233.77	255.58	276.77	307.31	319.77
06 18 11	128.59	152.85	174.36	195.32	210.21	229.51	248.26	275.29	286.32
06 15 02	378.86	463.22	537.99	610.85	662.61	729.71	794.90	888.84	927.18

Tableau III.12 : Débits fréquentiels de Grand bassin versant 07 (Loi Normale)

stations (loi normale)	période de retour								
	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000
07 04 04	127.45	161.05	190.84	219.86	240.48	267.21	293.17	330.60	345.87
07 05 01	169.69	195.03	217.51	239.40	254.96	275.13	294.72	322.95	334.47
07 04 03	188.78	215.46	239.12	262.16	278.54	299.77	320.39	350.11	362.24
07 04 01	162.23	194.98	224.01	252.29	272.39	298.44	323.74	360.22	375.10
07 07 02	55.43	68.46	80.02	91.27	99.27	109.64	119.71	134.22	140.14

Conclusion : Les séries des bassins 05 et 07 ne s'ajustent pas bien à la loi Normale.

3.1.2.1. Ajustement à la loi Gumbel [9]

La loi de Gumbel est très utilisée en hydrologie et en climatologie pour estimer les valeurs extrêmes de phénomènes. Ainsi, si des variables aléatoires indépendantes suivent une loi normale centrée, leur maximum suit approximativement, pour N années.

On parvient généralement à ajuster à cet échantillon la loi de Gumbel ou la loi de Galton (log –normale)

La fonction de répartition de la loi de Gumbel est :

$$F (x) = e^{-e^{-\alpha (x - x_0)}} \quad \text{(III.10)}$$

Ou F(x) : fréquence au Non Dépassement(FND)

Et α , x_0 : coefficient d'ajustement

Par un changement de variable $y = \alpha (x - x_0)$, la loi de Gumbel s'écrit :

$$F (x) = F (y) = e^{-e^{-y}} \quad \text{(III.11)}$$

Ou : y la variable réduite de Gumbel, liée à la probabilité attachée à la valeur x,

Et F(y) : Fréquence au non dépassement de la variable réduite y

Donc l'équation $y = \alpha (x - x_0)$ présente sous la forme

$$x = 1 / \alpha y + x_0 \quad \text{(III.12)}$$

Les paramètres de loi de Gumbel :

$$1 / \alpha = 0.780 \delta \quad \text{(III.13)}$$

$$x_0 = \bar{x} - 0.577 / \alpha \quad \text{(III.14)}$$

$$\text{Et : } y = -[\ln(-\ln(F(x)))] \quad \text{(III.15)}$$

Ou : \bar{x} moyenne de la série des x et δ : écart type de la série des x.

Les fréquences expérimentales au non dépassement $F(x) = (i - 0.5)/N$

Tableau III.13: Débits fréquents de Grand bassin versant 06 (Loi de Gumbel)

Stations (loi Gumbel)	période de retour								
	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000
05 11 01	119.68	164.65	207.79	263.63	305.47	402.15	443.72	540.19	581.73
05 03 01	141.73	187.86	232.10	289.37	332.29	431.46	474.10	573.05	615.66
05 09 01	315.07	415.76	512.35	637.36	731.05	947.54	1040.6	1256.6	1349.6
05 05 01	169.06	219.26	267.47	329.87	376.62	484.64	531.13	638.94	685.36
05 08 01	200.44	271.84	340.34	428.99	495.43	648.95	714.96	868.13	934.09

Nous donnons ci-après l’ajustement de la station (05.11.01) à la loi Gumbel

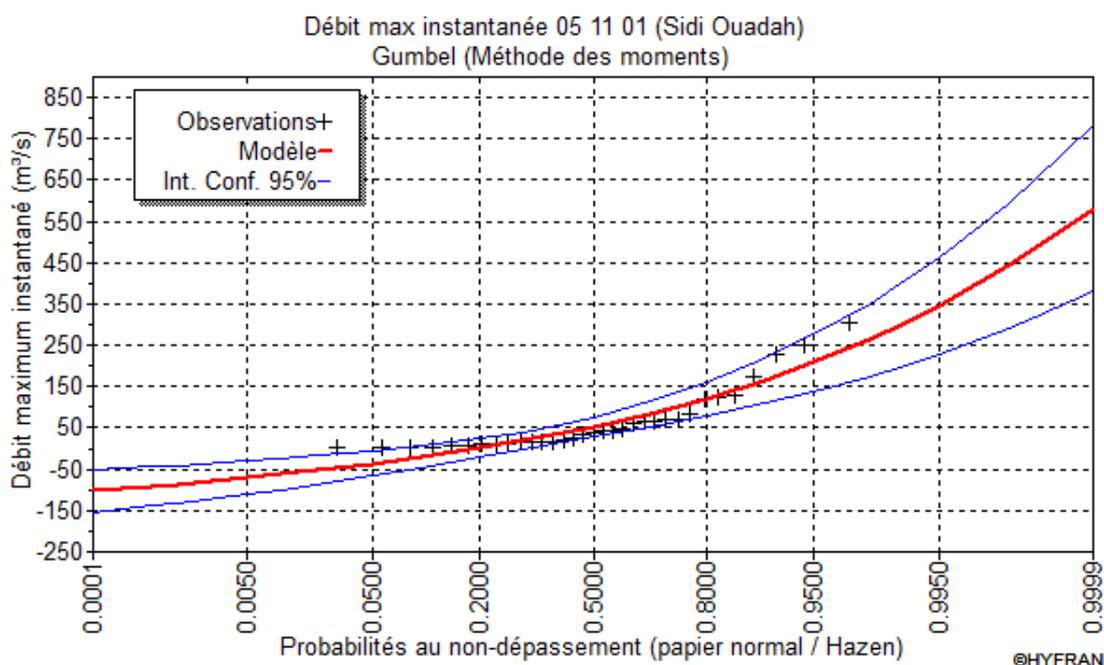


Figure III.2: Ajustement des débits maximaux instantanés A une loi de Gumbel (Station 05 11 01)

Le logiciel de Hyfran donne les résultats suivants :

$$\alpha = 59.92$$

$$x_0 = 29.81$$

Résultats de la statique : $\chi^2 = 12.82$

Degrés de liberté : $V = 5$

Nombre de classes : $k=8$

Conclusion : Les séries des bassins 05 s’ajuste bien à la loi Gumbel

GRAND BASSIN VERSANT 06

Tableau III.14: Débits fréquents de Grand bassin versant 06 (Loi de Gumbel)

stations (loi Gumbel)	période de retour								
	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000
06 12 01	182.44	240.67	296.53	368.83	423.00	548.20	602.02	726.94	780.72
06 23 08	128.21	163.64	197.62	241.61	274.57	350.73	383.48	459.47	492.20
06 13 01	150.33	172.85	208.85	255.44	290.35	371.03	405.72	486.21	520.88
06 18 11	123.24	156.57	188.54	229.92	260.93	332.59	363.40	434.89	465.68
06 18 01	274.48	361.36	444.40	551.90	632.45	818.59	898.61	1084.3	1164.3

GRAND BASSIN VERSANT 07

Tableau III.15: Débits fréquents de Grand bassin versant 07 (Loi de Gumbel)

stations (loi Gumbel)	période de retour								
	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000
07 04 04	116.95	159.20	199.74	252.20	291.52	330.69	382.37	512.07	551.11
07 05 01	162.47	196.45	228.79	270.65	302.02	374.50	405.66	477.98	509.13
07 04 03	171.46	212.26	251.40	302.07	340.03	427.76	465.47	553.01	590.70
07 04 01	150.43	190.44	228.82	278.50	315.73	401.75	438.73	524.57	561.53
07 07 02	51.57	68.02	83.79	104.22	119.52	154.89	170.09	205.37	220.57

Conclusion : Les séries des bassins 06 et 07 s'ajustent bien à la loi Gumbel

3.1.2.3. Ajustement à la loi Log normale

La fonction de répartition de la loi log-normale s'écrit [9] :

$$F(x) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\Pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz \tag{III.16}$$

Où : $z = a \log(x-x_0) + b$. L'intervalle de définition de x est $]x_0, +\infty[$

S'il existe une transformation telle que

$$Z = a \log(x-x_0) + b \tag{III.17}$$

Où z suit une loi normale, alors la distribution de x est dite log-normale.

Tableau III.16: Débits fréquents de Grand bassin versant 05 (Loi Log-Normale)

Stations (loi Log-normale)	période de retour								
	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000
05 11 01	95.06	170.7	276.78	476.75	685.02	1426.1	1891.1	3439.4	4362.2
05 03 01	150.0	262.0	417.0	701.95	993.28	2004.9	2627.1	4658.6	5849.7
05 09 01	302.9	479.34	700.2	1072.5	1425	2532.6	3159.5	5049.6	6084.5
05 05 01	209.79	385.08	635.77	1117.7	1627.9	3483.1	4668.2	8612.7	9764.4
05 08 01	198.56	348.1	553.34	932.14	1319.6	2666	3494.5	6201.5	7789.3

A, b sont des paramètres et x_0 paramètre de position

Les paramètres de loi de Gumbel :

$$\bar{x} = \text{Moyenne} = \overline{\ln Q} = \sum_1^N \frac{\ln P_i}{N} \tag{III.18}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (\ln P_i)^2 - N \overline{\ln P}^2}{N - 1}} \tag{III.19}$$

Les fréquences expérimentales au non dépassement $F(x) = (i - 0.5)/N$. Le logiciel de Hyfran donne les résultats suivants :

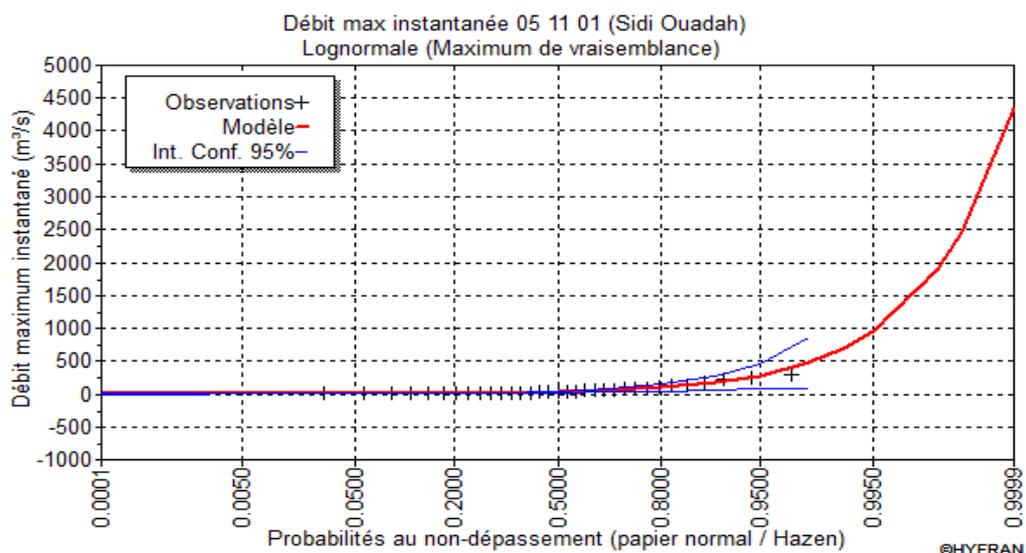


Figure III.3: Ajustement des débits maximaux instantanés A une loi de Log-Normale (Station 05 11 01)

$$\bar{x} = 3.43$$

$$\delta = 1.33$$

Résultats de la statique : $\chi^2 = 2.15$

Degrés de liberté : $V = 5$

Nombre de classes : $k=8$

Conclusion : Les séries des bassins 05 s'ajuste bien à la loi Log normale

GRAND BASSIN VERSANT 06

Tableau III.17: Débits fréquentiels de Grand bassin versant 06 (Loi Log-Normale)

stations (log-Normale)	période de retour								
	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000
06 12 01	178.77	283.91	415.93	639.18	851.13	1519.4	1898.7	3045.6	3675.1
06 23 08	153.88	248.48	369.06	575.98	774.91	736.79	1779.3	2903	3526.7
06 13 01	140.02	207.56	287.27	414.09	528.37	865.27	1045.9	1563.6	1834.8
06 18 11	122.47	173.41	231.08	319.2	395.9	612.14	723.77	1032.5	1189.2
06 15 02	159.68	229.05	308.53	431.37	539.35	847.64	1008.5	1457.9	1688.1

Pour la station d'El Kantara

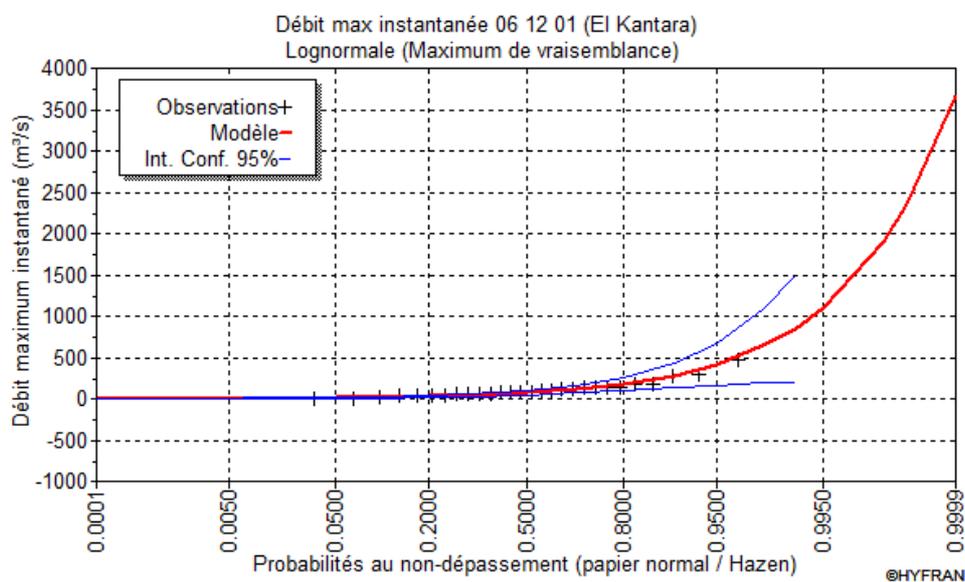


Figure III.4: Ajustement des débits maximaux instantanés A une loi de Log-Normale (Station 06 12 01)

$$\bar{x} = 4.30$$

$$\delta = 1.05$$

Résultats de la statique : $\chi^2 = 2.50$

Degrés de liberté : $V = 5$

Nombre de classes : $k=8$

Conclusion : Les séries des bassins 06 s'ajuste bien à la loi Log normale

GRAND BASSIN VERSANT 07

Tableau III.18: Débits fréquentiels de Grand bassin versant 07 (Loi Log-Normale)

stations (log- normale)	période de retour								
	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000
07 04 04	92.93	155.62	238.18	384.94	529.07	1009.3	1293.9	2190.9	2701.2
07 05 01	184.1	250.72	323.54	431.05	521.88	768.52	891.78	1222.6	1386
07 04 03	202.75	306.19	430.33	631.1	814.6	1365.4	1665.3	2537.3	2999.9
07 04 01	170.07	268.14	390.48	596.03	790.12	1397.7	1740.5	2771.2	3334.1
07 07 02	50.47	83.27	125.78	200.19	272.87	510.66	649.86	1083.4	1327.4

Pour la station de Chemorah

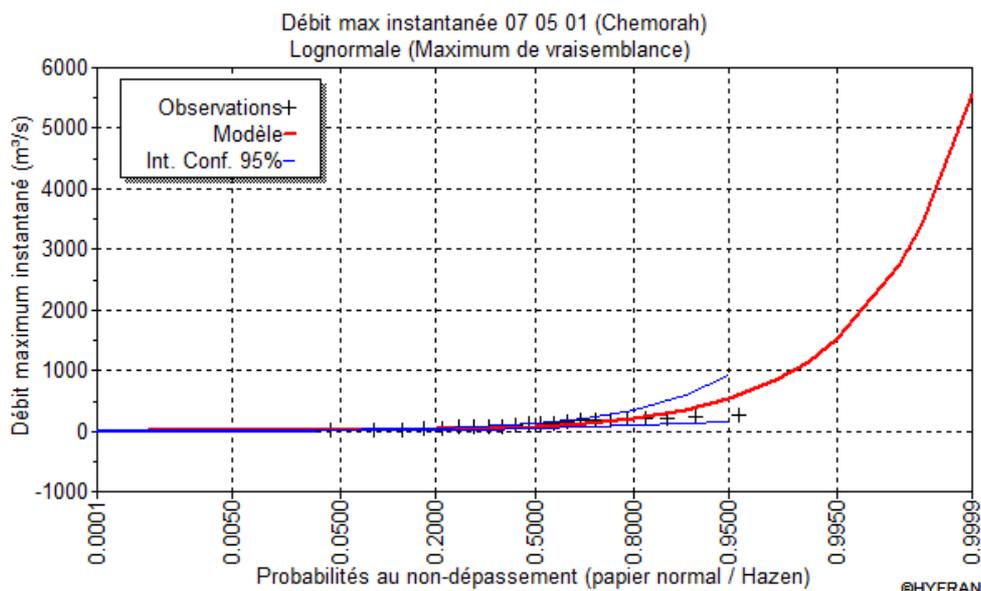


Figure III.5: Ajustement des débits maximaux instantanés A une loi de Log-Normale (Station 07 05 01)

$$\bar{x} = 4.42$$

$$\delta = 1.13$$

Résultats de la statique : $\chi^2 = 2.50$

Degrés de liberté : $V = 4$

Nombre de classes : $k=7$

Conclusion : Les séries des bassins 07 s'ajuste bien à la loi Log normale

L'ajustement des restes des séries des débits max est présenté en annexe III.2

3.2. Modélisations des débits des crues (débits max)

L'intérêt de ce modèle issu de l'analyse des crues en vue d'une meilleure compréhension de la réponse hydrologique des bassins. Nous cherchons donc ici à connaître les caractéristiques du fonctionnement du modèle.

Le tableau III.18 présente les quinze sous bassins versants étudiées et leurs caractéristiques morpho métriques (surfaces, Pluies, débits, coefficients de variation et débits fréquentiels (Loi de Galton)).

Tableau III.19: caractéristiques morpho métriques des sous bassin versant étudiées

Code Sous BV	Nom du Sous BV	Oued	Surface du bassin versant(S, Km²)	Pluie moyenne annuelle (P, mm)	Débit max moye	Cv	Débit fréquentiel (Loi de Galton)							
							5	10	20	50	500	1000	5000	10000
05 11 01	Sidi Ouadah	Soubella	176	298.88	65.35	1.192	95.06	170.7	276.78	476.75	1426.1	1891.1	3439.4	4362.2
05 03 01	Ain El Hadjel	El Ham	2661	196.29	79.04	1.042	150	262	417	701.95	2004.9	2627.1	4658.6	5849.7
05 09 01	Medjez	Ksob	1331	225.58	191.26	0.9	302.9	479.34	700.2	1072.5	2532.6	3159.5	5049.6	6084.5
05 05 01	Rocad Sud	El Ham	5600	161.8	118.18	0.873	209.79	385.08	635.77	1117.7	3483.1	4668.2	8612.7	9764.4
05 08 01	Ced Fegues	Lougmane	334	171.38	120.43	0.98	198.56	348.1	553.34	932.14	2666	3494.5	6201.5	7789.3
06 12 01	El Kantra	El Hai	1170	229	110.84	0.884	178.77	283.91	415.93	639.18	1519.4	1898.7	3045.6	3675.1
06 23 08	Ain Babouche	Chéria	785	184.21	88.33	0.669	153.88	248.48	369.06	575.98	736.79	1779.3	2903	3526.7
06 13 01	Djemorah	Djemorah	595	136.71	89.19	0.699	140.02	207.56	287.27	414.09	865.27	1045.9	1563.6	1834.8
06 18 11	Mellegu	Ktefessouda	2098	430	82.26	0.67	122.47	173.41	231.08	319.2	612.14	723.77	1032.5	1189.2
06 15 02	M'Chounech	El Abiod	1050	416	103.46	0.657	159.68	229.05	308.53	431.37	847.64	1008.5	1457.9	1688.1
07 04 04	Morri	Morri	24.5	271.78	63.3	1.206	92.93	155.62	238.18	384.94	1009.3	1293.9	2190.9	2701.2
07 05 01	Chemorah	Chemorah	765	367	121.285	0.475	184.1	250.72	323.54	431.05	768.52	891.78	1222.6	1386
07 04 03	Reboa	Reboa	296	359.37	137.83	0.44	202.75	306.19	430.33	631.1	1365.4	1665.3	2537.3	2999.9
07 04 01	Timgad Gue	Soultez	194	279.32	99.71	0.746	170.07	268.14	390.48	596.03	1397.7	1740.5	2771.2	3334.1
07 07 02	Foum El Gueiss	Gueiss	144	201.01	30.55	0.97	50.47	83.27	125.78	200.19	510.66	649.86	1083.4	1327.4

3.2.1. Modélisations des débits des crues fréquentiels

Le modèle de calcul des débits max fréquentiel proposé pour les cours d'eau de la zone d'étude est basé sur les propositions suivantes :

1. La bonne adéquation des données empiriques (données d'observation) à la loi de distribution théorique (loi log-normale) pour tous les échantillons (15 échantillons) des débits max permet de supposer que cette loi est valable en tous les points de l'espace des bassins versants de la zone d'étude.
2. Selon Dubreuil [8], le meilleur ajustement est donné par la loi log normale loi dissymétrie recommandée pour régimes subdésertiques et désertiques.

La loi de répartition Log normale (Galton) des débits max et période de retour T est retenue comme modèle et est présentée par la formule suivante [20] :

$$Q_T = \frac{\overline{Q}}{\sqrt{cv^2 + 1}} \exp \left[u \cdot \sqrt{\ln (cv^2 + 1)} \right] \quad (\text{III.20})$$

Ou :

Q_T : débit max de période de retour T (m³/s)

\overline{Q} : Moyen annuel des débits max (m³/s)

Cv : coefficient de variation

u : variable réduite de Gauss. En fonction de la fréquence ou de la période de retour.

Le débit \overline{Q} sera remplacé par (\overline{q}_{\max} . s)

\overline{q}_{\max} : Moyen annuel des débits spécifiques maximaux (m³/s)

S : Surface du bassin versant Km²

3.2.2. Détermination des paramètres $\overline{q_{\max}}$ et Cv du modèle :

3.2.2.1. Détermination du débit spécifique $\overline{q_{\max}}$

Plusieurs auteurs relient le débit spécifique maximum q à un seul argument qui est souvent la surface du bassin versant. L'expérience montre que les Eaux mettent plus de temps pour ce concentrer dans leur émissaire que le bassin est plus vaste et la pluie et la neige n'atteignent généralement leur maximum sur toute l'étendue du bassin versant à la fois. Le débit spécifique de crue q est fonction principalement de l'étendu du bassin versant et y inversement proportionnelle. Ceci veut dire que le débit maximum de crue croit moins vite que le surface du bassin versant.

De nombreuse études menées dans plusieurs pays en vue d'analyser le des débits maxima en fonction de la surface du bassin versant ont conduit à des formules dont le prototype est celle de [9] :

$$\text{Myer : } Q = CS^\alpha \quad (\text{III.21})$$

;(avec : Q en m³/s en Km²)

C : coefficient de Meyer, fonction des caractéristiques physique du bassin versant

α : Exposant varie entre 0.4 et 0.8

$$\text{Franco et Rodier : } \frac{Q}{10^6} = \left(\frac{S}{10^8} \right)^{1 - 0.1k} \quad (\text{III.22})$$

(Q en m³/s et S en km² et $k=2\div 6$)

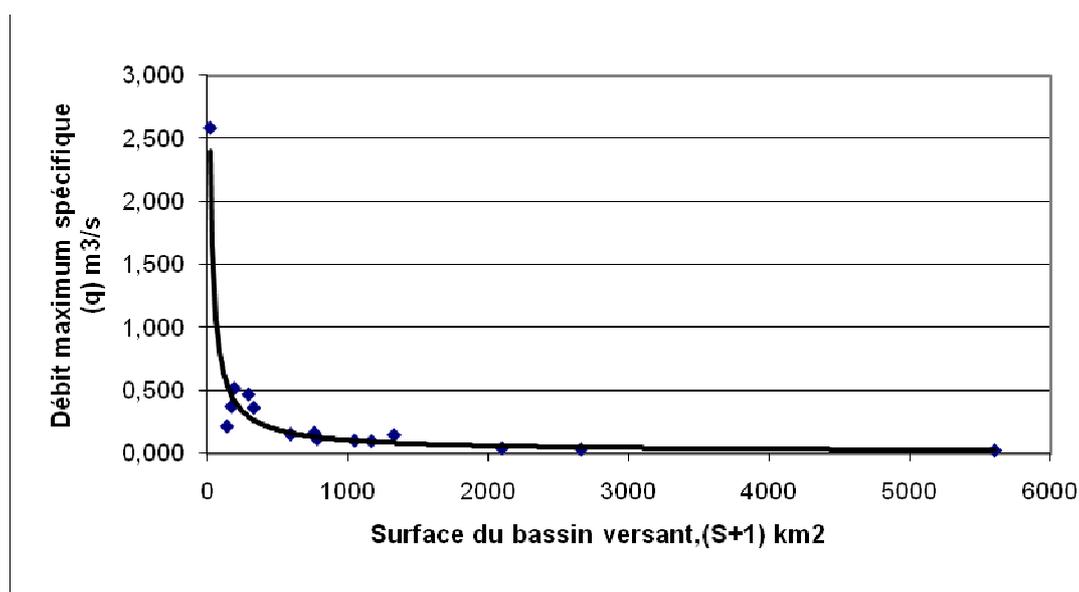
$$\text{Pagliaro : } q = \frac{Q}{S} = \frac{S + 90}{2900} \quad (\text{III.23})$$

(Q en m³/s et S en km²)

L'extrapolation de ces modèles vers les régions arides et semi-arides de l'Algérie confirme la décroissance du débit spécifique maximum avec la diminution de l'air du bassin versant. Figure III.6

Tableau III.20: Calcul q_{\max}

Code Sous BV	Nom du Sous BV	Oued	S(Km ²)	S+1(Km ²)	Q (m ³ /s)	q =Q/S
05 11 01	Sidi Ouadah	Soubella	176	177	65.35	0.371
05 03 01	Ain El Hadjel	El Ham	2661	2662	79.04	0.030
05 09 01	Medjez	Ksob	1331	1332	191.26	0.144
05 05 01	Rocad Sud	El Ham	5600	5601	118.18	0.021
05 08 01	Ced Fegues	Lougmane	334	335	120.43	0.361
06 12 01	El Kantra	El Hai	1170	1171	110.84	0.095
06 23 08	Ain Babouche	Chéria	785	786	88.33	0.113
06 13 01	Djemorah	Djemorah	595	596	89.19	0.150
06 18 11	Mellegu	Ktefessouda	2098	2099	82.26	0.039
06 15 02	M'Chounech	El Abiod	1050	1051	103.46	0.099
07 04 04	Morri	Morri	24.5	25.5	63.3	2.584
07 05 01	Chemorah	Chemorah	765	766	121.285	0.159
07 04 03	Reboa	Reboa	296	297	137.83	0.466
07 04 01	Timgad Gue	Soultez	194	195	99.71	0.514
07 07 02	Foum El Gueiss	Gueiss	144	145	30.55	0.212


 Figure III.6: Relation entre le débit spécifique moyen max(Q_M), la surface de bassin (S) et (S+1)

3.2.2.2. Détermination du coefficient de variation C_v :

L'expérience hydrologiques montre que la variation territoriale ou spatiale de plusieurs paramètres de l'écoulement (crue, étiage, etc) est le résultat de l'interaction de plusieurs facteurs physico géographiques et climatiques d'une zone géographique donnée. Il est donc possible d'interpoler les valeurs mesurées dans les sites des stations hydrométriques. Les premières méthodes de détermination du coefficient de variation en absence de données de mesure sont les formules et les relations empiriques [21].

L'analyse de la relation entre le coefficient de variation C_v , le débit spécifique maximum q_{\max} et la surface du bassin versant Fig. 37, montre que les points s'alignent bien autour de la droite d'ajustement cette corrélation est traduite par une simple relation de type exponentiel suivante :

$$C_v/q = 0.1224 \exp^{1.3817 \log(S+1)}$$

Donc: $C_v = 0.12 q_{\max} \exp^{1.38 \log(S+1)}$ (III.24)

Tableau III.21: détermination le rapport (C_v/q) et $\log(S+1)$

Code Sous BV	Nom du Sous BV	Oued	C_v	q_{\max}	C_v/q	(S+1) Km ²	Log(S+1)
05 11 01	Sidi Ouadah	Soubella	1.192	0.371	3.21	177	2.248
05 03 01	Ain El Hadjel	El Ham	1.042	0.047	21.98	2662	3.425
05 09 01	Medjez	Ksob	0.9	0.080	11.22	1332	3.125
05 05 01	Rocad Sud	El Ham	0.873	0.027	32.38	5601	3.748
05 08 01	Ced Fegues	Lougmane	0.98	0.229	4.29	335	2.525
06 12 01	El Kantra	El Hai	0.884	0.088	10.00	1171	3.069
06 23 08	Ain Babouche	Chéria	0.669	0.120	5.59	786	2.895
06 13 01	Djemorah	Djemorah	0.699	0.148	4.73	596	2.775
06 18 11	Mellegu	Ktefessouda	0.67	0.057	11.80	2099	3.322
06 15 02	M'Chounech	El Abiod	0.657	0.096	6.84	1051	3.022
07 04 04	Morri	Morri	1.206	0.684	1.76	25.5	1.407
07 05 01	Chemorah	Chemorah	0.475	0.122	3.89	766	2.884
07 04 03	Reboa	Reboa	0.44	0.251	1.76	297	2.473
07 04 01	Timgad Gue	Soultez	0.746	0.345	2.16	195	2.290
07 07 02	Foum El Gueiss	Gueiss	0.97	0.432	2.25	145	2.161

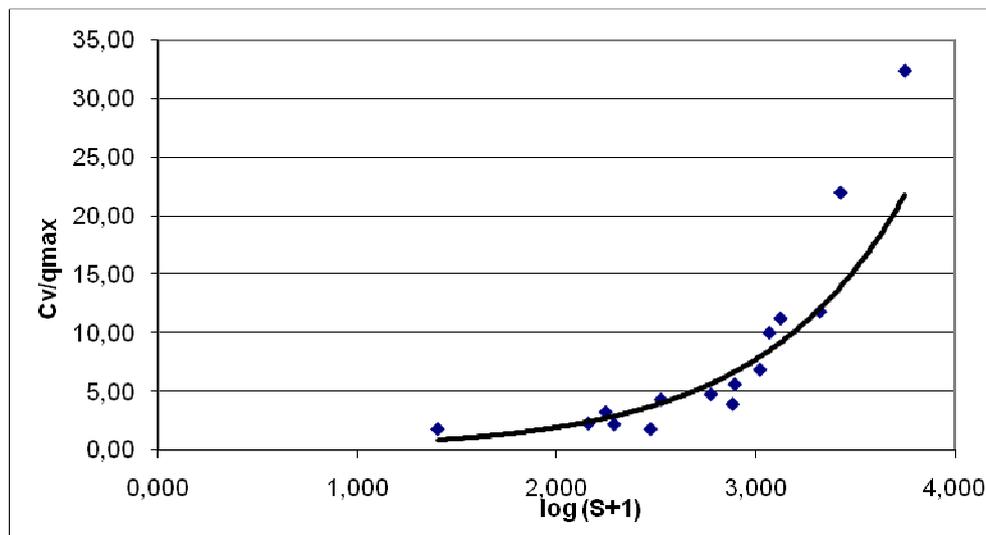


Figure III.7: relation entre le coefficient de variation $\frac{C_v}{q_{\max}}$ et $\log(S+1)$

Les analyses et résultats obtenus plus haut permettent de proposer une formule de calcul des débits de crues maximaux instantanés fréquentiels d'eau non jaugés des zones semi-arides et arides de l'Algérie. Cette formule est basée sur la distribution log-normale, distribution généralisée pour toutes ces régions et incluant les principaux paramètres (surface du bassin versant et débit spécifique maximum \overline{q}) intervient dans la genèse de crues.

$$Q_f = \frac{\overline{q}_{\max} \cdot S}{\sqrt{Cv^2 + 1}} e^{-u \sqrt{\ln(Cv^2 + 1)}} \quad \text{(III.25)}$$

3.2.3. Comparaison entre les valeurs de crues calculées et modélisées

Le tableau III.21 résumé la comparaison entre les valeurs de crues calculées et mesurées. Cette comparaison montre que les valeurs de crues modélisées se rapprochent à celles mesurées, En moyenne l'erreur de calcul ne dépasse pas 19%.

Nous tenons à préciser que vue la variation très élevée des débits de pointe (de quelques dizaines à quelques milliers de m³/s) d'ailleurs, ce qui caractérise les cours d'eau des zones arides et semi-arides de l'Algérie, en hydrologie, l'écart en 15-20% sur la moyenne d'un échantillon de débit de crue est admissible [21]. La relation établie peut être retenue pour déterminer les crues des oueds non jaugés des zones semi-arides et arides en Algérie.

Tableau III.22: Comparaison entre les valeurs de crues calculées et modélisées

Code Sous BV	Nom du Sous BV	Période de retour T	5 ans		10 ans		20 ans		50 ans		100 ans		500 ans		1000 ans	
			débit observé, QT, m3/s	débit calculé, QT, m3/s	débit observé, QT, m3/s	débit calculé, QT, m3/s	débit observé, QT, m3/s	débit calculé, QT, m3/s	débit observé, QT, m3/s	débit calculé, QT, m3/s	débit observé, QT, m3/s	débit calculé, QT, m3/s	débit observé, QT, m3/s	débit calculé, QT, m3/s	débit observé, QT, m3/s	débit calculé, QT, m3/s
05 11 01	Sidi Ouadah	Soubella	95.06	144.96	170.7	241.03	276.78	365.95	476.75	585.82	685.02	801.96	1426.1	1515.07	1891.1	1931.29
05 03 01	Ain El Hadjel	El Ham	150	258.54	262	368.53	417	493.06	701.95	684.46	993.28	851.98	2004.9	1327.49	2627.1	1572.24
05 09 01	Medjez	Ksob	302.9	225.86	479.34	334.43	700.2	461.64	1072.5	663.79	1425	845.90	2532.6	1382.25	3159.5	1667.10
05 05 01	Rocad Sud	El Ham	209.79	296.58	385.08	406.58	635.77	526.82	1117.7	705.40	1627.9	857.15	3483.1	1271.95	4668.2	1478.67
05 08 01	Ced Fegues	Lougmane	198.56	168.24	348.1	269.57	553.34	397.02	932.14	614.13	1319.6	821.70	2666	1482.07	3494.5	1856.11
06 12 01	El Kantra	El Hai	178.77	220.06	283.91	328.20	415.93	455.74	639.18	659.71	851.13	844.45	1519.4	1392.42	1898.7	1685.16
06 23 08	Ain Babouche	Chéria	153.88	202.67	248.48	309.16	369.06	437.33	575.98	646.44	774.91	839.08	736.79	1423.21	1779.3	1741.10
06 13 01	Djemorah	Djemorah	140.02	191.08	207.56	296.14	287.27	424.40	414.09	636.58	528.37	834.42	865.27	1443.64	1045.9	1779.49
6 18 11	Mellegu	Ktefessouda	122.47	247.04	173.41	356.70	231.08	482.31	319.2	677.57	395.9	850.15	612.14	1346.17	723.77	1604.20
06 15 02	M'Chounech	El Abiod	179.68	215.26	229.05	323.01	308.53	450.77	431.37	656.21	539.35	843.14	847.64	1400.88	1008.5	1700.34
07 04 04	Morri	Morri	92.93	86.23	155.62	160.18	238.18	266.37	384.94	472.45	529.07	692.58	1009.3	1503.03	1293.9	2020.04
07 05 01	Chemorah	Chemorah	194.1	201.57	250.72	307.94	323.54	436.13	431.05	645.54	521.88	838.68	768.52	1425.16	891.78	1744.70
07 04 03	Reboa	Reboa	202.75	163.69	306.19	264.11	430.33	391.21	631.1	609.08	814.6	818.47	1365.4	1489.18	1665.3	1871.25
07 04 01	Timgad Gue	Soultez	170.07	148.36	268.14	245.30	390.48	370.72	596.03	590.36	790.12	805.38	1397.7	1510.87	1740.5	1920.77
07 07 02	Foum El Gueiss	Gueiss	54.47	138.11	83.27	232.31	125.78	356.08	200.19	576.16	272.87	794.39	510.66	1522.66	649.86	1951.72
			163.03	193.88	256.77	296.21	380.22	421.04	594.94	628.25	804.60	822.63	1449.70	1429.07	1902.53	1768.28
			18.9		15.4		10.7		5.6		2.2		-1.4		-7.1	

Conclusion

Nous avons testé l'homogénéisation de la série de débit max de crue observé des stations par l'utilisation du test de Wilcoxon afin de pouvoir détecter et corriger les anomalies et les valeurs erronées. Toutes les séries testées sont homogène à 95%.

Il existe plusieurs lois d'ajustement, l'ajustement est établie par le logiciel « Hyfran » et le meilleur ajustement est donné par la loi de Galton (Log-normale). Le test Khi deux confirme l'adéquation. Nous l'avons retenue comme base pour la suite de l'étude.

Les analyses et les résultats obtenus dans l'actuel chapitre permettent de proposer un modèle de calcul des crues pour les oueds non jaugés des zones arides et semi- arides de l'Algérie. Le modèle proposé est très simple et facile à appliquer, il exige uniquement la connaissance de la valeur de la surface du bassin versant qui peut être déterminé à partir des cartes topographiques.

La comparaison entre les valeurs observées et déterminées pour le modèle montre l'erreur max ne dépasse pas 19%.

La méthode proposée peut être considéré comme fiables pour calculs des débits de crue dans les zone semi-aride et aride en Algérie.

Conclusion Générale et Recommandations

Conclusion Générale

L'étude sur les inondations en Algérie établie par l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) montre que le pays est confronté au phénomène de crues et inondations très destructives en particulier dans les régions arides et semi-arides.

Les crues des cours d'eau de ces zones sont moins connues. Elles sont caractérisées par leur subite durée (pluies averse et d'orage). La durée de la crue est de l'ordre de quelques minutes à quelques heures. Les dégâts humains et matériels causés par ces crues ont été toujours très élevés.

La zone d'étude englobe trois bassins versants des zones semi-arides et arides du sud Est de l'Algérie. Il s'agit des bassins de Chott Melghir- (68751 Km²), des hauts plateaux constantinois-07(9578 Km²) et d'El Hodna-bassin 05(25843 Km²). Les oueds de ces zones sont à écoulement endoréiques (les oueds se jettent des dépressions fermées) et à régime quasi temporaire.

Les études de protection contre les inondations ou les études de dimensionnement des ouvrages hydrauliques (évacuateur de crue, bassin d'orage, etc) nécessitent la donnée de la crue qui est souvent inconnue dans plusieurs endroits en particulier au niveau des oueds non jaugés de ces zones. Cela rend la tâche très difficile aux planificateurs et aux aménagistes exerçant dans le domaine des études hydrauliques.

L'objectif de cette étude est de proposer une méthodologie de détermination de la crue en absence de données de mesure dans la zone semi-aride et aride du Sud Est de l'Algérie.

Les données des débits maximaux instantanés des crues proviennent de fichiers de l'Agence nationale des ressources hydriques (ANRH). Ces débits sont enregistrés aux niveaux des 15 stations hydrométriques réparties uniformément sur toute la surface des trois bassins versants. La durée d'observation varie de 15 à 39 ans.

Un fichier a été créé identifiant tous les débits max. (date de la crue ainsi sa valeur en m³/s).

Après avoir constitué des rangs statistiques des débits max instantanés un ajustement aux lois théoriques a été effectué pour déterminer les quantiles de ces mêmes débits. Le meilleur ajustement donné a été effectué pour déterminer les quantiles de ces mêmes débits. Le meilleur ajustement donné par la loi log normale.

Le modèle de calcul des débits max fréquentiel proposé pour les cours d'eau de la zone d'étude est basé sur les propositions suivantes :

1. La bonne adéquation des données empiriques (données d'observation) à la loi de distribution théorique (loi log-normale) pour tous les échantillons (15 échantillons) des débits max permet de supposer que cette loi est valable en tous les points de l'espace des bassins versants de la zone d'étude.

2. Selon Dubreuil, le meilleur ajustement est donné par la loi log normale loi dissymétrie recommandée pour régimes subdésertiques et désertiques.

Plusieurs auteurs relient le débit spécifique maximum q à un seul argument qui est souvent la surface du bassin versant. L'expérience montre que les Eaux mettent plus de temps pour se concentrer dans leur émissaire que le bassin est plus vaste et la pluie et la neige n'atteignent généralement leur maximum sur toute l'étendue du bassin versant à la fois. Le débit spécifique de crue q est fonction principalement de l'étendu du bassin versant et y inversement proportionnelle. Ceci veut dire que le débit maximum de crue croît moins vite que le surface du bassin versant.

L'expérience hydrologiques montre que la variation territoriale ou spatiale de plusieurs paramètres de l'écoulement (crue, étiage, etc) est le résultat de l'interaction de plusieurs facteurs physico géographiques et climatiques d'une zone géographique donnée. Il est donc possible d'interpoler les valeurs mesurées dans les sites des stations hydrométriques. Les premières méthodes de détermination du coefficient de variation en absence de données de mesure sont les formules et la relations empiriques.

La majorité de ces formules relient le coefficient de variation aux principaux facteurs hydrométéorologiques et les facteurs physiques des bassins versants.

Les analyses et résultats obtenus plus haut permettent de proposer une formule de calcul des débits de crues maximaux instantanés fréquentiels d'eau non jaugés des zones semi-arides et arides de l'Algérie. Cette formules est basé sur la distribution log-normale, distribution généralisée pour toutes ces régions et incluant les principaux paramètres (surface du bassin versant et débit spécifique maximum) intervient dans la genèse de crues.

$$Q_f = \frac{\overline{q_{\max}} \cdot S}{\sqrt{Cv^2 + 1}} e^{u \sqrt{\ln(Cv^2 + 1)}}$$

La comparaison entre les valeurs observées et déterminées pour le modèle montre l'erreur max ne dépasse pas 19%.

Il existe plusieurs lois d'ajustement, l'ajustement est établie par le logiciel « Hyfran » et le meilleur ajustement est donné par la loi de Galton (Log-normale). Ce test Khi deux confirme l'adéquation.

Nous l'avons retenue comme base pour la suite de l'étude. La valeur de crue qui est une valeur indispensable pour le calcul et le dimensionnement des ouvrages hydrauliques, reste souvent inconnue dans les régions arides et semi-arides de l'Algérie et ce par manque de données de mesure et/ou absence de méthodologie de calcul approprié à ces zones. L'analyse de quelques paramètres (moyen annuel des débits maximaux spécifiques(q_{\max}), la

surface du bassin versant S et le coefficient de variation C_v) intervenants dans la genèse de crue es cours d'eau, associée à quelques considérations théoriques (loi de distribution théorique lognormale généralisé dans tous l'espace des régions arides et semi-arides), permettait la mise au point d'un modèle de calcul des débits des crues pour les cours d'eau non jaugés de ces zones).

Son utilisation nécessite la connaissance uniquement de la surface du bassin versant (S). La valeur de cette dernière est déterminée par planimétrie du contour du bassin sur une carte topographique. La méthode établie fournie des résultats satisfaisants et considérée comme fiable à des fins d'étude hydrologique en absence de données de mesure.

Au fur et à mesure de la collecte de donnée, La méthodologie établie peut être revue et corrigée.

Recommandations

- La méthode proposée peut être considérée comme fiable pour les calculs des débits de crue dans les zones semi-arides et arides en Algérie.
- Nous avons testé l'homogénéisation de la série de débit maximum de crue observée des stations par l'utilisation du test de Wilcoxon afin de pouvoir détecter et corriger les anomalies et les valeurs erronées. Toutes les séries testées sont homogènes à 95%.
- Le modèle proposé est très simple et facile à appliquer, il exige uniquement la connaissance de la valeur de la surface du bassin versant qui peut être déterminée à partir des cartes topographiques.
- La meilleure méthode d'estimation des crues est la méthode qui utilise les données d'observation.
- Les formules empiriques utilisées pour le calcul des débits de crue ne fournissent pas de bons résultats à cause de leur caractère empirique. Ces formules sont établies ailleurs et ne conviennent pas pour les conditions physico-géographiques de ces zones semi-arides.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

✚ [1] : Article de Johnson Bengue, Wal Fadjri-all Africa.

✚ [2] : "Evènements hydrologiques extrêmes" 16, Istit 1, 2 décembre 2003.

✚ [3] : **Baazi (H) 2002 :**

Etude de la faisabilité d'un ouvrage de substitution dans la vallée de l'oued El ABiod. Thèse de Magister. Inst d'hydraulique, univ. Batna.

✚ [4] : **Boumessenegh (A) 2006 :**

Les inondations dans la ville de BISKRA (causes et Impacts). Univ de Batna.

✚ [5] : D'après l'agence nationale des ressources hydriques(A.N.R.H)

✚ [6] **Annuaire pluviométrique de l'Algérie :**

Direction des études de milieu et de la recherche hydraulique sous-direction des ressources en eau, service hydrologie année 1972 – 1973.

✚ [7] : **Bendjamaa (F) 2000 :**

Etude géomorphologique de la terminaison occidentale des amonts de Bellezma (Algérie orientale). Thèse de Magister. Inst. D'aménagement, univ de Constantine.

✚ [8] : **Dubreuil (P) 1974 :**

Initiation à l'analyse hydrologique paris.

✚ [9] : **Musy (A) 2005 :**

Laboratoire d'Hydrologie et Aménagements (HYDRAM) Institut des Sciences et Technologies. Lausanne.

✚ [10] : **Seltzer (P) 1946 :**

Le climat de l'Algérie, travail institut météorologique et physique globe, Algérie.

Bibliographie

✚ [11] : Office national de la météorologie (1975-84)

✚ [12] : **Bella (N) 2005 :**

Aptitude aux écoulements dans l'impluvium de la ville de Batna et les problèmes d'inondations. Thèse de Magister. Inst science de la terre, univ de Batna.

✚ [13] : **BOUTOUTAOU (D) 2006 :**

Méthode e calcul des débits de crues en Algérie Septentrional. Séminaire national sur « Les ressources en eau et leurs utilisations ».

✚ [14] : **Loup (J) 1974 :**

Eaux terrestres: hydrologie continentale. Paris.

✚ [15] : **Dubief (J) 1955 :**

Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara société des études hydrauliques d'Ouargla.

- Tome 1 : Généralités.
- Tome 3 : Bassin de Melghir.
- Tome 5 : Résultats Généraux.

✚ [16] : **Pierre (R) 2003 :**

Genèse des crues et des inondations, les crues en zones urbaines la seine Saint Denis et Marseille.

✚ [17] : **Mébarck (A) 1984 :**

Ressources en eau et aménagement en Algérie. " Bassin de Kbir Rhumel" O.P.U. Alger.

✚ [18] : **Belloum (A) –Dekhil (S) 2000 :**

Approche hydrologique comparée des crues en Algérie I.F.T.S.A Skikda. Thèse de Magister. Inst. D'aménagement, univ de Constantine.

Bibliographie

✚ [19] : **Bertin (M) – Duquesroy (M) 1956 :**

Protection de Biskra contre les inondations. Service de la colonisation et de l'hydraulique.

✚ [20] : **Duffant (J) - Guillot et Roche - Herriou (M) 1973 :**

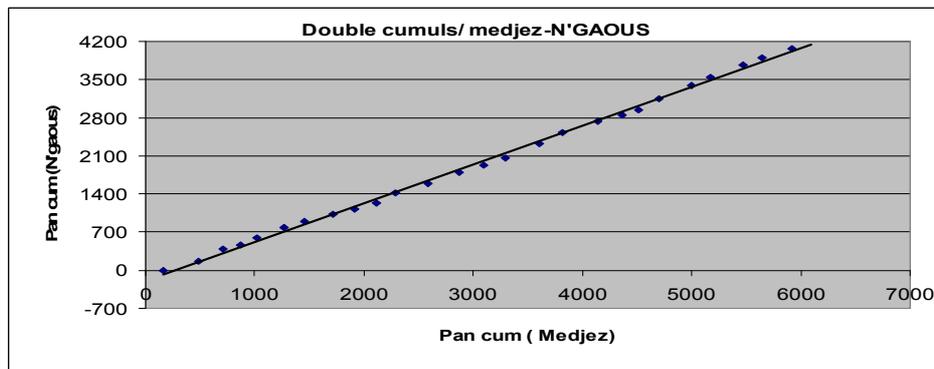
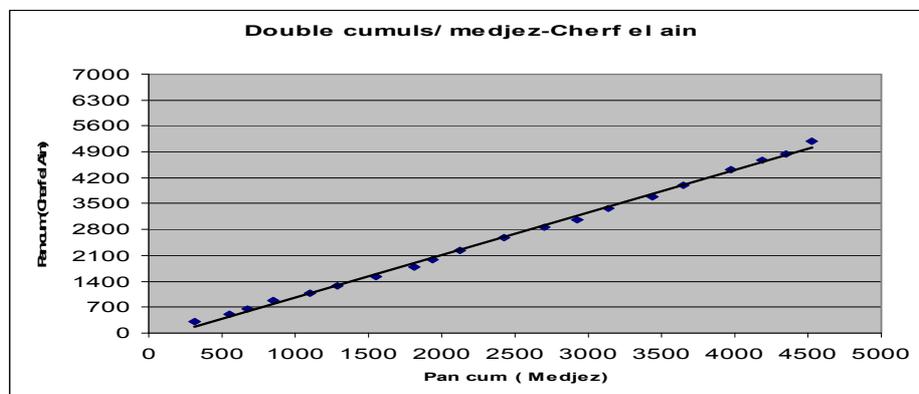
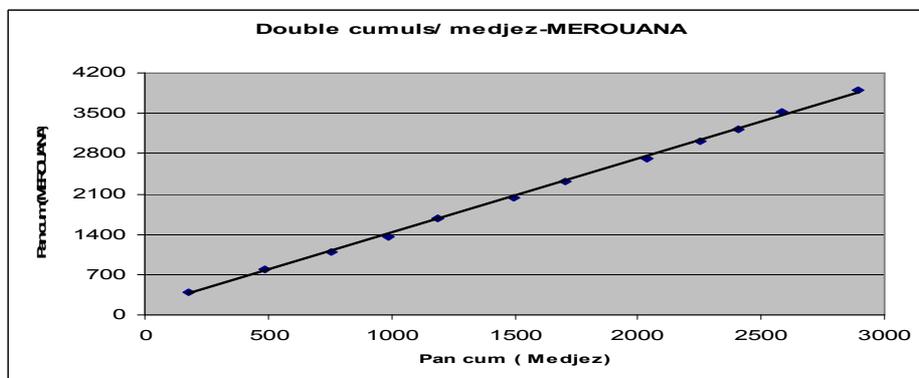
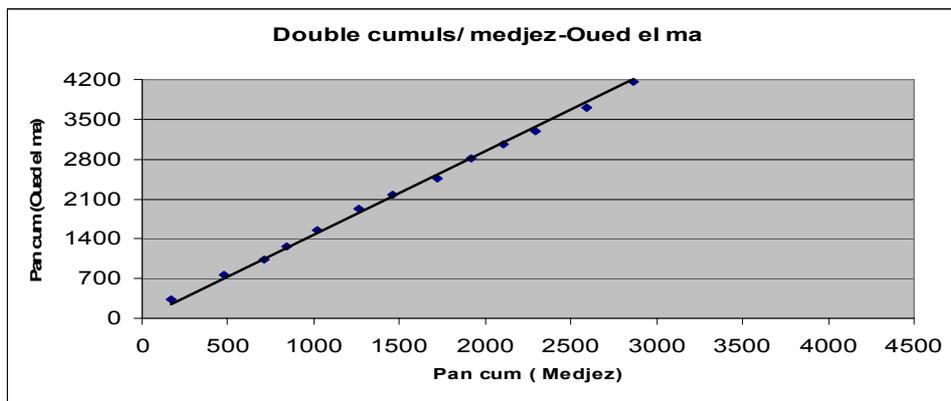
Détermination des crues de projet par un graphique de travail du comité français des grands barrages. Société Grenobloise d'études et d'applications hydrauliques.

✚ [21] : **GARACHKOV (P) 1979 :**

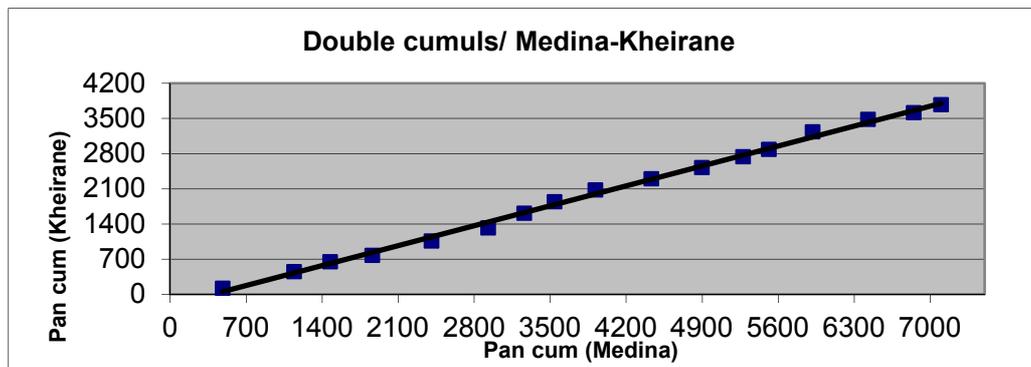
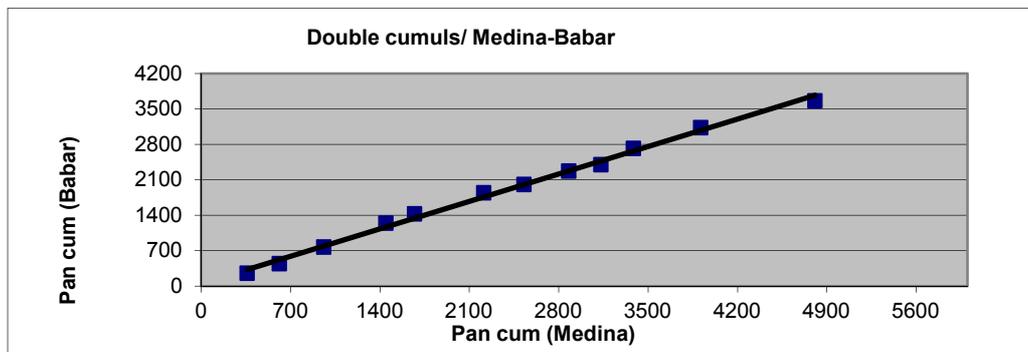
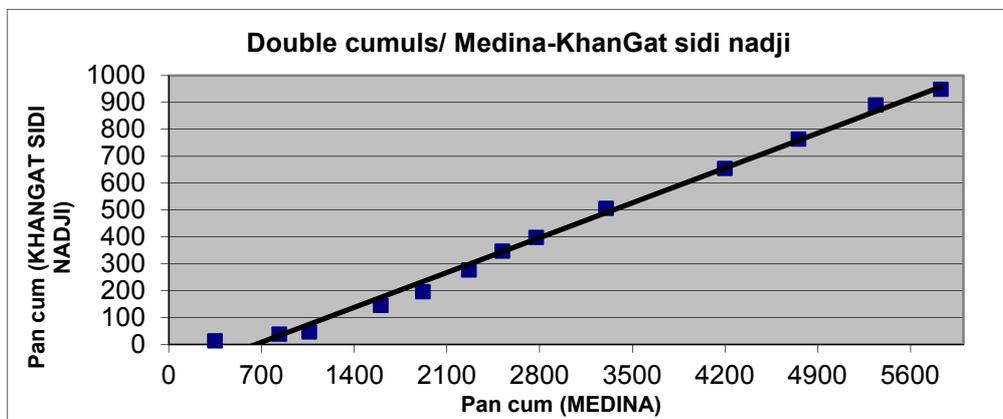
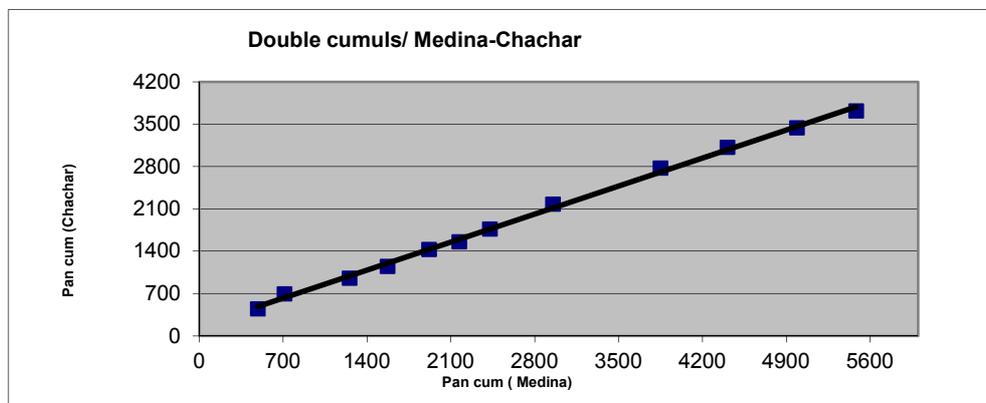
Calcul hydrologique. Ed.Hydo-mété. Leningrad. Russie.

Annexe

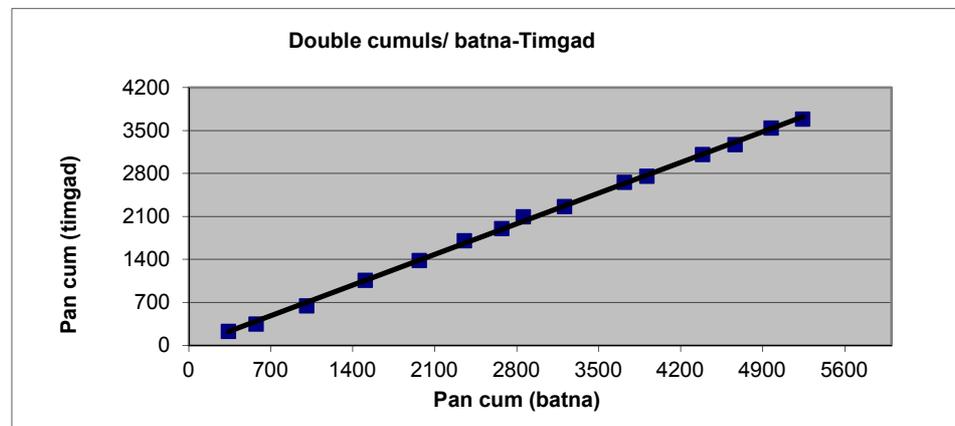
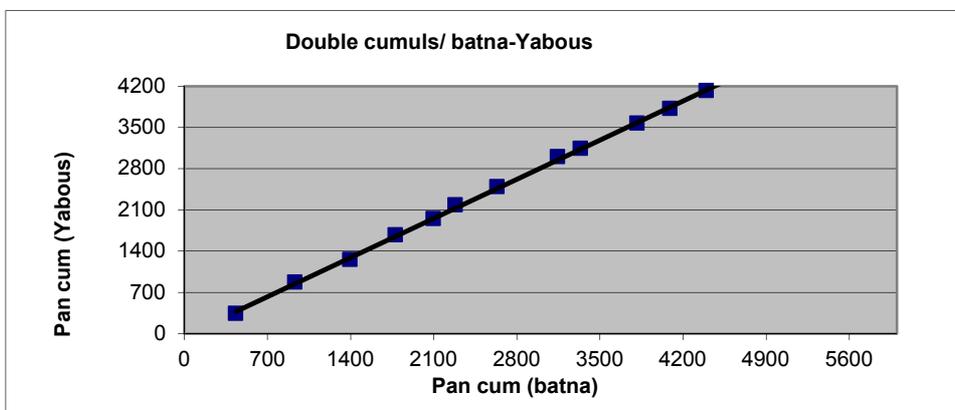
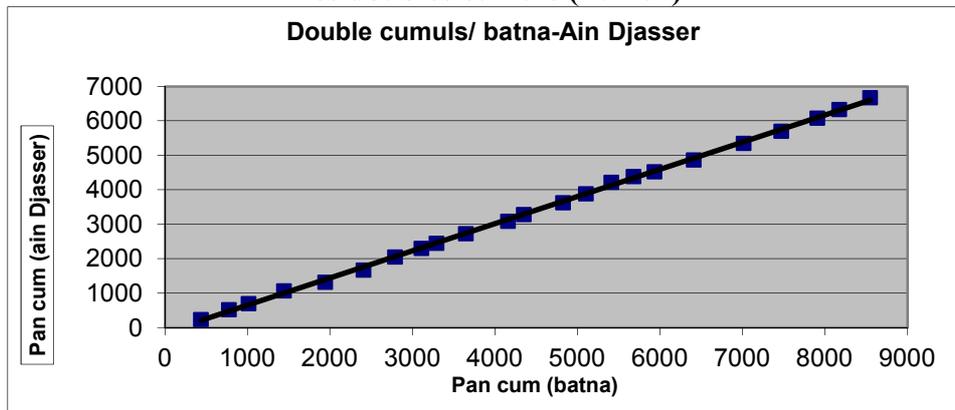
Annexe I.1 : Critique des données pluviométriques par la méthode Des doubles cumuls (B.V 05)

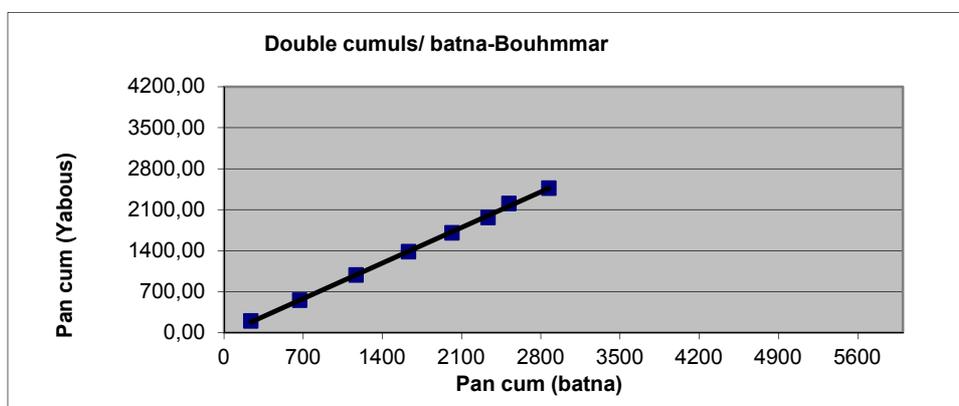
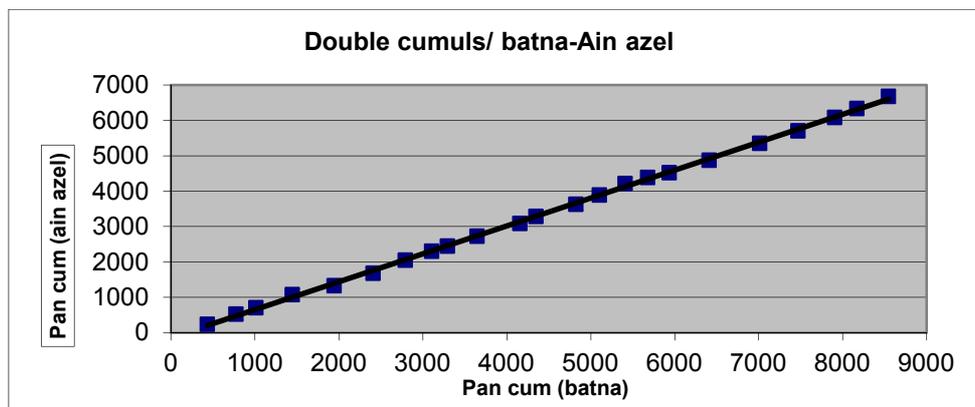
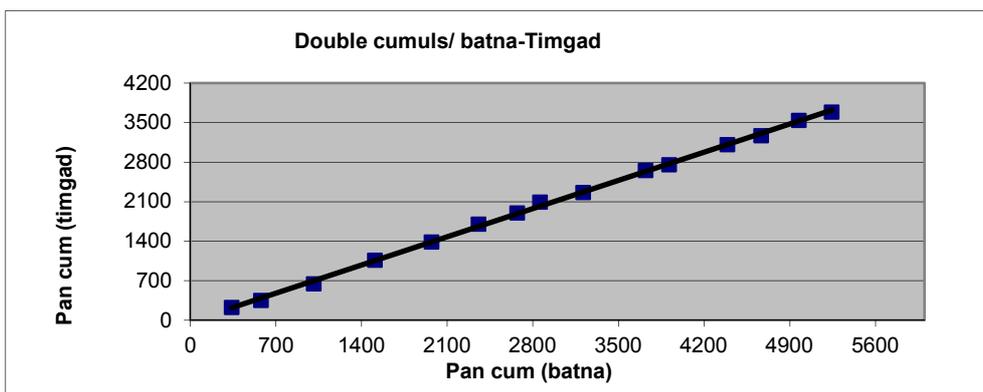
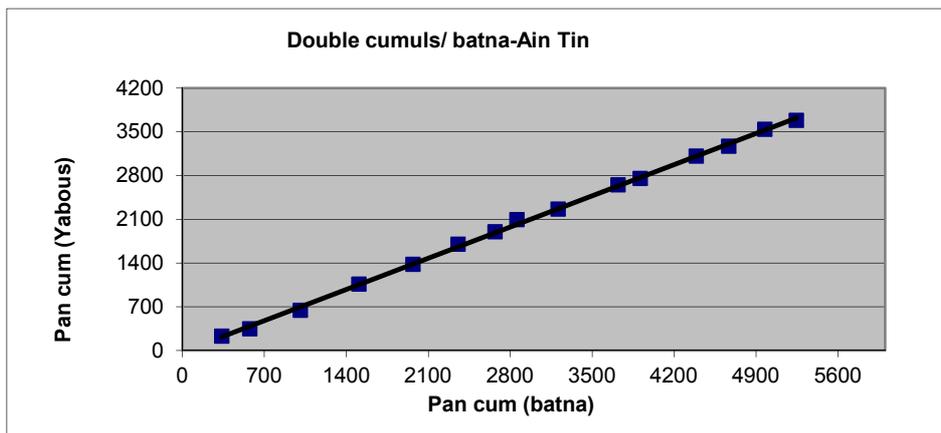


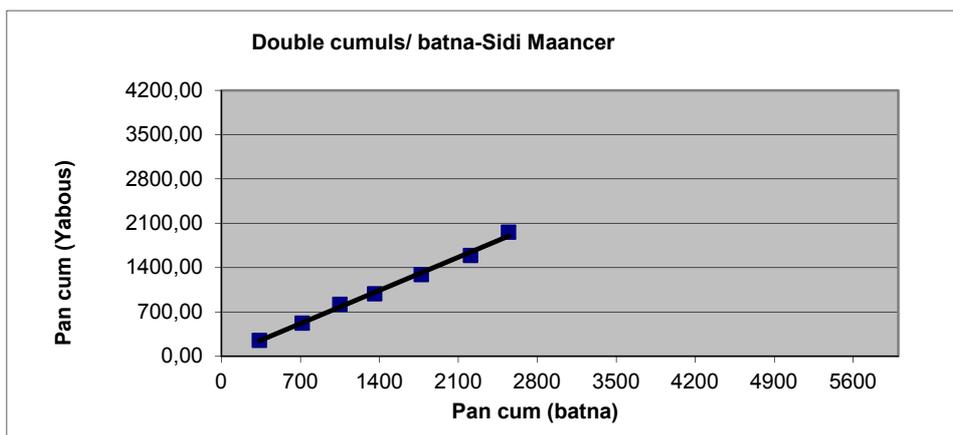
**Annexe I.2 : Critique des données pluviométriques par la méthode
Des doubles cumuls (B.V 06)**



**Annexe I.3 : Critique des données pluviométriques par la méthode
Des doubles cumuls (B.V 07)**







Annexe I.4 : Bilan hydrique avec l'ETP de THORNTHWAITE

Station de Medjez

	Tp	IT	CL	ETPc	Pr	ETPc - Pr	RU	ETPr	Def	Exc
S	19.7	8.0	1.03	88.3	33.1	-51.2	0.0	33.1	55.2	0.0
O	14.7	5.1	0.97	53.5	32.5	-21.0	0.0	32.5	21.0	0.0
N	9.5	2.6	0.86	24.5	37.3	12.9	12.9	24.5	0.0	0.0
D	5.9	1.3	0.81	11.1	31.6	20.5	33.4	11.1	0.0	0.0
J	4.8	0.9	0.87	8.7	34.4	25.7	46.0	8.7	0.0	13.1
F	6.2	1.4	0.85	12.7	32.9	20.2	46.0	12.7	0.0	22.0
M	8.4	2.2	1.03	24.4	38.4	14.0	46.0	24.4	0.0	14.0
A	12.2	3.8	1.10	45.6	33.7	-11.9	34.1	45.6	0.0	0.0
M	21.9	9.4	1.21	121.6	37.0	-84.6	0.0	71.2	50.5	0.0
J	21.6	9.1	1.22	119.8	17.2	-102.7	0.0	17.2	102.7	0.0
J	21.1	8.8	1.24	117.7	4.4	-113.3	0.0	4.4	113.3	0.0
A	26.1	12.2	1.16	151.8	18.1	-133.7	0.0	18.1	133.7	0.0
Année	14.33	-	-	779.8	350.7	-	-	303.4	476.4	47.31

Station de Sidi Ouadah

	Tp	IT	CL	ETPc	Pr	ETPc - Pr	RU	ETPr	Def	Exc
S	19.7	8.0	1.03	86.8	30.3	-56.5	0.0	30.3	56.5	0.0
O	14.7	5.1	0.97	51.8	27.5	-24.3	0.0	27.5	24.3	0.0
N	9.5	2.6	0.86	23.1	27.8	4.7	4.7	23.1	0.0	0.0
D	5.9	1.3	0.81	10.2	36.7	26.5	31.2	10.2	0.0	0.0
J	4.8	0.9	0.87	7.9	28.7	20.8	46.0	7.9	0.0	6.0
F	6.2	1.4	0.85	11.7	21.1	9.3	46.0	11.7	0.0	9.3
M	8.4	2.2	1.03	22.9	37.6	14.7	46.0	22.9	0.0	14.7
A	12.2	3.8	1.10	43.6	27.6	-16.1	29.9	43.6	0.0	0.0
M	21.9	9.4	1.21	120.3	31.4	-88.9	0.0	61.3	58.9	0.0
J	21.6	9.1	1.22	118.4	16.5	-101.9	0.0	16.5	101.9	0.0
J	26.1	12.2	1.24	162.2	7.4	-154.8	0.0	7.4	154.8	0.0
A	26.1	12.2	1.16	151.6	12.1	-139.5	0.0	12.1	139.5	0.0
Année	14.75	-	-	810.4	304.5	-	-	274.4	536.0	30.04

Station de Seklaf

	Tp	IT	CL	ETPc	Pr	ETPc - Pr	RU	ETPr	Def	Exc
S	20.8	8.6	1.03	93.5	30.6	-62.9	0.0	30.6	62.9	0.0
O	15.8	5.7	0.97	57.0	22.5	-34.6	0.0	22.5	34.6	0.0
N	10.5	3.1	0.86	26.3	21.7	-4.6	0.0	21.5	4.6	0.0
D	6.9	1.6	0.81	12.6	24.3	11.8	11.8	12.6	0.0	0.0
J	5.9	1.3	0.87	10.5	23.0	12.5	24.3	10.5	0.0	0.0
F	7.4	1.8	0.85	14.8	18.8	4.0	28.3	14.8	0.0	0.0
M	9.6	2.7	1.03	27.3	35.2	7.8	36.1	27.3	0.0	0.0
A	12.8	4.1	1.10	46.0	27.7	-18.2	17.9	46.0	0.0	0.0
M	17.4	6.6	1.21	82.8	34.0	-48.7	0.0	51.9	30.9	0.0
J	22.7	9.8	1.22	127.3	18.6	-108.7	0.0	18.6	108.7	0.0
J	26.4	12.4	1.24	165.2	7.1	-158.1	0.0	7.1	158.1	0.0
A	26.0	12.1	1.16	150.8	11.4	-139.4	0.0	11.4	139.4	0.0
Année	15.16	-	-	814.1	275.0	-	-	275.0	539.1	0.0

Station d'El Kantara

	Tp	IT	CL	ETPc	Pr	ETPc - Pr	RU	ETPr	Def	Exc
S	16.9	6.3	1.03	76.4	54.5	-22.0	0.0	54.5	22.0	0.0
O	11.8	3.7	0.97	45.0	47.6	2.6	2.6	45.0	0.0	0.0
N	6.8	1.6	0.86	19.3	45.6	26.3	28.9	19.3	0.0	0.0
D	2.9	0.4	0.81	6.1	41.5	35.5	46.0	6.1	0.0	18.4
J	1.8	0.2	0.87	3.5	35.6	32.1	46.0	3.5	0.0	32.1
F	3.0	0.5	0.85	6.7	32.1	25.4	46.0	6.7	0.0	25.4
M	3.3	0.5	1.03	9.0	54.1	45.1	46.0	9.0	0.0	45.1
A	10.6	3.1	1.10	44.5	42.4	-2.1	43.9	44.5	0.0	0.0
M	14.1	4.8	1.21	71.1	45.5	-25.6	18.3	71.1	0.0	0.0
J	18.6	7.3	1.22	103.2	24.5	-78.7	0.0	42.8	60.4	0.0
J	22.5	11.6	1.24	156.2	12.0	-144.2	0.0	12.0	144.2	0.0
A	26.3	12.3	1.16	154.4	28.5	-126.0	0.0	28.5	126.0	0.0
Année	11.8	11.78	-	695.3	463.7	-	-	342.8	352.5	120.98

Station de F. Toub

	Tp	IT	CL	ETPc	Pr	ETPc - Pr	RU	ETPr	Def	Exc
S	19.8	8.0	1.03	88.8	48.2	-40.6	0.0	48.2	40.6	0.0
O	14.9	5.2	0.97	53.9	40.9	-13.0	0.0	40.9	13.0	0.0
N	9.6	2.7	0.86	24.7	26.5	11.8	11.8	24.7	0.0	0.0
D	6.0	1.3	0.81	11.3	47.2	36.0	46.0	11.3	0.0	1.8
J	4.9	1.0	0.87	8.9	43.3	34.4	46.0	8.9	0.0	34.4
F	6.4	1.4	0.85	13.0	36.1	23.1	46.0	13.0	0.0	23.1
M	8.6	2.3	1.03	24.7	54.3	29.6	46.0	24.7	0.0	29.6
A	12.3	3.9	1.10	45.6	49.0	3.4	46.0	45.6	0.0	3.4
M	16.6	6.2	1.21	79.6	45.5	-34.2	11.8	79.6	0.0	0.0
J	21.7	9.2	1.22	120.6	32.0	-88.6	0.0	43.8	76.8	0.0
J	26.1	12.2	1.24	162.7	11.8	-151.0	0.0	11.8	151.0	0.0
A	26.1	12.2	1.16	151.7	24.7	-127.0	0.0	24.7	127.0	0.0
Année	14.4	-	-	785.5	469.5	-	-	377.1	408.4	92.4

Station de Tazoult

	Tp	IT	CL	ETPc	Pr	ETPc - Pr	RU	ETPr	Def	Exc
S	18.3	7.1	1.03	81.7	52.8	-28.9	0.0	52.8	28.9	0.0
O	13.3	4.4	0.97	48.8	37.4	-11.4	0.0	37.4	11.4	0.0
N	8.3	2.1	0.86	21.9	43.0	21.1	21.1	21.9	0.0	0.0
D	4.6	0.9	0.81	9.0	33.0	24.0	45.1	9.0	0.0	0.0
J	3.4	0.5	0.87	6.1	29.7	23.5	46.0	6.1	0.0	22.6
F	4.7	0.9	0.85	9.6	27.8	18.2	46.0	9.6	0.0	18.2
M	6.9	1.6	1.03	20.1	45.9	25.7	46.0	20.1	0.0	25.7
A	11.4	3.5	1.10	44.4	38.3	-6.1	39.9	44.4	0.0	0.0
M	15.4	5.5	1.21	74.5	39.9	-34.6	5.3	74.50	0.0	0.0
J	20.2	8.3	1.22	110.9	23.1	-87.8	0.0	28.4	82.5	0.0
J	26.7	12.6	1.24	16.7	8.9	-7.8	0.0	8.9	7.8	0.0
A	26.2	12.3	1.16	153.1	26.1	-127.0	0.0	26.1	127.0	0.0
Année	13.27	-	-	597.0	405.9	-	-	339.4	257.6	66.57

Annexe I.5 : Bilan hydrique avec l'ETP de TURC

Station de Medjez

	Ins	Ig	Hr	Tp	ETP	Pr	ETP-Pr	RU	Def	Exc	ETR
S	327.52	459.2	58.6	19.7	115.6	33.1	-82.6	0.0	82.6	0.0	33.1
O	263.16	343.6	64.2	14.7	72.1	32.5	-39.6	0.0	39.6	0.0	32.5
N	197.51	250.0	72.4	9.5	46.5	37.3	-9.2	0.0	9.2	0.0	37.3
D	16051	209.2	72.9	5.9	29.1	31.6	2.5	2.5	0.0	0.0	29.1
J	162.59	235.0	71.3	4.8	27.5	34.4	7.0	9.5	0.0	0.0	27.5
F	148.78	284.0	71.4	6.2	39.1	32.9	-6.2	3.3	0.0	0.0	39.1
M	217.26	392.6	63.3	8.4	63.6	38.4	-25.2	0.0	21.9	0.0	41.7
A	250.9	472.5	63.2	12.2	93.7	33.7	-59.9	0.0	59.9	0.0	33.7
M	382.35	537.0	59.0	21.9	139.3	37.0	-102.3	0.0	102.3	0.0	37.0
J	403.71	619.2	49.9	21.6	158.1	17.2	-140.9	0.0	140.9	0.0	17.2
J	480.36	460.4	39.7	26.1	185.1	4.4	-180.7	0.0	180.7	0.0	4.4
A	402.67	573.5	44.4	26.1	170.8	18.1	-152.7	0.0	152.7	0.0	18.1
Année	3397.32	-	60.86	14.75	1140.6	350.7	-	-	789.8	0.0	350.7

Station de Sidi Ouadah

	Ins	Ig	Hr	Tp	ETP	Pr	ETP-Pr	RU	Def	Exc	ETR
S	327.52	459.2	58.6	19.7	115.6	30.3	-85.4	0.0	85.4	0.0	30.3
O	263.16	343.6	64.2	14.7	72.1	27.5	-44.6	0.0	44.6	0.0	27.5
N	197.51	250.0	72.4	9.5	46.5	27.8	-18.7	0.0	18.7	0.0	27.8
D	16051	209.2	72.9	5.9	29.1	36.7	7.6	7.6	0.0	0.0	29.1
J	162.59	235.0	71.3	4.8	27.5	28.7	1.2	8.8	0.0	0.0	27.5
F	148.78	284.0	71.4	6.2	39.1	21.1	-18.1	0.0	9.2	0.0	29.9
M	217.26	392.6	63.3	8.4	63.6	37.6	-26.0	0.0	26.0	0.0	37.6
A	250.9	472.5	63.2	12.2	93.7	27.6	-66.1	0.0	66.1	0.0	27.6
M	382.35	537.0	59.0	21.9	139.3	31.4	-107.9	0.0	107.9	0.0	31.4
J	403.71	619.2	49.9	21.6	158.1	16.5	-141.6	0.0	141.6	0.0	16.5
J	480.36	460.4	39.7	26.1	201.1	7.4	-93.7	0.0	193.7	0.0	7.4
A	402.67	573.5	44.4	26.1	170.8	12.1	-158.8	0.0	158.8	0.0	12.1
Année	3397.32	-	60.86	14.75	1156.6	304.5	-	-	852.1	0.0	304.5

Station de Seklaf

	Ins	Ig	Hr	Tp	ETP	Pr	ETP-Pr	RU	Def	Exc	ETR
S	327.52	459.2	58.6	20.8	118.2	30.6	-87.6	0.0	87.6	0.0	30.9
O	263.16	343.6	64.2	15.8	74.7	22.5	-52.3	0.0	52.3	0.0	22.5
N	197.51	250.0	72.4	10.5	49.4	21.7	-27.7	0.0	27.7	0.0	21.7
D	16051	209.2	72.9	6.9	32.5	24.3	-8.2	0.0	8.2	0.0	24.3
J	162.59	235.0	71.3	5.9	32.0	23.0	-9.0	0.0	9.0	0.0	23.0
F	148.78	284.0	71.4	7.4	44.1	18.8	-25.3	0.0	25.3	0.0	18.8
M	217.26	392.6	63.3	9.6	69.1	35.2	-33.9	0.0	33.9	0.0	35.2
A	250.9	472.5	63.2	12.8	96.1	27.7	-68.3	0.0	68.3	0.0	27.7
M	382.35	537.0	59.0	17.4	126.0	34.0	-92.0	0.0	92.0	0.0	34.0
J	403.71	619.2	49.9	22.7	161.3	18.6	-142.6	0.0	142.6	0.0	18.6
J	480.36	460.4	39.7	26.4	202.0	7.1	-194.9	0.0	194.9	0.0	7.1
A	402.67	573.5	44.4	26.0	170.6	11.4	-159.2	0.0	159.2	0.0	11.4
Année	3397.32	-	60.86	15.16	1176.0	275.0	-	-	901.1	0.0	275.0

Station d'El Kantara

	327.52	Ig	Hr	Tp	ETP	Pr	ETP-Pr	RU	Def	Exc	ETR
S	263.16	459.2	58.6	16.9	107.7	54.5	-53.3	0.0	53.3	0.0	54.5
O	197.51	343.6	64.2	11.8	64.1	47.6	-16.5	0.0	16.5	0.0	47.6
N	16051	250.0	72.4	6.8	37.4	45.6	8.2	8.2	0.0	0.0	37.4
D	162.59	209.2	72.9	2.9	17.0	41.5	24.5	32.8	0.0	0.0	17.0
J	148.78	235.0	71.3	1.8	12.3	35.6	23.2	46.0	0.0	10.0	12.2
F	217.26	284.0	71.4	3.0	22.5	32.1	9.6	46.0	0.0	9.6	22.5
M	250.9	392.6	63.3	3.3	32.0	54.1	22.1	46.0	0.0	22.1	32.0
A	382.35	472.5	63.2	10.6	86.6	42.4	-44.2	1.8	0.0	0.0	86.6
M	403.71	537.0	59.0	14.1	113.8	45.5	-68.3	0.0	66.5	0.0	47.2
J	480.36	619.2	49.9	18.6	148.5	24.5	-124.0	0.0	124.0	0.0	24.5
J	402.67	460.4	39.7	25.2	198.6	12.0	-186.6	0.0	186.6	0.0	12.0
A	3397.32	573.5	44.4	26.3	171.4	28.5	-142.9	0.0	142.9	0.0	28.5
Année	327.52	-	60.86	11.78	1011.8	463.7	-	-	89.78	41.71	422.0

Station de F. Toub

	Ins	Ig	Hr	Tp	ETP	Pr	ETP-Pr	RU	Def	Exc	ETR
S	327.52	459.2	58.6	19.8	115.9	48.2	-67.7	0.0	67.7	0.0	48.2
O	263.16	343.6	64.2	14.9	72.5	40.9	-31.5	0.0	31.5	0.0	40.9
N	197.51	250.0	72.4	9.6	46.9	36.5	-10.40	0.0	10.4	0.0	36.5
D	16051	209.2	72.9	6.0	29.6	47.2	17.7	17.7	0.0	0.0	29.6
J	162.59	235.0	71.3	4.9	28.0	43.3	15.3	33.0	0.0	0.0	28.0
F	148.78	284.0	71.4	6.4	39.7	36.1	-3.7	29.3	0.0	0.0	39.7
M	217.26	392.6	63.3	8.6	64.3	54.3	-10.0	19.3	0.0	0.0	64.3
A	250.9	472.5	63.2	12.3	93.9	49.0	-44.9	0.0	25.6	0.0	68.4
M	382.35	537.0	59.0	16.6	123.3	45.5	-77.9	0.0	77.9	0.0	45.5
J	403.71	619.2	49.9	21.7	158.5	32.0	-126.5	0.0	126.5	0.0	32.0
J	480.36	460.4	39.7	26.1	201.2	11.8	-189.5	0.0	189.5	0.0	11.8
A	402.67	573.5	44.4	26.1	170.8	24.7	-146.2	0.0	146.2	0.0	24.7
Année	3397.32	-	60.86	14.4	1144.7	469.5	-	-	675.2	0.0	469.5

Station de Tazoult

	Ins	Ig	Hr	Tp	ETP	Pr	ETP-Pr	RU	Def	Exc	ETR
S	327.52	459.2	58.6	18.3	112.0	52.8	-59.2	0.0	59.2	0.0	52.8
O	263.16	343.6	64.2	13.3	68.5	37.4	-31.1	0.0	31.1	0.0	37.4
N	197.51	250.0	72.4	8.3	42.7	43.0	0.4	0.4	0.0	0.0	42.7
D	16051	209.2	72.9	4.6	24.5	33.0	8.5	8.9	0.0	0.0	24.5
J	162.59	235.0	71.3	3.4	20.9	29.7	8.8	17.7	0.0	0.0	20.9
F	148.78	284.0	71.4	4.7	31.8	27.8	-4.0	13.7	0.0	0.0	31.8
M	217.26	392.6	63.3	6.9	55.6	45.9	-9.8	3.9	0.0	0.0	55.6
A	250.9	472.5	63.2	11.4	90.4	38.3	-52.0	0.0	48.2	0.0	42.2
M	382.35	537.0	59.0	15.4	118.8	39.9	-78.8	0.0	78.8	0.0	39.9
J	403.71	619.2	49.9	20.2	153.7	23.1	-130.6	0.0	130.6	0.0	23.1
J	480.36	460.4	39.7	26.7	202.7	8.9	-193.8	0.0	193.8	0.0	8.9
A	402.67	573.5	44.4	26.2	171.1	26.1	-140.0	0.0	145.0	0.0	26.1
Année	3397.32	-	60.86	13.27	1092.6	405.9	-	-	86.7	0.0	405.9

Annexe I.6 : Bilan hydrique avec l'ETP de BLANNY-CRIDDLE**Station de Medjez**

	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Jui.	Août.	An.
T °C	19.7	14.7	9.5	5.9	4.8	6.2	8.4	12.2	21.9	21.6	26.1	26.1	
p (%)	8.4	7.9	6.9	6.8	7.0	6.9	8.3	8.8	9.8	9.8	10.0	9.4	
F (mm/mois)	143.9	117.1	86.8	73.7	72.1	75.8	100.1	121.3	178.5	177.1	200.5	188.9	
a	1.25	1.14	0.96	0.96	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.59	1.59	1.59	
b	-1.88	-1.84	-1.7	-1.7	-1.9	1.9	1.9	-1.9	-1.9	-2.11	-2.11	-2.11	
ETPclim. (mm)	178.0	131.7	81.7	69.2	80.4	84.6	112.3	136.4	201.7	279.4	316.6	298.3	
Kc	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	1.1	1.1	1.1	
ETPcul. (mm)	124.6	992.2	57.2	48.4	56.3	59.2	78.6	95.5	141.2	307.4	348.3	328.2	1736.8
P (mm)	33.06	32.53	37.34	31.63	34.42	32.94	38.4	33.71	37.04	17.17	4.4	18.09	350.7
ETR (mm)	33.06	32.53	37.34	31.63	34.42	32.94	38.4	33.71	37.04	17.17	4.4	18.09	350.7
P-ETP (mm)	-91.5	-59.7	-19.8	-16.8	-21.8	-26.3	-40.2	-61.8	-104.2	-290.2	-343.9	-310.1	-

R.F.U (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
DA (mm)	91.54	59.65	19.79	16.75	21.84	26.27	40.17	61.77	104.15	290.17	343.83	310.06	1385.0
W (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00

Station de Seklaf

	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Jui.	Aoû.	An.
T c°	19.7	14.7	9.5	5.9	4.8	6.21	8.4	12.2	21.9	21.6	26.1	26.1	
p (%)	8.37	7.86	6.94	6.80	6.99	6.90	8.34	8.83	9.81	9.81	9.96	9.40	-
F (mm/mois)	143.9	117.1	86.8	73.2	72.13	75.8	100.1	121.3	178.5	177.1	200.5	188.9	-
a	1.25	1.14	0.96	0.96	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.59	1.59	1.59	-
b	-1.88	-1.84	-1.66	-1.66	-1.84	-1.84	-1.84	-1.84	-1.84	-2.11	-2.11	-2.11	-
ETPclim. (mm)	178.0	131.7	81.62	69.11	80.39	84.58	112.24	136.4	201.7	279.4	316.62	298.32	
Kc	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	1.1	1.1	1.1	
ETPcul. (mm)	124.6	92.18	57.13	48.38	56.27	59.21	78.57	95.48	141.19	307.34	348.28	328.15	1736.8
P (mm)	30.27	27.50	27.78	36.73	28.71	21.07	37.57	27.57	31.39	16.45	7.38	12.06	304.5
ETR (mm)	30.27	27.50	27.78	36.73	28.61	21.07	37.57	27.57	31.39	16.45	7.38	12.06	304.5
P-ETP (mm)	-94.3	-64.7	-29.4	-11.7	-27.6	-38.1	-41.0	-67.9	-109.8	-290.9	-340.9	316.1	-
R.F.U (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
DA (mm)	94.33	64.68	29.35	11.65	27.56	38.14	41.00	67.91	109.8	290.89	340.9	316.09	1432,3
W (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00

Station de Reboa.

	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Jui.	Aoû.	Année
T c°	20.75	15.81	10.50	6.86	5.85	7.38	9.60	12.76	17.38	22.65	26.4	26.0	
p (%)	8.37	7.86	6.94	6.81	6.99	6.9	8.34	8.83	9.81	9.81	9.96	9.39	-
F (mm/mois)	147.94	121.06	89.94	76.85	75.64	79.52	104.63	123.62	158.18	181.97	201.93	188.6	-
A	1.25	1.14	0.96	0.96	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.59	1.59	1.59	-
B	-1.88	-1.84	-1.66	-1.66	-1.84	-1.84	-1.84	-1.84	-1.84	-2.11	-2.11	-2.11	-
ETPclim. (mm)	183.05	136.17	84.68	72.12	84.39	88.81	117.44	139.09	178.49	287.22	318.96	297.76	
Kc	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	1.1	1.1	1.1	-
ETPcul. (mm)	128.14	95.32	59.28	50.48	59.07	62.17	82.21	97.36	124.94	315.94	350.86	327.54	
P (mm)	30.57	22.45	21.70	24.33	23.02	18.80	35.18	27.73	34.03	18.63	7.13	11.4	274.97
ETR (mm)	30.57	22.45	21.7	24.33	23.02	18.80	35.18	27.73	34.04	18.63	7.13	11.4	274.97
P-ETP (mm)	-97.57	-72.87	-37.6	-26.2	-36.1	-43.4	-47.0	-69.6	-90.9	-297.3	-343.7	-316.1	-
R.F.U (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
DA (mm)	97.57	72.87	37.58	26.15	36.05	43.37	47.03	69.63	90.91	297.31	343.73	316.14	1478.3
W (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Annexe II.1 : Débits journaliers des crues des oueds

El Ham à la station				AIN EL HADJEL			
saison froide				saison chaude			
Q	date	Hauteur	heure	Q	date	Hauteur	heure
2.054	12-févr-85	24	14:00	284.000	25-juin-84	5	22:00
170.533	07-mars-86	428	02:00	27	27-oct-85	150	16:30
4.8	23/02/1987	42	4:00	42.95	09-oct-86	206	10:00
23.2	12-janv-90	152	14:00	118.2	28-août-87	360	06:00
7.16	27-janv-92	97	08:00	16.44	18-mai-88	106	19:00
42.45	10-avr-92	207	11:00	1.3	22-déc-88	20	07:00
				244.75	28-mai-89	498	04:30
				109.52	18/06/1989	346	05:00:00
				329.667	21/09/1989	560	09:30:00
				134.94	05/05/1990	387	09:00:00
				57.6	17/07/1990	248	02:30:00
				54	22/08/1990	240	13:00:00
				82.24	18/10/1990	302	22:00:00
				9.12	15/03/1991	104	00:00:00
				72.9	26/09/1991	282	22:00:00
				128.185	05/10/1991	378	15:00:00
				22.85	25/05/1992	151	09:00:00
				126.88	23/09/1993	374	16:00:00

Ksob à la station de Ksob à Medjez							
saison froide				saison chaude			
Q	date	Hauteur	heure	Q	date	Hauteur	heure
11.7	22-déc-88	52	01:00	4.82	18-oct-88	48	21:00
16.74	04-avr-89	76	02:00	153.6	14-nov-88	276	05:00
36.49	30/04/1990	138	15:00	63.4	26-mai-89	180	02:00
7.58	09-déc-90	52	19:00	64.92	20-juin-89	182	06:00
34.07	14-mars-91	133	18:00	84.95	31-août-89	207	22:00
8.58	06-avr-91	59	18:00	625	21-sept-89	580	01:00
				59.4	18-nov-89	174	22:00
				2.528	29/01/1990	39	22:00
				40.52	15/03/1990	144	8:00
				177.8	11/05/1990	298	14:00
				46.28	20/06/1990	156	22:00
				11.74	01/07/1990	72	1:00
				18.82	05/08/1990	96	3:00
				218.5	13/09/1990	330	22:00
				30.8	09/11/1990	126	12:00
				25.58	31/05/1991	114	4:00
				12.55	01/06/1991	75	7:00
				6.604	11/08/1991	49	14:00

Oued El Hai à la station d'El Kantara							
saison froide				saison chaude			
Q	date	Hauteur	heure	Q	date	Hauteur	heure
3.6	14-déc-68	80	22:00	294	01-oct-69	600	04:00
2.84	17-janv-69	73	04:00	137.1	29-sept-70	385	16:00
23.8	04-mars-69	165	01:00	62.7	22-sept-71	260	19:00
36.06	06-janv-70	206	08:00	130.6	27-nov-71	376	19:00
22.54	07-déc-71	168	08:30	52.6	06-oct-72	240	23:00
34.6	19-janv-72	200	02:30	70.6	03-juil-73	275	00:00
13.65	30-mars-74	135	17:00	82.6	15-sept-74	300	18:00
6.03	10-févr-76	98	13:00	91.3	24-sept-75	315	04:30
24.36	06-avr-78	172	22:30	294	01-juil-76	600	19:20
38.5	15-avr-79	210	01:30	272.6	18-mai-77	572	02:00
8.64	31-mars-81	72	01:50	48.8	14-mai-78	234	22:30
9.545	18-avr-82	121	18:25	178.5	18-août-78	445	06:40
30.6	04-févr-84	190	01:45	467	02-sept-79	800	17:30
12.975	12-févr-85	135	06:00	86.82	25-sept-80	306	18:00
61.2	03-avr-86	260	23:15	182	31-oct-82	450	14:00
46.16	05-mars-92	228	19:35	38	10-oct-84	180	06:00
				42.6	07-oct-85	220	13:00
				147	30-sept-86	400	03:00
				88.06	08-sept-88	308	18:30
				17.69	27-févr-89	153	09:40
				113.2	21-sept-89	348	06:05
				28.44	08-avr-90	184	12:10
				58.52	09-nov-90	254	20:00
				136.6	04-sept-91	384	20:10
				66.55	05-sept-94	270	07:00

Annexe III.1 : Test de Wilcoxon (station 05 03 01)

Débit	X	Y	rang	x Union y	origine
46.1	46.1	63.75	1	0.505	y
82.81	82.81	91.51	2	1.14	x
1.14	1.14	67.56	3	2.23	x
84.00	84.00	54	4	16.44	y
26.55	26.55	64.98	5	21.8	x
93.73	93.73	284.00	6	26.55	x
30.65	30.65	27.00	7	26.8	x
74.4	74.4	170.533	8	27.00	y
21.8	21.8	118.2	9	30.65	x
2.23	2.23	16.44	10	42.45	y
26.8	26.8	329.667	11	46.1	y
63.75		134.94	12	63.75	y
91.51		128.185	13	74.4	x
67.56		42.45	14	82.81	x
54		126.88	15	84.00	x
64.98		0.505	16	91.51	y
284.00			17	93.73	x
27.00			18	118.2	y
170.533			19	126.88	y
118.2			20	128.185	y
16.44			21	134.94	y
329.667			22	170.533	y
134.94			23	284.00	y
128.185			24	329.667	y
42.45			25	54	y
126.88			26	64.98	y
0.505			27	67.56	y

$$W_{\min} = 113.78 \quad W_x = 154.2 \quad W_{\max} = 194.28$$

La condition $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée, la série donc est homogène à 95%

Test de Wilcoxon (station 05 09 01)

Débit	X	Y	rang	x union y	origine
217	217	79	1	13.83	x
76.8	76.8	20.39	2	20.39	y
438.6	438.6	20.78	3	20.78	y
128	128	147	4	50.42	y
13.83	13.83	166.8	5	56.34	x
180	180	50.42	6	76.8	x
213.1	213.1	150.3	7	79	y
56.34	56.34	454.8	8	128	x
734.3	734.3	217	9	147	y
79		236	10	150.3	y
20.39		191.2	11	166.8	y
20.78		224.8	12	180	x
147			13	191.2	y
166.8			14	213.1	x
50.42			15	217	x
150.3			16	217	y
454.8			17	224.8	y
217			18	236	y
236			19	438.6	x
191.2			20	454.8	y
224.8			21	734.3	x

$$W_{\min} = 70.92 \quad W_x = 86 \quad W_{\max} = 194.28$$

La condition $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée, la série donc est homogène à 95%

Test de Wilcoxon (station 05 05 01)

Débit	X	Y	rang	x union y	origine
278	278	7.6	1	2.4	Y
183.2	183.2	9.5	2	2.57	Y
115.8	115.8	246	3	4.8	Y
220.8	220.8	5.42	4	5.42	Y
111	111	80	5	7.6	Y
197.8	197.8	86.1	6	8.25	X
98.8	98.8	4.8	7	9.5	Y
282.2	282.2	65.1	8	34	Y
38	38	187	9	38	X
102	102	158	10	56	Y
8.25	8.25	67	11	65.1	Y
119	119	100	12	67	Y
168	168	2.57	13	80	Y
7.6		2.4	14	86.1	Y
9.5		56	15	98.8	X
246		34	16	100	Y
5.42		182	17	102	X
80			18	111	X
86.1			19	115.8	X
4.8			20	119	X
65.1			21	158	Y
187			22	168	X
158			23	182	Y
67			24	183.2	X
100			25	187	Y
2.57			26	197.8	X
2.4			27	220.8	X
56			28	246	Y
34			29	278	X
182			30	282.2	X

$$W_{\min} = 154.17 \quad W_x = 205 \quad W_{\max} = 248.83$$

La condition $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée, la série donc est homogène à 95%

Test de Wilcoxon (station 05 08 01)

Débit	X	Y	rang	x union y	origine
62	62	11.14	1	1.02	Y
450	450	171.35	2	5.7	Y
112	112	262	3	11.14	Y
342	342	68.92	4	22	X
239	239	183	5	29	X
430	430	40.36	6	30	X
82	82	1.02	7	30.16	Y
215	215	5.7	8	32	X
30	30	32.2	9	32.2	Y
32	32	30.16	10	36.7	Y
22	22	42.4	11	40.36	Y
94	94	91.52	12	42.4	Y
29	29	62.8	13	46	Y
11.14		83.2	14	62	X
171.35		71.74	15	62.8	Y
262		36.7	16	68.92	Y
68.92		46	17	71.74	Y
183			18	82	X
40.36			19	83.2	Y
1.02			20	91.52	Y
5.7			21	94	X
32.2			22	112	X
30.16			23	171.35	Y
42.4			24	183	Y
91.52			25	215	X
62.8			26	239	X
83.2			27	262	Y
71.74			28	342	X
36.7			29	430	X
46			30	450	X

$$W_{\min} = 154.17 \quad W_x = 214 \quad W_{\max} = 248.83$$

La condition $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée, la série donc est homogène à 95%

Test de Wilcoxon (station 06 23 08)

Débit	X	Y	rang	x union y	origine
21.38	21	2.477	1	2.477	Y
158.8	159	8.04	2	8.04	Y
110.8	111	102.6	3	12	X
109.00	109	97.00	4	21	X
90.66	91	118.00	5	27.16	Y
89.88	90	61.75	6	50.56	Y
252.00	252	50.56	7	56.57	Y
12.2	12	180.00	8	61.75	Y
125.64	126	64.045	9	64.045	Y
2.477		118.8	10	68.5	Y
8.04		56.57	11	90	X
102.6		105.8	12	91	X
97.00		68.5	13	97.00	Y
118.00		27.16	14	102.6	Y
61.75			15	105.8	Y
50.56			16	109	X
180.00			17	111	X
64.045			18	118.00	Y
118.8			19	118.8	Y
56.57			20	126	X
105.8			21	159	X
68.5			22	180.00	Y
27.16			23	252	X

$$W_{\min} = 76.39 \quad W_x = 107 \quad W_{\max} = 139.61$$

La condition $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée, la série donc est homogène à 95%

Test de Wilcoxon (station 06 13 01)

Débit	X	Y	rang	x union y	origine
67.04	67	105.44	1	7	X
7.48	7	17.00	2	17.00	Y
55	55	109.50	3	23.86	Y
265	265	159.40	4	35	X
123.6	124	39.52	5	39.52	Y
102.88	103	91.45	6	45	X
44.8	45	45.00	7	45.00	Y
35.25	35	141.00	8	55	X
105.44		23.86	9	67	X
17		150.00	10	91.45	Y
109.5			11	103	X
159.4			12	105.44	Y
39.52			13	109.50	Y
91.45			14	124	X
45.00			15	141.00	Y
141			16	150.00	Y
23.86			17	159.40	Y
150			18	265	X

$$W_{\min} = 53.44 \quad W_x = 71 \quad W_{\max} = 98.56$$

La condition $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée, la série donc est homogène à 95%

Test de Wilcoxon (station 06 18 11)

Débit	X	Y	rang	x union y	origine
197	197	132.89	1	17	X
37	37	159.29	2	24.00	Y
37	37	140.43	3	24	X
17.35	17	96.52	4	31.90	Y
24.05	24	43.58	5	37	X
105.14	105	24.00	6	37	X
132.89		122.74	7	42.14	Y
159.29		42.14	8	43.58	Y
140.43		105.14	9	96.52	Y
96.52		31.90	10	105	X
43.58			11	105.14	Y
24			12	122.74	Y
122.74			13	132.89	Y
42.14			14	140.43	Y
105.14			15	159.29	Y
31.9			16	197	X

$$W_{\min} = 32.43 \quad W_x = 41 \quad W_{\max} = 69.57$$

La condition $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée, la série donc est homogène à 95%

Test de Wilcoxon (station 06 15 02)

Débit	X	Y	rang	x union y	origine
52.1	52	242.15	1	11.09	Y
92.5	93	129.00	2	16	X
115	115	127.66	3	19.96	Y
28.18	28	96.50	4	28	X
58.2	58	63.06	5	52	X
76.06	76	19.96	6	54	X
131	131	91.00	7	58	X
15.82	16	297.00	8	63.06	Y
148	148	135.00	9	76	X
178.2	178	11.09	10	91.00	Y
53.9	54	105.50	11	93	X
242.15		101.49	12	96.50	Y
129		114.70	13	101.49	Y
127.66			14	105.50	Y
96.5			15	114.70	Y
63.06			16	115	X
19.96			17	127.66	Y
91			18	129.00	Y
297			19	131	X
135			20	135.00	Y
11.09			21	148	X
105.5			22	178	X
101.49			23	242.15	Y
114.7			24	297.00	Y

$$W_{\min} = 103.17 \quad W_x = 122 \quad W_{\max} = 171.83$$

La condition $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée, la série donc est homogène à 95%

Test de Wilcoxon (station 07 04 04)

Débit	X	Y	rang	x union y	origine
97	97	7.88	1	4.31	Y
22.35	22	13.65	2	7.88	Y
111	111	118.16	3	11.88	Y
114.51	115	17.73	4	12.45	Y
29	29	17.09	5	13.65	Y
143	143	244.00	6	17.09	Y
36	36	18.97	7	17.73	Y
76	76	12.45	8	18.97	Y
7.88		234.00	9	22.00	Y
13.65		24.56	10	22	X
118.16		11.88	11	24.56	Y
17.73		4.31	12	29	X
17.09		22.00	13	36	X
244			14	76	X
18.97			15	97	X
12.45			16	111	X
234			17	115	X
24.56			18	118.16	Y
11.88			19	143	X
4.31			20	234.00	Y
22			21	244.00	Y

$$W_{\min} = 58.10 \quad W_x = 82 \quad W_{\max} = 109.90$$

La condition $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée, la série donc est homogène à 95%

Test de Wilcoxon (station 07 04 03)

Débit	X	Y	rang	x union y	origine
260.26	260	138.8	1	3.2	Y
18.7	19	127.6	2	10	X
101.3	101	220.8	3	19	X
197	197	215.7	4	31	X
10.14	10	3.2	5	47.6	Y
59.2	59	47.6	6	58.2	Y
30.72	31	122.0	7	59	X
61.96	62	163.5	8	62	X
170.8	171	58.2	9	82	X
81.5	82	239.8	10	101	X
138.8		174.0	11	122.0	Y
127.6		183.4	12	127.6	Y
220.8			13	138.8	Y
215.7			14	163.5	Y
3.15			15	171	X
47.56			16	174.0	Y
122			17	183.4	Y
163.5			18	197	X
58.2			19	215.7	Y

239.75			20	220.8	Y
174			21	239.8	Y
183.4			22	260	X

$$W_{\min} = 84.78$$

$$W_x = 98 \quad W_{\max} = 145.22$$

La condition $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée, la série donc est homogène à 95%

Test de Wilcoxon (station 07 04 01)

Débit	X	Y	rang	x union y	origine
155	155	136.0	1	13	Y
92.2	92	71.2	2	18.4	X
103	103	145.0	3	22.8	Y
136	136	140.5	4	35	X
107	107	22.8	5	34.5	Y
39	39	99.0	6	39	X
136	136	18.4	7	51.7	Y
34.5	35	51.7	8	71.2	Y
13.4	13	34.5	9	92	X
242	242	291.4	10	99.0	Y
136		136.0	11	103	X
71.2			12	107	X
145			13	136	X
140.5			14	136	X
22.76			15	136.0	Y
99			16	136.0	Y
18.4			17	140.5	Y
51.7			18	145.0	Y
34.5			19	155	X
291.4			20	242	X
136			21	291.4	Y

$$W_{\min} = 81.67$$

$$W_x = 110 \quad W_{\max} = 138.33$$

La condition $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée, la série donc est homogène à 95%

Test de Wilcoxon (station 07 07 02)

Débit	X	Y	rang	x union y	origine
34.6	35	33.14	1	1	X
35.99	36	39.12	2	1.48	Y
53.66	54	66.97	3	1.62	Y
66.14	66	127.66	4	4	X
4.25	4	85.55	5	6.93	Y
8.25	8	15.85	6	7.11	Y
39.47	39	1.48	7	8	X
16.99	17	46.78	8	8	X
72.8	73	7.11	9	8.25	Y
8.25	8	8.56	10	8.56	Y
22.38	22	11.02	11	11.02	Y
27.59	28	1.62	12	13.10	Y
70.3	70	13.76	13	14	X
44.34	44	33.20	14	13.76	Y
1.45	1	24.73	15	15.85	Y

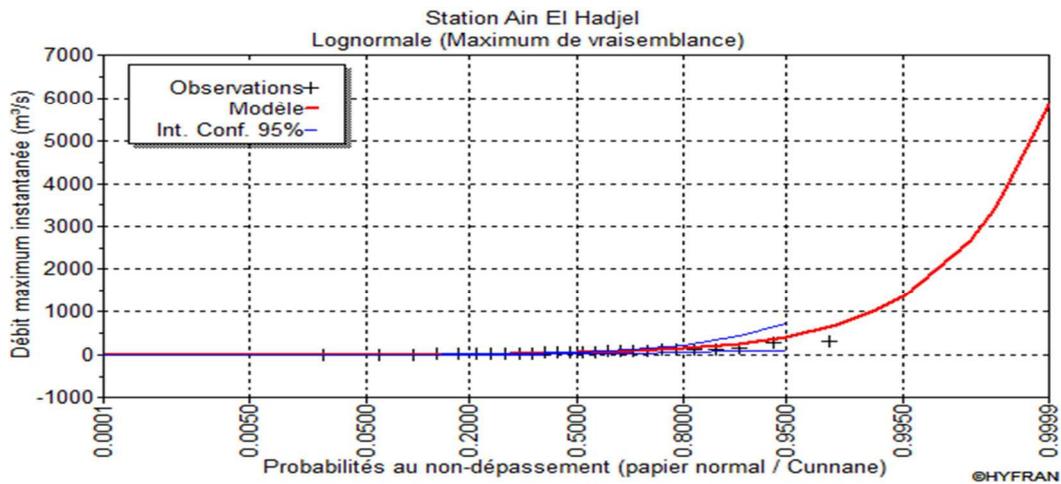
13.69	14	13.10	16	17	X
31.39	31	6.93	17	22	X
33.14		8.25	18	24.73	Y
39.12		32.00	19	28	X
66.97			20	31	X
127.66			21	32.00	Y
85.55			22	33.14	Y
15.85			23	33.20	Y
1.48			24	35	X
46.78			25	36	X
7.11			26	39.12	Y
8.56			27	39	X
11.02			28	44	X
1.62			29	46.78	Y
13.76			30	54	X
33.2			31	66	X
24.73			32	66.97	Y
13.1			33	70	X
6.93			34	73	X
8.25			35	85.55	Y
32			36	127.66	Y

$$W_{\min} = 252.15$$

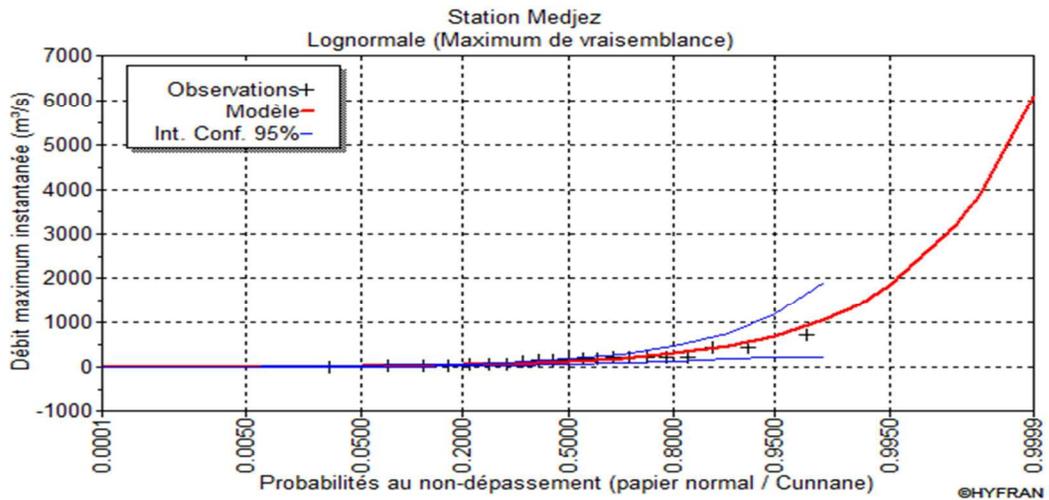
$$W_x = 317 \quad W_{\max} = 376.85$$

La condition $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée, la série donc est homogène à 95%

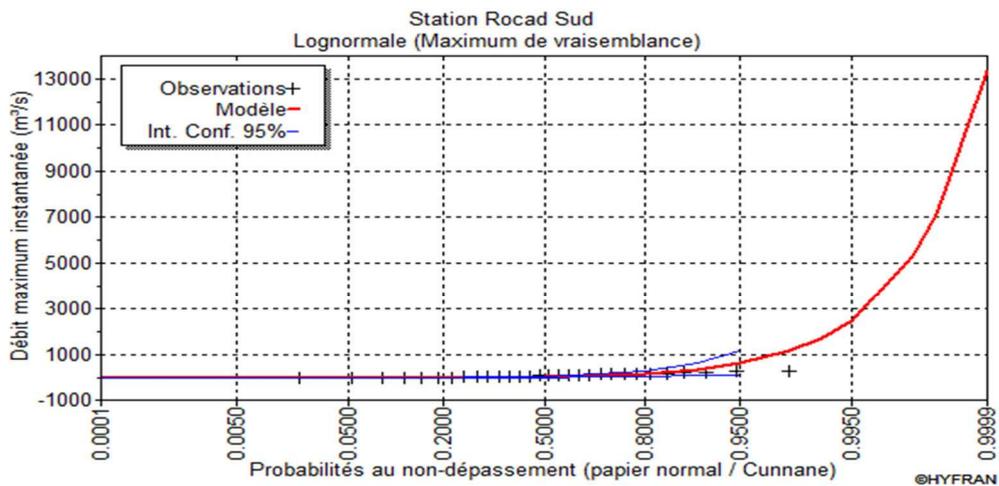
Annexe III.3: Ajustement des débits maximaux instantanés A une loi de Log-Normale



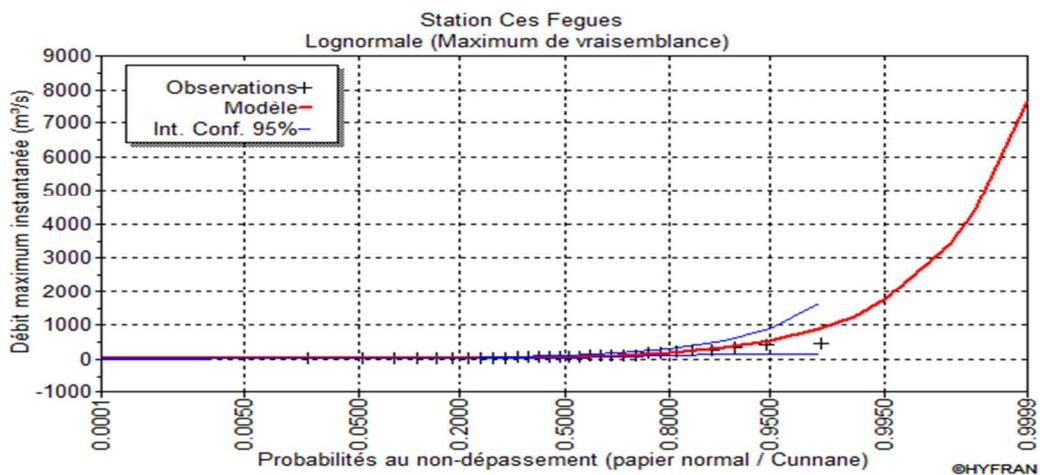
Résultats de la statique : $\chi^2 = 8.41$, Degrés de liberté : $V = 4$, Nombre de classes : $K=7$



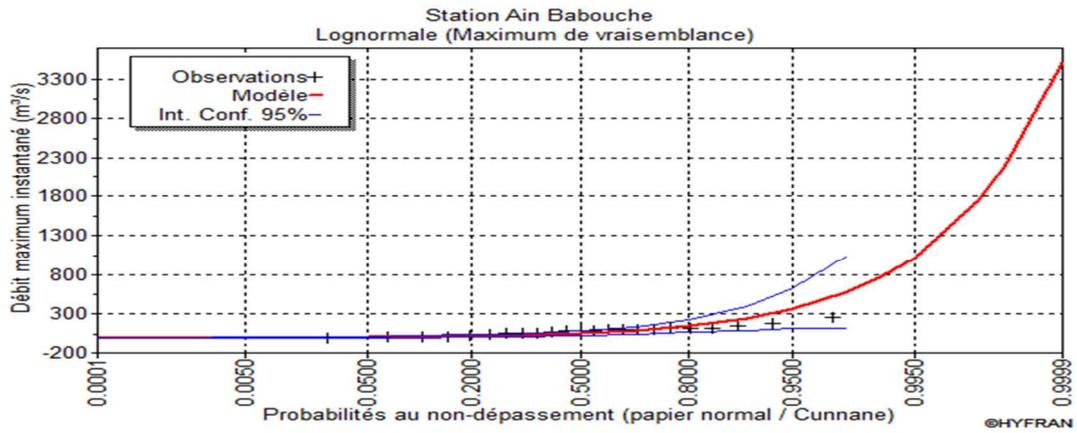
Résultats de la statique : $\chi^2 = 6.14$, Degrés de liberté : $V = 3$, Nombre de classes : $K=6$



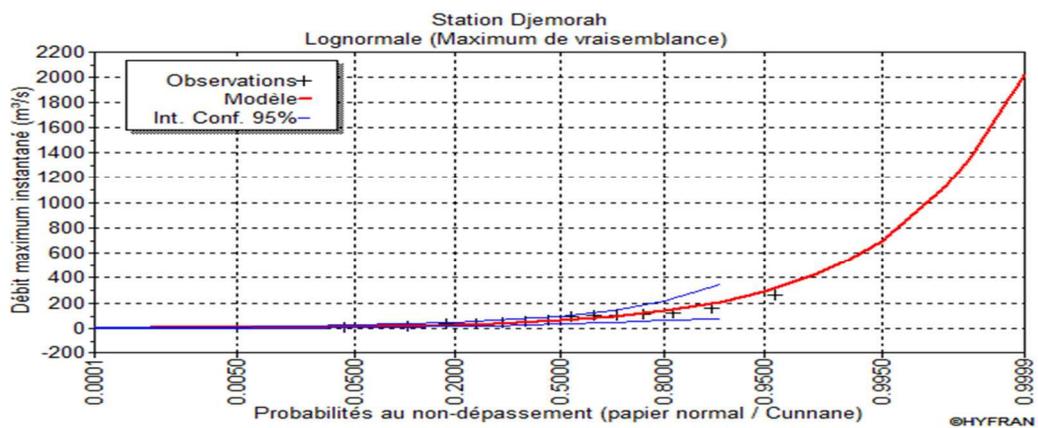
Résultats de la statique : $\chi^2 = 7.80$, Degrés de liberté : $V = 4$, Nombre de classes : $K=7$



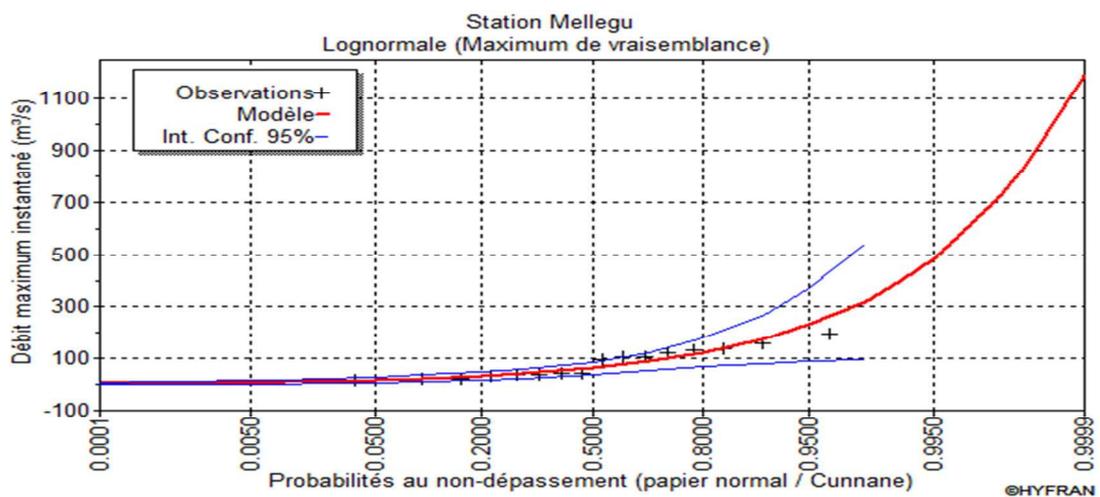
Résultats de la statique : $\chi^2 = 5.00$, Degrés de liberté : $V = 4$, Nombre de classes : $K=7$



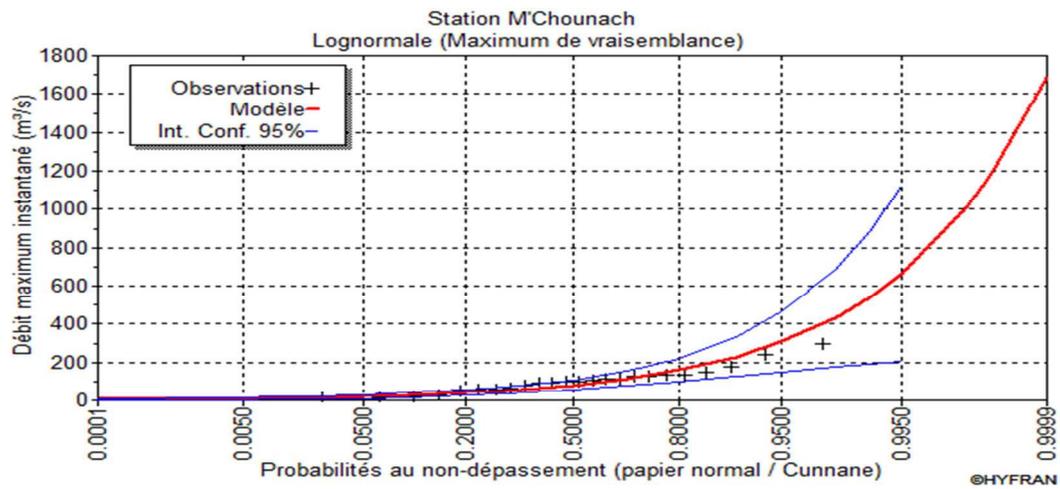
Résultats de la statique : $\chi^2 = 8.96$, Degrés de liberté : $V = 4$, Nombre de classes : $K=7$



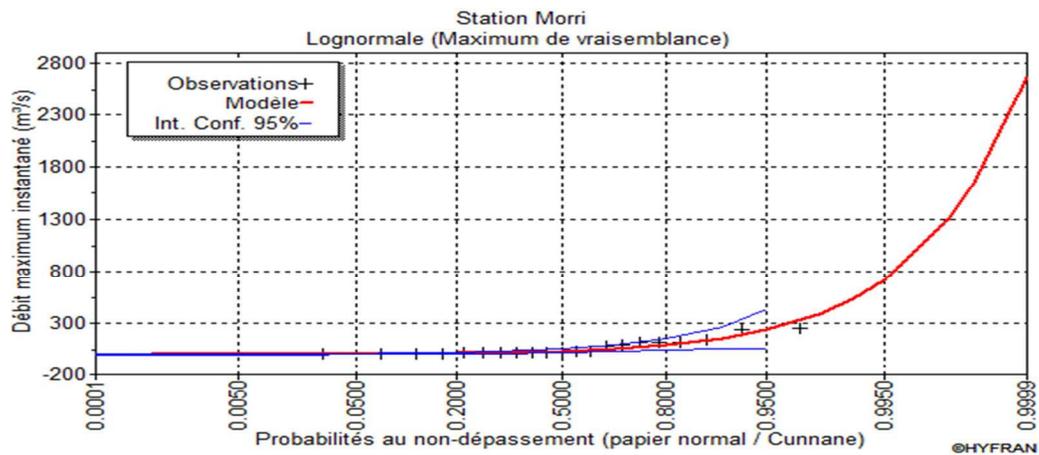
Résultats de la statique : $\chi^2 = 2.43$, Degrés de liberté : $V = 2$, Nombre de classes : $K=5$



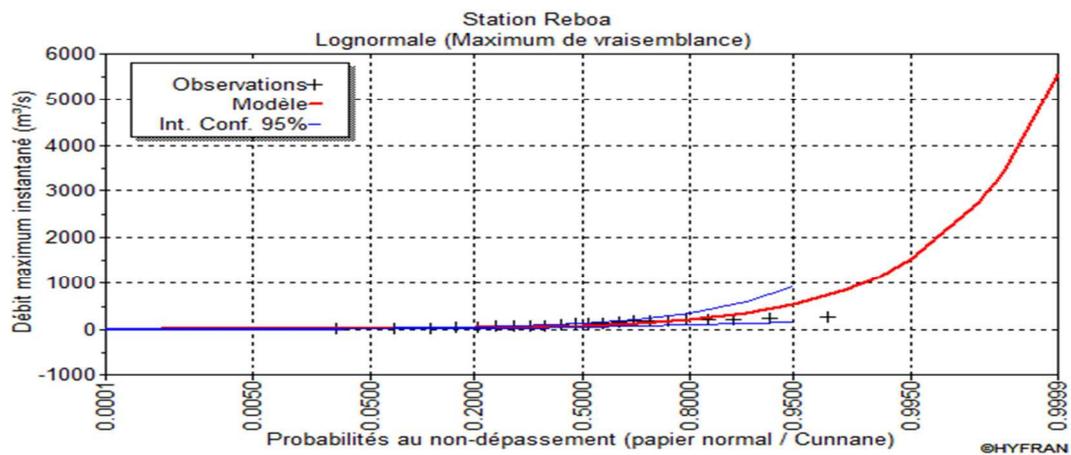
Résultats de la statique : $\chi^2 = 9.50$, Degrés de liberté : $V = 3$, Nombre de classes : $K=6$



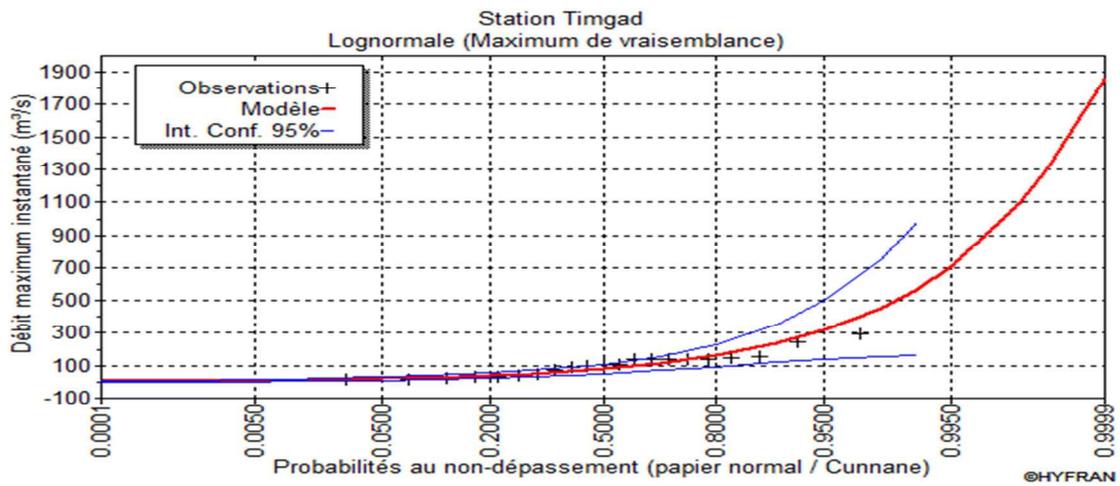
Résultats de la statique : $\chi^2 = 6.92$, Degrés de liberté : $\nu = 4$, Nombre de classes : $K=7$



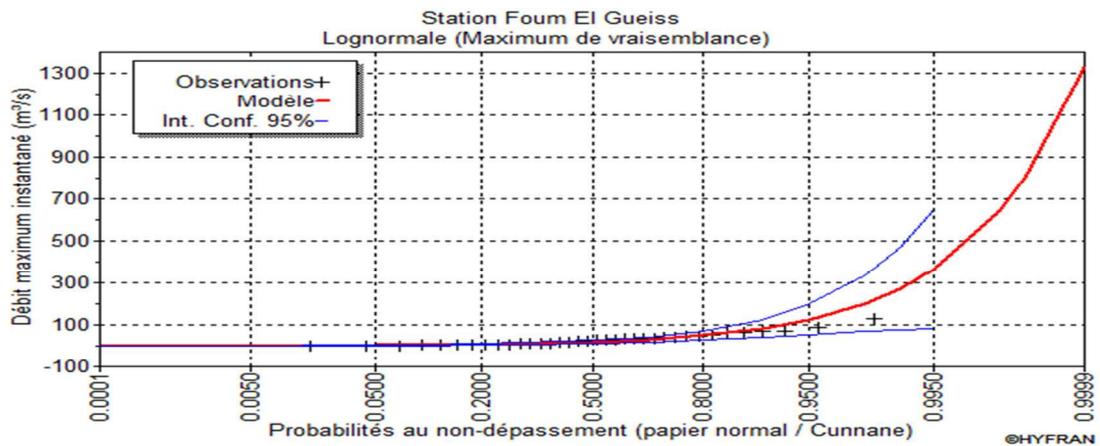
Résultats de la statique : $\chi^2 = 6.71$, Degrés de liberté : $\nu = 3$, Nombre de classes : $K=6$



Résultats de la statique : $\chi^2 = 10.71$, Degrés de liberté : $\nu = 3$, Nombre de classes : $K=6$



Résultats de la statique : $\chi^2 = 7.29$, Degrés de liberté : $\nu = 3$, Nombre de classes : K=6



Résultats de la statique : $\chi^2 = 6.22$, Degrés de liberté : $\nu = 5$, Nombre de classes : K=8

Résumé

ان دراسة الفيضانات في الجزائر التي تهتم وتوكل بها الوكالة الوطنية للموارد المائية (ANRH) ، توضح أن الجزائر كسائر بلدان العالم تواجه هذه الظاهرة من فيضانات الأنهار و الفيضانات المدمرة خصوصا في المناطق الجافة وشبه الجافة. فيضان الأنهار في هذه المناطق لا تتوفر عليها معلومات كافية. فهي تتميز بحدوثها المفاجيء (المطـــــر والعواصف الرعدية). مدة فيضانات الأنهار يستغرق من دقائق إلى ساعات. الأضرار البشرية و المادية الناجمة عن هذه الفيضانات لا تزال مرتفعة جدا. منطقة الدراسة تشمل ثلاثة أحواض مائية كبرى في المناطق الجافة والشبه جافة في الجزائر. فتشتمل دراستنا حوض شط ملغيغ بمساحة تقدر ب: 68751 كلم²، الهضاب العليا القسنطينية بمساحة تقدر ب: 9578 كلم² وحوض شط الحضنة بمساحة تقدر ب: 25843 كلم². إجمالي مساحة هذه المنطقة حوالي 104500 كلم². القيام بالدراسات من أجل الحماية ضد الفيضانات ودراسات تصميم المنشآت الهيدروليكية (مفيض، أحواض ، الخ) تتطلب المعطيات الضرورية التي غالبا ما تكون غير معروفة في عدة أماكن خاصة في الأودية الغير مجهزة من هذه المناطق. هذا يجعل من الصعب جدا تكوين دراسات على هذه الفيضانات. والهدف من هذه الدراسة هو اقتراح طريقة لاستخلاص هذه النتائج والمعطيات للأودية الغير مدروسة والمجهزة في المناطق الشبه الجافة والجافة.

Résumé

L'étude sur les inondations en Algérie établie par l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) montre que le pays est confronté au phénomène de crues et inondations très destructives en particulier dans les régions arides et semi-arides. Les crues de ces zones sont moins connues. Elles sont caractérisées par leur subite durée (pluies averse d'orage). La durée de la crue est de l'ordre de quelques minutes à quelques heures. Les dégâts humains et matériels ont été toujours très élevés. La zone d'étude englobe trois bassins versants des zones semi-arides et arides de l'Algérie. IL s'agit des bassins de Chott Melghir- (68751 Km²), des hauts plateaux constantinois-07(9578 Km²) et d'El Hodna-bassin 05(25843 Km²). Les oueds de ces zones sont à écoulement endoréiques (les oueds se jettent des dépressions fermées) et à régime quasi temporaire. La surface totale de cette zone est d'environ 104500 Km². Les études de protection contre les inondations ou les études de dimensionnement des ouvrages hydrauliques (évacuateur de crue, bassin d'orage, etc.) nécessitent la donnée de la crues qui est souvent inconnue dans plusieurs endroit en particulier au niveau des oueds non jaugés de ces zones. Cela rend la tâche très difficile aux planifications et aux aménagistes exerçant dans le domaine des études hydrauliques. L'objectif de cette étude et de proposer une méthodologie de détermination de la crue en absence de données de mesure dans la zone semi-aride et aride du Sud Est de l'Algérie. L'objectif de l'étude est de proposer pour ces zones une méthodologie de calcul des crues pour les cours d'eau non jaugés.

Abstract

The study on floods in Algeria established by the National Agency of Water Resources (ANRH) shows that the country is confronted with the phenomenon of very destructive floods and floods especially in arid and semiarid regions. Flooding of rivers in these areas is less known. They are characterized by their sudden duration (rain showers, thunderstorm). The duration of the flood is of the order of minutes to hours. The human and material damage caused by these floods were still high. The study area encompasses three watersheds in semi-arid and arid south and Algeria. THERE are pools of Chott-Melghir (68,751 km²), highland Constantine-07 (9578 km²) and El Hodna-05 basin (25,843 km²). The total area of this zone is about 104,500km². Studies of protection against floods and design studies of hydraulic structures (spillway, storm basin, etc.) require the raw data which is often unknown in several places particularly at ungauged wadis of these areas. This makes it very difficult to schedules and managers working in the field of hydraulic studies. The objective of this study and propose a methodology for determining the absence of raw measurement data in the semi-arid and arid south eastern Algeria. The objective of the study is to propose a methodology for these areas of flood calculation for ungauged rivers.

