

Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des Sciences et Technologies
Département des Sciences et Technologies

Projet de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de

LICENCE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Hydraulique

Spécialité : Sciences de l'eau et de l'environnement

Thème

*Contribution à étude hydrologique et
hydrographique de la vallée de N'SA*

*Sur les exutoires : Berriane – Hassi R'bib – Sebkhate Sefioune
(Période 1978-2012)*

Par :

BENKADI Meriem

Jury :

M. OULED BELKHIRCHIEKH

Maître Assistant A

Univ. Ghardaïa Encadreur

Année universitaire 2012/2013

Remerciement

Cette thèse n'aurait jamais vu le jour sans l'aide de Dieu, le tout puissant, pour nous avoir donné la santé, le courage, la patience, la volonté et la force nécessaire, pour affronter toutes les difficultés et les obstacles à travers notre chemin d'étude.

Mener à bien un projet de thèse est un exercice difficile, exigeant un fort investissement, mais apportant nécessairement, en retour, un sentiment de satisfaction dû à l'accomplissement réussi d'un travail.

Tous d'abord

Je tien à exprimer mes vifs remerciement à mon encadreur « OULED BELKHIR CHIKH » de m'avoir orientée et pour leur conseil judicieux et leur constante disponibilité dans le but de mener à bien ce projet de fin d'étude et pour sa patience et sa confiance.

Je remercie Monsieur « BENADDA LOTFI » pour sa générosité, sa gentillesse, sa conseils pour l'établissement de ce travail.

Je tiens à remercier tous les enseignants du département Hydraulique qui m'ont enseigné durant mes années d'études.

Je remercie également les personnels de la ANRH, DPAT, protection civil de la commune de Berriane et la wilaya Ghardaïa, laboratoire de travaux publique du sud pour tout les informations données.

Je tien remercier les personnels de ANRH de Tamanrasset et spécialement à Mr HADJA M, et Madame BOUSTA A

Je remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réussite de ce travail.

**Meriem **

Tableaux de matières

Titre	Page
liste des matières	2
liste des tableaux	7
liste des figures	9
liste des abréviations	10
liste des symboles	11
résumé	13
Introduction générale	14
partie bibliographique	
chapitre I: Evaluation des précipitations	
1. Définition de la précipitation	16
2. Type de précipitation	17
2.1 Précipitations convectives	17
2.2 Précipitation orographique	17
2.3 Précipitations frontales	18
2.3.1 Front froids	18
2.3.2 Front chaud	18
3. Mécanisme de formation d'une précipitation	19
4. Mesure des précipitations	20
5. Principe de mesure	20
6. Appareillages pluviométrique	21
6.1 Les pluviomètres	21
6.2 Les pluviographes	22
6.2.1 Enregistrement mécanique	23
6.2.2 Pluviographe transducteur d'impulsions	24
6.2.3 Mesure de l'équivalent en eau des cahutes de neige	25
6.2.4 Précision des appareils	26
6.3 Nivomètres à rayonnement γ	26
7. Mesure de la hauteur d'eau précipitée	27
8. Notion de temps de retour	27
9. Notion d'intensité	27
10. La courbe IDF	28

11. L'aspect théorique de l'ajustement statistique des Pjmax	28
11.1 Analyse des données statistiques	29
12.1 Loi de Gumbel	29
12.1.1 Fonction de distribution	29
12.1.2 Estimation des Paramètres	30
a) Méthode des moments	30
b) Méthode maximum de vraisemblance	30
c) Méthode graphique	30
12.2 Loi de Galton (loi normal)	31
12.2.1 Fonction de réparation	31
12.2.2 Estimation des paramètres	32
a) Méthode des moments	32
b) Méthode graphique	33
c) Ajustement graphique de Galton	33

Chapitre II: Etude de crues

1. Introduction	34
2. Définition	35
3. Hydrogramme des crues	35
3.1 Type de l'hydrogramme de crue	35
3.1.1 Crue simple	35
3.1.2 Crue complexe	36
3.2 Description de hydrogramme de crue	37
3.3 La méthode de détermination l'hydrogramme de crue	38
4. Evaluation de débit de crues	38
4.1 Formule du débit maximums en fonction de la superficie, et analogie avec des régions semblables	39
4.1.1 Formule type MAYER	39
4.1.2 Formule de courbe enveloppes	39
4.2 Formule faisant intervenir les caractéristiques morphologiques et la pluviométrie	39
4.2.1 Méthode de RODIER-AUVRAY et l'OSTROME	39
4.2.2 Méthode CADIER et AGUIAR (1993), et analogie avec des régions semblables Nordeste (Brésil)	39
4.2.3 Méthode PUCH et CHABI-GONNI (1984)	40

4.2.4 Méthode de l' hydrogramme synthétique	40
4.2.4.1 Formule de TURRAZA	40
4.2.5 Méthode hydraulique	40
4.2.5.1 Formule de Manning- Strickler	40
4.2.6 Méthode de SOKOLOVSKY	41
4.2.7 Méthode rationnelle	42
5. Le différent type de temps	42
5.1 Le temps de Concentration	42
5.2 Temps de base et le temps de montée	43
5.2.1 Le temps de base T_b	43
5.2.1 Le temps de montée T_m	43
6. Le Coefficient du bassin versant	44
6.1 Coefficient de ruissellement K_r	44
6.2 Coefficient d'abattement K_a	44
6.3 Coefficient de pointe α	44

Chapitre III : Cadre physique de la région

1. Localisation géographique	45
2. Cadre climatique	46
2.1 Température	47
2.2 Les vents	48
2.3 Humidité relative	49
3. Géologie	50
4. Hydrogéologie	52
4.1 Nappes phréatiques	52
4.2 Nappe continental intercalaire	52

Chapitre IV: Régime pluviométrique

1. Introduction	53
2. Précipitation	54
3. Analyse des données pluviométriques et le choix du type de loi d'ajustement	55
3.1 Caractéristiques de la station pluviométrique	55
3.2 Les données observées	55
3.3 Analyse des données statistiques	56
3.4 Choix de la loi d'ajustement	56

3.5 Calcul des paramètres de la loi choisie et vérification de son adéquation	56
3.5.1 Ajustement de la série pluviométrique à la loi de Gumbel	56
a) Calcul des paramètres de l'ajustement de la loi de Gumbel	56
b) Ajustement par la loi de Gumbel	58
3.5.2 Ajustement de la série pluviométrique à la loi de Galton	59
3.6 Interprétation des graphes	62
3.7 Test de χ^2	62
3.8 Calcul des précipitations journalières maximales fréquentielle avec la loi du Gumbel	63
4. Pluies de courtes durées	63
5. Intensités maximales de courte durée	64
6. Construction des courbes IDF	65

Chapitre V: hydrographie

1. Définition de bassin de N'sa	67
2. Caractéristique géométrique de bassin	68
2.1 La superficie	68
2.2 Le périmètre	68
2.3 Longueur du thalweg principal	68
2.4 Indice de compacité	68
2.5 Coefficient d'allongement	67
3. Caractéristique hydrographique	69
3.1 Relief	69
3.1.1 La courbe hypsométrique	69
3.1.2 Indice de pente global I_g	70
3.1.3 Dénivelée spécifique D_s	71
3.2 Temps concentration	72
3.2 Vitesse de ruissellement	72

Chapitre VI: Régime des crues de la vallée de N'sa

1. Introduction	74
2. Paramètre de chaque section	74
2.1 Les calculs des paramètres	74
2.2 Les calculs de temps de concentration	75
3. Hydrogramme des crues	75

3.1 Les calculs de débit max pour les exutoires dans différentes périodes de retour	75
3.1.1 Exutoire de Berriane	75
3.1.2 Exutoire de Hassi R'bib	76
3.1.3 Exutoire Sabkhat Safioun	77
4. Méthode de calcul de débit	78
5. Crue 2008	
5.1 Introduction	81
5.2 Description générale des inondations du 1 octobre 2008	81
5.3 Etude synoptique	81
5.4 Situation en surface	82
5.5 Les catastrophes d'inondation de 2008	82
Chapitre VII: Essai de corrélation entre les crues et les pluies	
1. Introduction	85
2. Calcul de débit maximum en fonction de pluie journalière fréquentielle	85
3. La relation entre la pluie journalière et la période de retour	85
4. Calcul du débit pour chaque section	86
Conclusion générale	88
Référence bibliographique	

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau01	Valeurs de Φ en fonction de caractéristiques des bassins	41
Tableau02	Les formules de T_b et T_c	44
Tableau03	Température mensuelle (période 2000-2012)	47
Tableau04	vent mensuelle (période 2000-2012)	48
Tableau05	précipitation mensuelles	53
Tableau06	Caractéristique de la station pluviométrique de Ghardaïa	55
Tableau07	Les données observées par la station météorologique	55
Tableau08	Caractéristiques empirique de loi de Gumbel	57
Tableau09	ajustement par la loi de Gumbel	59
Tableau10	Les caractéristiques empiriques de loi de Galton	60
Tableau11	l'ajustement par la loi de Galton (XLSAT)	61
Tableau12	Test de K_{hi}^2	62
Tableau13	pluies journalières maximales fréquentielles	63
Tableau14	Pluies de courtes durées pour différentes période de retour	64
Tableau15	Intensité maximales de courte durée	65
Tableau16	Répartition des surfaces en fonction des cotes	69
Tableau17	Caractéristique de la pente globale du bassin versant	71
Tableau18	Caractéristique du relief selon A.S.T.R.O.M	72
Tableau19	Rectangle équivalent de bassin versant de N'Sa	73
Tableau20	Les calcule des paramètres	75
Tableau21	Le débit maximum par la différente période de retour (Berriane)	75
Tableau22	Le débit maximum par la différente période de retour (Hassi R'bib)	76
Tableau 23	Le débit maximum par la différente période de retour (Sabkhat Safioun)	77
Tableau24	Estimation du débit décimal et centennal par la formule de MAYER	78
Tableau 25	Estimation du débit centennal par la formule de PUCH et CHABI-GONNI	79
Tableau 26	Estimation du débit centennal par la formule de CADIER et AGUIAR	79

Tableau 27	Estimation du débit maximal de différent période de retour par la formule d'OSTORME et RODIER-AUVRAY85	79 79
Tableau 28	Estimation des débits moyenne de différent période de retour par la formule d'OSTORME et RODIER-AUVRAY	79
Tableau 29	Débits maximale de crue pour différentes périodes de retour à Berriane, Hassi R'bib	85
Tableau 30	Le débit maximum de crue en fonction de pluie journalière pour chaque section.	87

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 01	les systèmes hydrologiques	16
Figure 02	les formes solides de précipitation	16
Figure 03	Précipitation convectives	17
Figure 04	précipitation orographique	18
Figure 05	Front froids	18
Figure 06	Front chaud	19
Figure 07	Mécanisme de la formation d'une précipitation	20
Figure 08	Pluviomètre à lecture direct	22
Figure 09	L'appareille de pluviomètre	22
Figure 10	Les appareille de pluviographe	23
Figure 11	Les basculements des augets	24
Figure 12	Pluviographe transducteur d'impulsions	25
Figure 13	Mesure de l'équivalent en eau des cahutes de neige	25
Figure 14	Courbe représente Intensité -Durées- Fréquence IDF	28
Figure 15	Variable réduite de Gumbel	31
Figure 16	Variation de β_1 et β_2 avec σ	32
Figure 17	Variable réduite de Gauss	33
Figure 18	Crue simple et complexe	35
Figure 19	Crue simple	36
Figure 20	Crue complexe	36
Figure 21	hydrogramme de crue	37
Figure 22	Situation géographique de la région d'étude	46
	Températures mensuelles, moyenne des maximas et moyenne minimas	
Figure 23	(période2000-2012)	48
Figure 24	Vent mensuelles (période 2000-2012)	49
Figure 25	humidités relatives moyennes mensuelles (période 2000-2012)	49
Figure 26	La carte géologique représente la région de Berriane	51

Figure 27	Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (période 2000-2012)	54
	Histogramme des précipitations moyennes annuelles (période 2000-2012)	
Figure 28		54
Figure 29	Ajustement graphique par loi de Gumbel (xlsat)	59
Figure 30	Ajustement graphique par loi de Galton (xlsat)	62
Figure 31	Courbe IDF " Intensité -Durées- Fréquence"	66
Figure 32	Bassin versant de N'sa	67
Figure 33	La courbe hypsométrique de oued N'sa	70
Figure 34	Hydrogramme de crue (Berriane)	76
Figure 35	Hydrogramme de crue (Hassi R'bib)	77
Figure 36	Hydrogramme de crue (Sabkhat Safioune)	78
Figure 37	lit de crue à région de Berriane	81
Figure 38	Image satellite du 30 septembre 2008	82
Figure 39	Image satellite du 1 octobre 2008	82
Figure 40	Situation en surface du 30/09/2008	83
Figure 41	Situation en surface du 01/10/2008	83
Figure 42	Principale agglomérations par les inondations	84
Figure 43	Débit max en fonction de pluies maximal journalière fréquentielle	86

Liste des abréviations

ANRH : Agence National de Ressource Hydrique.

ONM : Office National Météorologique.

DPAT : Direction de la Planification et d'Aménagement du Territoire.

XLSAT : Excel Statistique.

Liste des symboles

- I** : Intensité
- Q_p** : Débit de pointe
- I** : la pente en pourcentage (%)
- L** : c'est la longueur de talweg principal.
- l** : la largeur de bassin
- m** : présente l'unité de mesure (mètre).
- mm** : présente l'unité de mesure (millimètre).
- Km** : Présence de l'unité de mesure (kilomètre)
- Km/h** : Kilomètre par heure
- m³/s** : mètre cube / seconde.
- mm/h** : millimètre par heure
- n** : nombre d'année observée
- T[°]** : Température
- t** : Période de retour
- V** : Vent
- C[°]** : Degrés Celsius
- Q_{max}**: Débit maximum
- S** : Surface
- P** : périmètre
- D_s** : Dénivèle spécifique
- \bar{U}** : Moyenne de la variable réduite de Gumbel
- σ** : L'écart type
- P_{j max}** : pluviomètre journalières maximal.
- F** : la fréquence.
- Ln** : logarithme népérienne.
- Log** : logarithme décennal.
- H** : Altitude.
- D** : dénivèle.
- T_c** : temps de concentration.
- T_b** : Temps de base.
- T_m** : Temps de concentration.

ملخص

تعد منطقة ميزاب حالة فريدة من نوعها من حيث المناخ، بحيث تعرف أمطار غزيرة هامة وفيضانات استثنائية بمنتهى الخطورة. كما أنها مشهورة بوديائها الكبيرة، والتي من بينها واد النسا الذي يعتبر من أهم الوديان و الذي يمر بمحاذاة مدينة بريان.

الهدف من هذه الدراسة ، هو حساب وتقدير الفيضاناتها بالاعتماد على تساقط الأمطار وتدفعها ومن خلال استعمال بعض التقنيات و الطرق التجريبية في الهيدرولوجية والهيدروغرافيا والمستعملة بنجاح في المناطق الجافة و الشبه الجافة منها منطقة ميزاب بولاية غرداية .

الكلمات المفتاحية : الفيضان، الأمطار، دراسة الهيدرولوجيا ، الهيدروغرافيا، ميزاب، واد النسا.

Résumé

La région du Mzab est caractérisée par ces pluies torrentielles et ces inondations importantes et exceptionnelles. Elle englobe également les grandes vallées du Chebka, d'où notamment la vallée de N'sa, qui passe le long de la ville de Berriane.

Le but de cette étude est d'estimer et quantifier ses inondations, on se base sur des données de précipitations et celui des observations qualitatives des crues. Les techniques de corrélation hydrologiques nous a permet de décrire des relations entre les lame d'eau tombées et les quantités ruisselées.

Mots-clés: inondations, crue, pluie, l'étude hydrologie, hydrographie, la vallée du M'Zab, Berriane, oued N'sa.

Summary

The region is characterized by M'Zab the torrential rain and the large and exceptional floods. It also includes large valleys Chebka, which include the Valley N'sa, passing along the city Berriane.

The purpose of this study is to estimate and quantify its flood Based on rainfall data and the qualitative observations of floods. Hydrological correlation techniques allow us to describe the relationship between the blade and the water fell rissoles quantities.

Keywords: flood, flood, rain, hydrology study, hydrography, M'Zab Valley, Berriane, wadi N'sa

Introduction:

Le bassin hydrographique, ou bassin versant, est l'unité de toute étude hydrologique. Les limites d'un bassin sont formées par les lignes de partage des eaux qui le séparent des bassins adjacents. Elles sont facilement repérables dans les régions où le relief est bien marqué. Il n'en est pas de même dans les régions très planes où les eaux divaguent, dans celles où les écoulements temporaires (cas des zones sahariennes) se perdent dans les sables ou dans les cuvettes désertiques.

Le ruissellement superficiel au Sahara est resté peu étudié jusqu'à ce jour. Ce ruissellement étant malgré sa, est assez rares, et la fréquence de ceci est très variable dans le temps. A une longue période de sécheresse peut succéder une courte série d'années humides. Dans ces conditions la notion de moyenne perd de son sens.

Les crues d'oued N'sa au bassin (Chebka) de M'Zab, constituent la principale source d'alimentation de la nappe phréatique, ainsi la source d'irrigation des palmeraies. Pour maîtriser le risque lié aux crues dans la vallée, des études hydrologique ultérieures ont proposées d'installer des stations hydrométriques et météorologiques à l'amont du bassin mais jusqu'à nos jours rien n'a été réalisé, mise à part quelques observations qualitatives sur les crues exceptionnelles qui passent par la vallée. En plus les données climatiques disponibles sans pas toujours conformes à la réalité, par le fait que la seule station dans la région est éloignée à la ville de Berriane de 60 km vers le sud (Noumerrate).

L'objectif de ce travail est de quantifier les apports de Oued N'sa sur plusieurs exutoires et d'établir une relations entre les pluies tombées et la quantité ruisselée selon les mêmes fréquences. En absence de données des mesures hydrométriques, il est important d'utiliser de différentes méthodes d'évaluation (analogiques, hydraulique...).

La méthodologie adoptée dans le cadre de ce travail s'articule autour des points suivants:

- Premier partie : contient l'aspect théorique hydrologique sur les crues et les précipitations, ainsi que la méthodologie d'évaluation ces paramètres par mesure et les méthodes analogiques.

- Deuxième partie : contient le cadre physique de la région (situation géographique, climatologie, géologie....), contient aussi l'aspect pratique d'évaluation et quantifications des crues et précipitation sur Oued N'sa par les différents méthodes proposées en haut. Pour valoriser ces résultats, il est nécessaire de procéder à l'analyse statistique des données, et d'essayer de corrélérer les pluies aux crues à la même fréquence.

Chapitre I : Evaluation des précipitations

1. Définition de La précipitation :

Les précipitations constituent la principale « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants.

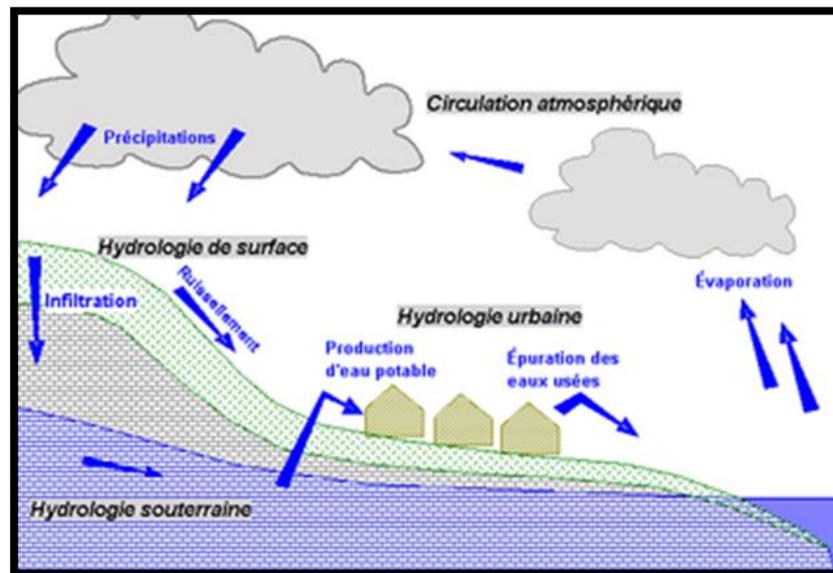


Figure (01) : les systèmes hydrologiques
« www.wikipedia.org/Précipitation ».

Ce sont l'ensemble des eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression. « www.wikipedia.org/Précipitation ».

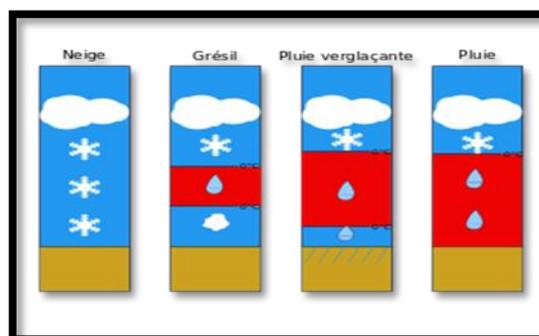


Figure (02) : les formes solide de précipitation

Les précipitations sont évidemment le facteur essentiel des régimes hydrologiques puisqu'elles constituent la matière première des débits des cours d'eau. (J.P LABORD, 2000).

2. Type de précipitation :

Deux conditions pour générer des précipitations :

- condensation de la vapeur d'eau atmosphérique (formation d'un nuage)
- agglomération des gouttes de pluie (précipitations).

2.1 Précipitation Convectives

Ascension rapide des masses d'air (convection) liée à des gradients thermiques verticaux de l'air qui caractérisent des stations instables.

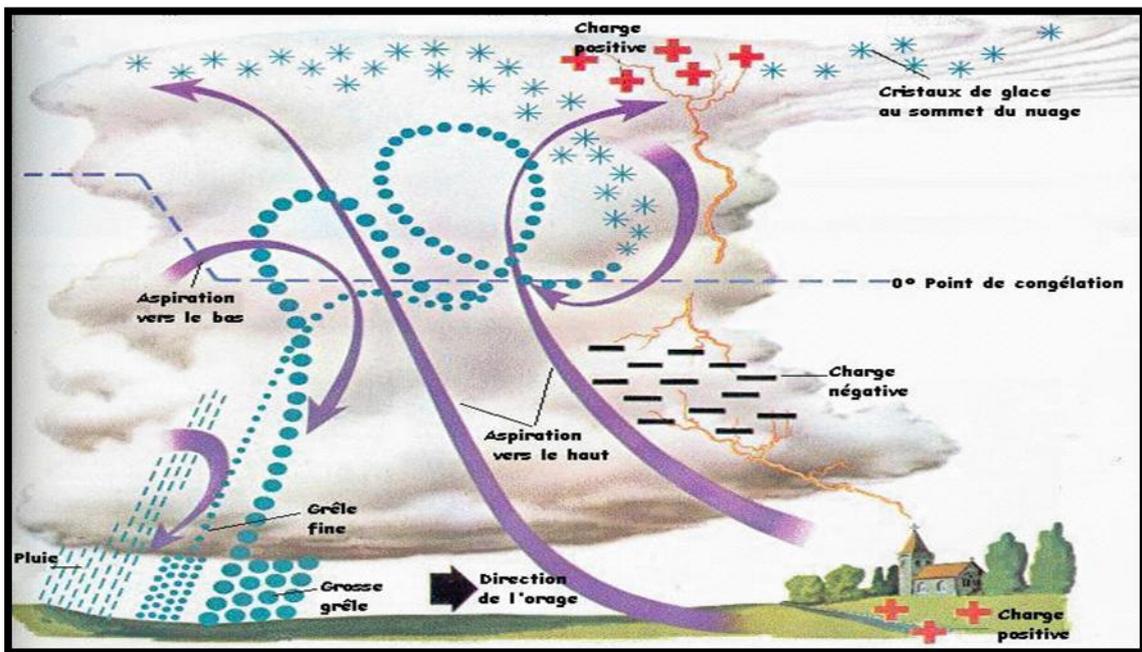


Figure (03) : Précipitations convectives

2.2 Précipitation Orographique :

Ascendances des masses d'air initiées par le relief. Donc précipitations pas « spatialement mobiles ». Suivant l'instabilité de l'air implique le développement de cellules convectives.

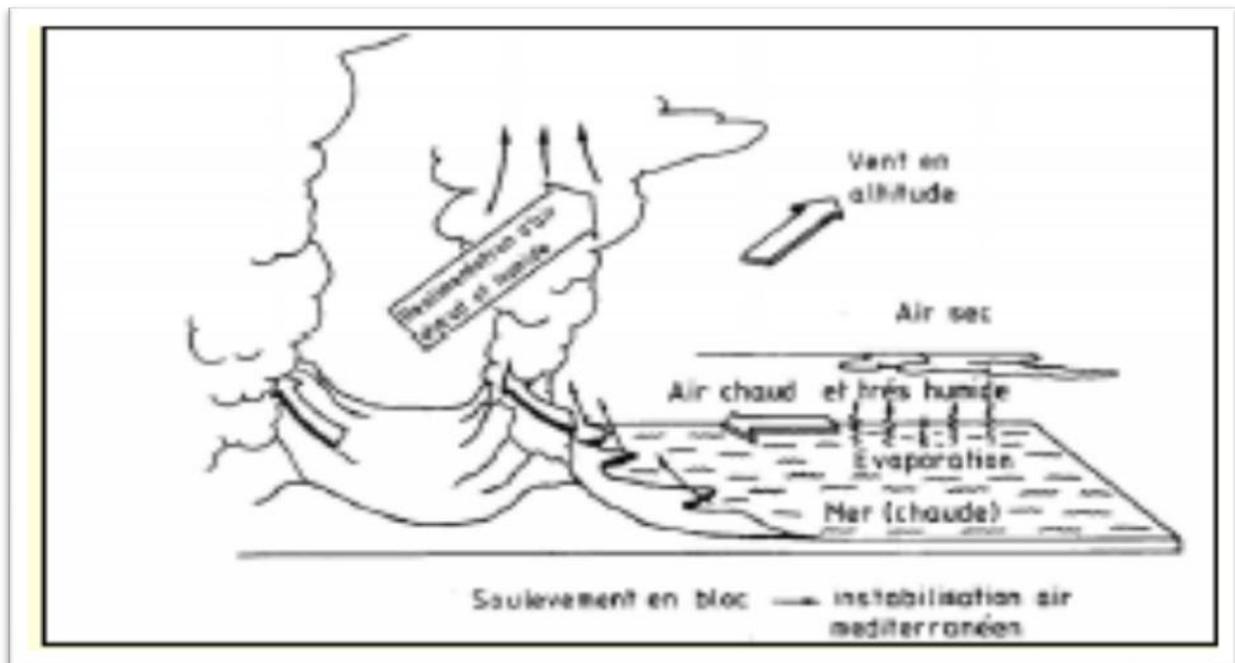


Figure (04) : précipitation orographique.

2.3 Précipitations Frontales :

Naissent à la rencontre de deux masses d'air de caractéristiques différentes (t° , humidité,..)

2.3.1. Front Froids :

Air froids se glisse sous l'air chaud et propulse en altitude

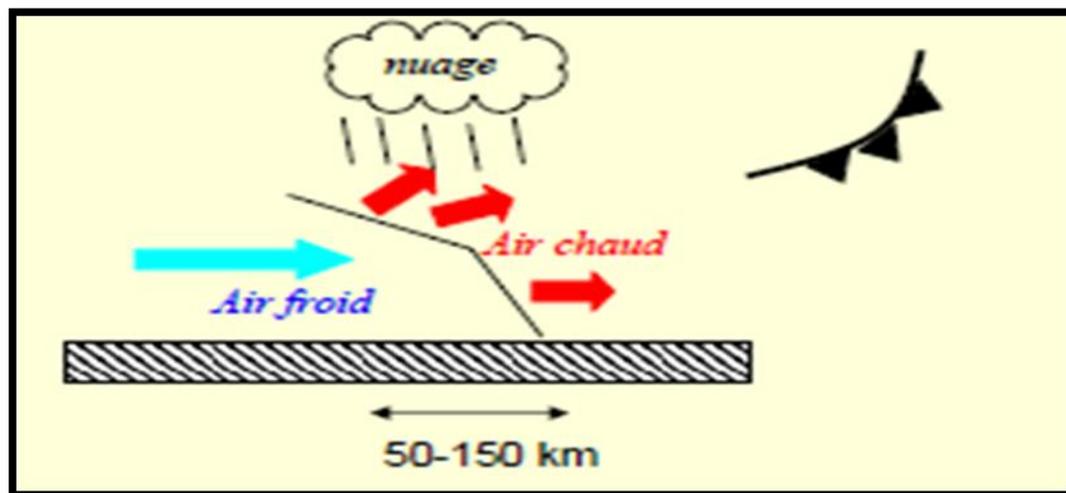


Figure (05) : Front froids.

2.3.2. Front chaud :

Air chaud glisse sur l'air froid

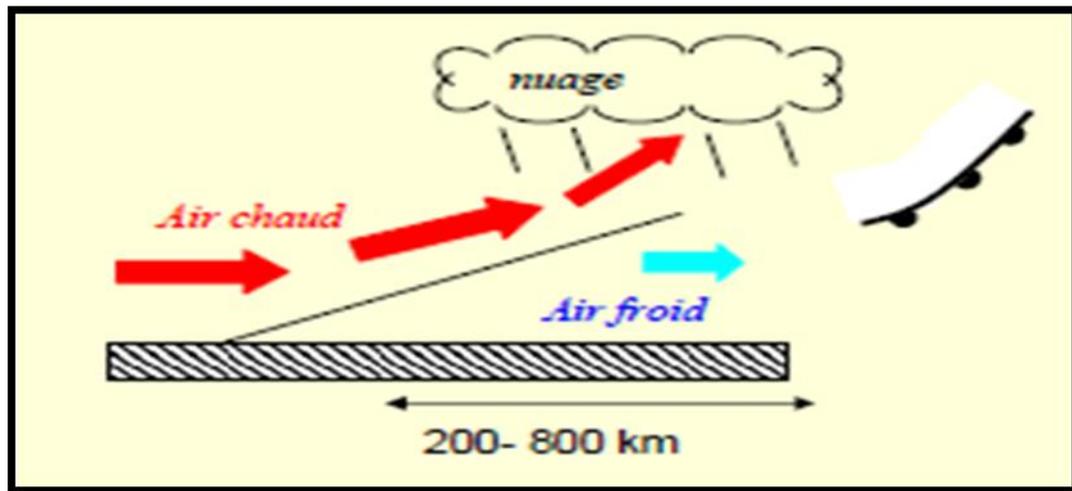


Figure (06) : Front chaud

<http://mon.univ-moutp2.pdf>

3. Mécanisme de formation d'une précipitation :

La formation des précipitations nécessite la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique. La saturation est une condition essentielle à tout déclenchement de la condensation. Divers processus thermodynamiques sont susceptibles de réaliser la saturation des particules atmosphériques initialement non saturées et provoquer leur condensation ([http://Zebulon 1^{er}.free.fr/Pluie.htm](http://Zebulon1.free.fr/Pluie.htm)).

:

- saturation et condensation par refroidissement isobare (à pression constante),
- saturation et condensation par détente adiabatique,
- saturation et condensation par apport de vapeur d'eau,
- saturation par mélange et par turbulence.

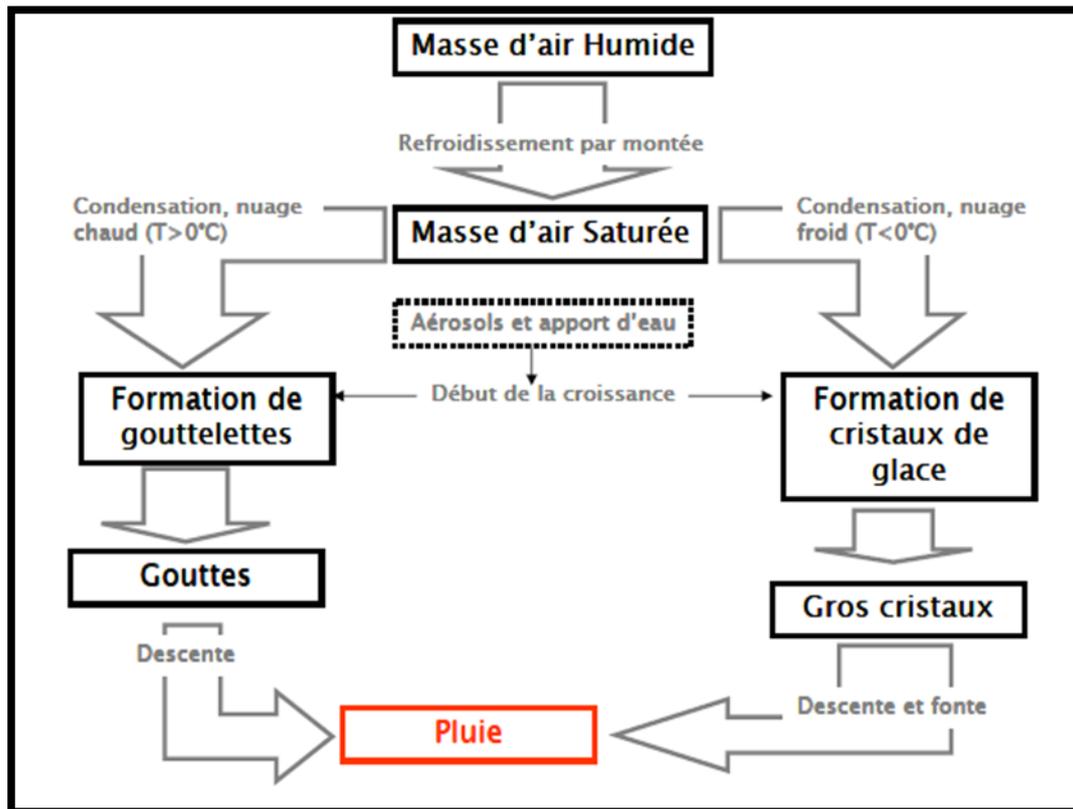


Figure (07) : mécanisme de formation d'une précipitation

4. Mesure des précipitations :

Les mesures de précipitations intéressent des secteurs d'activités assez divers mais principalement la météorologie, l'agriculture, l'hydrologie, *etc.* Des réseaux de mesures ont généralement été installés de longue date. En France, le développement de ces réseaux a débuté vers le milieu du 13^{ème} siècle. (J.P LABORD, 2000).

5. Principe de mesure :

L'idée est de mesurer la quantité d'eau tombée au sol durant un certain intervalle de temps; or, ceci n'est pas aussi facile qu'il y paraît ;

- la taille de l'échantillon est ridiculement faible puisqu'avec une surface réceptrice ne dépassant pas 2 000 cm², on espère dans le meilleur des cas, représenter la pluie sur quelques kilomètres-carrés ; on échantillonne donc quelques dix millièmes de la surface ;

- les précipitations sont par ailleurs très sensibles au vent, ce qui explique que l'introduction de l'appareil occasionne une perturbation de la circulation et ainsi, une modification des précipitations ;

- enfin, signalons que pour la neige, on peut souvent se contenter de mesurer son équivalent en eau, mais dans ce cas, Encore faut-il que les flocons aient bien voulu se poser dans la surface réceptrice.

On retiendra que la signification d'une mesure pluviométrique n'est que relative. Si on a le soin d'uniformiser les appareils et les conditions d'implantation, les hauteurs de pluie enregistrées seront comparables entre elles et liées par une relation stable mais inconnue à la hauteur de pluie réellement tombée au sol.

Ce handicap est acceptable dans la plupart des cas puisque les hauteurs de pluie mesurées seront mises en relation avec les écoulements par des modèles statistiques ou par des modèles déterministes mais calés sur différentes observations (par exemple, trouver un coefficient de ruissellement supérieur à 100 % est alors acceptable et signifie pratiquement que la hauteur de pluie réelle est sous-estimée). (J.P LABORD, 2000).

6. Appareillages pluviométriques :

6.1 Les pluviomètres :

Le pluviomètre est un appareil très simple qui comporte une surface réceptrice limitée par une collerette cylindrique, l'eau traversant cette Surface est dirigée par un entonnoir vers un seau récepteur. Si durant un certain intervalle de temps Δt , on a récupéré un volume V à travers la surface réceptrice S , la hauteur de pluie $H_{\Delta t}$ tombée est :

$$\Delta t = \frac{V}{S}$$

Dans la pratique, on adjoint à chaque pluviomètre une éprouvette graduée (fonction de la surface réceptrice S) qui permet la lecture directe de $H \Delta t$ en 1/10ème mm.

L'appareil le plus répandu en France était le pluviomètre "Association" de 400 cm² de surface et disposé sur un pied à 1,5 m du sol.

Préconise de faire les mesures à 1 m du sol et on voit se développer des appareils de 400 cm² en plastique dont le seau transparent est gradué et possède une éprouvette incorporée.

Bien que les surfaces réceptrices soient identiques, les mesures divergent du fait du changement de hauteur : 1,5 -> 1 mètre et du changement de matériaux : tôle -> plastique, ce qui modifie les condensations sur les parois du récepteur. En général, les pluviomètres sont relevés par une observatrice une ou deux fois par jour à 6 h et 18 h T.U. (**J.P LABORD, 2000**)



Figure (08) : Pluviomètre à lecture direct

(Météo France)

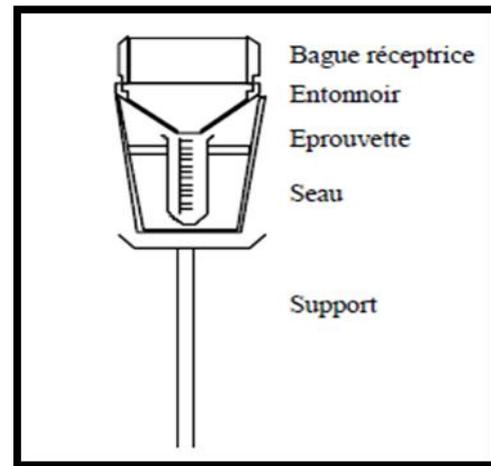


Figure (09) : l'appareille de pluviomètre

(J.P LABORD, 2000)

6.2 Les pluviographes :

Ces appareils sont destinés à l'enregistrement de la hauteur de pluie cumulée en fonction du temps. Deux types principaux ont eu un certain développement : les pluviographes à augets basculeurs et ceux à siphons. Actuellement, ces derniers tendent à être abandonnés. (**J.P LABORD, 2000**).

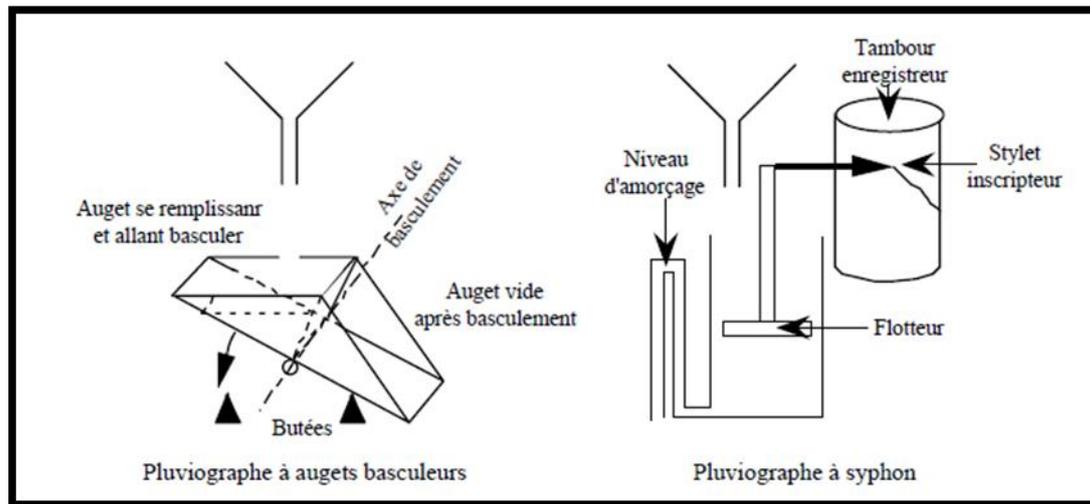


Figure (10) : les appareils de pluviographe. (J.P LABORD, 2000)

Les pluviographes à augets basculeurs ont la partie captant commune avec les pluviomètres ; ils en diffèrent par la partie réceptrice en aval de l'entonnoir. L'eau est dirigée par un court tube vers les augets de mesures. Ceux-ci sont disposés symétriquement par rapport à un axe de rotation horizontal. Dans la situation du schéma ci-contre, l'auget de gauche est en train de se remplir alors que celui de droite s'est déjà vidé.

Lors du remplissage, le centre de gravité de l'ensemble des deux augets se déplace vers la gauche jusqu'à dépasser la verticale de l'axe de rotation ; l'ensemble bascule alors vers la gauche et l'auget plein se vide alors que celui de droite est venu en position de remplissage. Les augets sont tarés de façon à ce que le basculement se produise lorsqu'ils contiennent 20 g d'eau. La partie captant ayant des surfaces de 2 000 cm², 1 000 cm² ou 400 cm², un basculement correspond à 0,1 mm, 0,2 mm ou 0,5 mm de pluie. (J.P LABORD, 2000).

Pour comptabiliser les basculements, deux systèmes sont possibles.

6.2.1. Enregistrement mécanique :

Chaque basculement provoque, par un système d'ancre, l'échappement d'une roue dentée. La rotation de cette roue entraîne mécaniquement le déplacement d'un stylet inscripteur sur un cylindre entraîné lui-même par un mouvement d'horlogerie. Un système de came cardioïde permet de modifier en limite du papier le sens du déplacement du stylet.

La vitesse d'entraînement du tambour est variable ; un système de démultiplication permet d'établir une rotation complète en un jour, une semaine, deux semaines ou un mois. En fonction de ces vitesses, l'intervalle de temps minimum sur lequel on peut effectuer une lecture varie de quelques minutes à une heure.

L'ensemble de l'appareillage est assez volumineux, ce qui nécessite de placer sous la partie réceptrice un boîtier. Cylindrique protégeant l'appareillage. L'importance du boîtier perturbe le vent et affecte donc la mesure de la pluie. (J.P LABORD, 2000).

A par exemple Le dépouillement des hyétogrammes à une échelle plus fine de temps ne font pas l'objet d'une publication systématique. Ces données sont archivées sur support informatique (facilement pour les enregistreurs sur support magnétique) ou encore à l'état brut des originaux papiers

6.2.2. Pluviographe transducteur d'impulsions :

Dans ce type d'appareil, les basculements des augets sont convertis en impulsions électriques : une ampoule contenant du mercure est fixée aux augets. A chaque mouvement, le mercure ferme un contact électrique en se déplaçant. Cette impulsion électrique est aisément transmissible à distance, soit vers un chrono totalisateur qui enregistre les impulsions sur papier, soit vers un enregistreur magnétique. L'avantage de ce type d'appareil est de réduire quasiment au volume des augets, l'appareillage à installer sous la bague réceptrice ; on réussit alors à construire un coffret de protection d'encombrement analogue à celui d'un pluviomètre. (J.P LABORD, 2000).

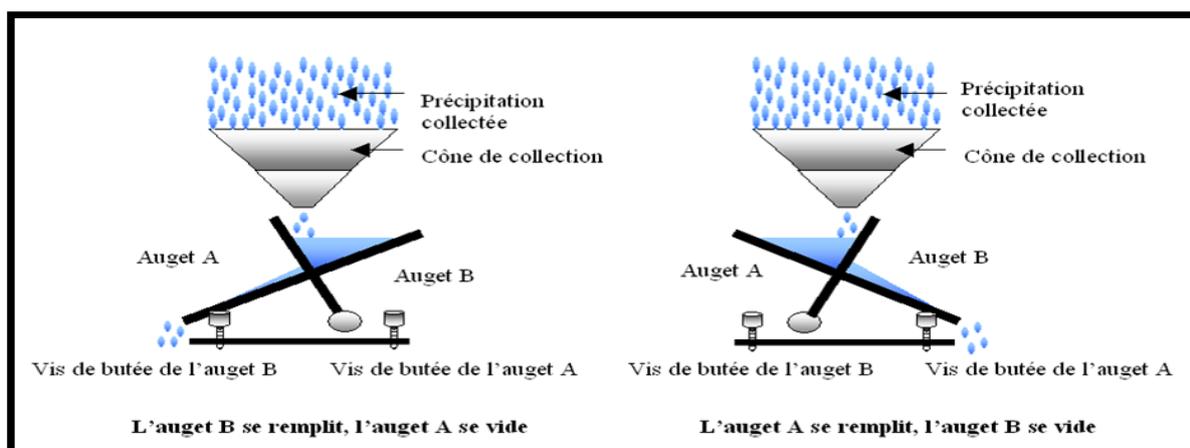


Figure (11) : les basculements des augets



Figure (12) : Pluviographe transducteur d'impulsions

6.2.3. Mesure de l'équivalent en eau des chutes de neige :

Tous les pluviographes sont aptes à mesurer l'équivalent en eau des précipitations sous forme solide qui atteignent le capteur. En effet, il suffit de leur adjoindre un système de réchauffage pour que la neige ou la grêle fonde au contact de l'entonnoir.

Pour les pluviographes mécaniques, on leur adjoint généralement un chauffage au gaz propane, la bouteille, le brûleur et le thermostat prenant place dans la cabine. Pour les appareils à transducteur, la place réduite conduit à utiliser un chauffage électrique.

Notons tout de suite que néanmoins, ces appareils ne donnent qu'une estimation très grossière des chutes de neige car les flocons sont très soumis aux vents qui perturbent les appareils. (J.P LABORD, 2000).



Figure (13) : mesure de l'équivalent en eau des chutes de neige

6.2.4. Précision des appareils :

Les pluviographes présentent l'inconvénient de sous-estimer systématiquement les fortes intensités. Les gouttes de pluie éclaboussent vers l'extérieur des augets lorsque l'ensemble est à l'horizontale ; l'inertie de l'appareillage fait que, durant le basculement, les gouttes continuent d'arriver et font déborder l'auget. Enfin, l'appareillage perturbe le champ des vitesses du vent. Malgré des améliorations constantes, la sous-estimation varie de 4 à 10 % pour des intensités de 75 à 250 mm/h.

La prudence minimale veut que l'on adjoigne un seau qui récupère l'eau à la sortie du pluviographe. La mesure de l'eau qu'il contient permet de vérifier que l'appareil ne s'est pas détaré (basculement pour un poids différent de 20 g) ou en cas de panne totale, de connaître la hauteur totale de pluie durant la période séparant de la dernière visite. **(J.P LABORD, 2000).**

6.3 Nivomètres à rayonnement γ :

Ces appareils permettent simultanément de mesurer la hauteur de neige et l'équivalent en eau des différentes couches. Le principe en est le suivant : un émetteur de rayon γ (Césium 137) envoie un faisceau horizontal en direction d'un récepteur ; l'affaiblissement du rayonnement dépend de la quantité d'eau entre l'émetteur et le récepteur.

D'un point de vue pratique, l'émetteur et le récepteur sont disposés dans des mâts creux en fibre de verre distants de 50 cm environ.

A l'intérieur des mâts, l'émetteur et le récepteur peuvent se déplacer verticalement par un système de câbles, poulies et moteur d'entraînement. La mesure démarre soit par un mécanisme d'horlogerie, soit à la demande de l'opérateur. L'équipage mobile se déplace de bas en haut à une vitesse proportionnelle à l'intensité du rayonnement reçu.

Tous les 10 cm, l'appareillage envoie une impulsion électrique ; le temps séparant deux impulsions mesure donc la densité de la neige sur 10 cm d'épaisseur. Lorsque l'émetteur émerge de la neige, le rayonnement reçu devient maximum et l'équipage mobile retourne à son point de départ. Le nombre d'impulsions permet donc de connaître l'épaisseur de la neige à 10 cm près au maximum.

La transmission de la mesure se fait généralement par radio (sites peu accessibles), mais elle peut également se faire par câble. (J.P LABORDE, 2000).

7. Mesure de la hauteur d'eau précipitée :

Comme les précipitations varient selon différents facteurs (déplacement de la perturbation, lieu de l'averse, influence de la topographie, etc.), leur mesure est relativement compliquée.

Quelle que soit la forme de la précipitation, liquide ou solide, on mesure la quantité d'eau tombée durant un certain laps de temps.

- On l'exprime généralement en hauteur de précipitation ou lame d'eau précipitée par unité de surface horizontale (mm).
- On définit aussi son intensité (mm/h) comme la hauteur d'eau précipitée par unité de temps.
- La précision de la mesure est au mieux de l'ordre de 0,1mm.

8. Notion de temps de retour

La notion de temps de retour est essentielle en hydrologie. On définit le temps de retour T d'un événement comme étant l'inverse de la fréquence d'apparition de l'événement.

$$T = \frac{1}{1 - F}$$

F : probabilité de dépassement d'un événement.

$(1-F)$: probabilité de non dépassement.

9. Notion d'Intensité :

On désigne en général par "averse" un ensemble de pluies associé à une perturbation météorologique bien définie. La durée d'une averse peut donc varier de quelques minutes à une centaine d'heures et intéresser une superficie allant de quelques kilomètres carrés (orages) à quelques milliers (pluies cycloniques).

On définit finalement une averse comme un épisode pluvieux continu, pouvant avoir plusieurs pointes d'intensité. L'intensité moyenne d'une averse s'exprime par le rapport entre la hauteur de pluie observée et la durée t de l'averse:

$$I_{\text{moy}} = \frac{H_{\text{moy}}}{t}$$

Où:

I_{moy} : intensité moyenne de la pluie [mm/h, mm/min] ;

H : hauteur de pluie de l'averse [mm] ;

T : durée de l'averse [h ou min] ;

L'intensité des précipitations varie à chaque instant au cours d'une même averse suivant les caractéristiques météorologiques de celle-ci.

Plutôt que de considérer l'averse entière et son intensité moyenne, on peut s'intéresser aux intensités observées sur des intervalles de temps au cours desquels on aura enregistré la plus grande hauteur de pluie.

10. La courbe IDF :

On établit des relations entre les intensités, la durée et la fréquence d'apparition des pluies qui peuvent être représentées selon des courbes caractéristiques: on parle généralement de courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF).

La notion de fréquence est en fait exprimée par la notion de temps de retour.

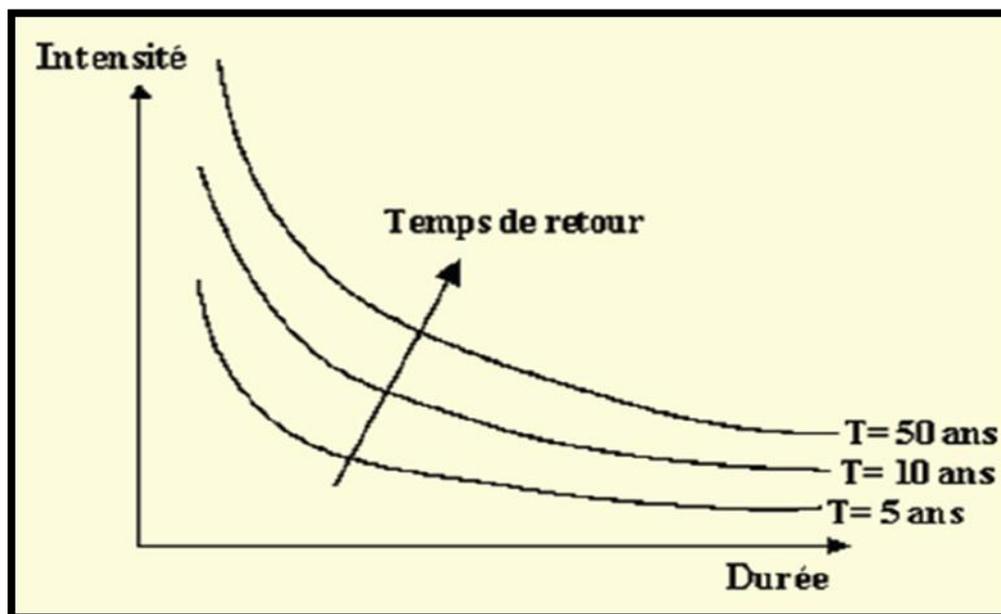


Figure (14) : courbe représente Intensité-Durée- Fréquence IDF.

<http://mon.univ-moutp2.pdf>

11. L'aspect théorique de l'ajustement statistique des P_{jmax} :

Les pluies maximales journalières de rares fréquences sont des pluies génératrices des crues d'importants débits, contre lesquels il faut protéger l'ouvrage.

L'ajustement des pluies maximales journalières sera effectué deux Lois :

- Loi de Gumbel ;
- Loi de Galton ;

11.1 Analyse des données statistiques :

L'analyse statistique des données pluviométriques consiste à déterminer les caractéristiques empiriques d'un échantillon d'une série d'observations de précipitations maximales journalières, de 34 années.

Les caractéristiques de cette série sont :

- ✓ La moyenne interannuelle des précipitations maximales journalières $\overline{P_{jmax}}$ durant 34 ans d'observations :

$$\overline{P_{max,j}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{jmax}}{n}$$

- ✓ L'écart type « $\sigma_{P_{max,j}}$ » :

$$\sigma_{p jmax} = \left[\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_{max,j} - \bar{p})^2}{n - 1}} \right]$$

- ✓ Coefficient de variation : « Cv » :

$$Cv = \frac{\sigma_{p jmax}}{p_{max,j}}$$

12.1. Loi de Gumbel :

12.1.1 Fonction de distribution :

Sous sa forme simple et généralement utilisée on a :

$$F(x) = e^{-e^{-u}}$$

Avec : $U = \frac{x-x_0}{s}$

Le terme u est la variable réduite de Gumbel. L'intervalle de variation de x est donc :

$$X \in]-\infty, +\infty[$$

X_0 : est le paramètre de position (mode)

S : est le paramètre d'échelle différent de zéro et positif.

Le coefficient d'asymétrie β_1 est constant et égal à 1,139 ; ce qui correspond à une dissymétrie étendue vers la droite.

Le coefficient d'aplatissement β_2 est constant et égal à 2,4 ; la loi de Gumbel est donc plus pointue que la loi de Gauss. La densité de probabilité a pour expression :

$$f(X) = e^{-u} e^{-e^{-u}}$$

Elle a un maximum pour $u = 0$ et deux points d'inflexion pour $U = \ln\left[\frac{1}{2}(3 \pm \sqrt{5})\right]$.

On peut noter dès à présent le comportement asymptotique de la distribution de Gumbel : si F tend vers 1, en posant : $T = \frac{1}{1-F}$ la variable réduite de Gumbel u tend vers Ln T.

12.1.2 Estimation des paramètres

a) Méthode des moments

La méthode des moments conduit à des estimations de calcul particulièrement simple et d'emploi très fréquent :

- $S=0.78\sigma_X$;
- $X_0 = \bar{X} - 0.577 S$;
- $\sigma_X = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}}$ et $\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$

b) Méthode du maximum de vraisemblance

On aboutit au système résolutif suivant :

$$S + \frac{\sum x e^{-x/s}}{\sum e^{-x/s}} = \bar{X}$$

$$X_0 = S \operatorname{Ln} \left[\frac{\sum e^{-x/s}}{n} \right]$$

La première équation est implicite en s ; elle ne peut donc se résoudre que par itération. Ayant déterminé s, la deuxième équation permet la détermination de x_0 .

La méthode du maximum de vraisemblance ne s'utilise que lorsque l'on dispose de moyens de calcul automatique.

c) Méthode graphique

Cette loi à deux paramètres se prête très facilement à des ajustements graphiques. La variable réduite de Gumbel : $U = \frac{x-x_0}{s}$ s'exprime très à facilement graphiques.

$$F(x) = e^{-e^{-u}} \text{ D'où } U = -\operatorname{Ln} \left[\operatorname{Ln} \frac{1}{F} \right].$$

Ainsi, en portant arithmétiquement les valeurs de x en fonction de leur fréquence expérimentale au non dépassement selon un axe gradué arithmétiquement en u, on doit obtenir une droite passant par exemple :

$$\text{Par } U = 0 \text{ pour } X = X_0$$

$$\text{Et } U = \pm 1 \text{ pour } U = X_0 \pm S$$

D'où la détermination immédiate de x_0 et s .

S : représente la pente de cette droite ; aussi appelle-t-on souvent le « Gradex » (gradient exponentiel).

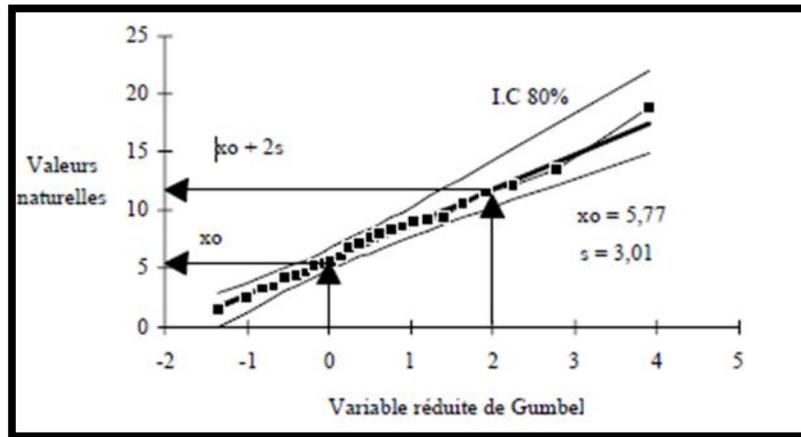


Figure (15) : variable réduite de Gumbel.

12.2 Loi de Galton (loi normal)

12.2.1 Fonction de répartition :

Parmi les nombreuses formulations possibles, nous retiendrons la suivante, qui fait le mieux le parallèle avec la loi de Gauss :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} du.$$

$$U = a \log(x - x_0) + b$$

$$\text{Intervalle de définition : } x \in]x_0, +\infty[$$

On remarque que l'on passe de la loi de Gauss à la loi de Galton en faisant le changement de variable de x en $\log(x - x_0)$. Cette loi fait intervenir trois paramètres dont x_0 est le paramètre de position.

Une autre formulation qui fait mieux ressentir le rôle des paramètres est :

$$\text{Où, } F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^u e^{-\frac{\ln(u)^2}{2}} du$$

$$U = \frac{X_i - X_0}{\sigma_x}$$

X_0 : paramètre de position (identique au précédent) ;

S : paramètre d'échelle positif différent de zéro ;

σ : paramètre de forme positif différent de zéro ;

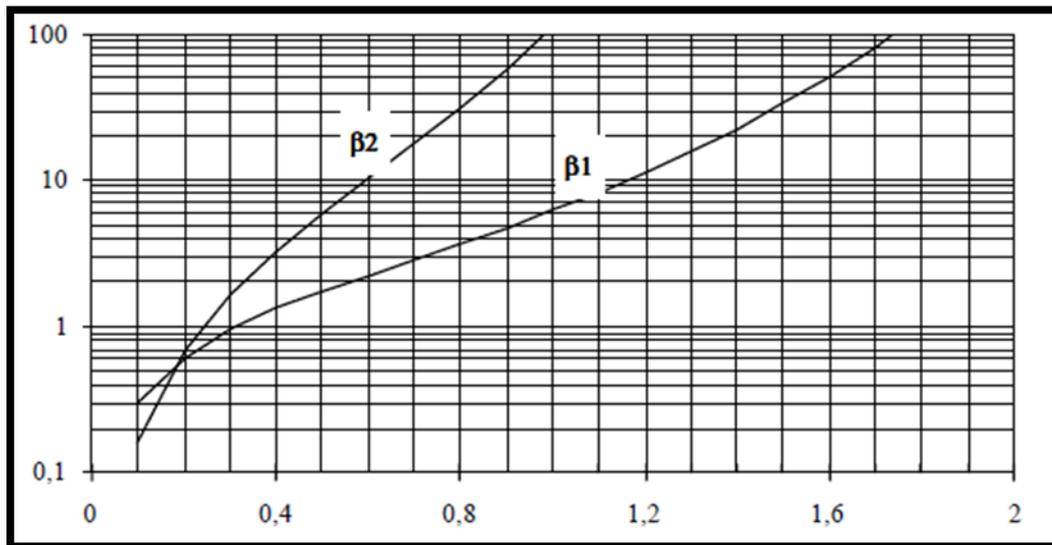


Figure (16) : Variations de β_1 et β_2 avec σ .

Le coefficient d'aplatissement β_2 est toujours positif ; la loi de Galton est plus "pointue" que la loi de Gauss.

Le coefficient d'asymétrie β_1 est toujours positif ; la loi de Galton est dissymétrique, étendue vers la droite.

Ces deux coefficients ne dépendent que de σ comme le montre la figure ci-contre. La fonction de densité est alors :

$$f(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \frac{1}{U} \exp\left(-\frac{(\ln u)^2}{2\sigma^2}\right)$$

Elle s'annule pour : $U = \frac{X_i - X_0}{\sigma_x}$, ce qui correspond au mode. Par ailleurs, la fonction de densité a deux points d'inflexion pour :

$$U = e^{-\frac{\sigma^2}{2} \left(3 \pm \sqrt{\frac{4}{\sigma^2}} \right)}$$

12.2.2 Estimation des paramètres :

a) Méthode des moments

En utilisant la première formulation, les trois paramètres à déterminer sont x_0 , a et b .

En posant :

\bar{X} : moyenne des X écart-type des X

σ : écart-type des X

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

b) Méthode graphique :

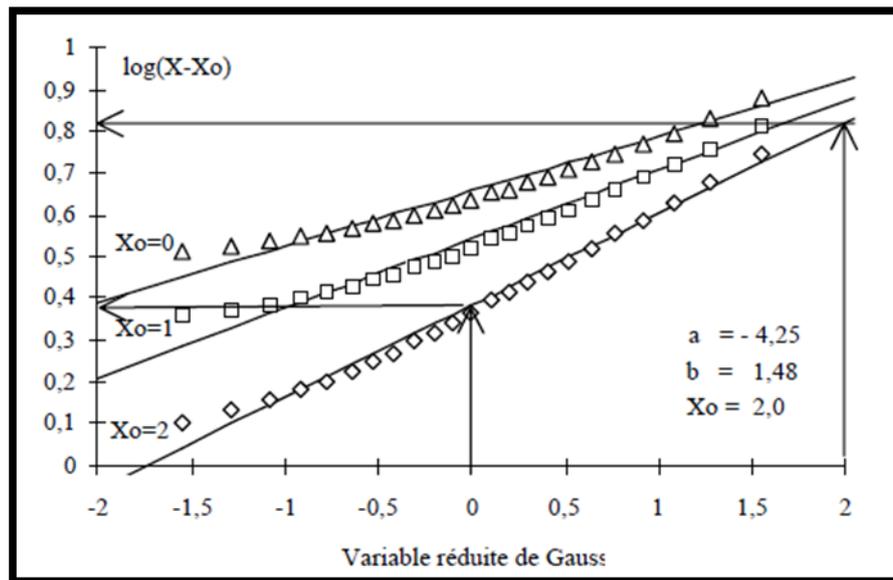


Figure (17) : Variable réduite de Gauss

c) Ajustement graphique à une loi de Galton.

On passe de la loi de Gauss à la loi de Galton par le changement de variable x en $\log(x - x_0)$. Par conséquent, si on connaît x_0 , on pourra tracer l'équivalent de la droite de Henry en portant $\log(x_i - x_0)$ en fonction de $F = \frac{i - 0,5}{n}$ sur un papier à probabilité graduée suivant les valeurs de la variable réduite de Gauss. Pour déterminer x_0 , on procédera par tâtonnements en se fixant différentes valeurs de x_0 jusqu'à obtenir l'alignement des points expérimentaux comme le montre la figure ci-dessous.

Pour déterminer a et b , on prendra deux points, par exemple :

- $u = 0 \Rightarrow a \log(x - x_0) + b = 0$
- $u = -2 \Rightarrow a \log(x - x_0) + b = -2$.

Conclusion :

Les précipitations sont évidemment le facteur essentiel des régimes hydrologiques puisqu'elles constituent la matière première des débits des cours d'eau. La nature de l'information dont on a besoin à leur sujet dépend du problème à traiter : bilan, crue maximale sur un petit ou sur un grand bassin..... Etc.

D'autre part, les méthodes d'interprétation peuvent différer suivant la nature des observations existantes dont, souvent, il faut bien se contenter. (ZOUACH.,2007)

Chapitre II : Etude des crues

1. Introduction

Les crues sont des écoulements variables dans lesquelles les débits atteignent des valeurs importantes. Mais leur étude en Algérie reste un domaine inconnu pour les régions arides et sahariennes, seules quelques indications très ponctuelles sont données dans les annuaires hydrologiques algériens. Les crues représentent un des traits fondamentaux du régime d'un cours d'eau, malheureusement nous ne possédons pas de séries de crues pour pouvoir tirer des conclusions globales.

La crue dépend essentiellement de l'abondance et de l'intensité de la pluie : son évolution obéit principalement à la puissance et l'intensité de l'averse. Sa vitesse est largement influencée par le couvert végétal, la lithologie, par des paramètres morphométriques du bassin (indice de compacité, densité de drainage, rapports des confluences et des longueurs etc...), par la pente des thalwegs et la forme du lit.

De plus les diverses branches du chevelu hydrographique interviennent bien qu'à un degré moindre dans l'évolution ou la perturbation d'une crue. Dans la plus part des cas, ce sont les averses généralisées qui provoquent la plus grande crue.

L'estimation des crues révèle une grande importance pour la sécurité de l'ouvrage à implanter. (SAOUCHA, 2009).

Selon SAOUCHA(2009), Les paramètres définissant une crue sont :

- ✓ Le débit maximum de la crue.
- ✓ Le volume de la crue.
- ✓ La forme de la crue (Hydrogramme de crues).
- ✓ Le temps de concentration.
- ✓ Le temps de base.

2. Définition :

Selon **LEBRETON, 1985**, il ya 02 type :

- **crue simple** : si elle Présente une seule pointe
- **crue complexe** : si elle présente plusieurs pointes

Comme montre dans la figure (18)

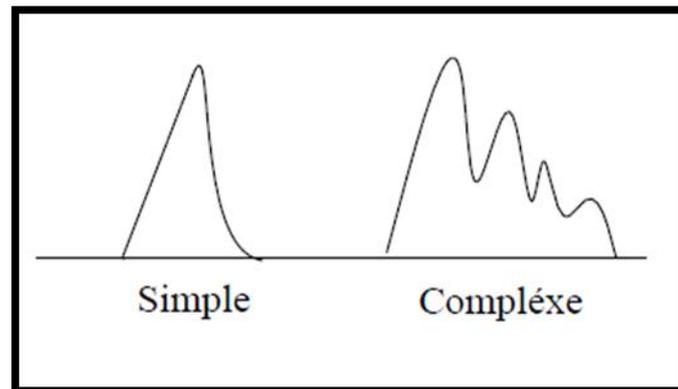


Figure (18) : crues simples et complexes (LEBRETON, 1985)

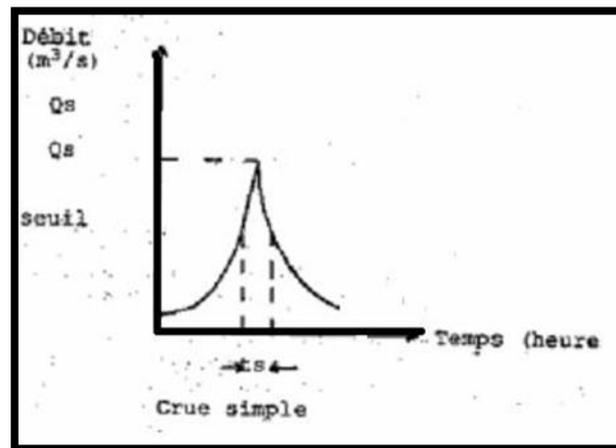
3. Hydrogramme de crue :

Selon **SAOUCHA(2009)**, l'Hydrogramme de crue est une identité de la crue, il nous donne les caractéristiques principales de la crues tel que:

- La forme de la crue.
- Le volume de la crue.
- La durée de la crue.
- Le débit maximum de la crue (débit de pointe).

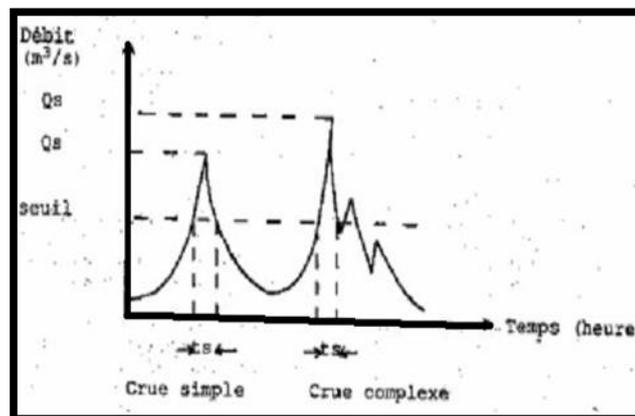
3.1 Type de l'hydrogramme de crue

3.1.1 Crue simple : caractérisée par un seul maximum. (**MEDDI, 2011**) **Figure (19)**.



Figure(19) : crues simple (MEDDI, 2011)

3.1.2 Crues complexes : Caractérisée, généralement, par deux ou plusieurs maximums. (MEDDI, 2011) **Figure(20).**

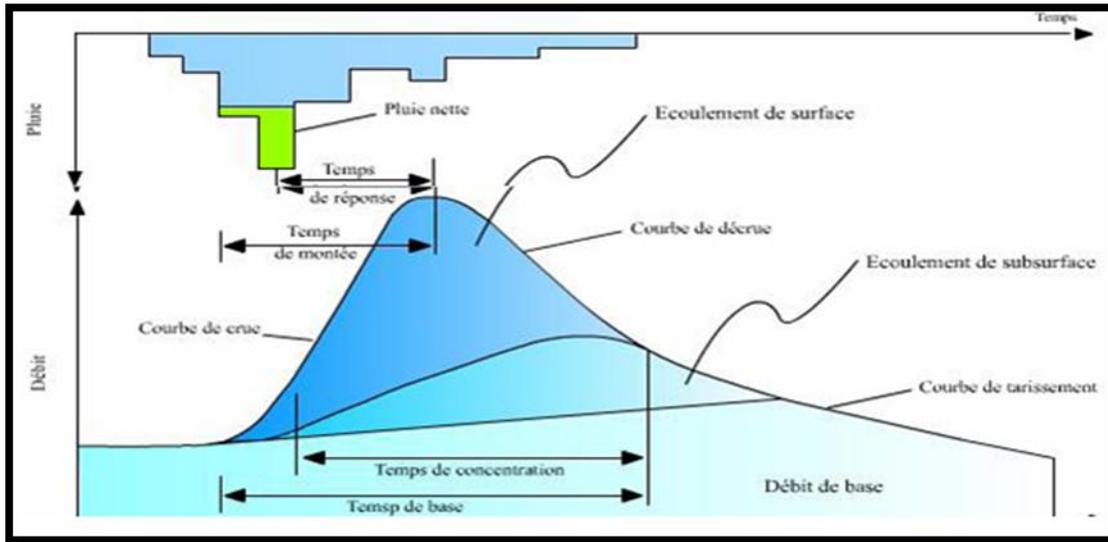


Figure(20) : crue complexe (MEDDI, 2011).

L'Hydrogramme de crue décrit l'évolution du débit au cours du temps. Sa lecture permet de connaître la valeur et le temps de passage du débit de pointe. Le volume écoulé au dessus d'un débit donné correspond à la surface calculée sous la courbe enveloppe. Afin de décrire l'évolution de la crue en fonction de sa période de retour, il est possible de construire des hydrogrammes de crue théorique présentant la même période de retour en volume écoulé et en débit de pointe. Ces hydrogrammes sont ainsi appelés hydrogrammes mono fréquences. (MEDDI, 2011).

Ils sont présentés sur les figures ci-après.

Figure(21) : Hydrogramme de crue (MEDDI, 2011)



La durée caractéristique de la crue est représentée par le temps durant lequel la moitié du débit de pointe est dépassée.

Le coefficient de pointe d'une crue est le rapport entre son débit de pointe et le débit moyen calculé sur la durée caractéristique de la crue. (MEDDI, 2011).

3.2 Description de Hydrogramme de crue

Le temps de montée de la crue est la durée qui s'écoule entre le début de la montée du niveau d'eau et la pointe de la crue.

La pointe de la crue ou débit de pointe, est le débit maximum observé au cours d'une crue.

Le temps de base est la durée qui s'écoule entre le début de la montée du niveau d'eau et la fin du ruissellement pur de la crue.

Le temps de réponse est la durée qui sépare le maximum de l'épisode pluvieux et le moment du débit de pointe.

Le temps de concentration est le temps que met une particule d'eau, provenant d'un point du bassin le plus loin de l'exutoire, pour arriver à celui-ci. On l'estime à la durée entre la fin de la pluie et la fin du ruissellement de la crue. (MEDDI, 2011).

3.3 La méthode de détermination l'hydrogramme de crue

Selon **SAOUCHEA, 2009**, Pour le tracé de l'Hydrogramme de crue on doit suivre la méthode de SOKOLOVSKI qui divise l'Hydrogramme en deux branches de courbe non symétriques, une pour le temps de montée et l'autre pour la décrue.

Pour le temps de montée est exprimé par: $Q = Q_{\max} \left(\frac{t}{t_m} \right)^m$.

Où,

T_m : Temps de montée qui est égale au temps de concentration.

Pour la décrue est exprimée par : $Q = Q_{\max} \left(\frac{t_d + t}{t_d} \right)^n$

Dans le cas général, $n=3$ et $m=2$.

Connaissant : $T_m = T_c$, $t_d = \delta T_m$ et Q_{\max} nous pouvons tracer facilement.

δ : Coefficient dépendant des caractéristiques du bassin versant, il est pris en général compris entre (2 — 4), en fonction de la forme du bassin versant, du régime hydraulique du cours d'eau, de la perméabilité globale du relief, du boisement ou de la végétation du bassin ainsi que de la pente global de ce dernier. (**SOUCHEA, 2009**)

4. Evaluation de débit de crues

En absence de données des mesures hydrométriques sur les crues du bassin de la zone d'étude, il est important d'utiliser différentes méthodes d'évaluation. Parmi ces méthodes on peut citer celle de l'analogie. Elle consiste à transposer les résultats acquis dans d'autres régions du monde aussi semblables que la région étudiée, ainsi que, d'interpoler les valeurs des caractéristiques des crues pour cette région, en fonction des caractéristiques pluviométriques et physiques (Surface, relief, perméabilité).

Selon **OUELED BELKHIR, 2002**, L'évaluation du débit maximum a été effectuée par plusieurs méthodes, à savoir :

- Méthode de MAYER (intervenir la superficie) ;
- Méthode de RODIER et l'analogie avec des bassins du Sahel et de la zone subdésertique au Sud du Sahara ;

- Méthode de PUCH et GONNI et de CADIER, et les analogies avec d'autres régions comme le Nordeste (brésil), ou la Saoura ;
- Méthode d'hydrogramme synthétique ;
- Méthode hydraulique appliquée sur site ;

4.1. Formule des débits maximums en fonction de la superficie, et analogie avec des régions semblables

4.1.1. Formule type MYER

$$Q_{10} = a. A^{0.8} \quad \text{et} \quad Q_{100} = 9.6 .A^{0.95}$$

Avec :

Q_{10} : débit décennal m^3/s

Q_{100} : débit centennal m^3/s

A : superficie du bassin versant en Km^2

4.1.2. Formule de courbe enveloppes

$$Q_{\max} = 10^6 . (A/10^8)^{1-(k/10)}$$

Avec :

K : paramètre qui caractérise la perméabilité du bassin versant, la valeur de K compris entre 3.50 et 3.6 applique sur les bassins de superficie supérieur a100 km^2 .

4.2. Formule faisant intervenir les caractéristiques morphologiques et la pluviométrie

4.2.1. Méthode de RODIER-AUVRAY et l'ORSTOM (1965) :

$$Q_{\max 100} = 32.6 . A^{0.426}$$

4.2.2. Méthode de CADIER et AGUIAR (1993), et analogie avec le Nordeste (Brésil) :

$$Q_{\max 100} = \frac{575.A}{((L.C)^{0.5} . (120 + K.L.C))}$$

Avec :

L : longueur de cours d'eau le plus long en km

K, C : coefficient qui dépendent du type de bassin, pour le bassin de M'Zab on adopte

K=0.15 et C=1.2.

4.2.3. Méthode PUECH et CHABI-GONNI (1984) :

$$Q = a \cdot A^n \cdot I_g^m \cdot P_{an}^p$$

Avec :

a : coefficient

I_g : pente du bassin

P_{an} : pluie annuelles

4.2.4. Méthode de l'hydrogramme synthétique

4.2.4.1. Formule de TURRAZA:

$$Q_{max} = \frac{F \cdot I_{eff} \cdot A}{3.6 \cdot T_c}$$

Avec :

T : temps de concentration

E : coefficient lié à la perméabilité du sol sur le bassin de M'Zab a égale 0.7

I_{eff} : intensité efficace durant de la T_c .

4.2.5. Méthode hydraulique

4.2.5.1. Formule de Manning-Strickler :

$$Q = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot S$$

1/n : coefficient de rugosité

R : rayon hydraulique en m, avec $R=S/P$

I : pente en m/m

S : surface mouillée m^2

P : périmètre mouillée en m

4.2.6. Méthode de SOKOLOVSKI :

Selon cet auteur, la crue est considérée comme un débit maximal généré par une averse de courte durée correspondant au temps de concentration. Le temps de montée de la crue est donc pris égal au temps de concentration. (SOUCHA, L.2009).

$$Q_{f\%} = \frac{0.28 P_{tc} f\% \alpha.K.S}{tc}$$

$Q_{f\%}$: débit de pointe d'une fréquence « f » en m^3/s ;

$P_{tc} f\%$: pluie de courte durée correspondant au temps de concentration « tc » et à une fréquence « f » en mm.

$$P_{f\%} = P_{j\%} \left(\frac{tc}{24} \right)^{0.15}$$

K : coefficient de forme de l'Hydrogrammes de crue. Il est égal à :

$$k = 12 / (4 + 3\varphi)$$

Où, les valeurs de φ sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau (01) : valeurs de φ en fonction des caractéristiques des bassins

Bassin versant	Valeurs de φ
Petits bassins versant $s \leq 50 km^2$	2
Bassins versants non boisés et peu perméables	2-3
Bassins versants boisés et perméables	3-4

D'ou

$$K = \frac{12}{4 + 3\phi} = \frac{12}{4 + 3 * 3} = 0.92$$

S : surface du bassin versant en km².

Tc : temps de concentration en heures.

α_t : coefficient de ruissellement de la crue fonction du période de retour (T).

4.2.7. Méthode rationnelle :

Selon SOUCHA(2009), Cette méthode est basée sur une formule qui est fonction de trois paramètres importants et couramment cités dans la littérature : Superficie du bassin versant, coefficient de ruissellement et intensité maximale de l'averse.

$$Q = \frac{1}{3.60} C * I * A$$

Où,

Q : Débit de crue (m³/s)

e : Intensité maximale (mm/h)

C : Coefficient de ruissellement

S : Surface du bassin versant (km²)

5. Le différent type de temps :

5.1 Le temps de concentration :

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

Selon BENAADA (2012), Pour l'estimation du temps de concentration, on adoptera la moyenne des résultats des relations suivantes :

KIRPICH

$$T_c = 0,945 \times \frac{L^{1.15}}{(H_{\max} - H_{\min})^{0.385}}$$

$$\text{PASSINI} \quad T_c = 0,108 \times \frac{\sqrt{S \times L}}{\sqrt{I_p}}$$

$$\text{GIANDOTTI} \quad T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_{\max}}}$$

$$\text{BOURIER} \quad T_c = 4 \times \left[\frac{(S \times L)^{0,33}}{\sqrt{P}} \right]^{0,75}$$

Avec:

L : Longueur du talweg principal;

S : Superficie du bassin versant;

P : Périmètre du bassin versant;

H_{moy}: Altitude moyenne du bassin versant;

H_{max}: Altitude maximale du bassin versant;

H_{min}: Altitude minimale du bassin versant;

I_p : Indice de pente;

5.2 Temps de base et le temps de montée:

5.2.1 Le Temps de base Tb:

Le temps de base est la durée pendant laquelle la partie de l'averse ruisselée de l'avers de l'exutoire.

5.2.2 Le Temps de montée Tm :

Le temps de montée est la durée entre le début de l'écoulement et le maximum de hauteur de la crue.

Le temps de base et le temps de montée (Tb et Tm) de la crue type d'une averse décennale en fonction de la superficie A pour des bassins représentatifs sahéliens et subdésertiques au sahara

Pour l'évaluation de Tb et Tm il se base à deux formules :

- La formule de Cadier ;
- La formule de Rodier ;

On va résumée les formules dans le tableau suivant :

formule	Temps de base	Temps de montée
Cadier	$4.602 * A^{0.270}$	$0.25 * T_b$
Rodier	$2.146 * A^{0.368}$	$0.395 * A^{0.409}$

Tableau (02) : les formules de T b et Tc

6. Les coefficients du bassin versant :

6.1 Coefficient de ruissellement Kr:

C'est le rapport entre la lame d'eau moyenne coulée sur la surface de bassin et la lame de l'eau moyenne adoptée par la pluie.

On va établir la relation entre le coefficient de ruissellement comme suit :

$$K_r = 110.A^{-0.186} \quad \text{Avec} \quad K_r \text{ en } \%$$

6.2 Coefficient d'abattement Ka:

Coefficient d'abattement Ka est la variable en fonction de la surface du bassin versant:

$$K_a = 1.1943 - 0.0604.Ln(A)$$

6.3 Coefficient de pointe α :

Le coefficient de pointe α est égal au débit maximum divisé sur le débit moyenne.

$$\alpha = 0.24 Ln(A) + 2.$$

Conclusion :

Dans ce chapitre en va parler aux paramètres définissants de crue :

- ✓ Le débit maximum de la crue ;
- ✓ La forme de la crue (Hydrogramme de crues) ;
- ✓ Le temps de concentration;
- ✓ Le temps de base ;
- ✓ Le temps de montée ;

Chapitre III : cadre physique de la région

1. Localisation géographique :

La région de Berriane est une commune de la wilaya de Ghardaïa en Algérie située à 44 km au nord de Ghardaïa à la limite de la wilaya de Laghouat. Elle est située le long de la route nationale 1 (route transsaharienne algérienne), elle occupe une position stratégique qui relie les villes du sud algérien à celles du nord. **(D.P.A.T., 2013).**

La Région s'étend sur une superficie de 2.608.80 Km².répartie sur 1 commune regroupement une population de 33372 habitants majoritairement jeune **(D.P.A.T., 2013).**

La région de Berriane est limitée administrativement **(D.P.A.T., 2013).** (Figure 22)

- Au Nord par la wilaya de Laghouat ;
- A Sud par la wilaya de Ghardaïa ;
- A Sud Est par la région d'El Atteuf ;
- A l'Est par la région d'El Guerrara ;
- A Sud par la wilaya de Ghardaïa ;
- A Sud Est par la région d'El Atteuf ;
- A Sud-ouest par la région Dhayet Bendhahoua ;
- A l'Ouest par la région de Hassi R'Mel ;

De point de vue morphologique on distingue trois grandes ensembles : des plaines du « Hamadas » à l'Est, au centre des roches calcaires formant la sebkha du M'Zab, et à l'Ouest des régions ensablées par les dunes de l'Erg occidentale.

Les Escarpements rocheux et les oasis déterminent le paysage dans lequel sont localisées les villes de la pentapole du M'Zab et autour duquel gravitent d'autres oasis (Berriane, Guerrara, Zelfana, Metlili et beaucoup plus éloignée au Sud El-Ménéa). **(D.P.A.T., 2013).**

L'appartenance au milieu saharien et aride contrait fortement l'occupation de l'espace. L'implantation des villes s'est faite par rapport aux grands axes de circulation et aux oasis et leur développement a été étroitement lié aux conditions naturelles (eau, climat, relief ...). **(D.P.A.T., 2013).**

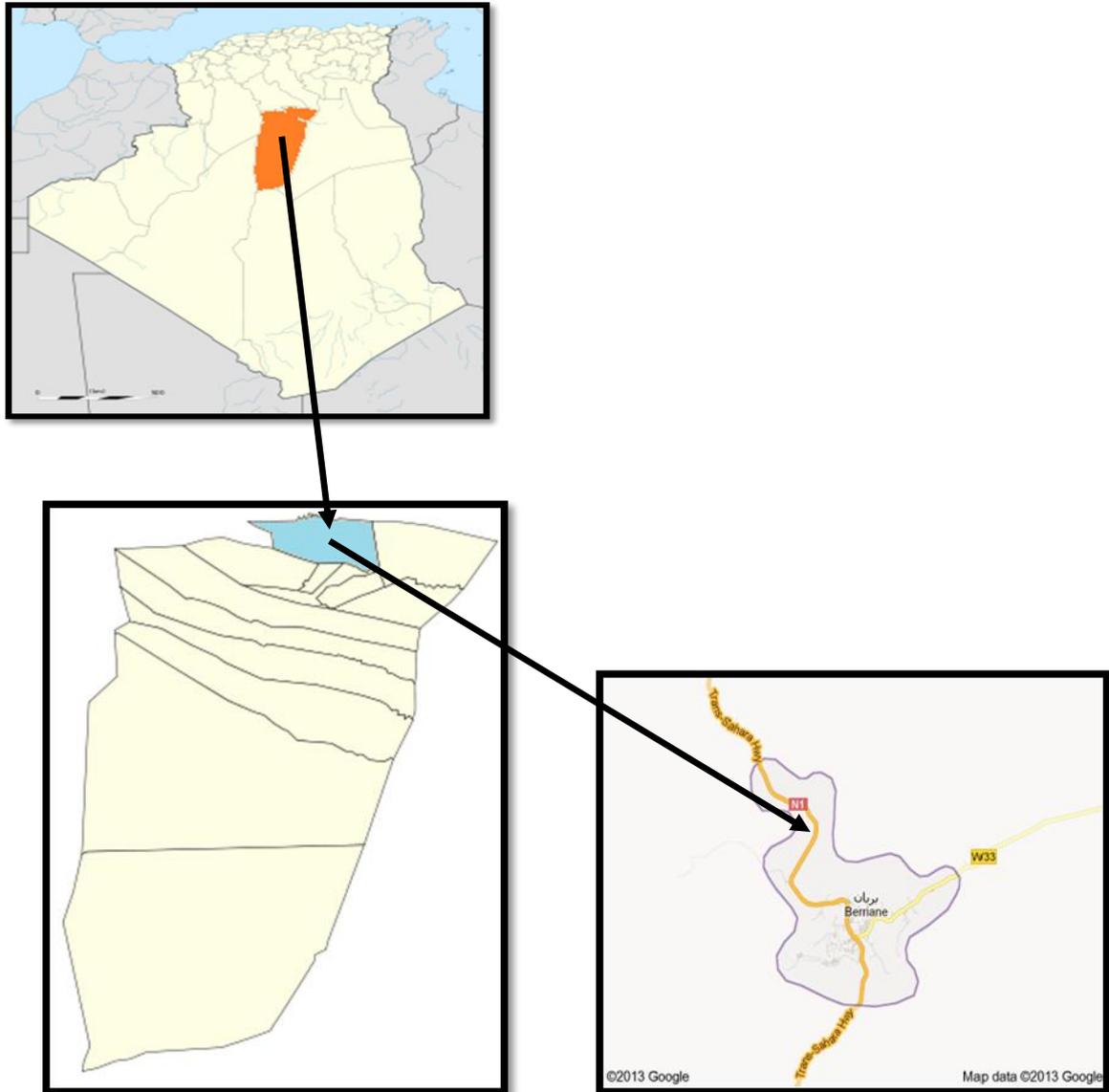


Figure (22) : situation géographique de la région d'étude.

2. Cadre climatique :

Le caractère fondamental du climat Saharien est la sécheresse de l'air, mais l'existence des micros - climats jouent un rôle considérable dans les milieux désertiques. Le relief, la présence d'une végétation abondante peuvent modifier localement les conditions climatiques (microclimat). Au sein d'une palmeraie on peut relever un degré hygrométrique élevé, le degré hygrométrie modifie les effets de la température pour l'homme.

Il faut tenir compte également du fait que les moyennes de températures sont relevées à l'ombre .et celle-ci est rare au Sahara où la température au sol peut dépasser 60 °C.

Le climat Saharien se caractérise par des étés aux chaleurs torrides et des hivers doux, surtout pendant la journée. (A.N.R.H., 2009).

2.1 Température :

Elle est marquée par une grande amplitude entre les températures de jour et de nuit, d'été et d'hiver. La période chaude commence au mois de Mai et dure jusqu'au mois de Septembre. La température moyenne les plus basses sont enregistrées au moins de Janvier de 11.33°C et les plus élevées au mois de juillet de 35.21°C (Tab (03), Fig. (23))

Tableau (03) : Température mensuelle (période : 2000-2012)

(www.tutiempo.net)

Mois	Tmoy (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)
Jan	11,33	17	6,3
Fév.	13,81	19,56	8,21
Mars	17,63	23,74	11,29
Avril	21,58	27,68	14,93
Mai	25,93	32,04	18,97
Juin	31,34	37,68	23,97
Juillet	35,21	41,7	27,89
Aout	34,15	40,44	27,23
Sept	28,9	35,1	22,74
Oct.	23,26	29	17,62
Nov.	15,93	21,68	10,61
Déc.	12,22	17,65	7,26

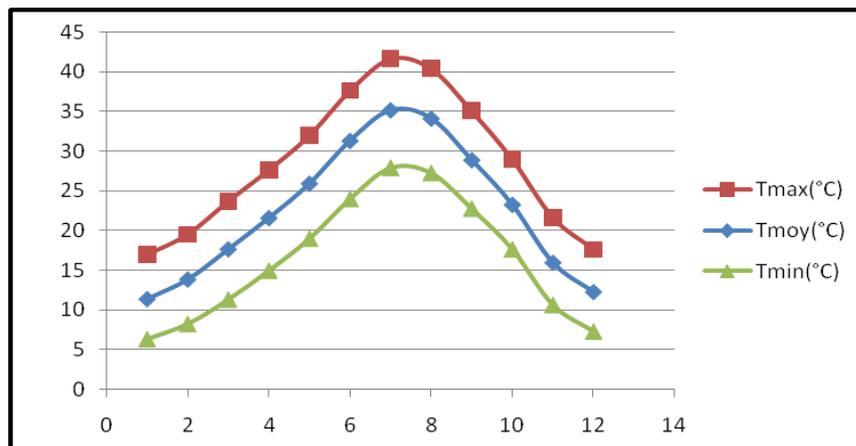


Figure (23) : températures mensuelles, moyenne des maximas et moyenne des minimas (période : 2000-2012) (www.tutiempo.net).

2.2 Les vents :

Ils sont de deux types :

- Les vents des sables en automne, printemps et hiver de direction nord-ouest.
- Le vent chauds (sirocco) dominant en été, de direction sud-nord ; sont très sec et entraînent une forte évapotranspiration (**BENSEMAOUNE, 2007**)

Selon le Tableau (05) et le Figure (24), On observe

Mois	v
Jan	10,71
Fév	12,88
Mars	13,52
Avril	15,99
Mai	15,49
Juin	12,93
Juillet	11,77
Aout	11,18
Sept	12,08
Oct	10,91
Nov	10,99
Déc	12,77

Tableau (05) : vent mensuelle (période : 2000-2012)
(www.tutimpo.net)

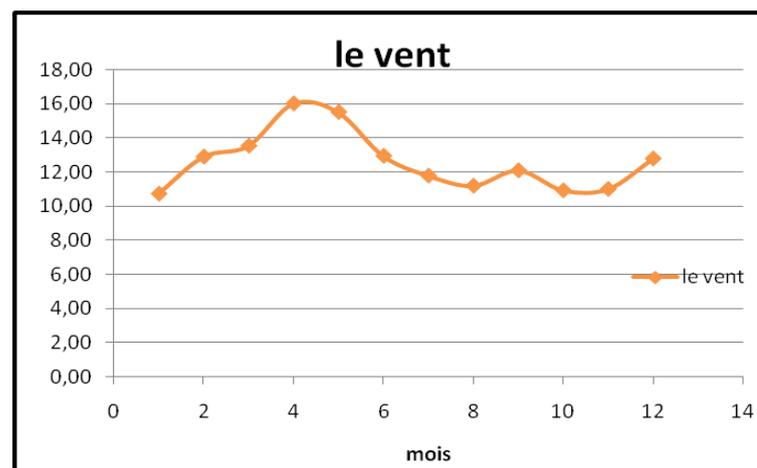


Figure (24) : vent mensuelles (période : 2000-2012)
(www.tutimpo.net)

2.3 Humidité relative :

D'après la Figure (25), on constate que l'humidité relative est très faible avec une moyenne annuelle de 37%. Pour les mois de Janvier et Décembre (hiver) elle dépasse 50%.

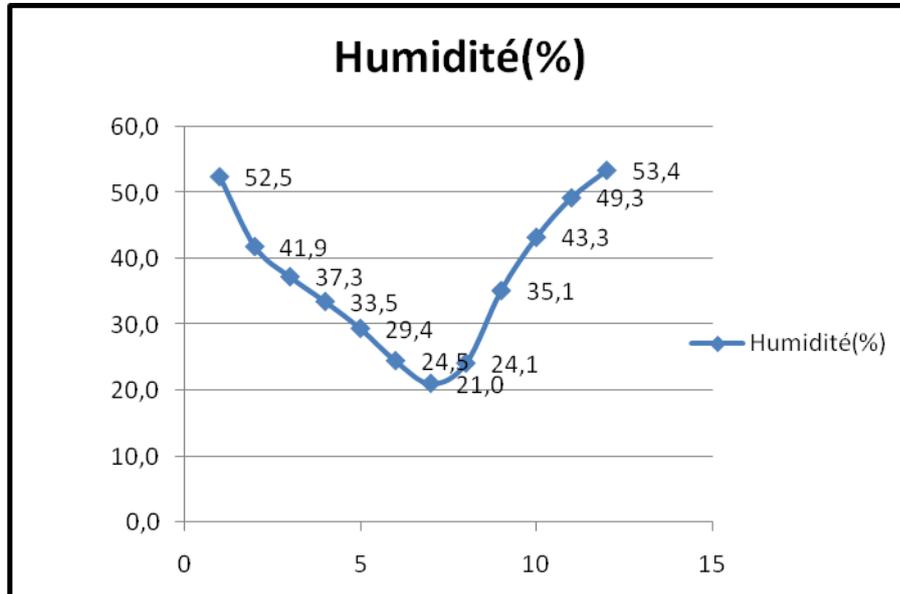


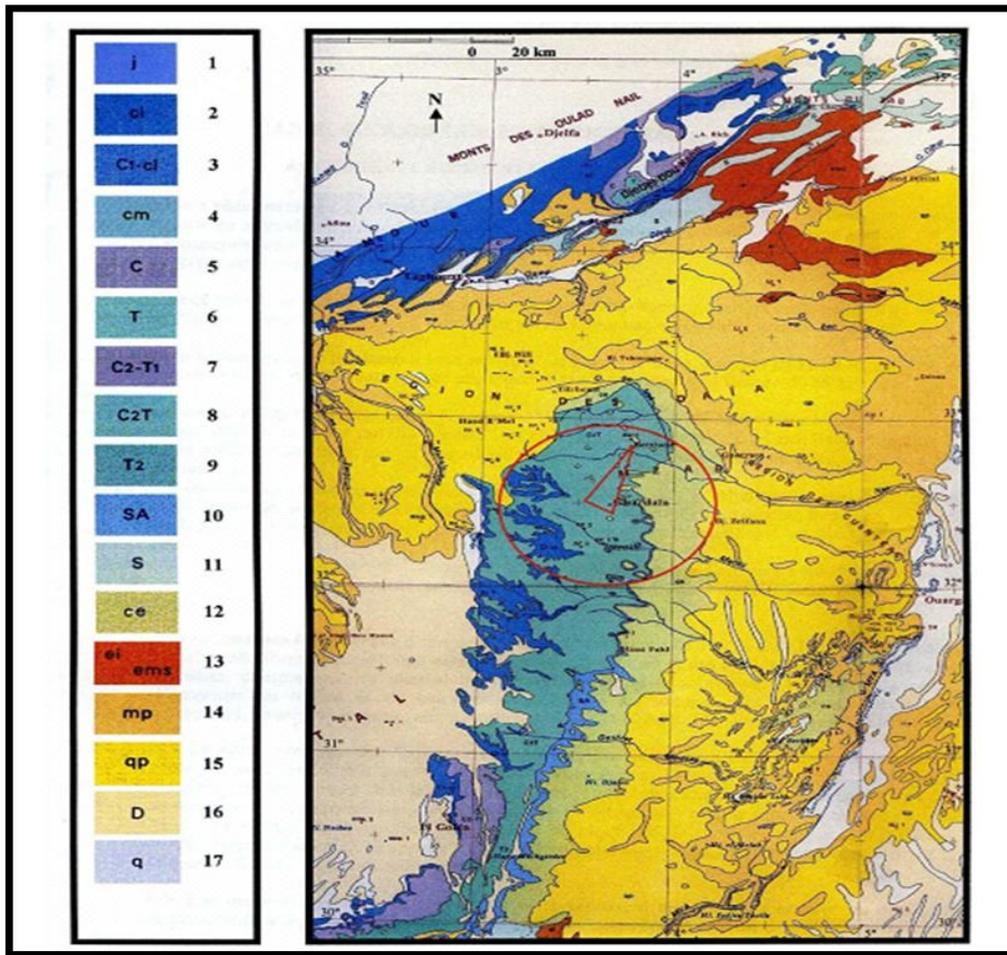
Figure (25) : humidités relatives moyennes mensuelles
(Période : 2000-2012) (www.tutiempo.net).

3. Géologie :

Du point de vue géologique, la wilaya de Ghardaïa est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau subhorizontal de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment "la dorsale du M'Zab".

L'épaisseur de ces massifs calcaires recoupés par les sondages est de l'ordre de 110 mètres. Sous les calcaires turoniens on recoupe une couche imperméable de 220 mètres formée d'argile verte et de marne riche en gypse et en anhydrite; elle est attribuée au Cénomaniens. L'étage de l'Albien est représenté par une masse importante de sables fins à grès et d'argiles vertes. Elle abrite des ressources hydrauliques considérables, l'épaisseur est de l'ordre de 300 mètres.

Les alluvions quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond des vallées des oueds de la dorsale, d'une épaisseur de 20 à 35 mètres. Ces alluvions abritent des nappes superficielles d'Inféa-flux (nappes phréatiques) (Figure 26) (A.N.R.H., 2009).



Du Sahara allégo- tunisien et de ses abords, de G. BUSSON 1967

Le cercle rouge représente la région de Berriane. Ages des terrains : 1- jurassique(j) ; 2- crétacé inférieur (ci) ; 3-crétacé inférieur puis céno-manien argileux (cl-ci) ; crétacé moyenne (cm) ; 5-céno-manien(c) ; 6- turonien(T) ; 7-céno-manien supérieur et turonien inférieur (C2-T1) ;8- céno-manien supérieur ; 9- turonien (T2) ; 10-Sénonien argilo-gypseux y compris du Maastrichtien (SA) ;11- sénonien (S) ;12- sénonien et éocène indistinguables(CC) ; 13- Eocène inférieur (Ci) et Eocène moyenne- supérieur (Ems) ;14- Miocène ou Pliocène avec localement Nummulitique continental (mp) ;Pliocène ou Quaternaire ancien(qp) ; 16- Dunes (D) ; 17- Quaternaire indifférencié(q).

Figure (26) : la carte géologique représente la région de Berriane.

4. Hydrogéologie :

4.1 Nappes phréatiques :

D'une manière générale, les vallées des oueds de la région sont le siège des nappes phréatiques. L'eau captée par de puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne mais qui peuvent atteindre 50 m et plus, permet l'irrigation des cultures pérennes et en particulier des dattiers. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont liés étroitement à la pluviométrie (A.N.R.H., 2007).

La qualité chimique des eaux est comme suite :

- à l'amont, elle est bonne à la consommation.
- à l'aval, elle est mauvaise et impropre à la consommation, contaminée par les eaux urbaines (A.N.R.H., 2007).

4.2 Nappe continental intercalaire :

La nappe du Continental Intercalaire draine, d'une façon générale, les formations gréseuses et agréoso-argileuses du barrémien et de l'albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant de 250 à 1000m.

Localement, l'écoulement des eaux se fait d'ouest en Est l'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'atlas saharien en faveur de l'accident de sud atlastique.

La nappe CI, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au CI, est :

- Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage.
- Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certain région d'El Menia).

Les eaux, à l'exploitation de celles d'El Menia qui sont extrêmement douces ne sont pas trop chargés (résidu sec variant entre 1et 1,8g/l) (A.N.R.H., 2007).

Chapitre IV : Régime pluviométrique

1. Introduction :

Pour l'étude des précipitations en hydrologie, nous avons besoin d'une série pluviométrique qui comporte les précipitations maximales journalières pour la période la plus longue possible.

Nous prenons comme base de calcul la série pluviométrique de la station expérimentale de Ghardaïa.

La série a une période de fonctionnement de 1978 à 2012 qui a été fournie par l'Office Nationale de la Météorologie (ONM).

L'analyse statistique des données pluviométriques consiste à déterminer les caractéristiques empiriques d'un échantillon d'une série d'observations de précipitations maximales journalières, de 34 années.

2. Précipitation :

Pour l'étude de la précipitation on obtenue une série pluviométrique de l'ONM de Ghardaïa pour une période (2000-2012).selon le tableau (04) et la figure (27) on observe que le mois de Janvier est le plus pluvieux avec une moyenne de 20mm par contre le mois de Février est le plus sec avec une moyenne de 1.17mm.

Tableau (05) : précipitations mensuelles (ONM Ghardaïa)

Mois	P (mm)
Jan	20,61
Fév.	1,17
Mars	13,62
Avril	8,61
Mai	2,24
Juin	3,58
Juillet	2,61
Aout	8,45
Sept	16,59
Oct.	15,62
Nov.	5,59
Déc.	6,03

Selon la figure (27), les précipitations annuelles sont faibles avec une moyenne de 104mm.

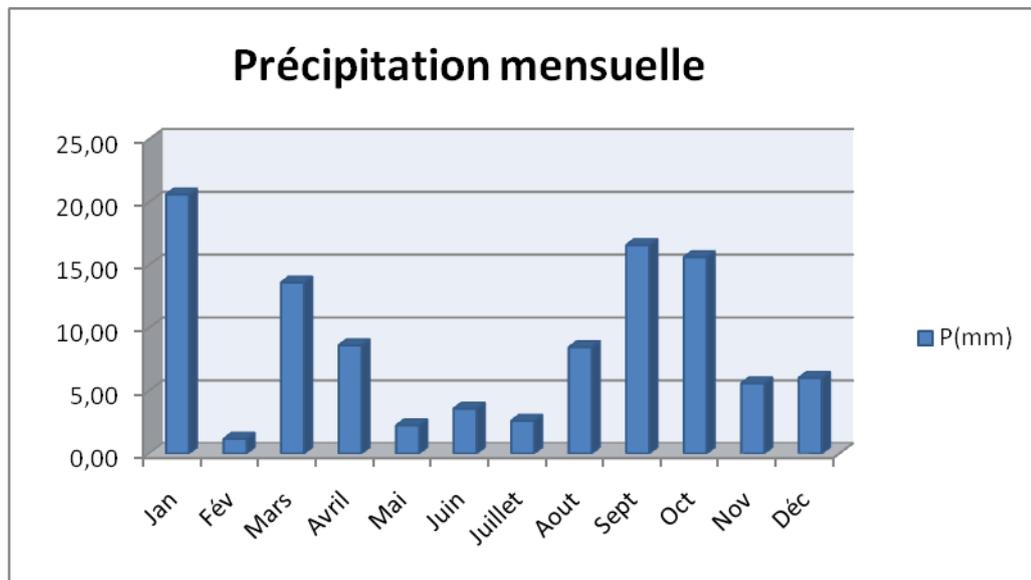


Figure (27) : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (Période: 2000-2012) (ONM Ghardaïa.2013).

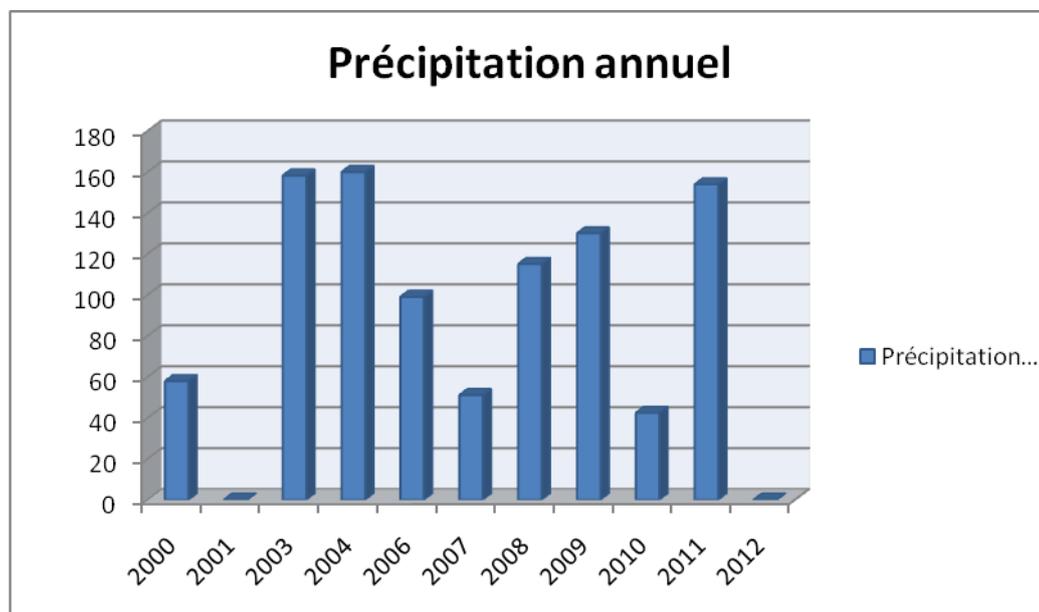


Figure (28) : Histogramme des précipitations moyennes annuelles (Période : 2000-2012) (www.tutimpo.net)

2. Analyse des données pluviométriques et le choix du type de loi d'ajustement

3.1 Caractéristiques de la station pluviométrique de Ghardaïa

Nom	Ghardaïa
Organisme (source)	Office Nationale de la Météorologie (ONM)
Latitude	32°24 N
Longitude	03°48 E
Altitude (m)	468
Période d'observation	1978/2012
Nombre d'années observées	34
Observation	Station en fonctionnement

Tableau (06) -Caractéristiques de la station pluviométrique de Ghardaïa.

3.2 Les données observées :

Année	Pluie maximale journalière (mm)	Année	Pluie maximale Journalière (mm)
1978	11,3	1996	12
1979	18,6	1997	23
1980	45,6	1998	4
1981	13	1999	26
1982	9,4	2000	18
1983	2,9	2001	18
1984	20,2	2002	24
1985	6,8	2003	33
1986	36,6	2004	46
1987	8,8	2005	7
1988	8,9	2006	16,2
1989	6,7	2007	10
1990	27,9	2008	23
1991	10,9	2009	11,9
1992	12,6	2010	10,8
1993	11,9	2011	7
1994	54,8	2012	7,11
1995	30	Moyen	20,5

Tableau (07) : les données observées par la station météorologique.

3.3 Analyse des données statistiques :

La moyenne interannuelle des précipitations maximales journalières $P_j \max$, Durant 34 ans d'observations :

$$\bar{X} = 20.50 \text{ mm}$$

n : le nombre d'années d'observations ($n=34$ ans).

L'écart type « $\sigma P \max, j$ » ;

$$\delta_x = 13.90 \text{ mm}$$

Coefficient de variation : « C_v » :

$$C_v = 0.69$$

L'exposant climatique :

Selon les études régionales de l'A.N.R.H, nous avons $b = 0.15$.

3.4 Choix de la loi d'ajustement

Nous voyons que les régimes pluviométriques sont très irréguliers, les deux lois généralement utilisées sont :

- La loi de GUMBEL
- La loi de GALTON

La série est homogène et indépendante.

3.5 Calcul des paramètres de la loi choisie et vérification de son adéquation :

3.5.1 Ajustement de la série pluviométrique à la loi de Gumbel :

a) Calcul des paramètres de l'ajustement de la loi de Gumbel :

La droite de Gumbel est donnée par la formule :

$$y = \left(\frac{1}{a}\right) y + x_0$$

Avec,

$$\frac{1}{a} = \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi}\right) \delta_x$$

($1/a$) : la pente de la droite de Gumbel

$$1/a = 0,780 \delta_x = 10,84$$

Et x_0 représente l'ordonnée à l'origine

$$X_0 = \bar{X} - 1/a \bar{u}$$

\bar{U} : Moyenne de la variable réduite de Gumbel

\bar{U} : 0,53

$$x_0 = 19,98 - (10,84) \cdot (0,53) = 14,25$$

Donc la droite de GUMBEL devient : $x = 10,84u + 14,25$

D'où : $P_j \max (p\%) = 10,84u + 14,25$

- Coefficient de corrélation r :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (P_{j\max} - \bar{P}_{j\max})(U_i - \bar{u})}{\sqrt{\sum (P_{j\max} - \bar{P}_{j\max})^2 \sum (U_i - \bar{u})^2}}$$

D'où :

$$r = 0,98$$

Conclusion

Nous obtenons $r = 0.98 \approx 1$, donc la corrélation est acceptable. A partir du graphe (), nous tirons la précipitation maximale journalière pour une fréquence au non-dépassement de 10%. Le tracé de la droite est représenté sur papier Gumbel (voir la figure suivant).

Toutes les caractéristiques empiriques de la loi de Gumel est données par le tableau

caractéristique de l'échantillon	série	
	x	u
Variable		
Moyenne	19,98	0,53
Ecartype	13.90	1.08
Coefficient de variation	0.69	1.92
Coefficient de corrélation	0.98	
Pente de droite de gumbel	10.84	
Ordonnée à l'origine	14.25	
Droite de régression	$P \max, j, p\% = X = 10.84 U i + 14.25$	
Pmax, j, 10%	38.64	

Tableau(08) : caractéristiques empiriques de loi de Gumbel

I.C. à (en%) = 95%

U Gauss =1,9604

b) Ajustement par loi de Gumbel

Valeurs Classes	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
2,9	1	0,015	-1,440	2,90	-1,36	-6,69	2,32
4	2	0,044	-1,138	4,00	1,91	-2,63	5,17
6,7	3	0,074	-0,959	6,70	3,85	-0,26	6,89
6,8	4	0,103	-0,821	6,80	5,35	1,55	8,25
7	5	0,132	-0,704	7,00	6,62	3,06	9,42
7	6	0,162	-0,600	7,00	7,75	4,39	10,48
7,11	7	0,191	-0,504	7,11	8,79	5,60	11,48
8,8	8	0,221	-0,413	8,80	9,77	6,72	12,43
8,9	9	0,250	-0,327	8,90	10,71	7,77	13,36
9,4	10	0,279	-0,243	9,40	11,62	8,77	14,27
10	11	0,309	-0,161	10,00	12,50	9,73	15,18
10,8	12	0,338	-0,081	10,80	13,38	10,66	16,10
11,9	13	0,368	-0,001	11,90	14,24	11,57	17,02
12	14	0,397	0,079	12,00	15,11	12,46	17,96
12,6	15	0,426	0,160	12,60	15,98	13,34	18,92
13	16	0,456	0,241	13,00	16,87	14,22	19,91
16,2	17	0,485	0,324	16,20	17,77	15,10	20,94
18	18	0,515	0,409	18,00	18,69	15,98	22,00

18	19	0,544	0,497	18,00	19,63	16,87	23,10
18,6	20	0,574	0,587	18,60	20,61	17,78	24,26
20,2	21	0,603	0,681	20,20	21,64	18,72	25,49
23	22	0,632	0,780	23,00	22,71	19,69	26,78
23	23	0,662	0,885	23,00	23,84	20,70	28,16
24	24	0,691	0,996	24,00	25,05	21,77	29,64
26	25	0,721	1,116	26,00	26,34	22,91	31,25
27,9	26	0,750	1,246	27,90	27,76	24,13	33,00
30	27	0,779	1,389	30,00	29,31	25,47	34,95
30,99	28	0,809	1,550	30,99	31,06	26,96	37,15
33	29	0,838	1,735	33,00	33,05	28,65	39,68
36,6	30	0,868	1,952	36,60	35,41	30,63	42,67
46	31	0,897	2,220	46,00	38,31	33,06	46,38
46,5	32	0,926	2,572	46,50	42,13	36,23	51,27
48	33	0,956	3,098	48,00	47,84	40,95	58,61
54,8	34	0,985	4,212	54,80	59,91	50,86	74,19

Tableau (09) : Ajustement par la loi de gumbel

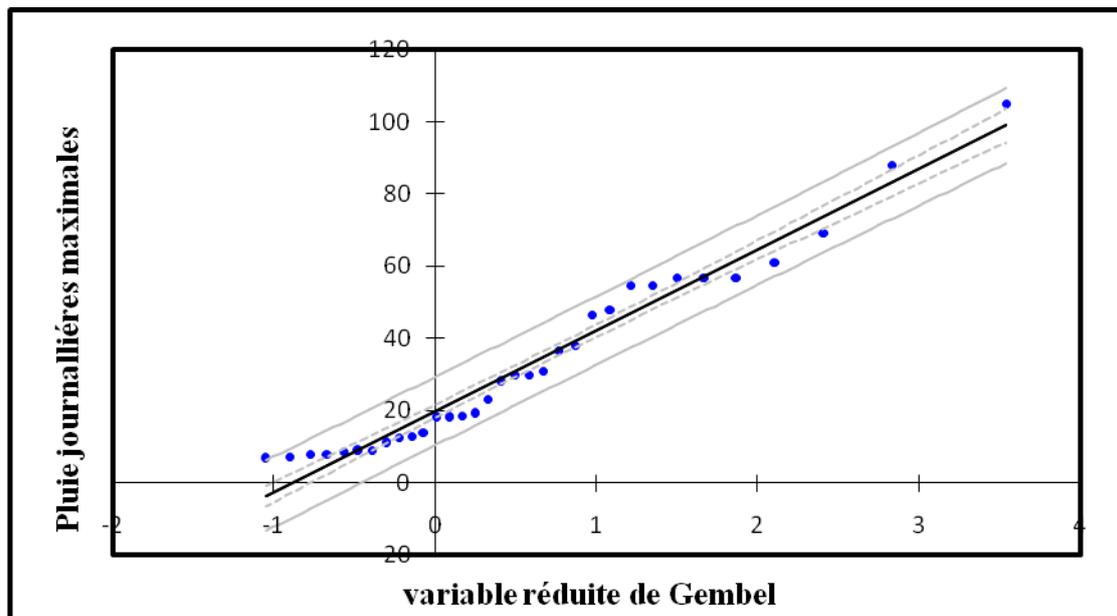


Figure (29) : ajustement graphique d'une loi de gumbel (XLSAT)

3.5.2 Ajustement de la série pluviométrique à la loi de Galton (log Normal) :

La loi de Galton a une fonction de répartition qui s'exprime selon la formule suivante :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_u^{+\infty} e^{-1/2u^2} du$$

Ou,

$$u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \quad (\text{variable réduite de GAUSS})$$

L'équation de la droite de Galton est la suivante :

$$\text{Log } x_i (p\%) = \log \bar{x}_i + \sigma \log u (p\%)$$

Avec :

$$\text{Log } \bar{x}_i = 1.19 \text{ mm}$$

$$\sigma \text{Log } x_i = 0.30 \text{ mm}$$

Donc, la droite de Galton devient : $P_j \max (p\%) = 10^{1.19 + 0.30(u(p\%))}$

Toutes les caractéristiques empiriques de notre série à la loi Galton (log normale) est données par le tableau suivant :

Avec, $u (p\%) = 1.28$

La moyenne de la série	$\bar{x} = \text{Log } x_i = 1.30 \text{ mm}$
La variance	$\sigma \log x_i = 0.32 \text{ mm}$
L'équation de la droite de Galton	$P_j \max (p\%) = 10^{1.30 + 0.32(u(p\%))}$
Pluie journalière maximale fréquentielle	$P_{\max, j} (10\%) = 37.54 \text{ mm}$

Tableau (10) : les caractéristiques empiriques de loi de Galton

Nous pouvons déterminer $P_j \max_{10}$ par deux méthodes ; graphique ou analytique

Par la méthode analytique, nous trouvons :

✓ $P_j \max (p\%) = 10^{1.19 + 0.30(u(p\%))}$

✓ $P_j \max (10\%) = 10^{1.19 + 0.30(1.282)} = 37.54 \text{ mm}$

Par la méthode graphique, nous avons :

I.C. à (en%) = 95

U Gauss = 1.960

Nous dressons un tableau avec le log (xi) ainsi que les fréquences correspondantes.

Les résultats sont représentés dans le tableau à la page suivante :

Valeurs Classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
2,9	1	0,015	-2.115	2,90	-1,36	-4.75	3.76
4	2	0,044	-1.629	4,00	1,91	-2.32	3.38
6,7	3	0,074	-1.365	6,70	3,85	-0.12	4.84
6,8	4	0,103	-1.172	6,80	5,35	-2.75	6.80
7	5	0,132	-1.014	7,00	6,62	-1.37	7.90
7	6	0,162	-0.875	7,00	7,75	-2.52	10.65
7,11	7	0,191	-0.758	7,11	8,79	-3.91	12.72
8,8	8	0,221	-0.647	8,80	9,77	-4.66	13.23
8,9	9	0,250	-0.544	8,90	10,71	-5.47	13.85
9,4	10	0,279	-0.446	9,40	11,62	-1.56	14.81
10	11	0,309	-0.352	10,00	12,50	-1.11	15.28
10,8	12	0,338	-0.262	10,80	13,38	-1.83	15.98
11,9	13	0,368	-0.173	11,90	14,24	0.03	16.21
12	14	0,397	-0.86	12,00	15,11	0.71	16.6
12,6	15	0,426	0.000	12,60	15,98	9.16	17.3
13	16	0,456	0.086	13,00	16,87	1.9	20.3
16,2	17	0,485	0.091	16,20	17,77	3.39	22.15
18	18	0,515	0.104	18,00	18,69	4.08	23.01
18	19	0,544	0.173	18,00	19,63	4.14	23.49
18,6	20	0,574	0.262	18,60	20,61	7.08	23.40
20,2	21	0,603	0.352	20,20	21,64	9.60	23.64
23	22	0,632	0.446	23,00	22,71	16.10	24.72
23	23	0,662	0.544	23,00	23,84	18.77	21.96
24	24	0,691	0.647	24,00	25,05	18.81	30.41
26	25	0,721	0.758	26,00	26,34	19.43	31.93
27,9	26	0,750	0.879	27,90	27,76	19.91	33.21
30	27	0,779	1.014	30,00	29,31	20.95	34.17
30,99	28	0,809	1.172	30,99	31,06	21.33	36.23
33	29	0,838	1.365	33,00	33,05	22.28	37.42
36,6	30	0,868	1.625	36,60	35,41	25.82	44.87
46	31	0,897	2.115	46,00	38,31	29.84	49.81
46,5	32	0,926	2.433	46,50	42,13	32.04	55.79
48	33	0,956	3.044	48,00	47,84	37.71	57.20
54,8	34	0,985	3.376	54,80	59,91	39.24	62.30

Tableau (11) : l'ajustement par loi de Galton (XLSAT)

Le graphe suivant représente l'ajustement graphique par la loi de Galton :

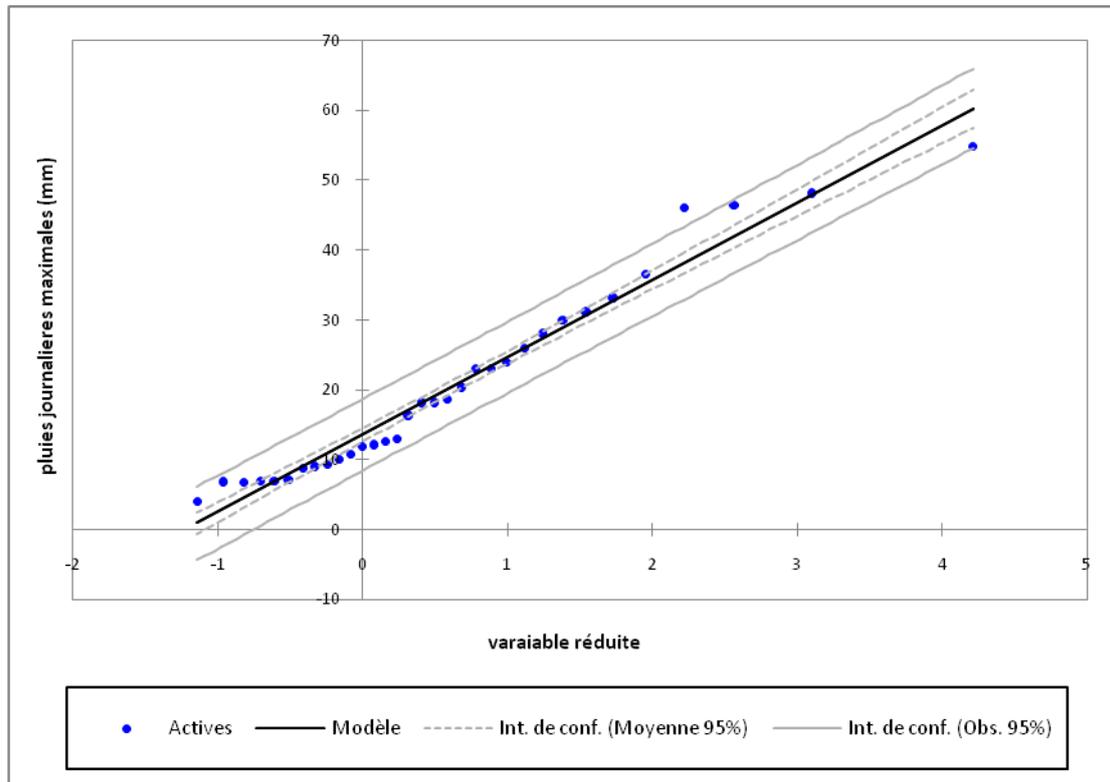


Figure (29) : ajustement graphique par loi de Galton (XLSAT)

3.6 Interprétation des graphes :

On déduit d'après les deux graphes que : les données expérimentales est proche à la droite théorique.

3.7 Test de K_{hi}^2 :

A partir des deux lois « Gumbel » et « Galton » :

	Gumbel	Galton
K_{hi}^2 (Valeur observée)	33,012	13,072
K_{hi}^2 (Valeur critique)	33,924	14,067
DDL	22	7
p-value	< 0,0001	0,07
alpha	0,05	0,05

Tableau (12) : Test de K_{hi}^2 .

Conclusion :

L'ajustement est acceptable parce que la valeur critique > valeur observée.

3.8 Calcul des précipitations journalières fréquentielle avec la loi du Gumbel :

On utilise les formules suivantes pour le calcul :

$$\checkmark F = 1 - 1/T$$

F est la fréquence au non dépassement, et T la période de retour)

$$\checkmark u = - \text{Ln} (-\text{Ln}(F_i))$$

$$\checkmark x = 10,84u + 14,25$$

Les résultats sont représenté dans le tableau suivant

temps de retour (an)	Fréquence au non dépassement %	variable réduite de Gumbel (u)	Pj max fréquentielle (mm)
2	0,5	0,37	18,26
5	0,8	1,5	30,51
10	0,9	2,25	38,64
20	0,95	2,97	46,44
560	0,98	3,9	56,52
100	0,99	4,6	64,11
1000	0,999	6.90	89.04

Tableau (13) : Pluies journalières maximales fréquentielles.

4. Pluies de courtes durées

Les pluies de courtes durées sont calculées par la relation « type Montana » établie par Body à L'ANRH :

$$P\%(t) = P_j \left[\frac{t}{24} \right]^b$$

P%(t) : Pluie fréquentielle de durée t ;

Pj% : Pluie journalière fréquentielle ;

t : durée de l'averse ;

b : Exposant climatique $\rightarrow b = 0,15$ pour la station de Ghardaïa ;

Les calculs ont donné les résultats suivants:

Durée de l'averse (heure)	Période de retour (an)						
	2	5	10	2	50	100	1000
0,25	36,8	61,5	77,9	93,7	114,0	129,3	179,6
0,5	20,4	34,1	43,2	52,0	63,2	71,7	99,6
0,78	14,0	23,4	29,6	35,6	43,3	49,2	68,3
1	3,7	6,2	7,9	9,5	11,5	13,1	18,1
2	6,3	10,5	13,3	16,0	19,5	22,1	30,6
4	3,5	5,8	7,4	8,9	10,8	12,2	17,0
6	2,5	4,1	5,2	6,3	7,6	8,7	12,0
12	1,4	2,3	2,9	3,5	4,2	4,8	6,7
24	0,8	1,3	1,6	1,9	2,4	2,7	3,7

Tableau (14) : Pluies de courtes durées pour différentes périodes de retour

5. Intensités maximales de courte durée :

Une averse est définie comme un épisode pluvieux continu, pouvant avoir plusieurs pointes d'intensité. L'intensité moyenne d'une averse s'exprime par le rapport entre la hauteur de pluie observée et la durée t de l'averse : $I_{moy} = \frac{H_{moy}}{t}$

Où, I_{moy} : est l'intensité moyenne de la pluie (mm/h).

Au cours d'une même averse, l'intensité des précipitations varie à chaque instant suivant les caractéristiques météorologiques de celle-ci. Plutôt que de considérer l'averse entière et son intensité moyenne, on peut s'intéresser aux intensités observées sur des intervalles de temps au cours desquels on aura enregistré la plus grande hauteur de Pluie. On parle alors d'intensité maximale.

Avec : $I_{max} = \frac{H_{max}}{t}$

I_{max} : est l'intensité maximale de la pluie (mm/h).

Cette notion d'averse est très importante en milieu urbain pour la détermination des débits des eaux pluviales et des petits bassins versants pour l'évaluation des débits de crues.

Le temps de retour est fonction du type d'ouvrage à dimensionner ou à protéger et la durée est fonction du type de problème étudié.

Les calculs ont donné les résultats présentés ci après pour les périodes de retour (2 ans, 5ans, 10 ans, 20 ans, 50 ans, 100 ans) et pour des durées d'averse de 15 min jusqu'à 1 jour

Durée de l'averse (heure)	Période de retour (an)						
	2	5	10	20	50	100	1000
0,25	147,30	246,11	311,70	374,65	455,98	517,19	718,26
0,5	40,86	68,27	86,46	103,92	126,48	143,46	199,23
0,78	17,95	29,99	37,98	45,65	55,56	63,02	87,52
1	3,72	6,22	7,87	9,46	11,52	13,06	18,14
2	3,14	5,25	6,65	7,99	9,73	11,03	15,32
4	0,87	1,46	1,84	2,22	2,70	3,06	4,25
6	0,41	0,69	0,87	1,05	1,27	1,44	2,00
12	0,11	0,19	0,24	0,29	0,35	0,40	0,56
24	0,03	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,15

Tableau (15) : intensité maximales de courte durée.

6. Construction des courbes IDF :

Les courbes Intensité – Durée - Fréquence IDF sont construites dans le but de permettre, de synthétiser l'information pluviométrique au droit de la station représentative de la zone d'étude et, d'autre part de calculer succinctement les débits de projet et d'estimer les débits de crue et des eaux pluviales tout en définissant la pluie de projet de type uniforme caractérisée par une intensité constante pour toute sa durée.

A partir des résultats obtenus au tableau précédent, il est alors possible de les représenter graphiquement dans le but de tracer les courbes IDF pour les temps de retour 2, 5, 10, 20, 50, 100, et 1000 ans.

Dans la figure suivante représente les courbes IDF :

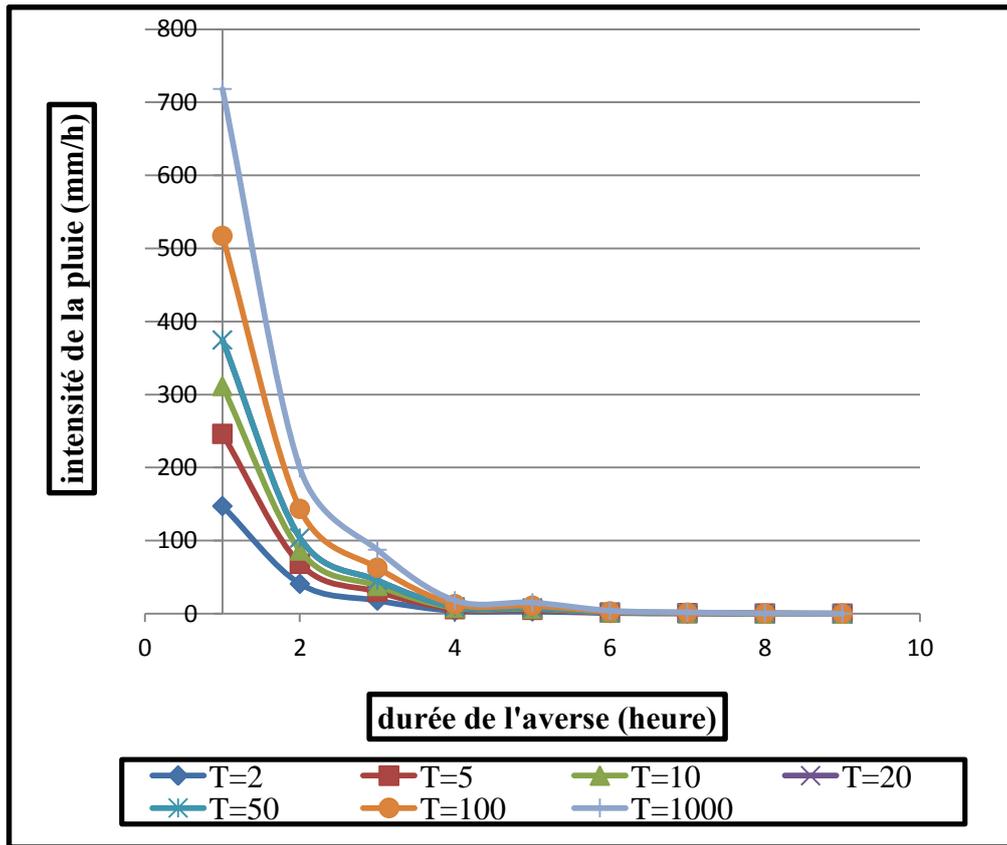


Figure (30): Courbe IDF « Intensité – Durée – Fréquence ».

Chapitre V : hydrographie

1. Définition de bassin de N'sa :

Le sous bassin de n'sa présente une superficie de 7800 km² environ, avec un parcours de 320km², part de la région de Tilremt, vers 750km² d'altitude pour aboutir à la Sabkhat Safioun à la cote de 107m. L'oued est composé d'un cours supérieur de direction Ouest-Est d'une quarantaine de 100 km de kilomètre, un cours moyen de la direction Nord Nord-Ouest, Sud Sud-est de 100 km, et un cours inférieur entièrement situé dans le pliocène continental à 160km dans le quel l'oued se dirige à nouveau vers l'Est. Dans la partie terminale le cours d'eau fait un coude essez brusque vers le Sud pour se jeter une vingtaine de kilomètre plus loi de Sabkhat safioun .dans son trajet l'oued reçoit divers affluents dont les plus importants sont le Ballouh et le Soudan (Kabech). (OULED BELKHIR ,2002).

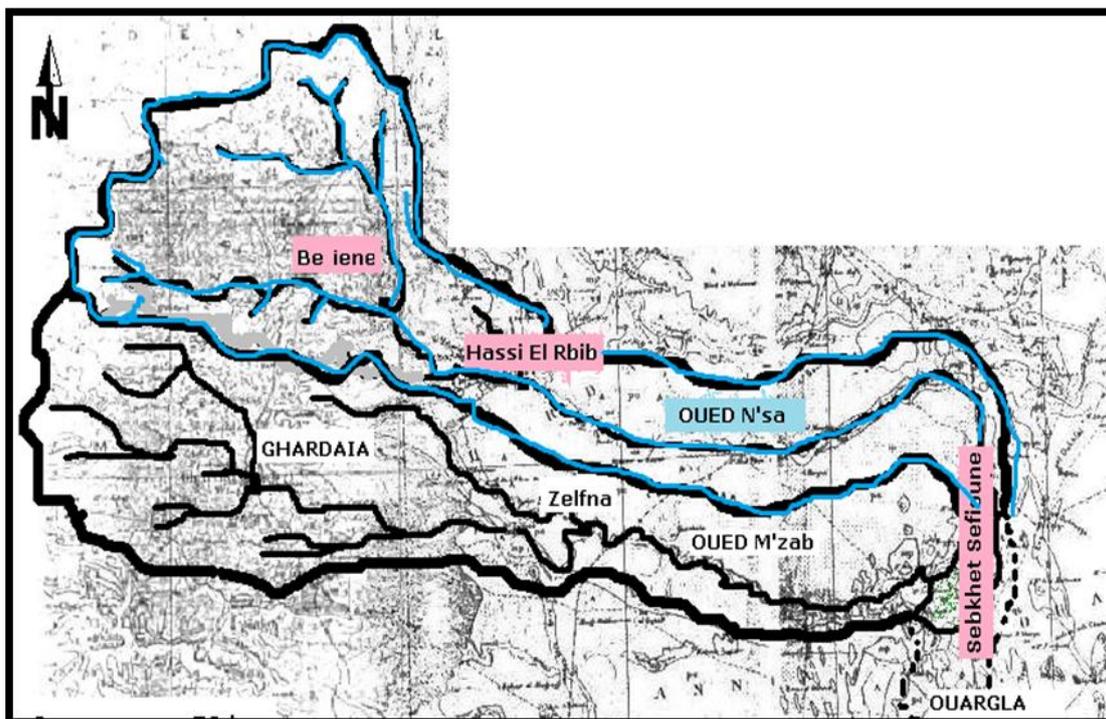


Figure (31) : bassin versant de N'sa

Echelle : 1/25000

2. Caractéristique géométrique de bassin :

2.1 La superficie :

$$S_{BV}=L \cdot l$$

$$S_{BV}=7800\text{Km}^2$$

Avec :

S_{BV} : superficie de bassin versant en Km^2 ;

L : longueur de talweg principale en Km ;

l : longueur équivalent en Km ;

2.2 Le périmètre :

Le périmètre du bassin versant est obtenu directement à l'aide d'un curvimètre

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

$$P= 532\text{km}$$

2.3 Longueur du thalweg principal :

$$L=238\text{km}$$

2.4 Indice de compacité :

L'indice de compacité de Gravelius, détermine la forme du bassin versant. Il est le rapport entre le périmètre du bassin et la circonférence du cercle ayant la même superficie que le bassin versant. Son expression est comme suit :

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

Où,

P et A : sont respectivement le périmètre et la superficie du bassin

D'où :

$$KG=1.6$$

2.5 Coefficient d'allongement

Ce coefficient est obtenu par la relation :

$$Ca= L^2/S$$

L : est la longueur du talweg principal ; $L=238\text{km}$

S : est la superficie du bassin versant ; $S=7800\text{km}^2$

$$Ca=7$$

Conclusion : cela signifie que le bassin versant a une forme allongée.

3. Caractéristique hydrographique :

3.1 relief :

Le relief et les caractéristiques physiques d'un bassin versant ont une forte influence sur l'hydrogramme de crue. Car une forte pente occasionne un écoulement aussi rapide en un temps de concentration très court et donc une montée plus rapide.

Le relief se détermine au moyen d'indices ou de caractéristiques tels que : la courbe hypsométrique, l'indice de pente moyenne, et l'indice de pente globale.

3.1.2 La courbe hypsométrique :

Elle fournit une vue synthétique de la pente du bassin, donc du relief. Cette courbe représente la répartition de la surface du bassin en fonction de l'altitude.

Les courbes hypsométriques demeurent un outil pratique pour comparer plusieurs bassins entre eux ou les diverses sections d'un seul bassin. Elles peuvent en outre servir à la détermination de la pluie moyenne sur un bassin et donnent des indications quant au comportement hydrologique et hydraulique du bassin et de son système de drainage.

Tableau (16) : Répartition des surfaces en fonction des côtes

Nom de bassin	Altitude	surface	Surface %
0	790	0	0
B1.Berriane	530	4100	52,56
B2.Hassi Rbib	380	5700	73,08
B3.Sabkhat Safioune	185	7800	100

Avec :

$H_{\max}=790\text{m}$ et $H_{\min}=185\text{m}$.

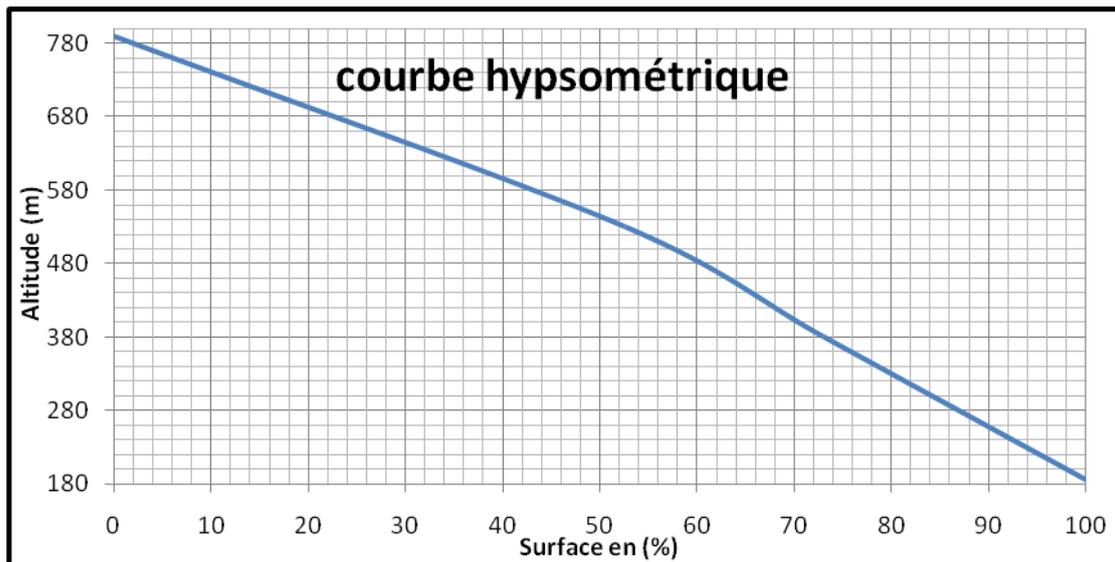


Figure (32) : la courbe hypsométrique de oued N'sa.

De la courbe hypsométrique :

L'altitude H5% = 754 ;

L'altitude H95% = 244 ;

3.1.3 Indice de pente global :

L'indice global de pente évalue le relief. De la courbe hypsométrique, on prend les points tels que la surface supérieure ou inférieure soit égale à 5% de la superficie du bassin. On en déduit les altitudes H5% et H95% entre lesquelles s'inscrit 90% de l'aire du bassin. Il est égal à :

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

Où,

L : est la longueur du rectangle équivalent

D : est la dénivelé ; $D = H5\% - H95\%$. Il est égal $D = 510$

D'où : $I_g = 2.14 \text{ m/km}$.

D'après le résultat obtenu et le tableau ci-dessous, on peut en conclure la caractéristique de la pente du bassin versant.

Classes de relief	descriptions	Pentes en m/Km
Pf	pente faible	$2 < I_g < 5$
Pm	pente modérée	$5 < I_g < 10$
Paf	Pente assez forte	Pente longitudinale : $20 < I_g < 50$ Pente transversale : $80 < I_g < 200$
Ptf	Pente très forte	Pente longitudinale : $I_g > 50$ Pente transversale : $I_g > 200$

Tableau (17) : caractéristique de la pente global du bassin versant.

Conclusion : la pente est faible selon la caractéristique du bassin versant.

3.1.4 Indice de pente de Roche I_p :

L'indice de pente de roche est proposé comme indice de pente plus facile à calculer que le précédent. I_p est la moyenne de la racine carrée des pentes mesurées sur le rectangle équivalent, et pondérée par les surfaces.

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_1^n A_i B_i$$

Avec :

L : longueur de rectangle équivalent.

A_i : fonction en (%) de la surface a comprise de niveau de distance B_i .

$$I_p = 1.63$$

3.1.5 Dénivelée spécifique DS :

La dénivelée spécifique apparaît donc comme une correction de la dénivelée simple par application d'un coefficient qui dépend de la forme du bassin, ce qui donne la possibilité de comparaison entre ses valeurs pour différents bassins

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

Alors :

$$D_s = 88\text{m}$$

I_g : Indice de pente globale. (m/km),

A : Surface de bassin versant (km²).

On classe cette valeur selon l'O.R.S.T.O.M :

R1	Relief très faible	Ds<10m
R2	relief faible	10m<Ds<25m
R3	relief assez faible	25m <Ds<50m
R4	Relief modéré	50m<Ds<100m
R5	relief assez forte	100m<Ds<250m
R6	relief fort	250m<Ds<500m
R7	relief très forte	500m>Ds

Tableau (18) : caractéristique du relief selon O.S.T.R.O.M

Conclusion : le Relief est assez forte.

3.2 Temps concentration :

D'après les formules de calcul qui explique dans le 1^{er} chapitre on va déterminer le calcul de temps de concentration. On résumée le résultat dans le tableau suivant :

Formule	PASSINI	KIRPICH	GIANDOTTI	BOURIER
Tc	52.61	57.61	115.26	13.53

On trouve le moyenne est égal à :

$$TC=60 \text{ heur}$$

3.3 Vitesse de ruissellement :

$$V_r = \frac{L}{T_c}$$

$$V_r = 3.9 \text{ Km/h.}$$

Nous récapitulons dans le tableau suivant les principales caractéristiques du bassin versant du N'Sa objet de notre étude :

Tableau (19): Rectangle équivalent de bassin versant de N'Sa.

Caractéristique	Résultat
S (km ²)	7800
p (km)	532
L (km)	238
H moy (km)	367
H max (km)	790
H min (km)	185
KG	1,6
Ca	7
H5%	754
H95%	244
D	510
Ig(m/km)	2,14
Ip	1,63
Ds(m)	88
Tc (h)	60
Vr (km/h)	3.9

Chapitre VI : Régime des crues de la vallée de N'sa

1. Introduction :

Les écoulements superficiels jouent un rôle primordial dans l'alimentation des nappes phréatiques. Dans les régions arides et semi –arides, la fréquence des crues est très variable dans le temps, et les variations interannuelles observées sont très importantes. Une longue période de sécheresse peut succéder une courte série d'années humides.

Régime des écoulements liés au réseau hydrographique de bassin versant et la variation des débits qui s'écoule vers l'exutoire de bassin versant, même en période de forte précipitation.

On va déterminer le paramètre du bassin et on trace l'hydrogramme de crues et le débit de crues pour chaque section à partir des données de pluviomètre journalier maximal et la caractéristique hydrologique.

2. Paramètre de chaque section

Nous avons appliqué les différentes expressions pour évaluer le débit maximum, et le débit moyen à l'exutoire en tenant compte maximum, le débit de tous les paramètres qui ont été estimés sur le bassin du N'Sa. Etant donné que les méthodes appliquées aboutissent à des résultats différents.

2.1 Les calculs des paramètres :

Dans le tableau ci-dessous nous avons calculé le paramètre suivant temps de base et le temps de montée, K_a , K_r , α :

les caractéristiques	Berriane	Hassi R'bib	Sabkhat Safioune
A en Km ²	4100	5700	7800
Tb (Rodier) H	43,491	47,537	51,738
Tb (Cadier) H	45,828	51,736	58,066
Tb moyen H	44,660	49,636	54,902
Tm (Rodier) H	10,873	11,884	12,935
Tm (Cadier) H	11,864	13,575	15,433

Tm moyen H	11,368	12,730	14,184
Kr en %	23,411	22,019	20,771
Ka	0,692	0,672	0,653
A	3,996	4,076	4,151

Tableau (20) : les calcules des paramètres.

2.2 les calcule de temps de concentration :

D’après les formules qui expliquent dans 2^{er} chapitre on va applique dans le tableau suivant :

Formule	PASSINI	KIRPICH	GIANDOTTI	BOURIER
Tc	52.61	57.61	115.26	13.53

Les moyenne des résultats elle est égale à : Tc=60 heure.

3. hydrogramme de crue :

Pour déterminer l’hydrogramme d’une crue donnée, le passage d’une pluie à une crue se compose en deux étapes successives:

Application d’une fonction de transfert dit de rendement qui fait passer de pluie brute à pluie nette.

Application d’une fonction de transfert qui traduit l’atténuation correspondant a la propagation des débits dans le réseau hydrographique du bassin versant.

3.1. Les calcules de débit max pour les trois exutoires dans différente période de retour

3.1.1 Exutoire de Berriane :

Tableau (21) : le débit maximum par la différente période de retour (Berriane)

Période	2	5	10	20	50	100	1000
Q max	297,13	495,21	594,26	759,33	924,40	1155,50	2145,93
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,75	111,75	186,25	223,50	285,58	347,66	434,58	807,07
7,35	297,13	495,21	594,26	759,33	924,40	1155,50	2145,93
12,37	81,86	136,44	163,72	209,20	254,68	318,35	591,22
17	38,12	63,53	76,23	97,41	118,58	148,23	275,28
22,49	18,19	30,32	36,38	46,49	56,60	70,74	131,38
44,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Selon ce tableau (21) on trace le graphe (33) de l’hydrogramme de crues en fonction du débit maximum et la différent période de retour 2, 5, 10, 20, 50, 100, 1000 ans.

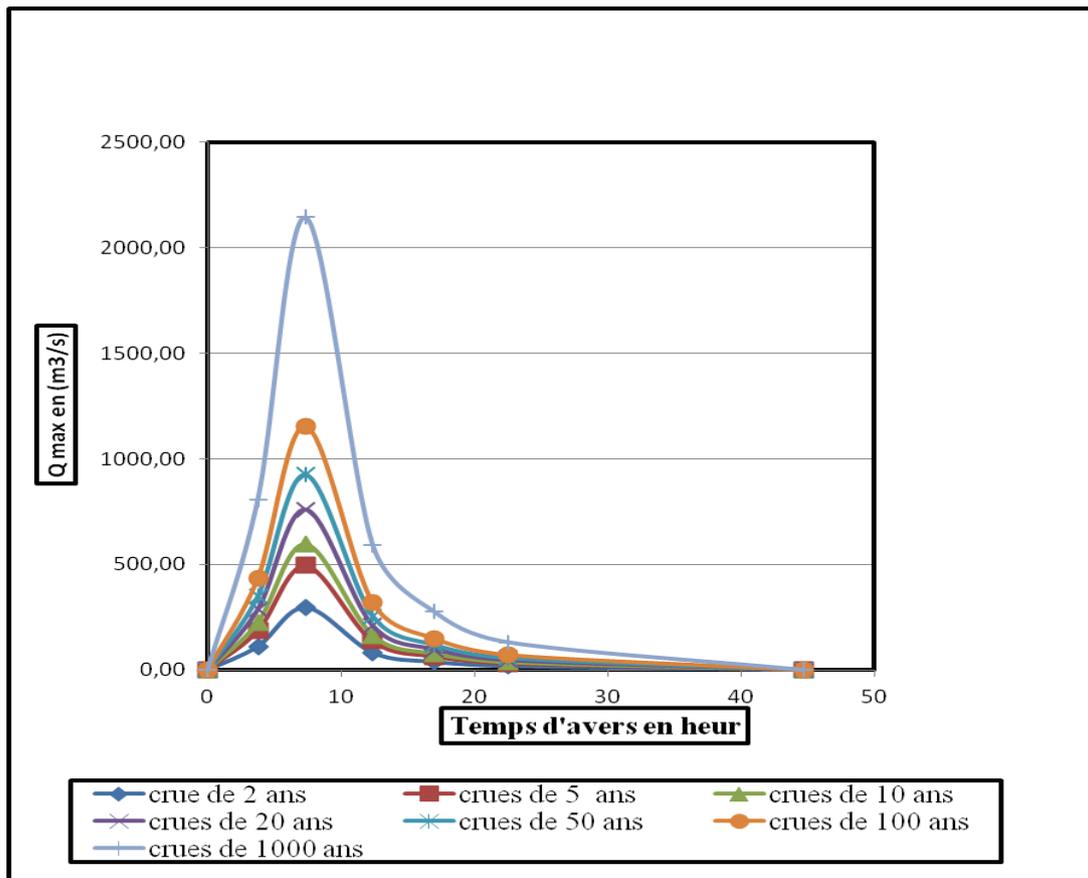


Figure (33) : hydrogramme de crues « Berriane ».

3.1.2 Exutoire de Hassi R'bib :

Tableau (22) : le débit maximum par la différente période de retour (Hassi R'bib)

Période	2	5	10	20	50	100	1000
Q max	346,23	577,05	679,03	884,82	1077,17	1346,46	2500,57
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,75	130,22	217,03	255,38	332,77	405,12	506,39	940,45
7,35	346,23	577,05	679,03	884,82	1077,17	1346,46	2500,57
12,37	95,39	158,98	187,08	243,78	296,77	370,96	688,93
17	44,41	74,02	87,11	113,50	138,18	172,72	320,77
22,49	21,20	35,33	41,57	54,17	65,95	82,44	153,10
49,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Selon ce tableau (22) on trace le graphe (34) de l'hydrogramme de crues en fonction du débit maximum et la différente période de retour 2, 5, 10, 20, 50, 100, 1000 ans.

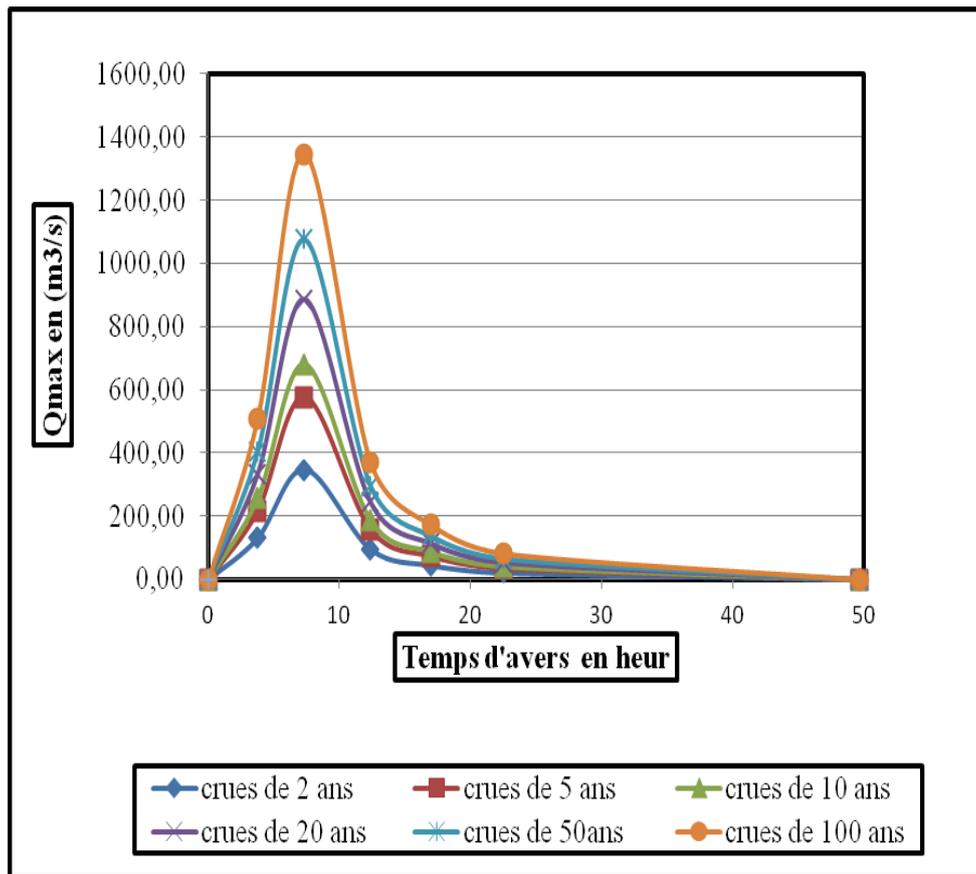


Figure (34) : hydrogramme de crues «Hassi R'bib».

3.1.3 Exutoire Sabkhat Safioun :

Tableau (23) : le débit maximum par la différente période de retour (Sabkhat Safioun)

Période	2	5	10	20	50	100	1000
Q max	399,94	666,56	770,13	1022,06	1244,25	1555,31	2888,43
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,75	150,41	250,69	289,64	384,39	467,95	584,94	1086,32
7,35	399,94	666,56	770,13	1022,06	1244,25	1555,31	2888,43
12,37	110,19	183,64	212,18	281,59	342,80	428,50	795,79
17	51,30	85,51	98,79	131,11	159,61	199,51	370,53
22,49	24,49	40,81	47,15	62,58	76,18	95,22	176,84
49,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Selon ce tableau (23) on trace le graphe (35) de l'hydrogramme de crues en fonction du débit maximum et la différente période de retour 2, 5, 10, 20, 50, 100, 1000 ans

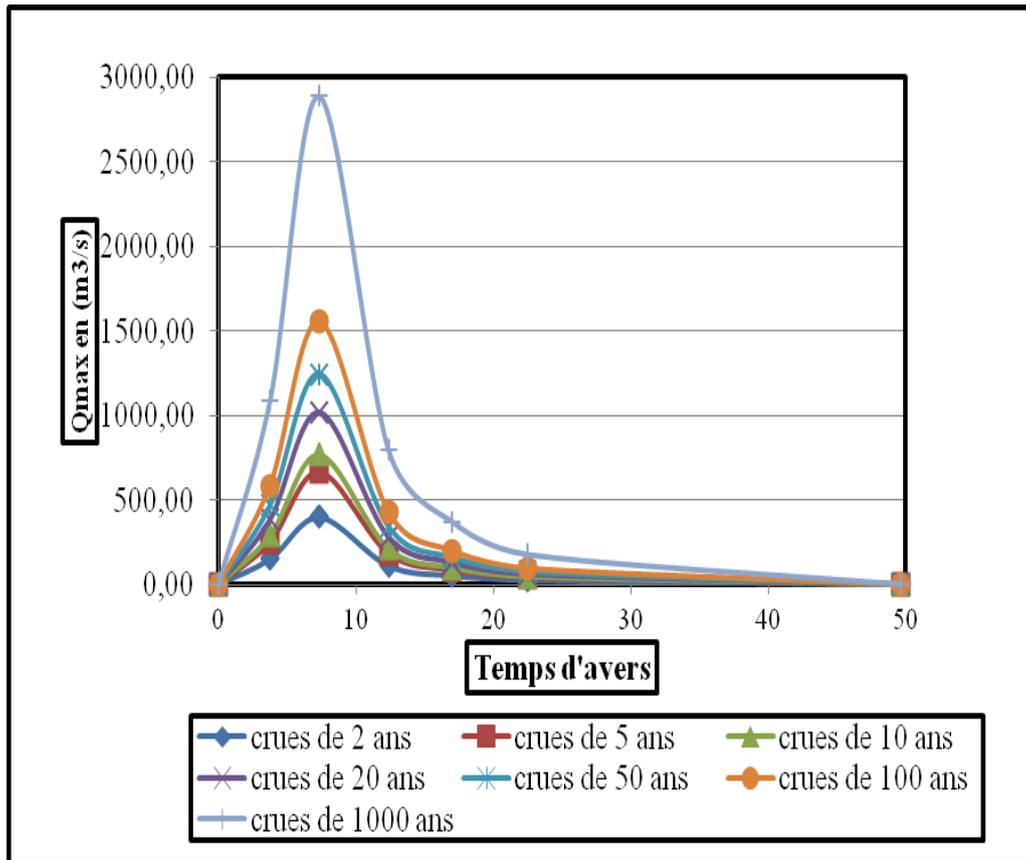


Figure (35) : hydrogramme de crues «Sabkhat Safioun».

Conclusion :

On observe sur les trois graphes :

- Répartition uniforme de l’averse génératrice de la crue sur les trois bassins.
- la vitesse de transfert des eaux est constante de l’amont à l’aval.
- Les temps caractéristiques sont d’une période à une autre.

4. Méthode de calcul de débit:

Dans les tableaux suivant on va calculer le débit maximum et le débit moyen pour les différentes méthodes qui précéder à explique.

4.1)

Formule de MAYER	exutoire de bassin	Berriane	Hassi R'bib	Sabkhat Sefioun
	Q10	861,96	1085,56	1352,09
	Q100	1299,61	1578,47	1899,36
	Qmoy10	216,03	272,07	338,87
	Qmoy100	325,72	395,61	476,03

Tableau (24) : estimation des débits décimales et centennales par la formule de MAYER.

4.2)

<i>PUCH et CHABI-GONNI</i>	Qmax100	1164,71	1541,16	2012,02
	Qmoy100	291,91	386,25	504,27

Tableau (25) : estimation des débits centennales par la formule de PUCH et CHABI-GONNI.

4.3)

<i>CADIER et AGUIAR</i>	Qmax100	1559,49	2276,04	2211,58
	Qmoy100	390,85	570,44	554,28

Tableau (26) : estimation des débits centennale par la formule de CADIER et AGUIAR.

4.4)

<i>OSTORME et RODIER-AUVRAY</i>	Qmax	PJ	Berriane	Hassi R'bib	Sabkhat Sefioun
	2	18	297,13	346,23	399,94
	5	30	495,21	577,05	666,56
	10	36	594,26	679,03	770,13
	20	46	759,33	884,82	1022,06
	50	56	924,40	1077,17	1244,25
	100	70	1155,50	1346,46	1555,31
	1000	130	2145,93	2500,57	2888,43

Tableau (27) : estimation des débits maximaux de différente période de retour par la formule d'OSTORME et RODIER-AUVRAY.

<i>OSTORME et RODIER-AUVRAY</i>	Qmoy	PJ	Berriane	Hassi R'bib	Sabkhat Sefioun
	2	18	74,35	84,95	96,35
	5	30	123,91	141,59	160,58
	10	36	148,69	166,61	185,54
	20	46	190,00	217,10	246,23
	50	56	231,30	264,30	299,76
	100	70	289,13	330,37	374,70
	1000	130	536,95	613,55	695,86

Tableau (28) : estimation des débits moyenne de différents période de retour par la formule de OSTORME et RODIER-AUVRAY.

❖ La méthode la plus adoptée pour l'estimation de débit maximum des crues sur le bassin de N'sa, est la méthode de RODIER-AUVRAY, par ce que elle a l'avantage de disponibilité des paramètres de calcul pour l'estimation des débits de pointe en différentes périodes de retour.

5. Crue octobre 2008

5.1 Introduction :

Du 30 septembre au 1er octobre 2008, un épisode de pluies diluviennes frappe la ville de Ghardaïa, située en région aride du Sahara Nord Algérien. Des pluies violentes et abondantes gonflent les cours d'eau qui débordent, provoquant rapidement des inondations d'une ampleur exceptionnelle. Cette catastrophe qui a touché la ville est liée, d'une part, à l'intensité de l'aléa concerné et d'autre part, à la vulnérabilité de cette région aux inondations. Cette inondation touche certain municipalité comme la région de Berriane dans la ville de Ghardaïa. (MEDEJERAB, 2009).



Figure (36) : lit de cure à région de Berriane

5.2 Descriptions générale des inondations du 1 octobre 2008 :

Les pluies diluviennes, qualifiées de « tsunami fluviale », accompagnées de violents orages, ont commencé le lundi 29 septembre 2008, après quatre années de sécheresse. La pluie a continué progressivement le mardi avec une intensité moyenne, puis le mercredi 1er octobre le jour de l'Aïd (la fête qui marque la fin du jeun chez les musulmans, c'était le déluge, avec une pluie diluvienne totalisant près de 150 mm en une heure.

Les principaux oueds de la région (N'sa, ballouh, soudan) ont fonctionné à plein régime. Selon les sources locales, c'est la première fois depuis 70 ans que les trois oueds

affluents du l'oued N'sa sont en cru. Les autorités parlent d'un débit de 900 m³/s. L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) l'a estimé à 1200 m³/s dans la wilaya.

C'est une crue exceptionnelle puisqu'elle a atteint la Sebkha Sefioune. Dubief, qui a travaillé plus de 40 ans sur les précipitations au Sahara algérien, retient le fait que si lors d'une crue les eaux atteignent la Sebkha Sefioune, on peut considérer que celle-ci est cinquantenaire. . (MEDEJERAB, 2009)

5.3 Etude synoptique :

L'analyse des images satellitaires en infrarouge durant la période allant du 30 septembre au 1er octobre 2008 figures (37) et (38) et montre une masse nuageuse convective qui englobe le Sahara central, le Nord Sahara et l'Atlas Saharien, persistant durant toute cette période. Le suivi de l'évolution des nuages montre bien leur concentration sur la région de Hassi R'mel et le Sahara central où l'on a enregistré 21mm à la station d'Adrar.



Figure (37) : Image satellite du 30 septembre 2008 (M.2009)

figure (38) : Image satellite du 1 octobre 2008 (ONM.2009)

5.4 Situation en surface :

La situation en surface a été caractérisée par des pressions moyennes sur le Sahara Central avec extension d'un couloir dépressionnaire vers le nord du Maroc, favorisant des remontées d'air chaud, d'où la présence de la limite frontale séparant les deux masses d'air. . (MEDEJERAB, 2009)



Figure (39). Situation en surface du 30/09/2008

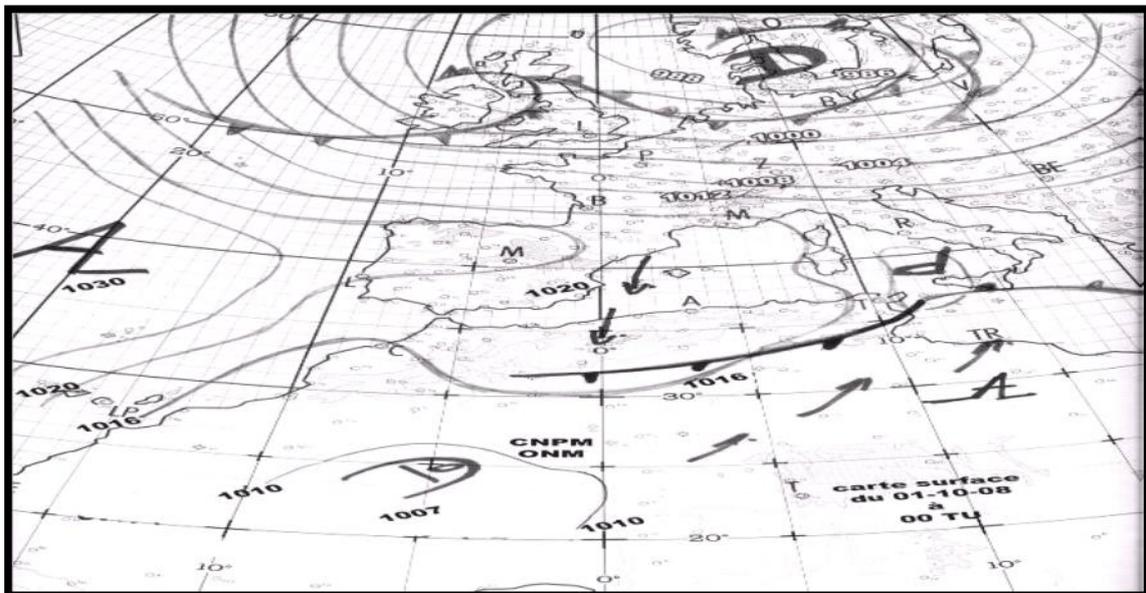


Figure (40) : Situation en surface du 01/10/2008

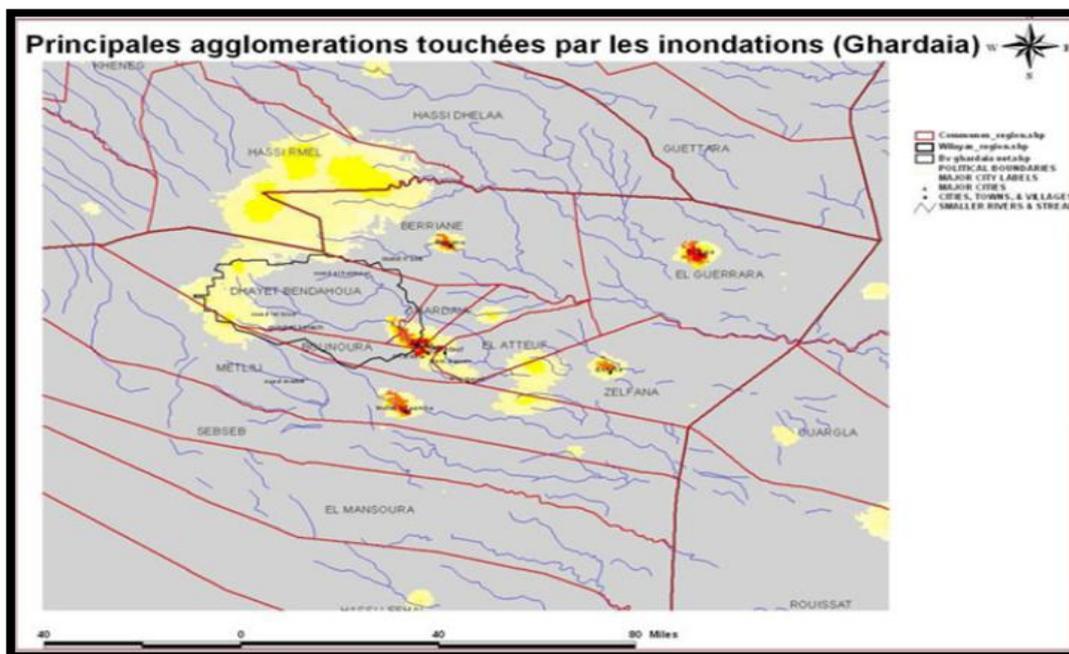


Figure (41) : principale agglomérations touchées par les inondations

L'amorce de la dorsale sur la partie Est de l'Algérie a contribué au maintien de l'activité orageuse sur la zone occidentale de l'Atlas Saharien. En plus, on observe la pénétration d'une masse d'air relativement froide, le 30 septembre 2008 par le Nord- Est du Maroc. Des températures de l'ordre de -14°C ont été observées le 30 septembre 2008 dans le Sud-ouest de l'Algérie (région Bechar). Les éléments de cet ensemble dynamique, combinés entre eux, ont induit la formation de nuages orageux à très forte extension verticale. (MEDJERAB.2009).

5.5 Les catastrophes de l'inondation de crues 2008 :

Face à la destruction totale de nombreuses habitations et la perte des effets personnels permettant d'identifier les citoyens, une initiative de l'Etat consistait à installer en permanence différents services de l'Etat civil pour reconstituer la filiation des sinistrés de la catastrophe. (BENAZZOUZM,2011).

Chapitre VII Essai de corrélation entre les pluies et les crues

1. Introduction :

Le travail présenté dans ce mémoire s'inscrit dans le cadre de la modélisation hydrologique et plus particulièrement la corrélation pluie-débit au pas de temps horaire.

A partir des données observées hydro pluviométriques, la reconstitution théorique de la relation pluie-débit sur un bassin versant peut être résolue selon deux types d'approches.

Les débits maximums de différentes périodes de retour ont été évalués par différentes méthodes analogiques. Dans le tableau ci-dessous nous reportons la moyenne des estimations sur la section de Berriane, Hassi R'bib et la section de sabkhat Safioune.

2. Calcule de débit maximum en fonction de pluie maximum journalière fréquentielle :

On va calculée le débit maximale dans la différente période de retour dans le tableau suivant :

Débit max	PJ max fréquentielle (mm)	Berriane	Hassi R'bib	sabkhat Safioune
Q max 2 (m3/s)	18	297	346	400
Q max5 (m3/s)	31	495	577	667
Q max 10 (m3/s)	39	594	679	770
Q max 20 (m3/s)	46	759	885	1022
Q max 50 (m3/s)	57	924	1077	1244
Qmax 100(m3/s)	64	1155	1346	1555
Qmax1000 (m3/s)	89	2146	2501	2888

Tableau (29) : Débits maximale de crue pour différentes périodes de retour à Berriane, Hassi R'bib et la section de sabkhat Safioune.

3. La relation entre la pluie journalière et la période de retour :

Cependant nous avons cherché la relation entre la pluie journalière et la période de retour. Le meilleur ajustement correspond à les équations suivante figure (42) :

➤ Pour l'exutoire de Berriane : $Q_{\max} (m^3/s) = 203.4 * e^{(0.027 P_j)}$.

- Pour l'exutoire de Hassi R'bib: $Q_{\max} \text{ (m}^3/\text{s)} = 235.63 * e^{(0.027P_j)}$.
- Pour l'exutoire de Sabkhat Safioune : $Q_{\max} \text{ (m}^3/\text{s)} = 270.69 * e^{(0.027 * P_j)}$.

En basant sur les trois équations pour tracer la courbe de débit en fonction de pluies maximale journalière.

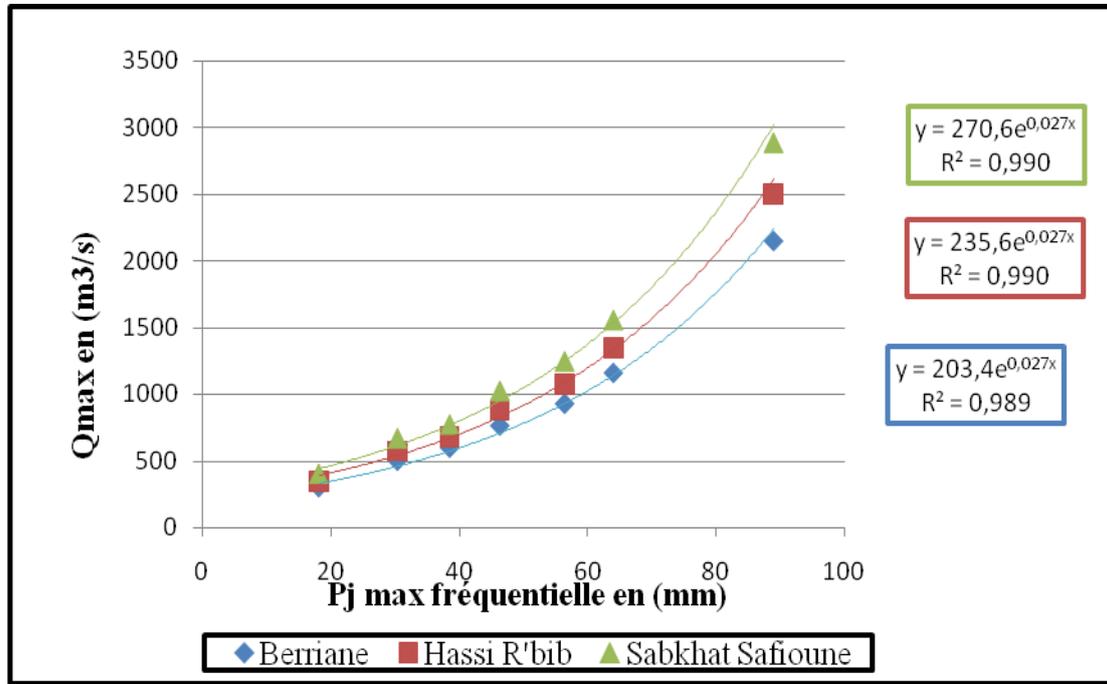


Figure (42) : débit max en fonction de pluies maximales journaliers fréquente

4. Calcule du débit maximum pour chaque section :

Pour des pluies journalières choisies, on peut déterminer le débit maximal à partir des graphiques d'ajustement de la fig (42). Sur le tableau suivant nous avons classés les pluies journalières de la région selon leur importance, ainsi que le débit maximum qui lui convient pour chaque section.

date des crues	Pj max	Berriane	Hassi R'bib	sabkhat Safioune
3 juillet 1987	0,25	204,78	236,59	272,52
29-sept-94	1,02	209,08	241,56	278,25
01-mai	1,6	212,38	245,37	282,64
02-juin-91	10,92	273,15	315,58	363,51
30-sept-87	10,92	273,15	315,58	363,51
12-déc.	13,97	296,59	342,67	394,72
01-oct.	20,07	349,70	404,02	465,38
08-avr	33,02	496,07	573,14	660,18
oct.-84	39,12	584,88	675,75	778,38
01-nov.	40,89	613,51	708,83	816,48

Tableau (30) : le débit maximum de crue en fonction de pluie journalière pour chaque section.

- A partir des résultats dans le tableau (30) en obtenu on déduire Une bonne corrélation entre la pluie et le débit.

Conclusion :

L'étude de la relation pluie débit a fait l'objet de plusieurs recherches qui ont essayé de modéliser cette relation à différents pas de temps afin d'appréhender le problème des inondations et de mettre au point un système d'annonce des crues par un modèle au pas de temps d'avers.

Conclusion :

Dans cette étude nous avons essayé d'étudier l'hydrologie et l'hydrographie d'Oued N'sa notamment l'estimation de débit des crues et le régime pluviométrique.

Le climat de la région de Berriane et Oued N'sa est caractérisé par une température moyenne annuelle de 21 °C et une Humidité d'air atteint 60% en décembre, les vents les plus fréquents ont une direction Nord-Ouest. Les précipitations moyennes annuelles à Berriane sont de l'ordre 40 à 70 mm, et la période pluvieuse vas d'octobre à avril, avec quelques pluies exceptionnelle à juin. L'analyse statistique des précipitations de la région démontre que la série des pluies journalières s'ajuste mieux à la loi de Gumbel que la loi de Galton. Les hauteurs de pluies journalières de fréquence décennale, centennale et millénaire ainsi déduis par la loi de Gumbel sont respectivement : 36 mm, 70 mm et 130mm.

En ce qui concerne les crues nous avons évalués et comparais les résultats de plusieurs méthodes analogiques et hydraulique. La méthode la plus adoptée pour l'estimation de débits maximales des crues est celle de RODIER-AUVRAY parce qu'elle représente à la foi la médiane et la moyenne des résultats, et contenir aussi tous les paramètres permettent la translation de l'estimation et le calcul à travers les divers exutoires : Berriane – Hassi Rbib – Sabkhat Sefioune.

A partir des données observées hydrométriques - pluviométriques, la reconstitution théorique de la relation pluie-débit est faisable selon deux types d'approches. La première a de forme linéaire, et la deuxième a de forme exponentielle, la plus adoptée est la forme exponentielle.

L'étude hydrologique n'est jamais définitive, en effet dans le temps il ya toujours un ajout de données qui vas modifies les impressions et les conclusions. Dans cette perspective est pour améliorer cette étude on propose les recommandations suivantes :

- Installations des stations météorologiques dans les bassins du N'sa ;
- Installations des stations hydrométriques sur long d'Oued N'sa ;
- Le suivi permanent du réseau hydrographique ;

Référence bibliographique

1. **ANRH., 2007.** Agence National de Ressource Hydrique.
2. **BENAADA L., 2012.** Cours d'épuration des eaux usées.
3. **BENAZZOUZ M.T., 2011.** Impact des catastrophes naturelles en Algérie : vers une stratégie de réduction des risques naturels pour un développement durable. université. De Mentouri Constantine. Algérie.
4. **BENSEMAOUNE ,2007 :** Les parcours sahariens dans la nouvelle dynamique spatiale : contribution à la mise en place d'un schéma d'aménagement et de gestion de l'espace(S.A.G.A)- cas de la région de Ghardaïa .thèse .Mag. Univ, Ouargla
5. **DPAT. ,2011.** Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa (direction de la planification et d'aménagement du territoire).
6. **DSO Météo-France.** Notice du premier degré d'entretien du pluviomètre précis mécanique 3070a0000. 2008.
7. **JACQUES M., 1984.** Guide pratique d'estimation des probabilités de crues. Editions Eyrolles, 61, saint Germain. Paris 5^e. France.
8. **LABORDE J.P., 2000.**élément d'hydrologie de surface.
9. **MEDDI M., 2011.** Cours crues et inondation (ANRH de Tamanrasset).
10. **MEDEJERAB A., 2009.** Les inondations catastrophiques de moins d'octobre 2008 à Ghardaïa. Algérie.
11. **MESSIDE I., 2009.** Conception du réseau pluvial de la commune de Ghardaïa.
12. **O.N.M., 2013.** Données météorologique de la station météorologique de Ghardaïa 2000-2012.
13. **OULED BELKHIR CH., 2002.** Contribution a l'étude et l'établissement du bilan hydrologique de la cuvette d'Ouargla (Sahara Nord-est septentrional).
14. **SAOUCHA L., 2009.** Étude de faisabilité d'une digue sur oued laadhira de la wilaya de Ghardaïa.

Référence électronique

1. <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Précipitation&oldid=89799293>
2. <http://Zebulon 1^{er}.free.Fr/Pluie.htm>
3. www.tutiempo.net
4. <http://mon.univ-moutp2.pdf>

Résumé

La région du Mزاب est caractérisée par ces pluies torrentielles et ces inondations importantes et exceptionnelles. Elle englobe également les grandes vallées du Chebka, d'où notamment la vallée de N'sa, qui passe le long de la ville de Berriane.

Le but de cette étude est d'estimer et quantifier ses inondations, on se base sur des données de précipitations et celui des observations qualitatives des crues. Les techniques de corrélation hydrologiques nous a permet de décrire des relations entre les lame d'eau tombées et les quantités ruisselées.

Mots-clés: inondations, crue, pluie, l'étude hydrologie, hydrographie, la vallée du M'Zab, Berriane, oued N'sa.

ملخص

تعد منطقة ميزاب حالة فريدة من نوعها من حيث المناخ، بحيث تعرف أمطار غزيرة هامة وفيضانات استثنائية بمنتهى الخطورة. كما أنها مشهورة بوديائها الكبيرة، والتي من بينها واد النسا الذي يعتبر من أهم الوديان و الذي يمر بمحاذاة مدينة بريان.

الهدف من هذه الدراسة، هو حساب وتقدير الفيضاناتها بالاعتماد على تساقط الإمطار وتدققها ومن خلال استعمال بعض التقنيات و الطرق التجريبية في الهيدرولوجية والهيدروغرافيا والمستعملة بنجاح في المناطق الجافة و الشبه الجافة منها منطقة ميزاب بولاية غرداية .

الكلمات المفتاحية :، الفيضان، الأمطار، دراسة الهيدرولوجيا، الهيدروغرافيا، ميزاب، واد النسا.

Summary

The region is characterized by M'Zab the torrential rain and the large and exceptional floods. It also includes large valleys Chebka, which include the Valley N'sa, passing along the city Berriane.

The purpose of this study is to estimate and quantify its flood Based on rainfall data and the qualitative observations of floods. Hydrological correlation techniques allow us to describe the relationship between the blade and the water fell rissoles quantities

Keywords: flood, flood, rain, hydrology study, hydrography, M'Zab Valley, Berriane, wadi N'sa