

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*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 Technologie

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de**

**MASTER**

**Domaine :** *Sciences et Technologies*

**Filière :** Hydraulique

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

**Par:** Moulay brahem mohamed elhadi

Souilam mohammed Elamine

**Thème**

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

*Mesure hydrométrique sur les exutoires : Berriane -Oued El Bir- Hassi Rbib –Pont  
Oued N'Sa et Sebket Sefioun*

**Soutenu publiquement le : 10/05/2017**

**Devant le jury :**

<b>Mr. CHEBIHI Lakhdar</b>	MAB	Univ. Ghardaïa	<b>Président</b>
<b>Mr. CHOUIREB Mustapha</b>	Doct	DRH. Ghardaïa	<b>Examineur</b>
<b>Mr. ACHOUR Mansour</b>	Magister	ANRH. Ghardaïa	<b>Examineur</b>
<b>Mr. OULEDBELKHIR Chiekh</b>	MAA	Univ. Ghardaïa	<b>Encadreur</b>

**Année universitaire 2016/2017**

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modestes travail à mes chers parents*

*Qu'ils ont m'aïdées pondant tout ma*

*Formation et mes études*

*A mon chers frère HAMZA*

*A mes amis et*

*A tout la famille moulay brahim*

*A tous mes collègues*

*De la promotion*

*Hydraulique*

***MOHAMED ELHADI***

# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à :*

*Ma très chère mère qui m'a toujours apportée*

*Son amour et son affection*

*Mon cher père, qui m'a toujours encouragée, conseillée et*

*Soutenue dans mon travail*

*Mes très chères sœurs*

*Mes très chers frères*

*A mes très chers amie(s)*

*Toute ma belle famille*

*A tous les enseignants de l'hydraulique,*

*Et tous les étudiants de l'hydraulique, en particulier*

*La promotion 2016/2017*

*A tous ceux qui portent le nom SOUILLEM*

*A toutes personnes utilisant ce document pour un bon usage.*

*Mohammed Elamine*

# Remerciements

*Au terme de ce modeste travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos vifs remerciements tout d'abord :*

*ALLAH le tout puissant pour m'avoir donné la santé, le courage Et la volonté d'étudier, et la force de réaliser ce travail.*

*Notre Encadreur : Mr. OULED BELKHIR, Maître assistant chargée de cours à l'université de Ghardaïa, pour ses orientations, ses précieux conseils et sa contribution dans l'élaboration de ce travail.*

*Nous tenons également à remercier :*

*Mr. ARIF le chef département de la science technique*

*Tous nos enseignants du Département d'Hydraulique particulièrement.*

*Mr. MECHRI; Mr. CHOUIREB; Mr. BENADDA, Mr. BOUBLI, Mr. DAHEUR;*

*Mme. AZZOUZ ; Mme. MOULAI ; Mme. AMIEUR; Mme. BABA AMER et Mme. BOUAMER*

*Et Tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail. Particulièrement LAMA Chamseddine*

***Mr. MOULAY BRAHIM Mohamed el hadi***

***Mr. SOULEM Mohammed Elamine***



# *Sommaire*

# Sommaire

---

**Dédicaces**

**Dédicaces**

**Remerciements**

**Sommaire**

**Liste des figures**

**Liste des**

**Tableaux**

<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>Mesure des précipitations</b>	<b>4</b>
<b>I.1. Définition de la précipitation</b>	<b>5</b>
<b>I.2. Type de précipitation</b>	<b>6</b>
I.2.1. Précipitation Convectives	6
I.2.2. Précipitation Orographique	7
I.2.3. Précipitations Frontales	8
I.2.3.1 Front Froids	8
I.2.3.2. Front chaud	8
<b>I.3. Mécanisme de formation d'une précipitation</b>	<b>9</b>
<b>I.4. Mesure des précipitations</b>	<b>9</b>
<b>I.5. Principe de mesure</b>	<b>9</b>
<b>I.6. Appareillages pluviométriques</b>	<b>10</b>
I.6.1. Les pluviomètres	10
I.6.2. Les pluviographes	11
I.6.2.1. Enregistrement mécanique	12
I.6.2.2. Pluviographe transducteur d'impulsions	13
I.6.2.3. Mesure de l'équivalent en eau des chutes de neige	14
I.6.2.4. Précision des appareils	15
I.6.3. Nivomètres à rayonnement $\gamma$	15
<b>I.7. Mesure de la hauteur d'eau précipitée</b>	<b>15</b>
<b>I.8. Répartition des pluies Journalières, Annuelle, Mensuelles</b>	<b>16</b>
I.8.1. Répartition de pluie journalière	16
I.8.2. Répartition de pluie Annuelle	16
I.8.3. Répartition de pluie mensuelle	16
<b>I.9. Notion d'Intensité</b>	<b>16</b>
<b>I.10. La courbe IDF</b>	<b>17</b>
<b>I.11. L'aspect théorique de l'ajustement statistique des <math>P_{jmax}</math></b>	<b>18</b>
I.12.1. Loi de Gumbel	18
I.12.1.1. Fonction de distribution	18
I.12.1.2. Estimation des paramètres	19
I.12.2. Loi de Galton (loi normal)	20
I.12.2.1. Fonction de répartition	20
I.12.2.2. Estimation des paramètres	22
I.12.2.2.1. Méthode des moments	22
I.12.2.2.2. Méthode graphique	22

## Sommaire


<b>Chapitre II</b>	<b>24</b>
<b>Cadre physique du Bassin Versant d'Oued N'Sa</b>	<b>24</b>
<b>II.1. Localisation géographique de bassin de N'sa</b>	<b>25</b>
<b>II.1. Géologie</b>	<b>26</b>
<b>II.4. Hydrogéologie</b>	<b>26</b>
II.4.1. Nappes phréatiques	26
II.4.2. Nappe continental intercalaire	27
<b>II.5. Synthèse climatique de la région</b>	<b>27</b>
II.5.1. Température	27
II.5.2. Vents	28
II.5.3. Humidité relative	29
<b>II.6. Conclusion</b>	<b>30</b>
<b>Chapitre III</b>	<b>32</b>
<b>Régime pluviométrique de la région d'Oued N'Sa</b>	<b>32</b>
<b>III.1. Introduction</b>	<b>33</b>
<b>III.2. Précipitation</b>	<b>33</b>
<b>III.3. Analyse des données pluviométriques et le choix du type de loi d'ajustement</b>	<b>34</b>
III.3.1. Caractéristiques de la station pluviométrique de Ghardaïa	34
III.3.2. Les données observées	35
III.3.3. Analyse des données statistiques	35
III.3.4. Choix de la loi d'ajustement	36
III.3.5. Calcul des paramètres de la loi choisie et vérification de son adéquation	36
III.3.5.1. Ajustement de la série pluviométrique à la loi de Gumbel	36
III.3.5.1.1. Calcul des paramètres de l'ajustement de la loi de Gumbel	36
III.3.5.1.2. Ajustement par loi de Gumbel	37
III.3.5.2. Ajustement de la série pluviométrique à la loi de Galton (log Normal)	39
III.3.5.2.1. Ajustement par la loi de Galton	40
III.3.6. Interprétation des graphes	41
III.3.7. Test de $\chi^2$	41
III.3.8. Calcul des précipitations journalières maximal fréquentielle avec la loi du Gumbel	42
<b>III.4. Pluies de courtes durées</b>	<b>42</b>
<b>III.5. Intensités maximales de courte durée</b>	<b>43</b>
<b>III.6. Construction des courbes IDF</b>	<b>43</b>
<b>Conclusion</b>	<b>44</b>
<b>Chapitre IV</b>	<b>45</b>
<b>Etude des écoulements d'Oued N'Sa</b>	<b>45</b>
<b>IV.1. Délimitation et localisation du Bassin d'Oued N'Sa</b>	<b>46</b>
<b>IV.2. Historique des crues</b>	<b>48</b>
<b>IV.3. Caractéristique géomorphométrique du bassin versant Oued N'Sa</b>	<b>51</b>
IV.3.1. La superficie	51
IV.3.2. Le périmètre	51
IV.3.3. Longueur du thalweg principal	51
IV.3.4. Le rectangle équivalent	52
IV.3.5. Indice de compacité ou Gravileus	52

## Sommaire

---

IV.3.6. Coefficient d'allongement	52
<b>IV.4. Caractéristiques hydrographiques</b>	<b>53</b>
IV.4.1. Relief	53
IV.4.1.2. Courbe hypsométrique	53
IV.4.1.3. Indice de pente global	56
IV.4.1.4. Indice de pente de Roche Ip	56
IV.4.1.5. Dénivelée spécifique DS	57
IV.4.1.6. Loi de Horton (longueurs/confluences).	57
IV.4.2. densité de drainage	58
IV.4.3. Résumé des données morphométriques et hydrographiques du bassin de N'Sa	59
IV.4.3. Estimation des Paramètre d'écoulement sur les exutoires	60
IV.4.3.1. Temps concentration	60
IV.5.1. Temps de base (Tb) et temps de montée (Tm)	61
IV.5.2. Coefficient de ruissellement Kr	62
IV.5.3. Coefficient de pointe $\alpha$	63
IV.5.4. Coefficient d'abattement des écoulements Ke	63
<b>IV.6. Méthode de calcul de débit:</b>	<b>64</b>
IV.6.1. Formules type Mayer	64
IV.6.2. Méthode de Cadier et Aguiar (1993) et l'analogie avec le Nordeste de Brésil	66
IV.6.3. Méthode analogique Rodier – Auvray et l'ORSTOM (1988)	67
IV.6.4. Estimation du débit maximum de la crue par la méthode hydraulique	68
IV.6.4.1. Application sur le N'sa	69
IV.6.4.2. Traçage des Sections	69
IV.6.4.3. Application sur le N'sa	71
<b>Commentaire</b>	<b>74</b>
<b>IV.7. hydrogramme de crue</b>	<b>75</b>
IV.7.1.1. Exutoire de Berriane	76
IV.7.1.2. Exutoire Oued ElBir	76
IV.5.1.3. Exutoire de Hassi Rbib	76
IV.7.1.4. Exutoire pont O. N'Sa	76
IV.7.1.5. Exutoire Sabkhat Safioun	76
<b>Conclusion Général</b>	<b>77</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>77</b>
<b>Résumé</b>	<b>77</b>





*Liste des  
figures*

## Liste des figures

---

### Liste des figures

Figure I.01 : Systèmes hydrologiques [11].	5
Figure I.02 : Formes solides de précipitation [11].	6
Figure I.03 : Précipitation convectives.	7
Figure I.04 : Précipitation orographique [11].	7
Figure I.05: Précipitation du front froid [11].	8
Figure I.06 : Précipitation du front chaud [11].	8
Figure I.07 : Mécanisme de formation d'une précipitation.	9
Figure I.08: Pluviomètre à lecture direct [3].	11
Figure I.09 :L'appareille de pluviomètre (Météo France)[3].	11
Figure I.10 : Appareilles de pluviographe [3].	12
Figure I.11 : Basculements des augets	13
Figure I.12 : Pluviographe transducteur d'impulsions.	14
Figure I.13 : Mesure de l'équivalent en eau des chutes de neige.	14
Figure I.14 : Courbe représente Intensité-Durée-Fréquence IDF. [11]	17
Figure I.15 : Variable réduite de Gumbel.	20
Figure I.16 : Variations de $\beta_1$ et $\beta_2$ avec $\sigma$ .	21
Figure I.17 : Variable réduite de Gauss	22
Figure II.1 : situation géographique de la région d'étude.	25
Figure II.2 : Carte Géologique d'Oued N'Sa	26
Figure II.3 : Températures mensuelles, moyenne des maximas et moyenne des minimas (période : 2000-2015) [5]	28
Figure II.4 : Vent mensuelles (période : 2000-2015) [5]	29
Figure II.5 : humidités relatives moyennes mensuelles (Période : 2000-2015) [5]	30
Figure III.1 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (Période : 2000-2015) [5]	34
Figure III.2 : Ajustement graphique d'une loi de GUMBLE [9]	38
Figure III.3 : Ajustement graphique par loi de Galton [9]	41
Figure III.4: Courbe IDF « Intensité – Durée – Fréquence ».	44
Figure IV.1 : Bassin versant de N'sa.	47
Figure IV.2 : Carte topographique et hypsométrique d'Oued N'Sa	54
Figure IV.3 : Courbe hypsométrique d'Oued N'Sa.	55
Figure IV.4 : Graphe de la loi de Horton	58
Figure IV.5 : Carte de situation des exutoires choisies d'Oued N'Sa	60
Figure IV.6 : Distance en fonction des côtes	70

## Liste des figures

---

Figure IV.7 : Distance en fonction des côtes _____	70
Figure IV.8 : Distance en fonction des côtes _____	70
Figure IV.9 : Distance en fonction des côtes. _____	71
Figure IV.10 : Hydrogramme de crues « Berriane ». _____	76
Figure IV.11 : Hydrogramme de crues «Oued Elbir». _____	76
Figure IV.12 : Hydrogramme de crues «Hassi Rbib». _____	76
Figure IV.13 : Hydrogramme de crues «pont O. N'Sa». _____	76
Figure IV.14 : Hydrogramme de crues « Sabkhat Safioun ». _____	76



*Liste des  
Tableaux*

## Liste des tableaux

---

### Liste des tableaux

Tableau II.1 : Température mensuelle (période : 2000-2015)	27
Tableau II.2 : vent mensuelle (période : 2000-2012) [9].	28
Tableau II.3 : humidités relatives moyennes mensuelles (période : 2000-2015) [9]	29
Tableau III.1 : précipitations mensuelles [5]	33
Tableau III.2 ; Caractéristiques de la station pluviométrique de Ghardaïa.	34
Tableau III.3 : les données observées par la station météorologique	35
Tableau III.4 : caractéristiques empiriques de loi de Gumbel	37
Tableau III.5 : tableau d'ajustement par la loi de GUMBEL	37
Tableau III.6 : Caractéristiques empiriques de loi de Galton	39
Tableau III.7 : l'ajustement par loi de Galton [9]	40
Tableau III.8 : Test de Khi2.	41
Tableau III.9 : Pluies journalières maximales fréquentielles	42
Tableau III.10 : Pluies de courtes durées pour différentes périodes de retour	43
Tableau III.11 : intensité maximales de courte durée.	43
Tableau IV.1 : Historiques des crues	48
Tableau IV.2 : La longueur Sous bassin selon l'exutoire	52
Tableau IV.3 : Répartition des surfaces en fonction des côtes	55
Tableau IV.4 : caractéristique de la pente globale du bassin versant.	56
Tableau IV.5 : caractéristique du relief selon [2]	57
Tableau IV.6 : détermination de $R_c$ et $R_L$	58
Tableau IV.7 : Temps de concentration.	61
Tableau IV.8 : Temps de base $T_b$ et temps de montée $T_m$	62
Tableau IV.9 : Coefficient de ruissellement de chaque sous bassin.	63
Tableau IV.10 : Coefficient de pointe de chaque sous bassin	63
Tableau IV.11 : estimation des débits décimal et continental par la formule de MAYER.	65
Tableau IV.12 : estimation des débits continental par la formule de CADIER et AGUIAR.	67
Tableau IV.13 : estimation des débits maximal de différent période de retour par la formule d'OSTORME et RODIER-AUVRAY.	68
Tableau IV.14 : Distance en fonction des côtes	70
Tableau IV.15 : Distance en fonction des côtes	70
Tableau IV. 16 : Distance en fonction des côtes	70
Tableau IV.17 : Distance en fonction des côtes	71
Tableau IV.18 : Débit Maximale par la méthode hydraulique	72
Tableau IV.19 : Résultat de calcul	73
Tableau IV.20 dédit Rodier + débit moyenne + volume.	74



*Introduction*  
*générale*

### Introduction général

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 [7].

Le ruissellement superficiel au Sahara est resté peu étudié jusqu'à ce jour. Ce ruissellement étant malgré sa, entassez 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[7].

Le bassin de N'Sa est considéré comme le plus grand bassin du dorsale du M'Zab. Il prend sa naissance de la région de Dayas (Hassi Rmel) pour se rejeter à Sebket Sefioune au Nord de Ouargla, avec un parcours qui dépasse les 350 km. Oued N'Sa constitue le parcours pastorale le plus riche et plus diversifié dans le Sahara septentrionale. Il héberge les plus grands cheptels d'ovin et caprin de la Wilaya de Ghardaïa. Les crues d'Oued N'Sa, constituent la principale source d'alimentation de la nappe phréatique, ainsi que la source d'irrigation des palmeraies et l'approvisionnement en eau pour l'activité pastorale (Puits pastorale, Djoube, Mare, Ougla).

Par contre, les crues d'Oued N'Sa peut constituer un risque majeurs pour les agglomérations de ce bassin, notamment la ville de Berriane. En octobre 2008, la crue exceptionnelle d'Oued N'Sa et Ballouh à causer des dégâts matériels et même humaines considérables.

Pour maîtriser le risque lié aux crues dans la vallée, des études hydrologiques ultérieur sont proposées d'entailler des stations hydrométriques et météorologiques l'amont du bassinai jusqu'à nous jours rien n'a était réaliser, mise à parte quelque observation qualitative sur les crues exceptionnelles qui passent par la vallée. En plus les données climatiques disponibles sans pas toujours conformes à la réalité, par le faite 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 apportes de Oued N'Sa sur plusieurs exutoires représentatifs de la vallée. Les apports ont étaient quantifier en déférents fréquences. En absence de données des mesures hydrométriques, il est important d'utiliser de différents

méthodes d'évaluation notamment les modèles analogiques et celle de la méthode 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 différentes 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*

*Mesure des précipitations*

## I.1. Définition de la précipitation

Sont dénommées précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression. Les précipitations constituent l'unique entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants.

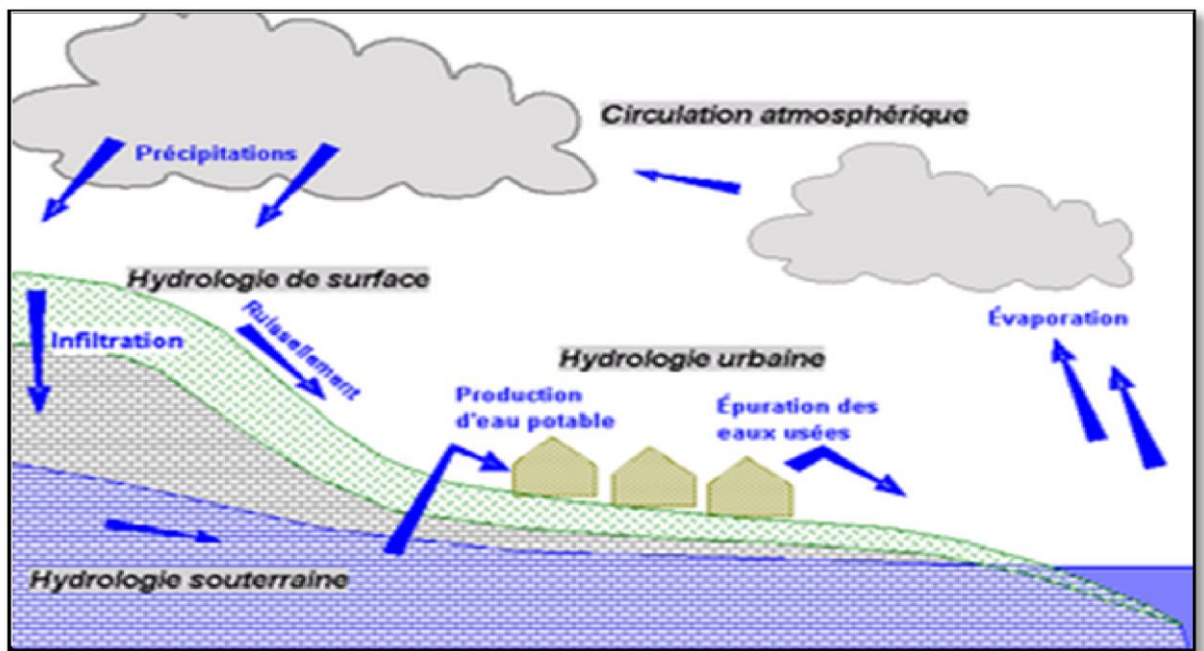


Figure I.01: Systèmes hydrologiques [11].

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. [11]

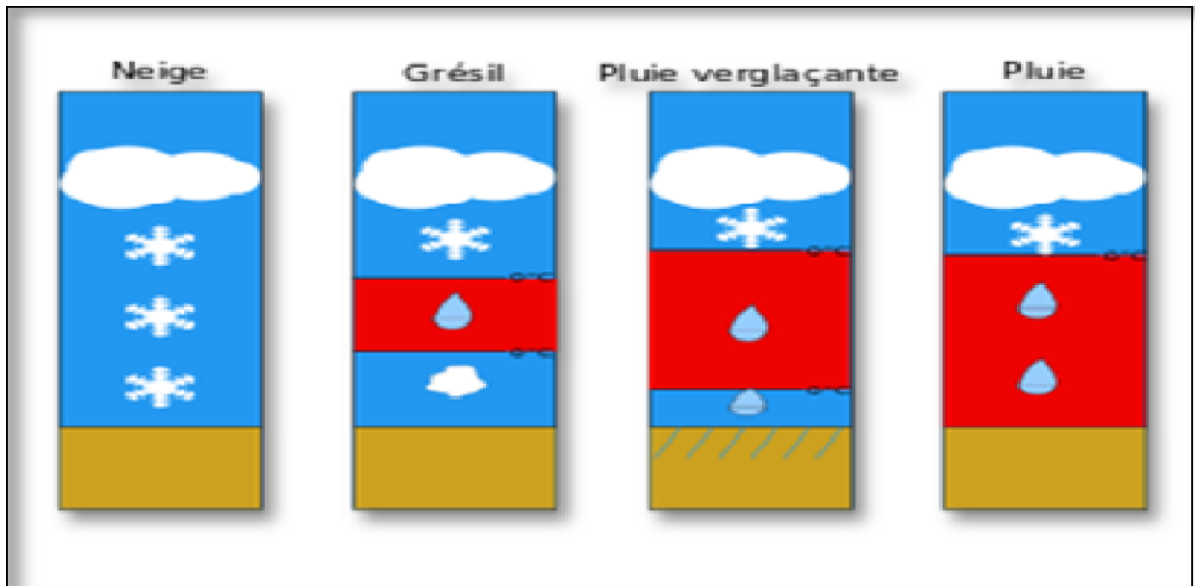


Figure I.02 : Formes solides de précipitation [11].

Les précipitations sont évidemment le facteur essentiel des régimes hydrologiques puisqu'elles constituent la matière première des débits des cours d'eau. [3]

## I.2. Type de précipitation

Selon Deux conditions pour générer des précipitations [11] :

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

### I.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.

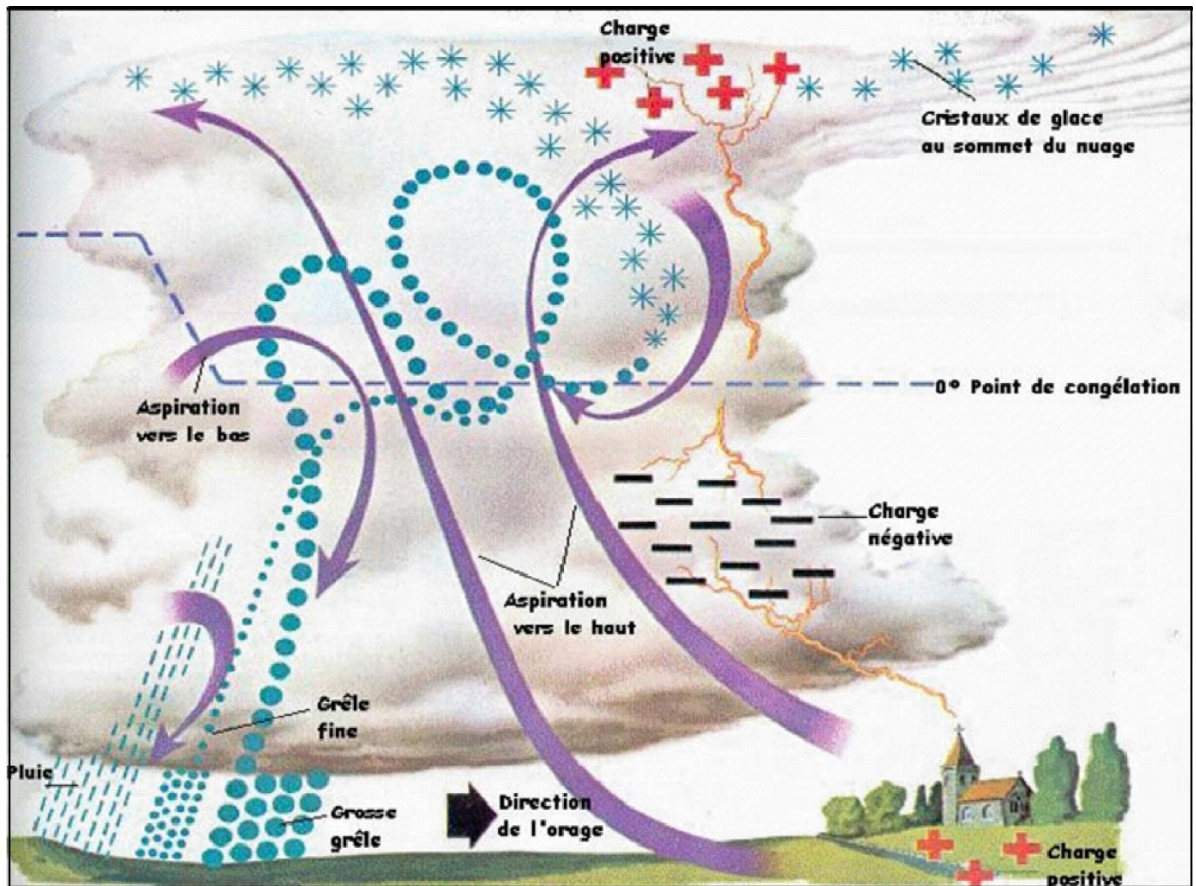


Figure I.03 : Précipitation convectives.

## I.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.

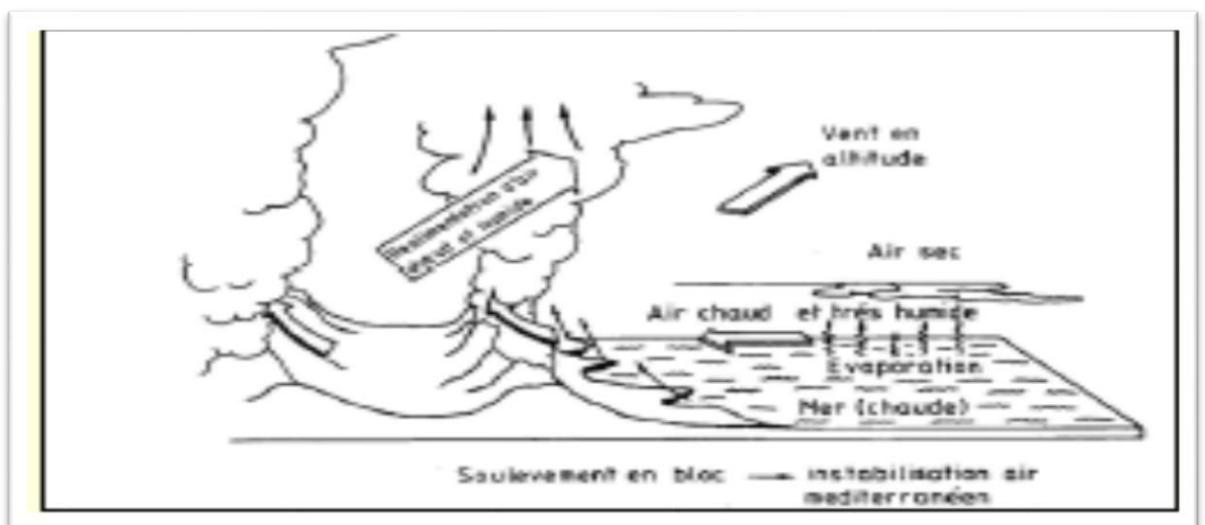


Figure I.04 : Précipitation orographique [11].

### I.2.3. Précipitations Frontales

Naissent à la rencontre de deux masses d'air de caractéristiques différentes ( $t^\circ$ , humidité,)

#### I.2.3.1 Front Froids

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

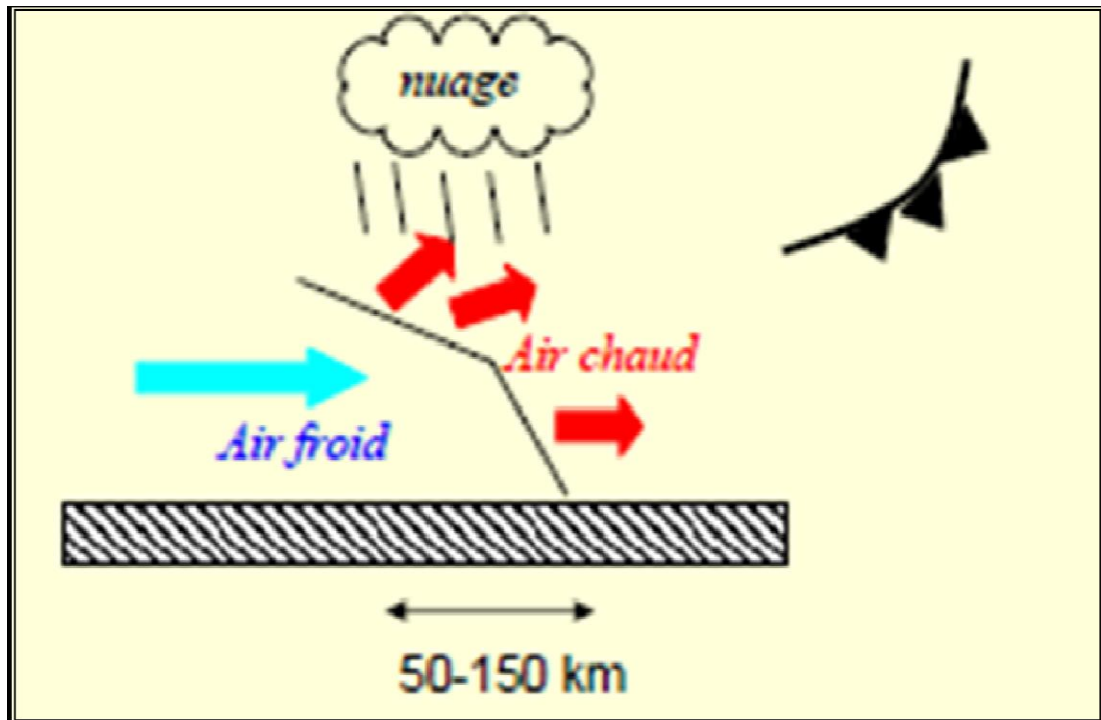


Figure I.05: Précipitation du front froid [11].

#### I.2.3.2. Front chaud

Air chaud glisse sur l'air froid

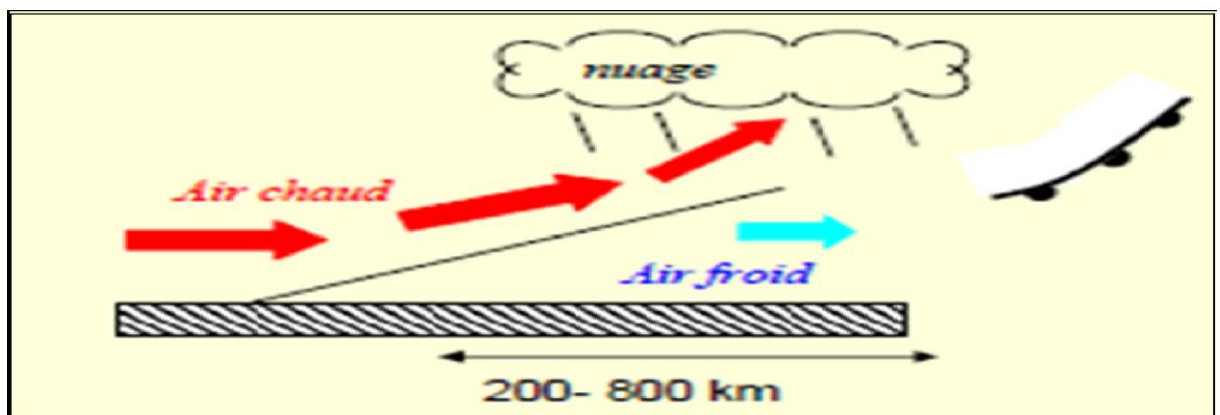


Figure I.06 : Précipitation du front chaud[11].

### I.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 :

- 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.[12]

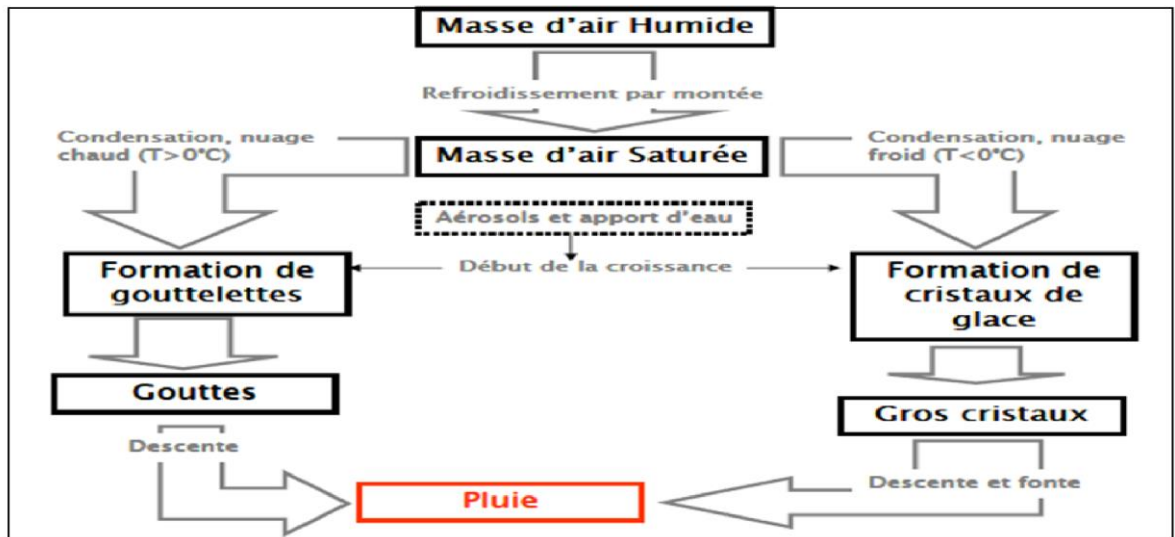


Figure I.07 : Mécanisme de formation d'une précipitation.

### I.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<sup>ème</sup> siècle[3]

### I.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 cm<sup>2</sup>, 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)[3].

## **I.6. Appareillages pluviométriques**

### **I.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  $\Delta t$ , on a récupéré un volume  $V$  à travers la surface réceptrice  $S$ , la hauteur de pluie  $H_{\Delta t}$  tombée est :

$$\Delta t = \frac{V}{S} \quad (\text{I.1})$$

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 1/10<sup>ème</sup> mm .L'appareil le plus répandu en France était le pluviomètre "Association" de 400 cm<sup>2</sup> 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 cm<sup>2</sup> 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. [3].



Figure I.08: Pluviomètre à lecture direct [3].

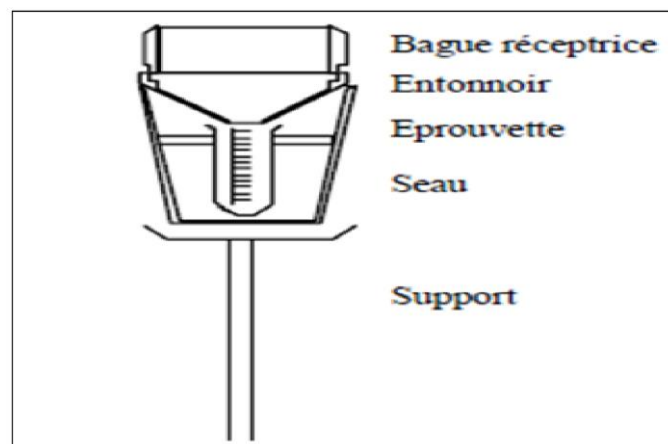


Figure I.09 :L'appareille de pluviomètre (Météo France)[3].

### I.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 [12].



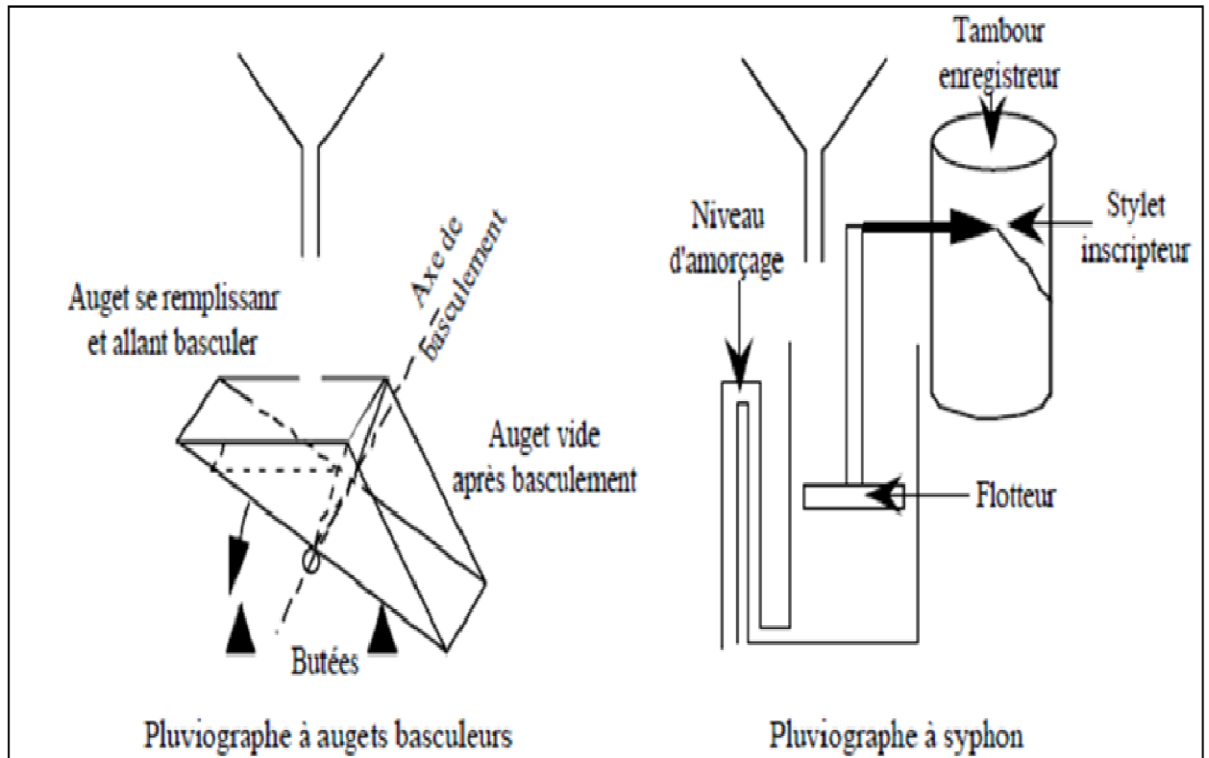


Figure I.10 : Appareils de pluviographe [3].

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 cm<sup>2</sup>, 1 000 cm<sup>2</sup> ou 400 cm<sup>2</sup>, un basculement correspond à 0,1 mm, 0,2 mm ou 0,5 mm de pluie [3].

Pour comptabiliser les basculements, deux systèmes sont possibles.

#### I.6.2.1. Enregistrement mécanique

Chaque basculement provoque, par un système d'encre, 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 [3].

A par exemple Le dépouillement des hectogrammes 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

### I.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 [5].

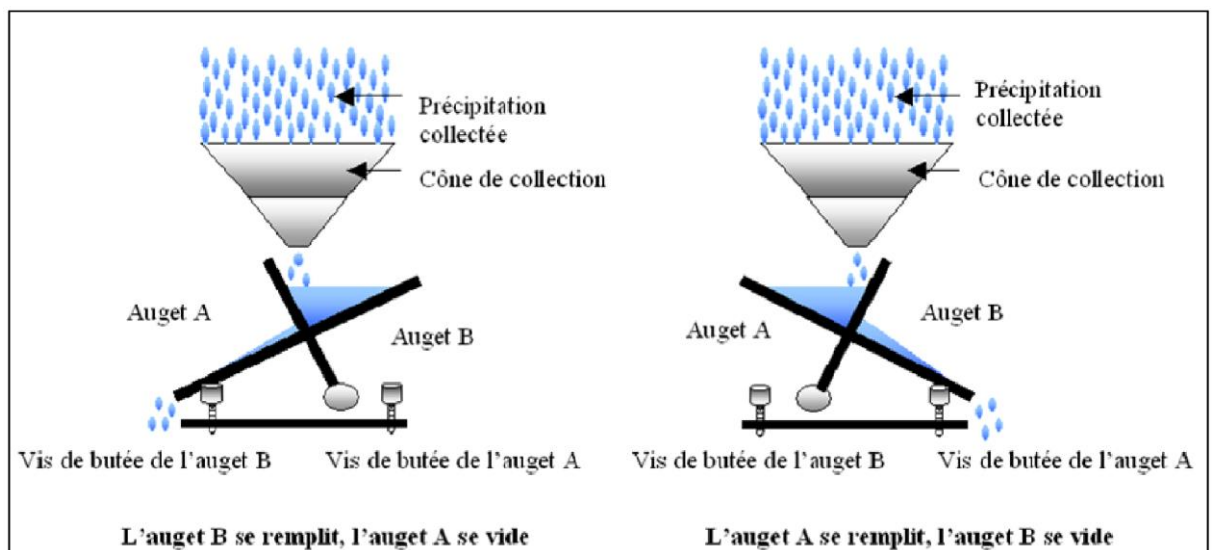


Figure I.11 : Basculements des augets



Figure I.12 : Pluviographe transducteur d'impulsions.

### I.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 [5].



Figure I.13 : Mesure de l'équivalent en eau des chutes de neige.

#### **I.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 dératé (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 [3].

#### **I.6.3 Nivomètres à rayonnement $\gamma$**

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  $\gamma$  (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 [3].

#### **I.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.

## **I.8. Répartition des pluies Journalières, Annuelle, Mensuelles**

### **I.8.1. Répartition de pluie journalière**

Cette étude n'implique aucune réduction préalable des données puisque les observations pluviométriques se font directement à l'échelle journalière. L'échantillon à analyser se présente sous forme de 365 N hauteurs de précipitations, N étant le nombre d'années d'observations.

### **I.8.2. Répartition de pluie Annuelle**

Une hauteur de pluie moyenne est la somme de 365 variables aléatoires. Ces variables ne sont pas absolument indépendantes puisqu'il existe des variations cycliques, ne serait-ce que les variations saisonnières ; il semble toutefois que l'on puisse faire comme si elles l'étaient et c'est ce que nous avons admis pour l'étude statistique des pluies journalières.

### **I.8.3. Répartition de pluie mensuelle**

Dans le sens statistiquement exact, les termes de pluie décennale, pluie centenaire, définissent une pluie qui, sur un très grand nombre de décennies ou de centenaires, se produirait en moyenne une fois tous les dix ans ou tous les cent ans. Il est clair que l'on ne possède jamais, à une station donnée, une période d'observations suffisante pour la détermination des fréquences de récurrence élevée. D'autre part, étant donné l'évolution générale des climats, on ne peut affirmer que l'invariance du climat pour une période de cinq cents, mille ans ou plus, est suffisante pour que les règles de probabilités puissent s'appliquer sur des périodes aussi longues.

## **I.9. Notion d'Intensité**

Selon.[1] 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 :

$$I_{\text{moy}} = \frac{H_{\text{moy}}}{t} \quad (\text{I.2})$$

Où :

$I_{\text{moy}}$  : 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.

### I.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.

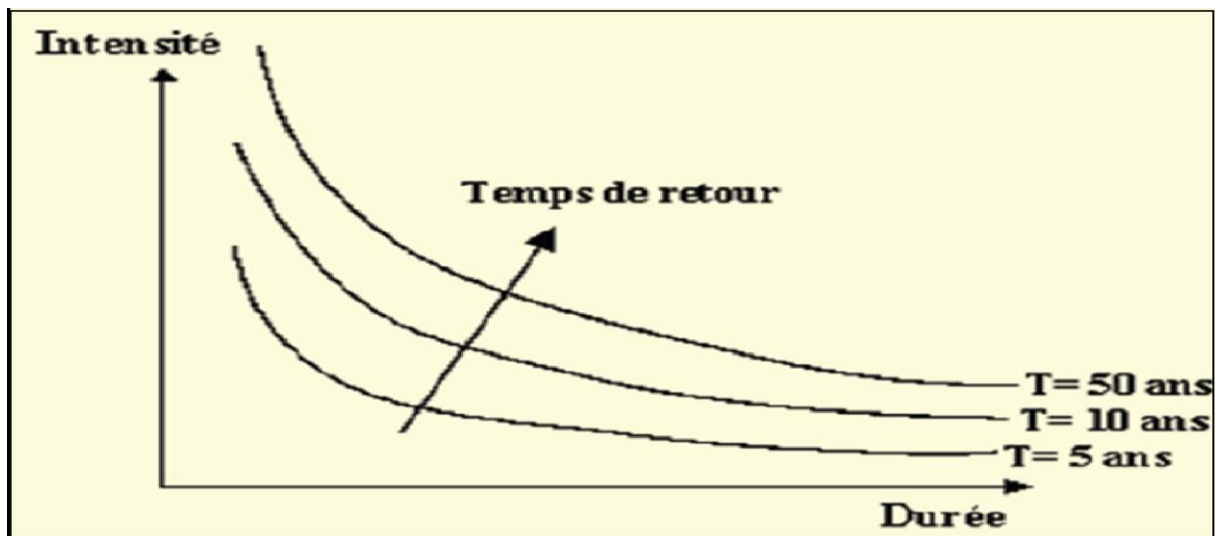


Figure I.14 : Courbe représente Intensité-Durée-Fréquence IDF. [11]

## I.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 à l'aide par deux Loïs :

- Loi de Gumbel.
- Loi de Galton.

### 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 précipitation 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 :

$$\overline{P_{max.j}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{jmax}}{n} \quad (I.3)$$

L'écart type:

$$\delta_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}} \quad (I.4)$$

Coefficient de variation : « Cv » :

$$C_v = \frac{\delta_x}{\bar{X}} \quad (I.5)$$

## I.12. Loi de Gumbel

### I.12.1. Fonction de distribution

Sous sa forme simple et généralement utilisée on a :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} \text{ Avec } u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma_x} \quad (I.6)$$

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  $\beta_1$  est constant et égal à 1,139 ; ce qui correspond à une dissymétrie étendue vers la droite.

Le coefficient d'aplatissement  $\beta_2$  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 :

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

Elle a un maximum pour  $u = 0$  et deux points d'inflexion pour

$$u = -\ln(-\ln(F(x_i)))$$

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  $\ln T$ .

### **I.12.2. 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 :

$$S + \frac{\sum X - e^{-X/S}}{\sum e^{-X/S}} = \bar{X} \quad (\mathbf{I.7})$$

$$X_0 = S \ln \left[ \frac{\sum e^{-X/S}}{n} \right] \quad (\mathbf{I.8})$$

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.

$$F(x) = e^{-e^{-u}} \text{ D'où } U = -\text{Ln}[-\text{Ln}\frac{1}{F}]. \quad (\text{I.9})$$

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 :

Par  $U = 0$  pour  $X = X_0$

Et  $U = \pm 1$  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 s le « gradex » (gradient exponentiel).

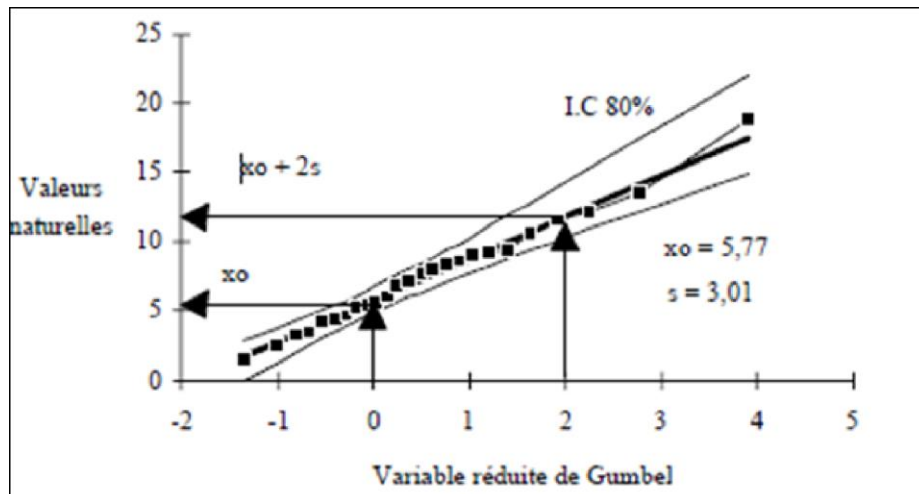


Figure I.15 : Variable réduite de Gumbel.

## I.12.2. Loi de Galton (loi normal)

### I.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 :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_u^{+\infty} e^{-1/2u^2} du \quad (\text{I.10})$$

Ou,

$$u = \frac{x-x_0}{s} \text{ (variable réduite de GAUSS)}$$

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 :

$$\text{Où, } F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_u^{+\infty} e^{-1/2u^2} du \quad (\text{I.11})$$

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

$X_0$  : paramètre de position (identique au précédent) ;

$S$  : paramètre d'échelle positif différent de zéro ;

$\sigma$  : paramètre de forme positif différent de zéro ;

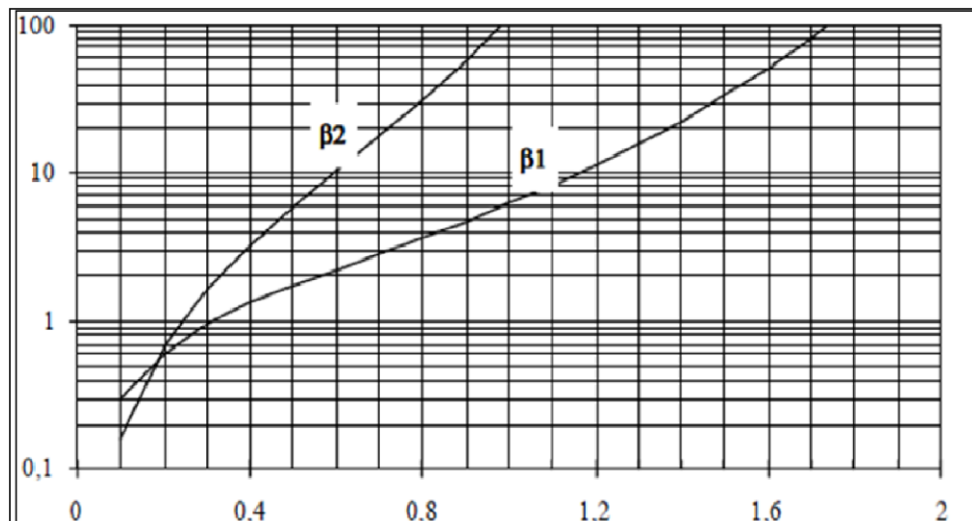


Figure I.16 : Variations de  $\beta_1$  et  $\beta_2$  avec  $\sigma$ .

Le coefficient d'aplatissement  $\beta_2$  est toujours positif ; la loi de Galton est plus "pointue" que la loi de Gauss. Le coefficient d'asymétrie  $\beta_1$  est toujours positif ; la loi de Galton est dissymétrique, étendue vers la droite. Ces deux coefficients ne dépendent que de  $\sigma$  comme le montre la figure ci-contre.

La fonction de densité est alors :

$$F(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \frac{1}{U} \exp\left(-\frac{(\text{Ln } u)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (\text{I.12})$$

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 :

$$U = e - \frac{\sigma^2}{2} \left( 3 \pm \sqrt{\frac{4}{\sigma^2}} \right) \quad (\text{I.13})$$

### I.12.2.2. Estimation des paramètres

#### I.12.2.2.1. Méthode des moments

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

$\bar{X}$  : moyenne des  $X$

$\sigma$  : Écart-type des  $X$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (\text{I.14})$$

#### I.12.2.2.2. Méthode graphique

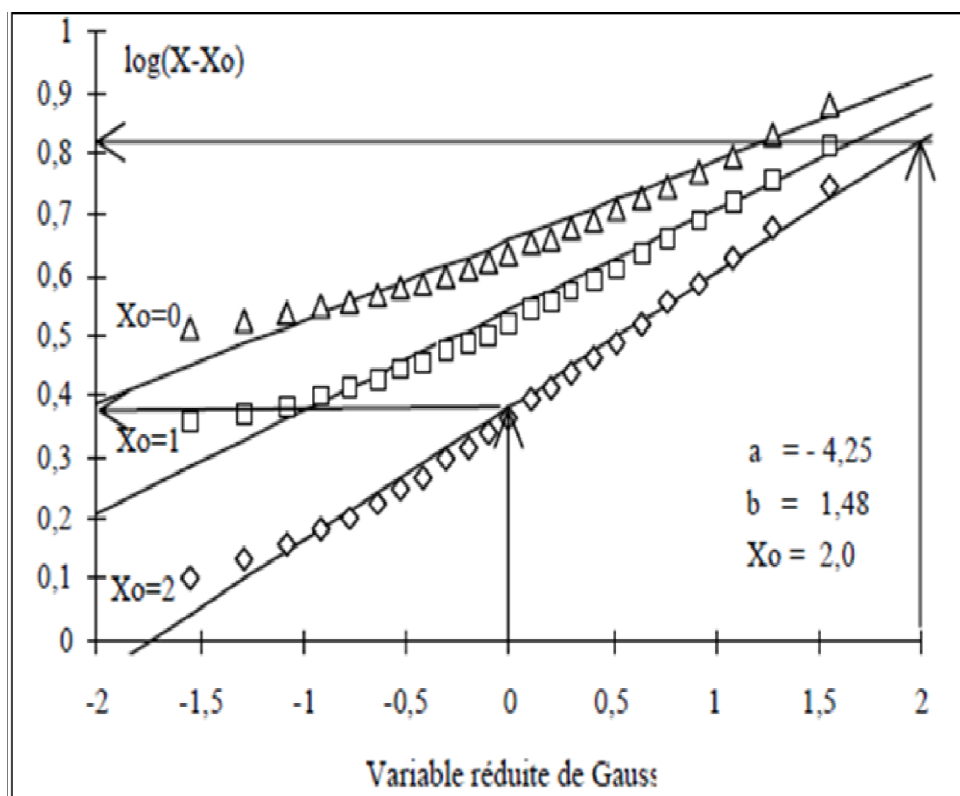


Figure I.17 : Variable réduite de Gauss

### I.13. 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.

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

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

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

#### **I.14. 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 [9]

*Chapitre II*

*Cadre physique du Bassin  
Versant d'Oued N'Sa*

## II.1. Localisation géographique de bassin de N'sa

Le sous bassin de N'sa présente une superficie de 5579 km<sup>2</sup> environ, avec un parcours de 320 km<sup>2</sup>, part de la région de Tilghemt (W. Laghouat), vers 750 m d'altitude pour aboutir à Sabkhat Safioun à la cote de 107 m (W. Ouargla). L'Oued est composé d'un parcours supérieur de direction Ouest-Est de 100 km de longueur, d'un parcours moyen de direction Nord-Ouest vers le Sud-est de 100 km de long et d'un parcours inférieur entièrement situé dans le pliocène continental à 160 km de longueur, dans lequel l'Oued se dirige à nouveau vers l'Est. Dans la partie terminale le cours d'eau fait un coude assez brusque vers le Sud pour se jeter à 20 km plus loin de Sabkhat Sefioun. Dans son trajet Oued N'Sa reçoit divers affluents dont les plus importants sont le Satafa, Laroui, Kabeche, Ballouh, Soudan et Nechou [10]. Afin d'illustrer bien la morphologie d'Oued N'Sa nous avons tracé une carte Hydrographique synthétique sur la base d'une photo de Google earth et la carte d'état Majors de la région de Berriane à l'échelle 1/200000.

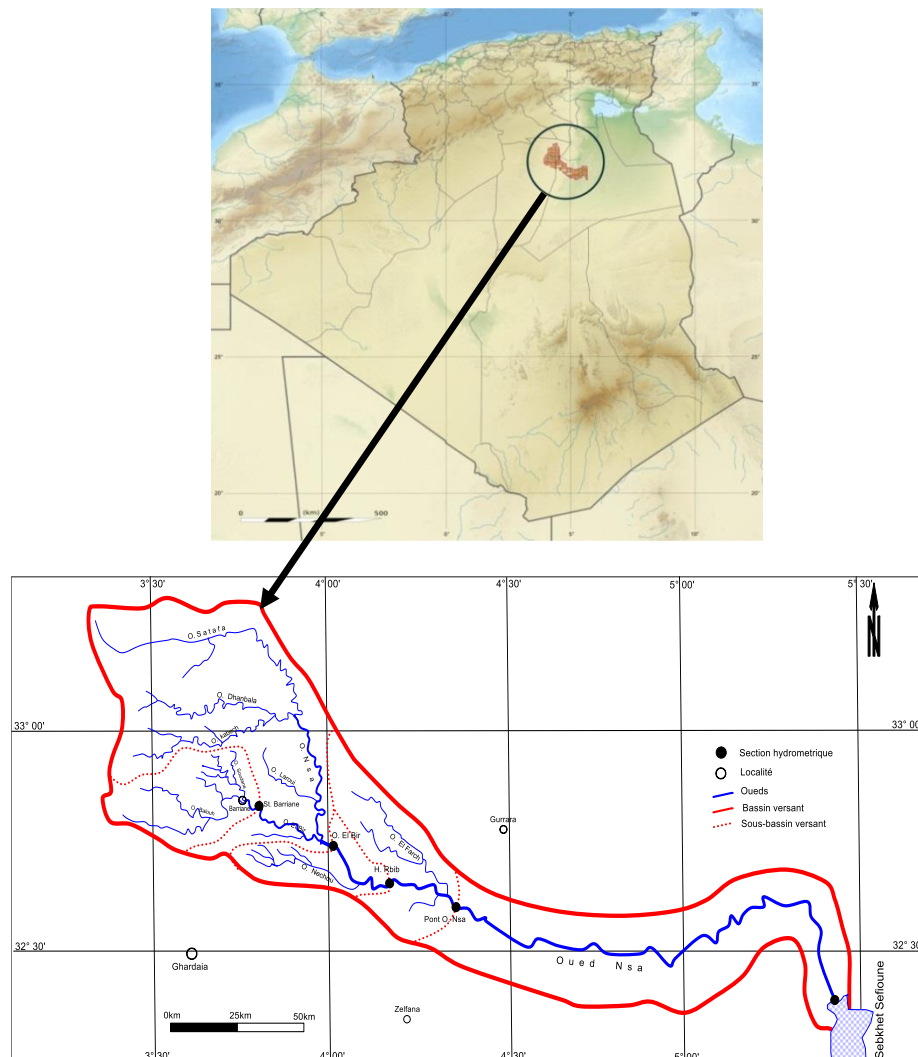


Figure II.1 : situation géographique de la région d'étude.

## II.2. Géologie

Du point de vue géologique, la Vallée de N'Sa 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'Inféra-flux (nappes phréatiques) (Figure III.2) [1].

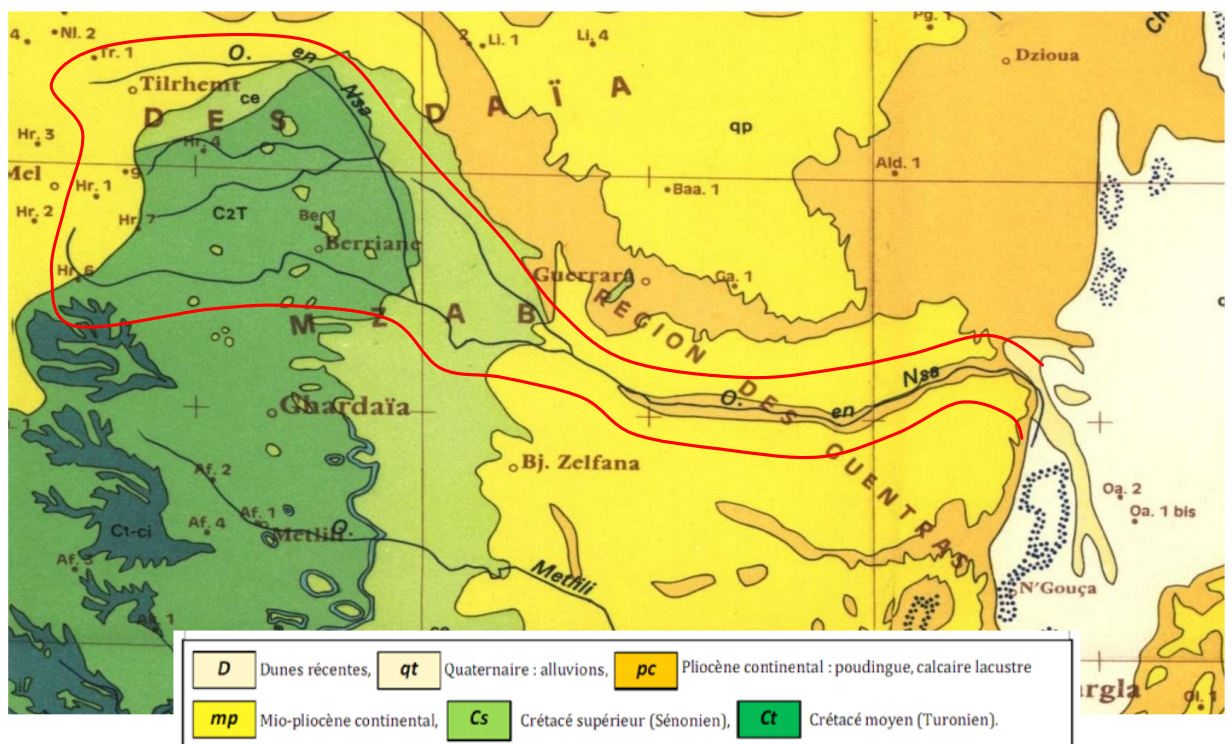


Figure II.2 : Carte Géologique d'Oued N'Sa

## II.3. Hydrogéologie

### II.3.1. Nappes phréatiques

D'une manière générale, les vallées des oueds de la région sont le siège des nappes phréatique. 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 [1].

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 [1]

### **II.3.2. 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 chargées (résidu sec variant entre 1et 1,8g/l)[1].

## **II.4. Synthèse climatique de la région**

### **II.4.1. 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 (IV.1), Fig. (IV.1))

Tableau II.1 : Température mensuelle (période : 2000-2015)

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



<b>Juin</b>	31,34	37,68	23,97
<b>Juillet</b>	35,21	41,7	27,89
<b>Aout</b>	34,15	40,44	27,23
<b>Sept</b>	28,9	35,1	22,74
<b>Oct.</b>	23,26	29	17,62
<b>Nov.</b>	15,93	21,68	10,61
<b>Déc.</b>	12,22	17,65	7,26

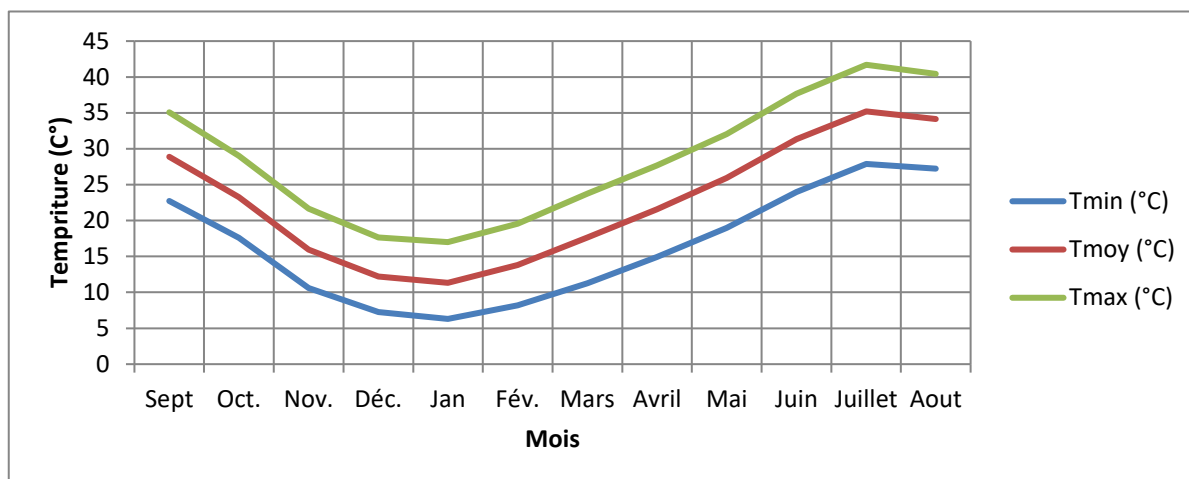


Figure II.3 : Températures mensuelles, moyenne des maxima et moyenne des minima  
(Période : 2000-2015) [5]

#### II.4.2. 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 [6].

Selon le Tableau ((II.2) et le Figure ((II.4), On observe

Tableau II.2 : vitesse de vent mensuelle (période : 2000-2015) [9].

Mois	Vitesse de vent (km/s)
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

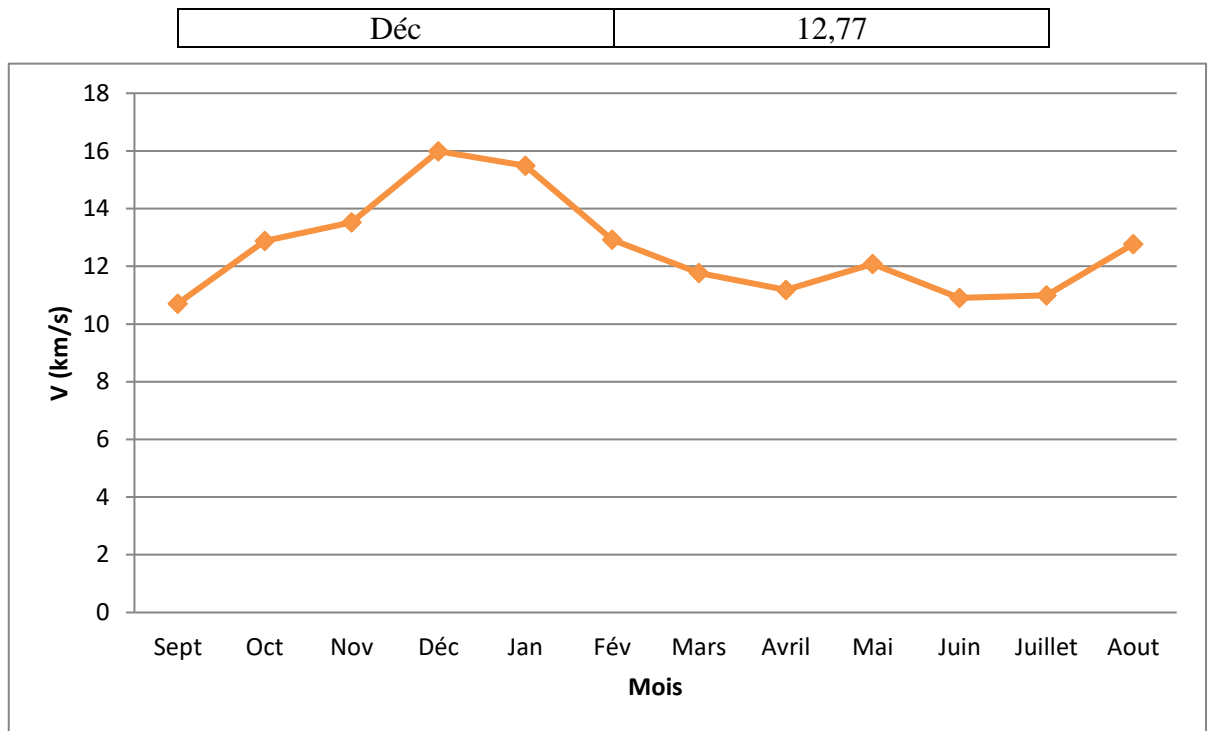


Figure II.4 : Vitesse vent mensuelles (période : 2000-2015) [5]

### II.4.3.Humidité relative

D'après la Figure II.5, 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%.

Tableau II.3 : humidités relatives moyennes mensuelles (période : 2000-2015) [9]

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

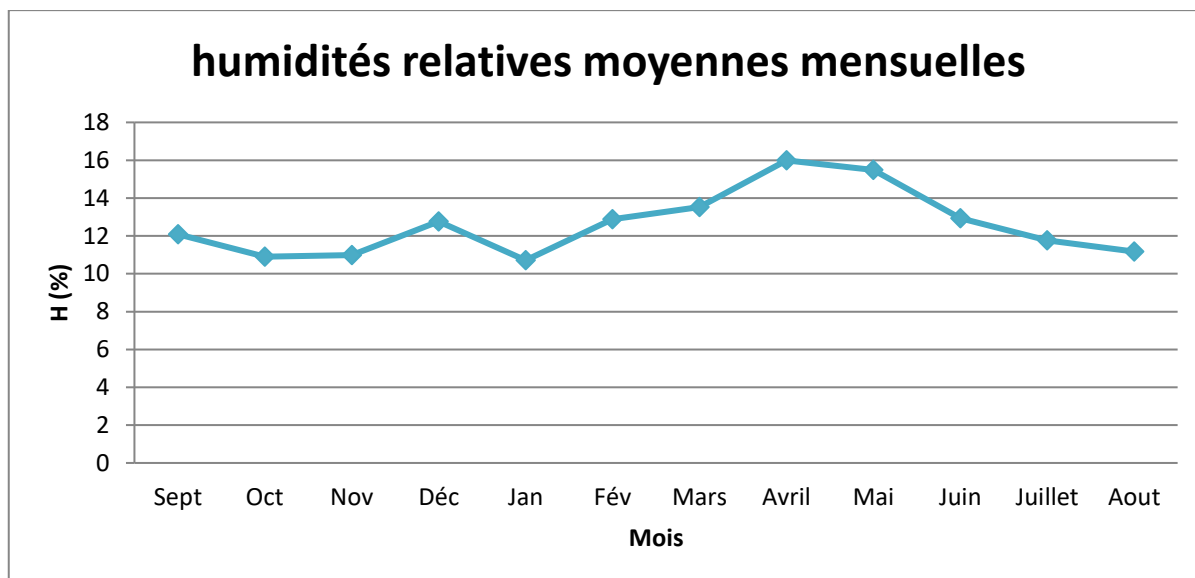


Figure II.5 : humidités relatives moyennes mensuelles  
(Période : 2000-2015) [5]

## II.5. Conclusion

Les terrains affleurant à Oued N'Sa correspondent à l'aboutissement d'une série de transgressions et de régressions marines : les périodes marines ont généré les terrains calcaires (Turonien) tandis que les périodes continentales ont laissé des sables et des grès qui constituent des réservoirs potentiels d'eau souterraine. Les périodes intermédiaires ont donné des dépôts lagunaires : argiles et gypse (Miopliocène). Le lit d'Oued N'sa, est caractérisé par un dépôt d'âge quaternaire de nature sableux, plus l'aval le montant de Mioplocène couverts les affleurements de Turonien, pour qu'il se transforme à une aquifères (CT), dans les régions de Sebket Sefione.

Les ressources en eaux souterraines : sont localisées dans trois niveaux aquifères différents :

- la nappe phréatique qui est une nappe libre dont l'alimentation dépend des précipitations et de retour d'excès d'eau d'irrigation ; on la trouve principalement sous les fonds des vallées sous la forme de nappes d'inféro - flux dans les alluvions (jusqu'à 50 m de profondeur); elle assure le 10 % environ des besoins en eau (ancien palmeraie);

- la nappe du complexe terminal qui regroupe deux aquifères, notamment la couche de calcaire du sénonien et l'éocène au sud (160 m de profondeur) ;

- La nappe du continental intercalaire contenue dans les niveaux sablo - gréseux de l'Albien que l'on trouve, à des profondeurs variables (450m aBerrien et 1800 m à S.Sefioune).

Le climat de la vallée d'Oued N'Sa est de type saharien caractérisé par une grande amplitude entre les températures de jour et de nuit, d'été et d'hiver. Les moyennes générales, et celles des minima et des maxima sont : 21.5°, 15.4°, 26.4°. Les précipitations sont faibles et irrégulières, de 0 à 60 mm/j, la moyenne annuelle pluviométrique étant de 60 mm/an. Elles tombent essentiellement sous la forme de pluies d'orage, en automne et au printemps.

*Chapitre III*

*Régime pluviométrique de  
la région d'Oued N'Sa*

### **III.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 [5].

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 [5].

### **III.2. Précipitation**

Pour l'étude de la précipitation ont obtenu une série pluviométrique de l'ONM de Ghardaïa pour une période (2000-2015). Selon le tableau (III.1) et la figure (IV.1) on observe que le mois de Janvier est le plus pluvieux avec une moyenne de 20,61mm contre le mois de Février est le plus sec avec une moyenne de 1,17mm.

Tableau III.1 : précipitations mensuelles [5]

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

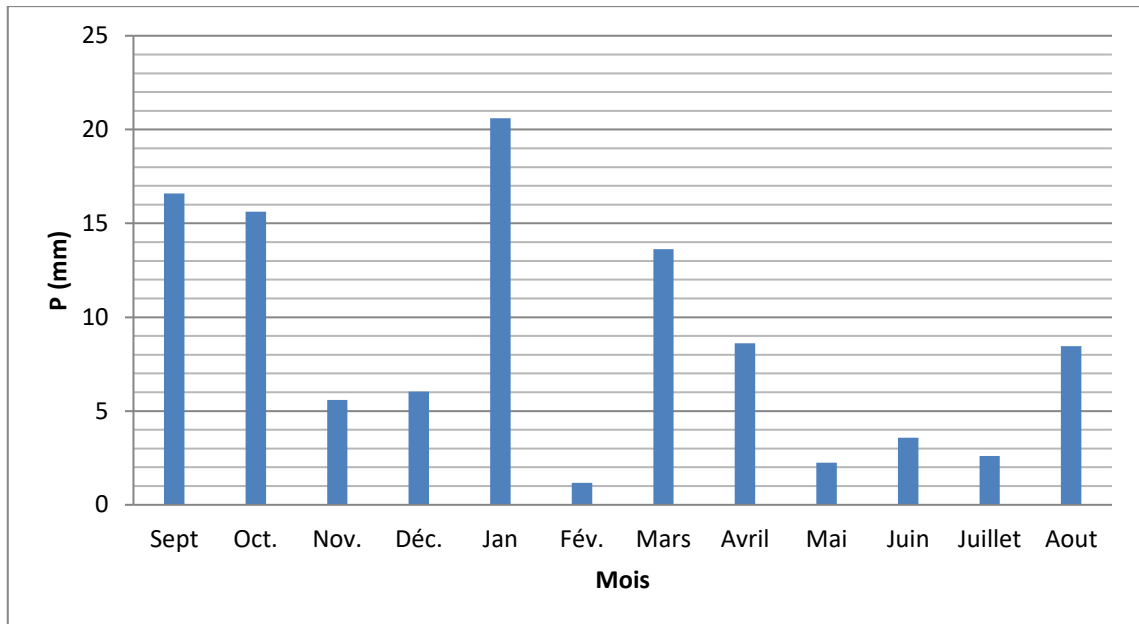


Figure III.1 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles  
(Période : 2000-2012) [5]

Selon la figure (III.1), les précipitations mensuelles sont faibles avec une moyenne de 8.73 mm

### III.3. Analyse des données pluviométriques et le choix du type de loi d'ajustement

#### III.3.1. Caractéristiques de la station pluviométrique de Ghardaïa

Tableau III.2 ; 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	35
Observation	Station en fonctionnement

### III.3.2. Les données observées

Tableau III.3 : les données observées par la station météorologique

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	18.11

### III.3.3. Analyse des données statistiques

La moyenne interannuelle des précipitations maximales journalières P<sub>jmax</sub>, Durant 35 ans d'observations :  $\bar{X}=18.11$  mm

n : le nombre d'années d'observations (n=35ans).

L'écart type:

$$\delta_x = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{N}} \delta_x = 12.25 \text{ mm}$$

Coefficient de variation : « Cv » :

$$C_v = \frac{\delta_x}{\bar{X}} C_v = 0.70$$

L'exposant climatique :

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



### III.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

### III.3.5. Calcul des paramètres de la loi choisie et vérification de son adéquation

#### III.3.5.1. Ajustement de la série pluviométrique à la loi de Gumbel

##### III.3.5.1.1. Calcul des paramètres de l'ajustement de la loi de Gumbel

La droite de Gumbel est donnée par la formule :

$$y = \left(\frac{1}{a}\right) y + x \text{ (III.1)}$$

Avec,

$$\frac{1}{a} = \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi}\right) \delta x \text{ (III.2)}$$

(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

$$\bar{U} : 0,53$$

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

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

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

**Coefficient de corrélation r :**

$$r = \sum_{i=1}^N \frac{(\bar{P}_{jmax} - P_{jmax})(U_i - u)}{\sqrt{\sum (P_{jmax} - \bar{P}_{jmax})^2 \sum (U_i - u)^2}} \text{ (IV.3)}$$

$$\text{D'où : } r = 0,98$$

Nous obtenons  $r = 0.98 \approx 1$ , donc la corrélation est acceptable. A partir du graphe nous ne tirons que 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

Tableau III.4 : caractéristiques empiriques de loi de Gumbel

caractéristique de l'échantillon	Série	
	X	u
Variable		
Moyenne	18.11	0,53
Ecartype	12.25	1.08
Coefficient de variation	0.70	1.92
Coefficient de corrélation	0.98	
Pente de droite de gembel	10.84	
Ordonnée à l'origine	14.25	
Droite de régression	$P_{max, j, p\%} = X = 10.84 U_i + 14.25$	
$P_{max, j, 10\%}$	38.64	

I.C. à (en%) = 95%UGauss =1,9604

### III.3.5.1.2.Ajustement par loi de Gumbel

Tableau III.5 : tableau d'ajustement par la loi de GUMBLE

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

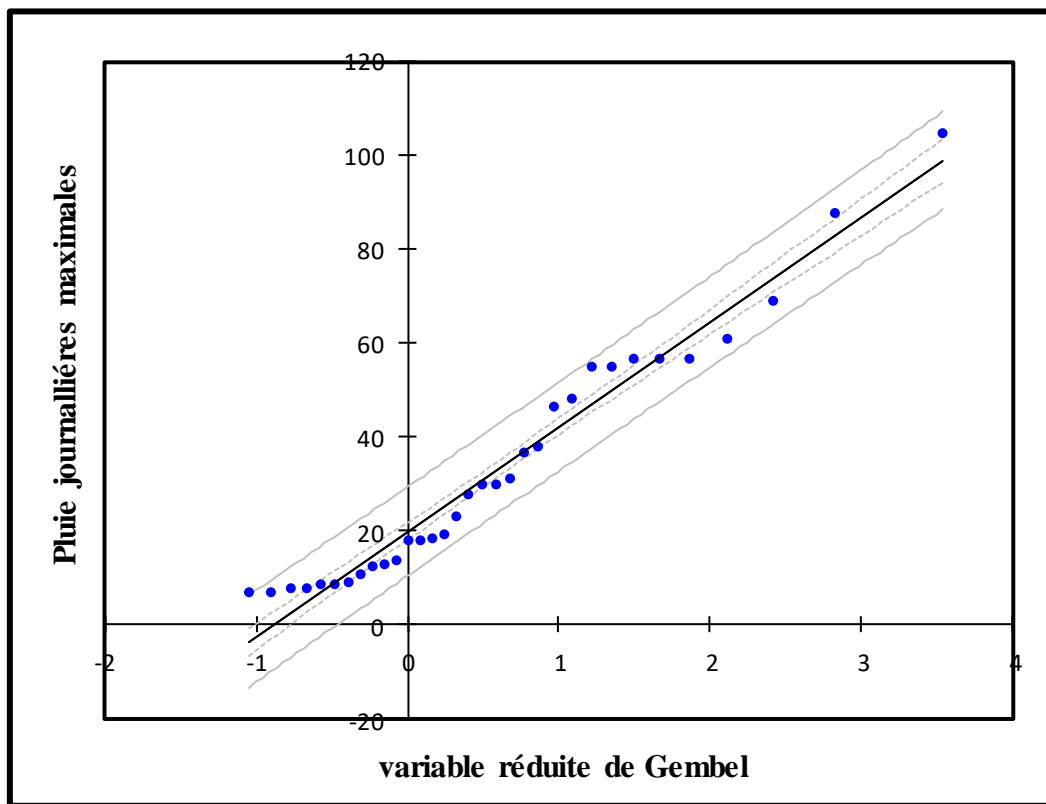


Figure III.2 : Ajustement graphique d'une loi de GUMBLE [9]

### III.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 :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_u^{+\infty} e^{-1/2u^2} du \quad \text{(III.4)}$$

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 :

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

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

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

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

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

Tableau III.6 : Caractéristiques empiriques de loi de Galton

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

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

Par la méthode analytique, nous trouvons :

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

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

**Par la méthode graphique, nous avons :**

I.C. à (en%) = 95

U Gauss = 1.960

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

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

**III.3.5.2.1. Ajustement par la loi de Galton**

Tableau III.7 : l'ajustement par loi de Galton [9]

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

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

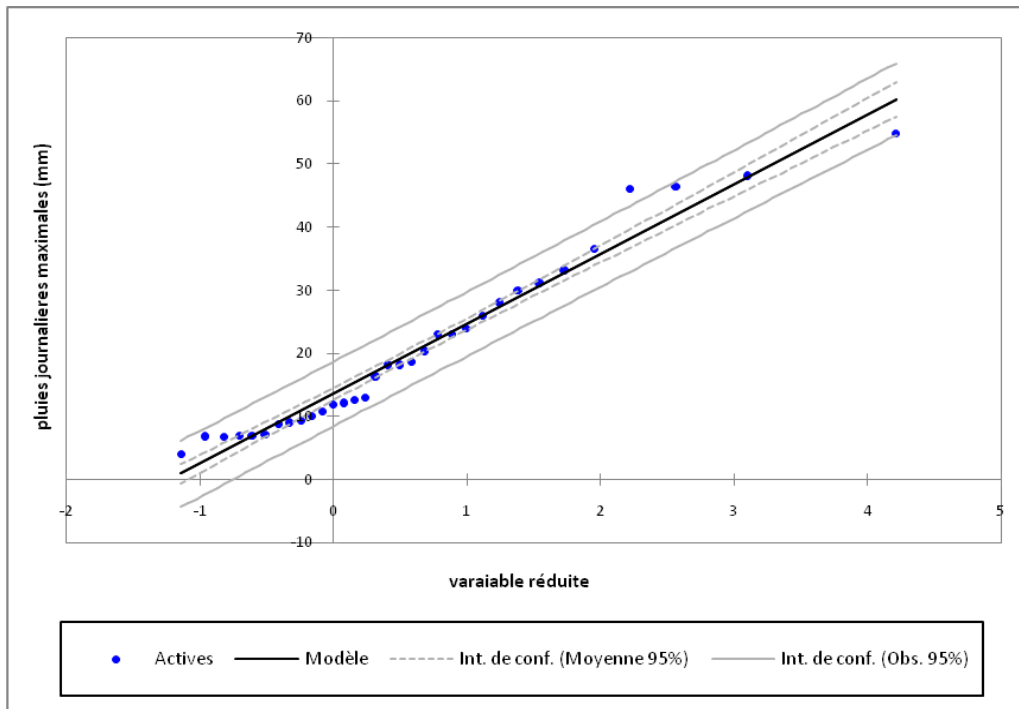


Figure III.3 : Ajustement graphique par loi de Galton [9]

### III.3.5.2 Interprétation des graphes

On déduit d'après les deux graphes que : les données expérimentales sont proches de la droite théorique.

### III.3.6. Test de $\chi^2$

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

Tableau III.8 : Test de  $\chi^2$ .

	Gumbel	Galton
$\chi^2$ (Valeur observée)	33,012	13,072
$\chi^2$ (Valeur critique)	33,924	14,067
DDL	22	7
p-value	< 0,0001	0,07
Alpha	0,05	0,05

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

### III.3.7. Calcul des précipitations journalières maximal fréquentielle avec la loi du Gumbel

On utilise les formules suivantes pour le calcul :

$$✓ F = 1 - 1/T$$

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

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

$$✓ x = 10,84u + 14,25$$

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant

Tableau III.9 : Pluies journalières maximales fréquentielles

temps de retour (an)	Fréquence au non dépassement %	variable réduite de gumbel (u)	Pj max fréquentielle (mm)
2	0,5	0,37	19
5	0,8	1,5	31
10	0,9	2,25	39
20	0,95	2,97	47
560	0,98	3,9	57
100	0,99	4,6	64
1000	0,999	6.90	89

### III.4. Pluies de courtes durées

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

$$P\%(t) = P_j \left[ \frac{t}{24} \right]^b \quad (\text{III.5})$$

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

$P_j\%$  : 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 :

Tableau III.10 : Pluies de courtes durées pour différentes périodes de retour

Durée de l'averse (heure)	Période de retour (an)						
	2	5	10	20	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

### III.5. Intensités maximales de courte durée

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.

Tableau III.11 : intensité maximales de courte durée.

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

### III.6. Construction des courbes IDF

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 ans.

Dans la figure suivant représente courbes IDF



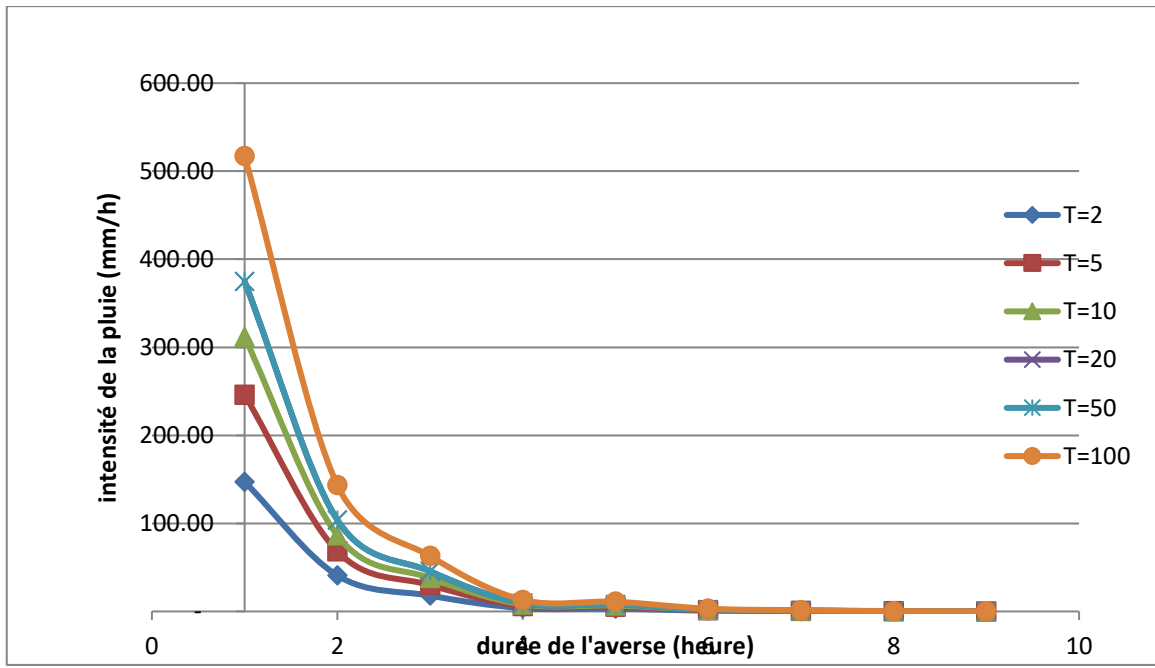


Figure III.4: Courbe IDF « Intensité – Durée – Fréquence ».

## Conclusion

La pluviométrie moyenne annuelle sur Oued N'Sa (station Noumerrate) sur la période 1970-2014, est de 66 mm, avec un écart-type de 13.90mm. La médiane, susceptible d'être dépassée une année sur deux, est de 28.7mm. La période pluvieuse sur le N'Sa va d'octobre à avril, avec quelques pluies d'intensité supérieure à 7 mm/24h qui sont favorables de déclencher des ruissellements. Les hauteurs de pluies journalières du M'zab de fréquence décennale, centennale et millénaire ont été évaluée respectivement à 38 :mm, 64 mm et 89 mm.

*Chapitre IV*

*Etude des écoulements  
d'Oued N'Sa*

### **IV.1. Délimitation et localisation du Bassin d'Oued N'Sa**

Le sous bassin de N'sa présente une superficie de 5579 km<sup>2</sup> environ, avec un parcours de 320 km<sup>2</sup>, part de la région de Tilghemt (W. Laghouat), vers 750 km<sup>2</sup> d'altitude pour aboutir à Sabkhat Safioun à la cote de 107 m (W. Ouargla). L'Oued est composé d'un parcours supérieur de direction Ouest-Est de 100 km de longueur, d'un parcours moyen de direction Nord-Ouest vers le Sud-est de 100 km de long et d'un parcours inférieur entièrement situé dans le pliocène continental à 160 km de longueur, dans lequel l'Oued se dirige à nouveau vers l'Est. Dans la partie terminale le cours d'eau fait un coude assez brusque vers le Sud pour se jeter une 20 km plus loin de Sabkhat Sefioun. Dans son trajet Oued N'Sa reçoit divers affluents dont les plus importants sont le Satafa, Laroui, Kabeche, Ballouh, Soudan et Nechou[10]. Afin d'illustrer bien la morphologie d'Oued N'Sa nous avons tracé une carte Hydrographique synthétique sur la base d'une photo de Google earth et la carte d'état Majors de la région de Berriane à l'échelle 1/200000.

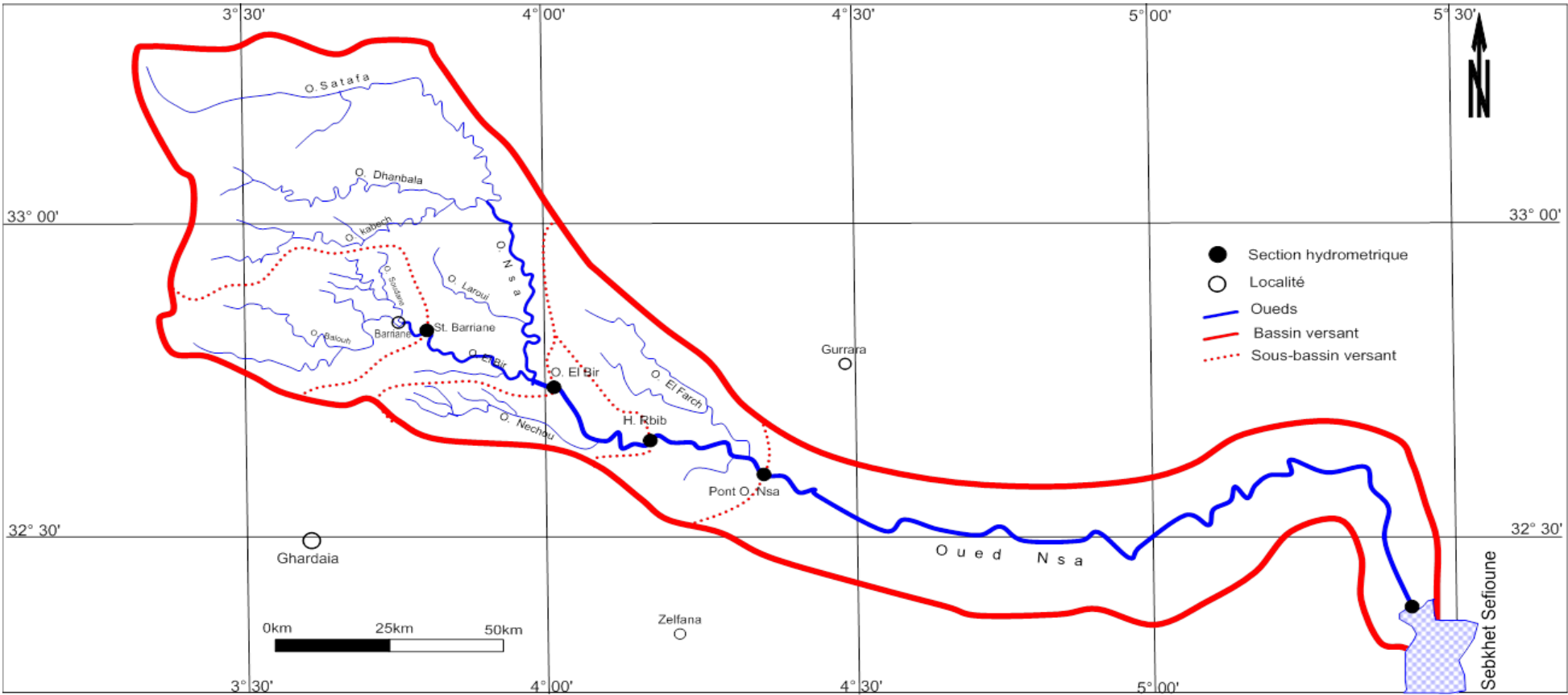


Figure IV.1 : Bassin versant de N'sa.

## IV.2. Historique des crues

Aucune mesure hydrométrique n'existe sur Oued N'Sa, Néanmoins des observations qualitatives de ces crues ou leur trace ont depuis longtemps existé. Parmi ces observations notons celles :

- Des Tolbas (savants religieux) de Berriane qui ont conservé des informations sur les crues qui traversent Oued N'Sa depuis 1728.
- L'archive française : les plus anciennes crues notées dans les archives françaises sont celles d'octobre 1884 et du 15 janvier 1886. De 1887 à 1900 il n'y a aucun document (Capot-Rey,1939).
- Les observations de J.Dubief de 1921 à 1953.

Par la suite, les informations dont nous disposons (de 1969 jusqu'à novembre 2012), ont été obtenus :

- A partir des archives d'interventions des services de protection civile de la Wilaya de Ghardaïa (l'indice d'importance des crues est indiqué par le degré d'intervention).
- Enquêtes personnelles de Mr Ouled Belkhir C[7] sur la période 1969-2012.
- Quelques mesures hydrométriques personnelles effectuées sur les laissées des crues exceptionnelles.

La date de la crue est indiquée dans les colonnes 1 et 2, l'importance est reportée sur la colonne 3 et indiquée par les motions suivantes (faible, moins importante, importante, très importante). Dans la colonne 4 figure quelques observations accompagnant ces événements. La colonne 5 présente les dégâts les plus importantes causées par ces événements.

Tableau IV.1 :Historiques des crues

Date de l'événement	Importance sur Oued N'Sa	Observation	Les pertes matérielles
1928	Aucun écoulement	-	
1929	07-sept	Importante	Remplit tous les barrages.
1932	08-nov	Importante	Coule jusqu'au barrage; oasis arrosée.
1939	Fév	Importante	Arrive jusqu'à Berriane, remplissant à moitié le barrage d'aval de l'oasis. Tous les barrages situés sur le parcours aval de l'oued ont été remplis.
1941	Mar	Importante	Inondation de la palmeraie de Berriane; premier barrage (à 1500 m en amont du Ksar) rempli.
	avr	Moins importante	Inondation de l'oasis; barrage en parti rempli.

	Mar	Faible	Partie N de la palmeraie arrosée.	
	Oct	Importante	Inondation de l'oasis de Berriane; premier barrage rempli.	
<b>1944</b>	Fév	Moins importante	Inondation partielle de l'oasis de Berriane	
<b>1946</b>	jan	Très importante	Inondation de toutes les oasis. L'oued M'Zab est arrivé à El Atteuf, tous les barrages ont été remplis sauf El Atteuf qui ne l'a été qu'en partie.	
	avr	Importante	Inondation de la partie nord de l'oasis de Berriane.	
	Sept	Importante	Inondation partielle de l'oasis de Berriane Oueds secondaires	
<b>1950</b>	sept	Importante	Inondation partielle de l'oasis de Berriane.	
	Oct	Importante	Inondation de l'oasis de Berriane; barrage de Ghardaïa rempli.	
<b>1950</b>	Mar	Importante	Inondation de l'oasis de Ghardaïa. La crue arrive jusqu'à El Atteuf.	
<b>1951</b>	Sept	Moins importante	Crue moyenne des oueds secondaires Bouchamdne, Takdit, Touzouze, Argdane. Une partie de la palmeraie a été arrosée. Une crue de l'oued M'Zab a été signalée dans son cours inférieur (renseignement de l'annexe d'Ouargla).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les pertes des infrastructures Hydraulique</li> <li>• Les pertes d'habitation</li> <li>• Les pertes agricoles</li> </ul>
	oct	Très importante	L'oued M'Zab est arrivé jusqu'à El Atteuf, après avoir rempli les barrages de Ghardaïa et Melika. Plus en aval, la crue alimentée par les affluents inférieurs du M'Zab atteint Hassi Chegga le 4 octobre. Le 17 le lit de l'oued était encore humide; un plan d'eau de 250 m2 subsistait à Chaab M'Zab.	
<b>1954</b>	juil	Faible	Oued Zouil. Quelques jardins de l'oasis de Bou Noura ont été arrosés.	
<b>1972</b>	mars	Faible	11 mm de Pluie à la station Ghardaïa (Noumerette)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 17 familles sinistrées</li> <li>• Les pertes des infrastructures Hydraulique</li> <li>• Les pertes d'habitation</li> <li>• Les pertes agricoles</li> </ul>
	déc	Faible		
<b>1978</b>	mai	Très importantes		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les pertes des infrastructure Hydraulique</li> <li>• Les pertes d'habitation</li> <li>• Les pertes agricole</li> <li>• 84 localixcommerciaux (industries légers)</li> </ul>
<b>1980</b>	Nov	Importante		<ul style="list-style-type: none"> <li>8 familles sinistrées</li> <li>• Les pertes des infrastructures Hydraulique</li> <li>• Les pertes d'habitation</li> <li>• Les pertes agricoles</li> </ul> <p align="right">• 09 décès</p>
<b>1982</b>	oct	Très importante	Au moins le barrage en amont de la palmeraie de Berriane est rempli.	

<b>1986</b>	mai	Importante		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 26 Intervention de protection civile.</li> <li>• Grand nombre de perte</li> <li>• 1180 personnes sinistrés</li> <li>• Pertes importantes</li> <li>• 210 maisons détruites</li> <li>• 730 maisons Menacé d'effondrement</li> <li>• 10% espaces agricoles inondées par des eaux</li> <li>• 02 décès</li> </ul>
	Mar	Importante	8 mm de pluie à station de Ghardaia	
	Mai	Moins importante	Laisse de crue repérée à l'altitude de 498,85 à la distance de 473,70 m en amont du pont Adaoud. 9 mm de pluie à la station de Noumerrate.	
<b>1987</b>	Mar	Moins importante		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grand nombre de perte</li> <li>• Maisons inondées par les eaux</li> </ul>
<b>1991</b>	Juin	Très importante	Nombreux dégâts dans la vallée. La crue dépasse Zelfana est atteint Sebkheth Sefioune. 9 mm de pluie seulement à Noumerrate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• de perte diverse</li> <li>• destruction barrage D'ETTEU</li> </ul>
<b>1994</b>	Sept	Très importante	La crue dépasse Zelfana est atteint Sebkheth Sefioune. 52 mm de pluie à station de Ghardaia pendant 3 jours	
<b>1997</b>	Avri	Très importante	47 mm de pluie à station de Ghardaia pendant 2 jours, la crue atteint Sebkheth Sefioune.	
	oct	Moins importante	11 mm de pluie seulement à Berriane	
	déc	Faible	13 mm de pluie seulement à Berriane	
<b>2004</b>	janv	Importante	32 mm de pluie à Berriane, et 27 mm à la station de Hassi R'Mel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 13 opération de sauvetage</li> <li>• 145 personnes</li> <li>• 85 interférences d'absorption d'eau</li> <li>• 6 maisons détruites</li> <li>• 04 décès</li> </ul>
	avr	Moins importante	30 mm de pluie à Berriane.	
	Aout	Moins importante	2 nuits de chute pluie (12 mm à la station de Noumerrate)	
<b>2008</b>	sept	Très importante	3 nuits de chute de forte pluie (48 mm à la station de Noumerrate et 70 mm à la station de Hassi R'Mel), tous les oueds de la région ont été fortement écoulés. la crue a causé des dégâts matériels et humains importantes (plus de 150 morts).. Le débit maximum a pu être évalué 1200 m <sup>3</sup> /s à Ghardaia. l'écoulement a duré presque 03 jours et atteint largement Sebkheth Sefioune	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 manquant</li> <li>• 3000 maisons détruites</li> <li>• 09 catastrophe des municipalités</li> <li>• 43 décès</li> </ul>
<b>2010</b>	Aucun écoulement			
<b>2011</b>	Mar	Importante	2 nuits de chute pluie (50 mm à la station de Noumerette, 29 mm à Hassi Rmel)	
<b>2012</b>	Aucun écoulement			
<b>2013</b>	nov	Faible	10 mm de pluie à Noumerette, la crue atteint Barrage Labyoudh à Daya B D	
<b>2014</b>	Aucun écoulement			
<b>2015</b>	Aucun écoulement			
<b>2016</b>	18 déc	Très faible	22 mm de pluie à Noumerette, la crue atteint Pont Oued Nsa	

On remarque que :

- Les mois de crue sont irrégulièrement espacés. Cette caractéristique est également observée dans les bassins sahariens par Mr J. Dubief. Ainsi, il peut y avoir plusieurs crues en une année réparties sur différents mois. Par contre, les périodes de sécheresse peuvent s'étendre sur plusieurs années (jusqu'à 8 ans) [7].
- Les crues les plus fortes qui atteignent la Sebkhet Sefioune et. Ces crues se sont produites 9 fois en 41 ans, soit une période de 5 à 8 ans.
- Cependant, si l'on se réfère à la deuxième moitié du siècle, pour laquelle les observations dont nous disposons sont assurément plus complètes, la période de retour des crues qui atteignent Sebkhet Sefioune, est au moins de 8 ans ; d'après des renseignements sur site, il y a celle de 03/1972, 05/1978, 10/1984, 09/1987, 06/1991, 09/1994, 04/1997, 06/2001, 04/2004 et au moins 10/2008.

### **IV.3. Caractéristique géomorphométrique du bassin versant Oued N'Sa**

#### **IV.3.1. La superficie**

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

$$S_{BV}=5579\text{Km}^2$$

Avec :

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

L : longueur de talweg principale en Km ;

l : longueur équivalent en Km ;

#### **IV.3.2. Le périmètre**

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

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

$$P=522.88 \text{ km}$$

#### **IV.3.3. Longueur du thalweg principal**

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

La longueur est déduite à l'aide du curvimètre.



Tableau IV.2 : La longueur Sous bassin selon l'exutoire

Sous bassin selon l'exutoire	Longueur du parcours principal (km)
Berriane	39
Oued ElBir	74
Hassi Rbib	104
Pont .O. N'Sa	116
Sabkhat Safioun	238

#### IV.3.4. Le rectangle équivalent

permet de comparer facilement des bassins versants entre eux, en ce qui concerne l'influence de leurs caractéristiques sur l'écoulement. Le bassin versant rectangulaire résulte d'une transformation géométrique du bassin réel dans lequel on conserve la même superficie, le même périmètre (ou le même coefficient de compacité) et donc par conséquent la même répartition hypsométrique, Si L et l représentent respectivement la longueur et la largeur du rectangle équivalent, alors :

$$L = K_G \frac{\sqrt{A}}{1.12} \left( 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{K_G} \right)^2} \right) \quad (\text{IV.1}) \text{ et}$$

$$l = K_G \frac{\sqrt{A}}{1.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{K_G} \right)^2} \right) \quad (\text{IV.2})$$

$$L = 237.98 \text{ m}$$

$$l = 23.44 \text{ m}$$

#### IV.3.5. Indice de compacité ou Gravelius

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 :

$$K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (\text{IV.1})$$

Où,

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

D'où :

$$K_G = 1.96$$

#### IV.3.6. Coefficient d'allongement

Ce coefficient est obtenu par la relation :

$$Ca = L^2/S \text{ (IV.2)}$$

L : est la longueur du talweg principal ; L=238km

S : est la superficie du bassin versant ; S=5579km

$$Ca = 10,15$$

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

## **IV.4. Caractéristiques hydrographiques**

### **IV.4.1. 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

#### **IV.4.1.2. 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. Pour tracer la courbe hypsométrique, et sur la base d'une modèle de MNT élaborée à l'aide du logiciel Global-Maper, nous avons synthétisés une carte hypsométrique d'Oued N'Sa présentée sur la figure suivante:

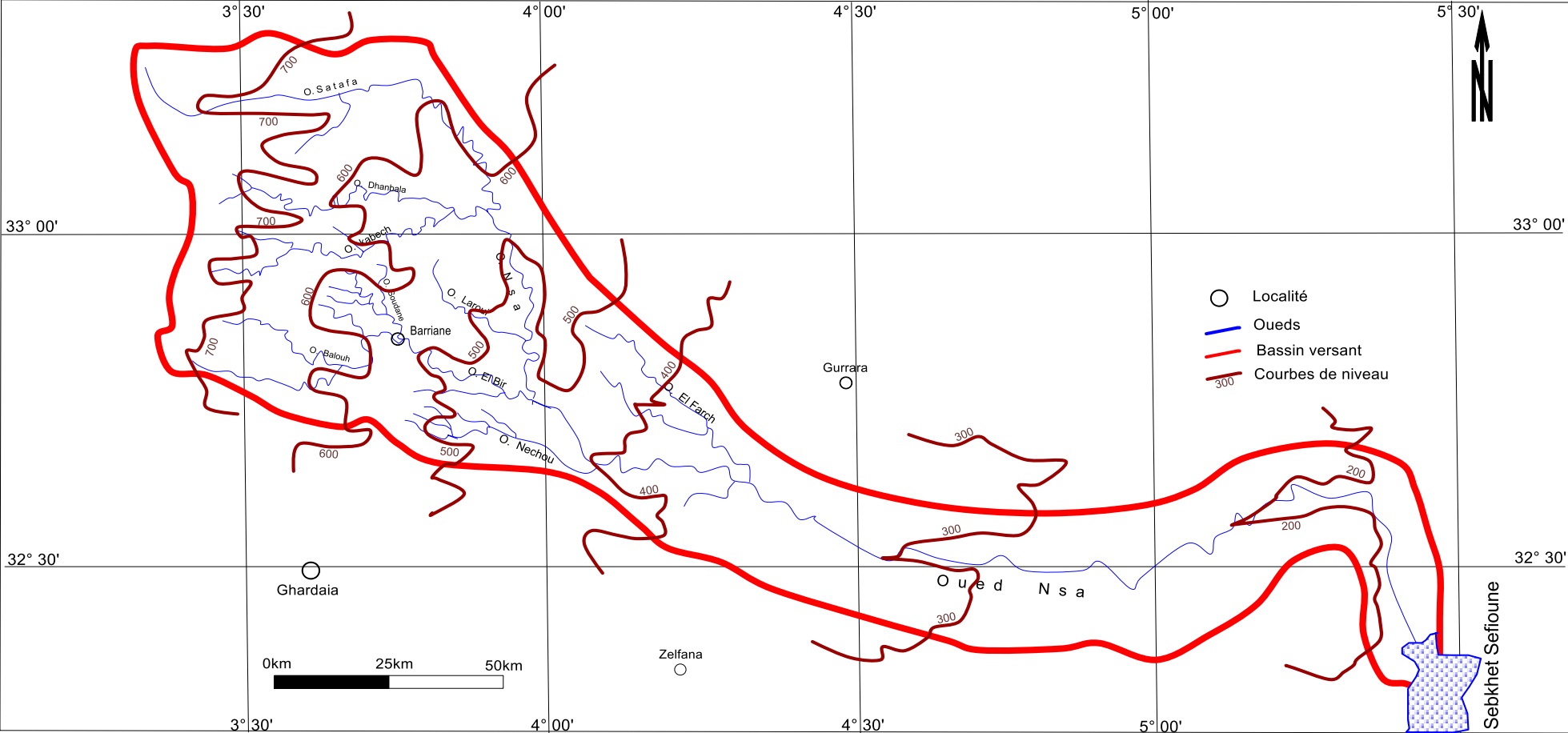


Figure IV.2 : Carte topographique et hypsométrique d'Oued N'Sa

Tableau IV.3 : Répartition des surfaces en fonction des côtes

Classed'altitude	Altitudes moyenneshimoy (m)	Surface en(Km2)	Ai %	Ai% cumulé
800	800	0	0	0
800-700	750	668.75	10.32	10.32
700-600 m	650	1167.07	18	28.32
600- 500m	550	1147.17	17.69	46.01
500-400	450	760.03	11.73	57.74
400-300	350	1116.50	17.21	74.95
300-200	250	1266.05	19.53	94.48
Inf à 200	150	358.35	5.52	100

Avec :

$$H_{\max}=700\text{m et } H_{\min}=200\text{m.}$$

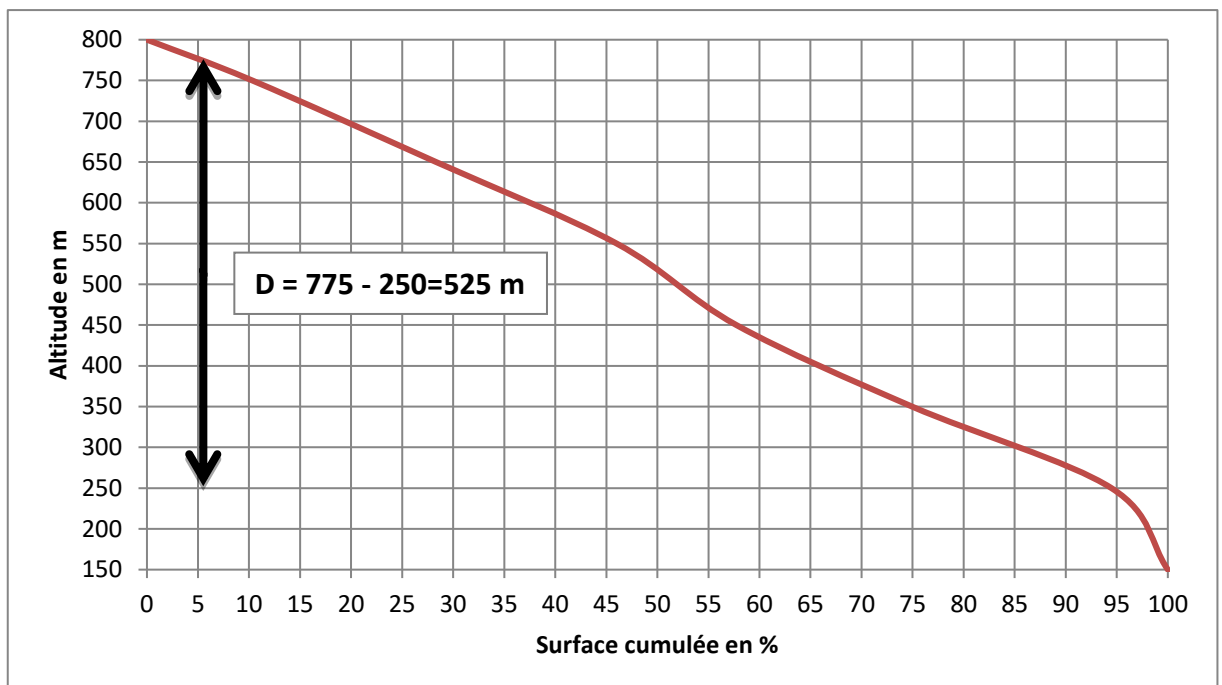


Figure IV.3 : Courbe hypsométrique d'Oued N'Sa.

De la courbe hypsométrique :

- L'altitude  $H_{5\%} = 775$
- L'altitude  $H_{95\%} = 250$
- $D = 775 - 250 = 525 \text{ m}$

#### IV.4.1.3. 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 :

$$I_g = \frac{D}{L} \quad (IV.3)$$

Où,

L : est la longueur du rectangle équivalent

D : est le dénivelé ; D = H5% - H95%. Il est égal D=525 m

Donc :  $I_g = 2.20 \text{ m/km}$  (0.002 m/m).

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

Tableau IV.4 : caractéristique de la pente globale du bassin versant.

Classes de relief	descriptions	Pentes en m/Km
R1	Relief très faible	$I_g < 0.002$
R2	Relief faible	$0.002 < I_g < 0.005$
R3	Relief assez faible	$0.005 < I_g < 0.010$
R4	Relief modérée	$0.01 < I_g < 0.02$
R5	Relief assez fort	$0.02 < I_g < 0.05$
R6	Relief fort	$0.05 < I_g < 0.1$
R7	Relief très fort	$0.1 < I_g$

Notre bassin versant est classe sous ordre R2 (**relief faible**)

#### IV.4.1.4. 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.

$$I_p = \sqrt{\frac{I_g}{0.8}} \quad (IV.4)$$

Avec :

$I_g$  : Indice de pente global.

$$I_p = 1,85$$

#### IV.4.1.5. 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.

$$Ds = Ig\sqrt{A} \text{ (IV.5)}$$

Alors :

$$Ds=150$$

- $I_g$  : Indice de pente globale. (m/km),
- $A$  : Surface de bassin versant (km<sup>2</sup>).

Le tableau suivant représente le classement de relief en fonction de  $D_s$  (l'O.R.S.T.O.M).

Tableau IV.5 : caractéristique du relief selon [2]

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

D'après le nouveau classement notre bassin versant est de l'ordre R5 (relief assez fort).

#### IV.4.1.6 Loi de Horton (longueurs/confluences).

Cette loi relie le nombre, la longueur moyenne et l'ordre des cours d'eau. On constate que pour un bassin versant homogène, le "rapport de confluence"  $R_c$ , rapport du nombre  $N_i$  de cours d'eau d'ordre  $i$  au nombre  $N_{i+1}$  de cours d'eau d'ordre  $i + 1$ , est sensiblement constant :

$$R_c = \frac{N_i}{N_{i+1}} \approx Cte \quad \text{(IV.6)} \quad R_l \approx \frac{l_i}{l_{i-1}} \approx Cte \text{ (IV.7)}$$

Tableau IV.6 :détermination de Rc et RL

Ordre	Nbr	L(m)
1	18	10
2	9	40
3	4	70
4	1	238

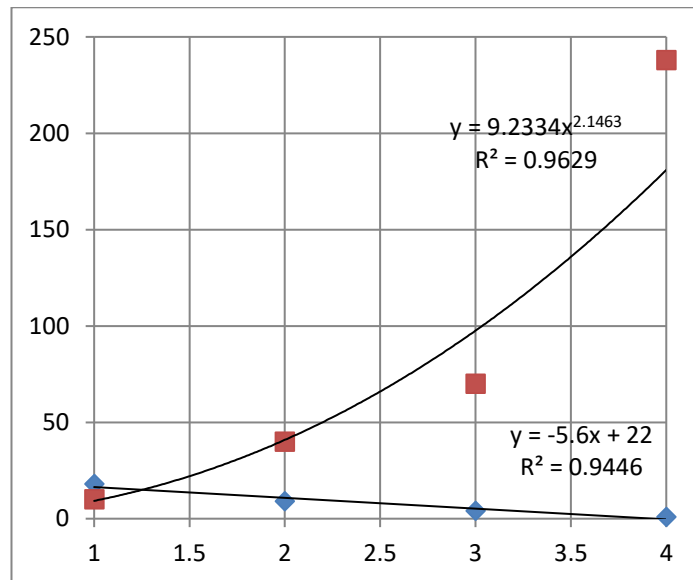


Figure IV.4 : Graphe de la loi de Horton

D'après le graphe :

- le RL est représenté par l'équation  $Y = 9.233 X^{2.1}$  avec un coefficient de corrélation  $R^2 = 0.96$ , donc la valeur de **RL = 9.23**
- Le Rc est représenté par l'équation  $Y = 0.944 X^{22}$  avec un coefficient de corrélation  $R^2 = 0.94$ , donc la valeur de **Rc = 5.6**

#### IV.4.2. densité de drainage

C'est le rapport entre la longueur totale de tous les cours d'eau et la superficie du bassin versante

$$D_d = \frac{\sum LI}{s} \text{ (IV.8)}$$

$$D_d = 0.22 \text{ (Km/Km}^2\text{)}$$

**IV.4.3. Résumé des données morphométriques et hydrographiques du bassin de N'Sa**

Caractéristique	Résultat
S (km <sup>2</sup> )	5579
p (km)	522.88
L (km)	238
H moy(km)	450
L(m)	237.98
l (m)	23.44
H max (km)	700
H min (km)	200
KG	1,96
Ca	10.15
H5%	775
H95%	250
D	525
Ig(m/km)	2.20
Ip	1.85
Ds(m)	164.32
Vr (km/h)	7.49
R <sub>L</sub>	9.22
R <sub>C</sub>	5.6
R <sup>2</sup> <sub>RL</sub>	0.96
R <sup>2</sup> <sub>RC</sub>	0.94



#### IV.4.4. Estimation des Paramètre d'écoulement sur les exutoires

Les exutoires sont mentionnés comme suite: STEP Berriane, le conflue d'Oued El Bire, Hassi Rbib, Pont Oued N'Sa et Sebkheth Sefioune Figure IV.5

Les caractéristiques des crues, notamment les temps caractéristique et les débits de pointe de fréquences rares, ont été évaluées par plusieurs méthodes analogiques et hydraulique sur l'ensemble des sous-bassins (exutoires) d'Oued N'Sa. Ces exutoires ont été choisies par rapport à leurs:

- Emplacement dans le bassin,
- Forme de section,
- Accessibilité pour mesure hydrométrique ou relève de laisses des crues.

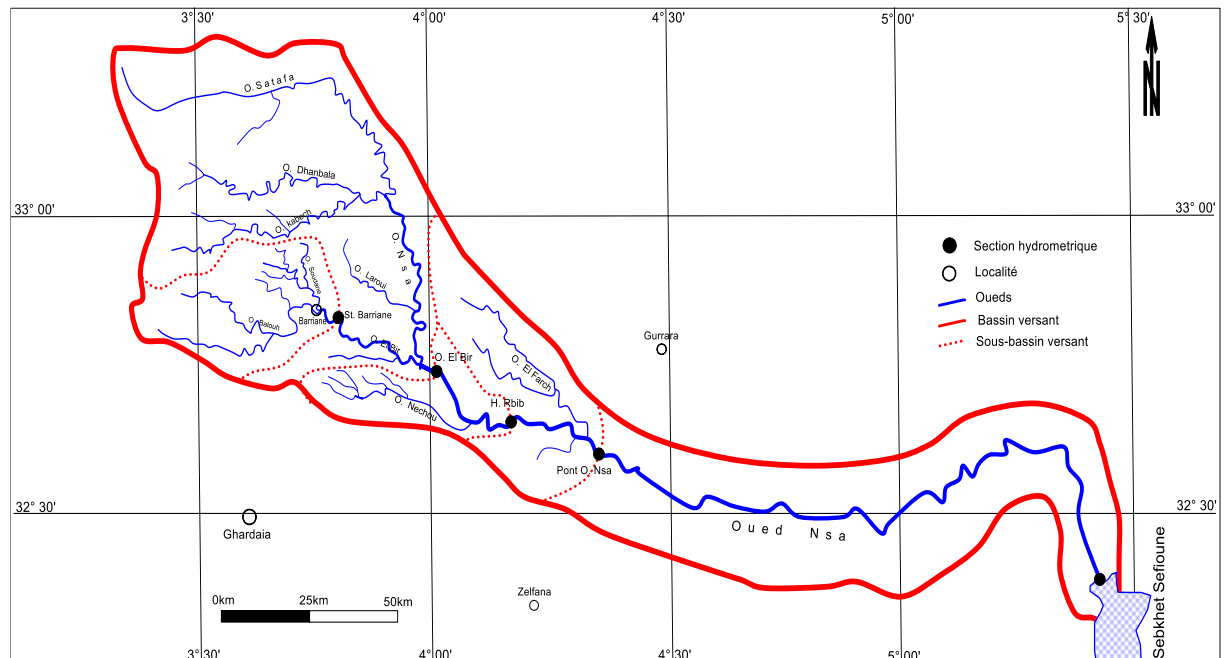


Figure IV.5 :Carte de situation des exutoires choisies d'Oued N'Sa

#### Temps concentration

C'est le temps qui met l'eau tombée au point le plus éloigné en amont du bassin versant pour arriver à l'exutoire (Jean-Paul L, 2000). Il y a une multitude de formules empiriques pour estimer le Tc, nous choisissons ici trois méthodes qui conviennent à notre région :

a)-La formule de Giandootti :

$$Tc = \frac{(4 A^{0.5} + 1.5 L)}{0.8 \cdot \sqrt{(H_{moy} - H_{min})}} \quad (IV.9)$$

Où :

A, en km<sup>2</sup> : est la superficie du bassin versant

L, en km : est la longueur du thalweg principal.

$H_{moy}$ , en m : est l'altitude moyenne du bassin versant ;

$H_{min}$ , en m : est l'altitude minimale du bassin ;

**b)-La formule de l'USTHB-IGC (Algérienne) :**

Cette formule a été déterminée à partir de l'analyse des événements « averse-crues » relèves sur 15 bassins versant au nord du pays[6].

$$T_c = 0,0055. A + 0,1657. L + 0,0078. (H_{moy}-H_{min}) + 0,821 \text{ (IV.10)}$$

**c)-La formule de Kirpich:**

$$T_c = 0,38 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{I}}\right)^{0.77} \text{ (IV.10)}$$

Où

L, en km : est la longueur du thalweg principal.

I : la pente moyenne du thalweg principal ;

L'application numérique de cette formule sur les partie amont d'Oued N'Sa, donne les résultats suivants :

Tableau IV.7 : Temps de concentration.

Temps de concentration (heure)	Berriane	oued elBir	Hassi Rbib	pont O .N'Sa	Sabkhat Safioun
Giandootti	14,71	27,02	31,73	33,69	51,84
USTHB-IGC	14,83	33,34	40,69	43,84	72,89
Kirpich	45,74	74,9	97,34	105,88	184,14
Tc retenue (Giandootti)	<b>14,71</b>	<b>27,02</b>	<b>31,73</b>	<b>33,69</b>	<b>51,84</b>

On trouve la moyenne Tc retenue (Giandootti) est égal à :

$$TC=31.79 \text{ heur}$$

**IV.5.1. Temps de base (Tb) et temps de montée (Tm)**

Le temps de base est la durée pendant laquelle la partie ruisselée de l'averse s'écoule à travers l'exutoire. Tandis que, Le temps de montée est la durée entre le début de l'écoulement et le maximum de hauteur de la crue. Rodier et Au vray (1965, in M Roche 1996) ont établi des abaques donnant le temps de base Tb et le temps monté Tm crue type d'une averse

décennale en fonction de la superficie A pour des bassins représentatifs sahéliens et subdésertiques au Sahara [8] :

$$Tb = 2.146 * A^{0.368} \quad (IV.11)$$

$$Tm = 0.395 * A^{0.409} \quad (IV.12)$$

Sur le Nordeste (Brésil), Cadier [8] évalue le Tb et le Tm par les formules suivantes :

$$Tb = 4.602 * A^{0.270} \quad (V.13)$$

$$Tm = 0.25 * Tb \quad (V.14)$$

L'application numérique de ces formules sur le bassin de l'Oued N'Sa donne les résultats suivants :

Tableau IV.8 : Temps de base Tb et temps de montée Tm

les caractéristiques	Berriane	oued elBir	Hassi Rbib	pont O. N'Sa	Sabkhat Sefioune
A en Km <sup>2</sup>	1018	3329	3762	<b>3972</b>	5579
Tb (Rodier) (h)	27,19	42,05	43,99	44,87	50,85
Tb (Cadier) (h)	29,86	41,11	42,49	43,12	47,26
Tb moyen (h)	28,52	41,58	43,24	44,00	49,06
Tm (Rodier) (h)	6,71	10,89	11,45	11,71	13,46
Tm (Cadier) (h)	7,46	10,28	10,62	10,78	11,82
Tm moyen (h)	7,09	10,59	11,04	11,25	12,64

#### IV.5.2. Coefficient de ruissellement Kr

C'est le rapport entre la lame d'eau moyenne coulé sur la surface du bassin et la lame d'eau moyenne apportée par la pluie. Au Sahara, il est extrêmement rare que la hauteur de pluie soit homogène de même que le ruissellement, mais les hydrologues procèdent en général à une estimation globale de ce coefficient par rapport à l'ensemble du bassin. Pour les bassins subdésertiques au sud Sahara, Rodier et Ribstein[8]ont établi des relations entre le Kr et la superficie A, en tenant compte des indices de relief et de la perméabilité (classe R5), pour de fortes pluies journalières comprises entre 60 mm et 110 mm[8].

$$Kr = 110 * A^{-0.186} \quad (Kr \text{ en } \%) \quad (IV.15)$$

L'application numérique de ces formules sur l'Oued N'Sa, donne les résultats suivants :

Tableau IV.9: Coefficient de ruissellement de chaque sous bassin.

les caractéristiques	Berriane	oued elBir	Hassi Rbib	pont O. N'Sa	Sabkhat Sefioune
A en Km <sup>2</sup>	1018	3329	3762	3972	5579
Kr en %	58,98	54,99	54,59	54,41	53,32

**IV.5.3.Coefficient de pointe  $\alpha$**

Le coefficient de pointe  $\alpha$  est égal au  $Q_{max}/Q_{moy}$ . La crue est supposée uniformément réparti sur tout le temps de base  $T_b$ . Pour les bassins de l'Oued N'Sa on adopte la relation en fonction de la superficie [8].

$$\alpha = 0.24 \ln(A) + 2 \text{ (IV.16)}$$

Tableau IV.10 : Coefficient de pointe de chaque sous bassin

les caractéristiques	Berriane	oued elbir	Hassi R'bib	pont O.N'Sa	Sabkhat Safioune
A en Km <sup>2</sup>	1018	3329	3762	<b>3972</b>	5579
$\alpha$	2,79	2,90	2,91	2,91	2,94

**IV.5.4.Coefficient d'abattement des écoulements  $K_e$**

Le coefficient d'abattement  $K_e$ , traduit la diminution de la quantité ruisselée, sur le parcours jusqu'à un exutoire donné, par l'effet de l'évaporation et l'infiltration. Comme les cas de la vitesse d'écoulement, le  $K_e$  est conditionné par les facteurs suivants [8]:

- L'importance du parcours ;
- La perméabilité et la rugosité du parcours ;
- L'étendue de la précipitation ;
- La période et l'importance des précipitations précédentes ;
- La saison d'écoulement.

Dans les Oueds sahariens le  $K_e$  augmente dans le parcours d'une façon exponentielle, c'est-à-dire, qu'il augmente plus vite en aval qu'en amont.  $K_e$  ne peut être estimé, que s'il y a eu un suivi et une mesure hydrométrique de la crue considérée [6]

D'après la liste communiquée par Dubief (1996), la vitesse de l'Oued N'Sa à Hassi Khefif, à son embouchure dans la Sebkheth Sefioune, coule « à la vitesse d'un cheval au trot », alors que la hauteur atteint 1,60 m et la largeur 30 m. L'oued remplit la Sebkheth Sefioune et atteint la hauteur du marabout de Sidi Abdelkader. D'après ces observations, on en déduit une vitesse de 4,2 km/h. Pour une section d'environ 45 m<sup>2</sup>, le débit aurait ainsi été proche de 200 m<sup>3</sup>/s, à

condition de considérer cette vitesse comme une moyenne et non comme un maximum ponctuel [8].

La crue de 09/1994 à la station de Ghardaïa, a un débit maximum de 1120 m<sup>3</sup>/s ; ce débit a subi un abattement de 80 % jusqu'à l'exutoire de Sebkhet Sefioune (230 m<sup>3</sup>/s) pour un parcours de 180 km. Ce taux d'abattement est valable pour les événements de 06/1991 et de 04/1997, et même pour toutes les crues qui ont une source à l'amont et atteignent Sebkhet Sefioune[8].

Pour l'Oued N'Sa, les débuts maximums des crues du 09/1994 et du 04/1997 à la station de Berriane, sont respectivement 132 m<sup>3</sup>/s et 103 m<sup>3</sup>/s [6]. Ces mêmes crues ont fait l'objet des mesures hydraulique (lissés des crues) dans la partie aval de l'Oued par le bureau d'étude : OUED-RIGH à Ouargla. Les débits ont été évalués par la méthode hydraulique dans une station amont et une station aval, écartées par 1 km de parcours environ. Pour les stations, les débits de la première crue, sont respectivement 78 m<sup>3</sup>/s et 35 m<sup>3</sup>/s, les débits de la deuxième crue, sont respectivement 27 m<sup>3</sup>/s et 13 m<sup>3</sup>/s (Ouled Belkhir, 2002, ANRH-B.E. T OUED RIGH, 1997). La comparaison entre les valeurs de la station de Berriane et celles des stations aval pour un parcours de 210 km, permet de déduire un coefficient d'abattement de 75 % à 85 %. Les valeurs de Ke entre les deux stations aval pour un parcours de 1 km sont 45% à 48 %. Si on admet le caractère exponentiel de ce coefficient, les dernières valeurs ne peuvent être acceptées.

En tenant compte de ces deux références, nous pensons qu'il est très logique d'admettre un Coefficient d'abattement des crues de 80 % jusqu'à Sebkhet Sefioune[7].

#### **IV.6. 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.

##### **IV.6.1. Formules type Mayer**

On obtient généralement une fonction de puissance qui conduit à des formules, appelées « formules Mayer ». C'est le débit de fréquence décennale Q<sub>10</sub>, en m<sup>3</sup>/s, qui est évalué en fonction de la superficie A (km<sup>2</sup>), sous la forme :

$$Q_{10} = a * A^n \text{(IV.17)}$$

Les paramètres a et n dépendent des caractéristiques morphologiques et climatiques du bassin. Les observations sur plusieurs bassins identiques à celui du M'Zab, pour des pluies

décennales, ont permis de déterminer ces paramètres. L'exposant n est souvent compris entre 0,7 et 0,8, et a compris entre 2 et 2.8 [8].

Les paramètres de corrélation entre le débit décennale et centennale, ont été établis par Puech et Chabi-Gonni (1984, in M Roche 1996), cela d'après les résultats obtenus sur plusieurs dizaines de bassins versants représentatifs observés par l'ORSTOM. La pluie journalière centennale y est comprise entre 60 et 110 mm (pour le M'Zab : la pluie journalière centennale est de 78 mm). Le rapport du débit centennal sur le débit décennal donné par les auteurs est égal à 2,2. La correspondance entre la fréquence décennale au Sahel et la fréquence centennale à Ghardaïa, a aboutie aux résultats d'une fréquence environ centennale[8].

Les équations sont les suivantes :

- Niger

$$Q_{100} = 10,05 * A^{0,632} \quad (IV.18)$$

- Tchad + Nord Cameroun

$$Q_{100} = 10,41 * A^{0,415} \quad (IV.19)$$

- Burkina Faso + le Niger, + Mali

$$Q_{100} = 9,87 * A^{0,501} \quad (IV.20)$$

- Zone sahélienne et subdésertique au sud du Sahara,

$$Q_{100} = 10,76 * A^{0,678} \quad (IV.21)$$

- Maroc

$$Q_{100} = 4.4 * A^{0,80} \quad (IV.22)$$

Finalement, on peut retenir et appliquer aux bassins versants du M'Zab les équations correspondant à la moyenne [8]:

$$Q_{100} = 9.6.A^{0.59}(V.23)$$

$$Q_{10} = 2.55.A^{0.665}(V.24)$$

Tableau IV.11 : estimation des débits décimal et continental par la formule de MAYER.

<i>Formule de MAYER</i>	exutoire de bassin	Berriane	oued elbir	Hassi R'bib	pont O.N'Sa	Sabkhat Safioune
Q10		255,08	560,89	608,40	630,78	126,16
Q100		571,27	1149,30	1235,28	1275,51	255,10
Qmoy10		69,65	142,12	153,02	158,13	30,99

	Qmoy100	155,99	291,22	310,69	319,76	62,67
--	---------	--------	--------	--------	--------	-------

#### **IV.6.2. Méthode de Cadier et Aguiar (1993) et l'analogie avec le Nordeste de Brésil**

La méthode utilisée par Cadier [8] est basée sur le fait que le débit maximum  $Q_x$  et le volume écoulé  $V$  ne sont pas indépendants, ils sont liés par une fonction d'étalonnage de crue. Cette fonction est définie par le temps pendant lequel le volume de crue s'écoule et par la loi de distribution des débits en fonction du temps, si l'on représente cette fonction d'étalement par un coefficient global  $k_x$  (en  $m^3/s/mm$ ) défini pour une lame écoulée [9] :

$$Q_x = l_e * k_x \quad (V.25)$$

L'expression peut alors s'écrire

$$Q_x = k_x * V / 1000 * A \quad (V.26)$$

Ces relations ont été calées pour la région semi-aride du Nordeste au Brésil (Cadier 1993) par l'observation des bassins versants de superficie comprise entre 5 et 500  $km^2$ , pour une pluie de 105 mm en 24 h

$$Q_{100} = 12.5 * A^{0.58} \quad (IV.27)$$

Pour arrêter la formule définitive, M. Roche (1996) fait intervenir un facteur de correction  $F_c$  variant entre 0.5 et 1.5 il intègre des corrections dues aux facteurs suivants :

- Forme de contour du bassin versant.
- Forme du réseau de drainage.
- Relief.
- Perméabilité.

$$Q_{MAX 100} = 12.5 * A^{0.58} * F_c \quad (V.28)$$

Pour des superficies supérieures à 500  $km^2$  Aguiar [8] a établi pour une pluie de 105 mm en 24 h la formule suivante : [8].

$$Q_{x105} = 575 * A / [(L * C)^{0.5} * (120 + K * L * C)] \quad (V.29)$$

Où  $A$  = superficie du bassin en  $km^2$

$L$  = longueur en km du cours d'eau le plus long ;

K, C = coefficients qui dépendent du type de bassin. Les coefficients sont ainsi définis :

1. bassin bien accidenté, sans dépression évaporatoire K=0,15 C=0,95
2. relief moyen K=0,20 C=1,00
3. légèrement accidenté K=0,30 C=1,05

Les deux formules peuvent faire l'objet de comparaison entre 500 et 1000 km<sup>2</sup>.

Tableau IV.12 : estimation des débits continental par la formule de CADIER et AGUIAR.

		Berriane	oued elBir	Hassi Rbib	pont O. N'Sa	Sabkhat Sefioune
CADIER et AGUIAR	Qmax100	673,63	1523,63	1395,85	1374,07	274,81
	Qmoy100	183,94	386,07	351,08	344,47	67,51

#### IV.6.3. Méthode analogique Rodier – Auvray et l'ORSTOM (1988)

Le principe de calcul du débit maximum fréquentiel est le suivant :

On estime la hauteur H de l'averse ponctuelle fréquentielle, sans prendre en compte son intensité, on calcule le volume total V<sub>p</sub> de la précipitation du bassin en multipliant la lame d'eau par un coefficient d'abattement ka (tient compte de la non-homogénéité spatial de l'averse), et par la superficie A du bassin (A supérieur en km<sup>2</sup>)

$$V_p = P_{jf} \cdot k_a \cdot A \quad (IV.30)$$

On recherche la valeur du coefficient de ruissellement kr, à partir des caractéristiques topographiques, végétation et géologie du sol. Vr c'est le volume ruisselé sur le bassin :

$$V_r = k_r \cdot V_p \quad (IV.31)$$

A partir des caractéristiques du bassin, on évalue le temps de base Tb qui correspond à la durée effective du ruissellement sur le bassin. Le débit moyen Qm pour une crue décennale, pendant un temps de base Tb, est :

$$Q_{moy} = (k_r \cdot V_p) / T_b \quad (IV.32)$$

Le débit de pointe Qmax de la crue est égal au produit du débit moyen par un coefficient de point t égal au produit du débit moyen

$$Q_{max} = \alpha \cdot Q_{moy} \quad (IV.33)$$



L'analogie de débit centennal de la région du M'zab avec les régions Saahiliennes et les zones subdésertiques au Sud du Sahara donne l'équation suivante [9].

$$Q_{100} = 32,6 \cdot A^{0,42} \quad (\text{IV.34})$$

Tableau IV.13 : estimation des débits maximal de différent période de retour par la formule d'OSTORME et RODIER-AUVRAY.

	Qmax	PJ	Berriane	oued elBir	Hassi Rbib	pont O. N'Sa	Sabkhat Sefioune
<i>OSTORME</i>	2	19	151	265	274	286	57
<i>et</i>	5	31	252	442	457	476	95
<i>RODIER-</i>	10	39	319	560	579	603	121
<i>AUVRAY</i>	20	47	411	722	747	778	156
	50	57	545	958	991	1032	206
	100	64	654	1150	1189	1238	248

La méthode le plus adoptée pour l'estimation de débit maximum des crues c'est la méthode de RODIER-AUVRAY pour calculer le débit en défirrent période de retour.

#### **IV.6.4.Estimation du débit maximum de la crue par la méthode hydraulique**

Plusieurs sites où les laisses de crues étaient repérables ont fait l'objet de relevés topographiques permettant d'évaluer la section mouillée, le rayon hydraulique et la pente hydraulique. La crue du 01 octobre 2008 a pu être identifiée. Après avoir évalué les pentes hydrauliques, nous avons sélectionné quelques sections pour l'estimation des débits. Pour l'estimation du débit la formule de Manning - Strickler peut être appliquée :

$$V = K_r * R_h^{2/3} * i^{1/2} \quad (\text{IV.35})$$

V :Vitesse moyenne dans la section, en m/s

Rh :Rayon hydraulique, soit S / P, avec S: section mouillée et P = périmètre mouillé, en m.

i :Pente hydraulique

Kr : Coefficient de rugosité qui varie avec la nature du fond du lit et hauteur d'eau. Les valeurs de C sont les suivantes : pierres : 25, graviers grossiers : 35, graviers moyens : 40, graviers fins : 45, sable : 50.

IV.6.4.1. Application sur le Oued N'sa



Photo 1



Photo 2

(Hassi Rbib)

Dans le cadre de cette étude, nous avons visité durant la période 02/2017-04/2017 les exutoires d'Oued précédemment déterminés. Ces exutoires sont caractérisés par ses formes de section redressées, et des laisses de crues repérables. Grâce à l'Outils topographique (niveau) et un GPS nous avons arrivés à relever tous les grandeurs géométriques permettant d'évaluer la section mouillée, le rayon hydraulique et la pente hydraulique. Pour l'estimation du débit la formule de Manning - Strickler peut être appliquée :

IV.6.4.2. Traçage des Sections

❖ Berriane

Berriane	
Dis (m)	cote
0	522
50	521
100	520
150	519
200	518
250	520
300	518
350	520
364	522

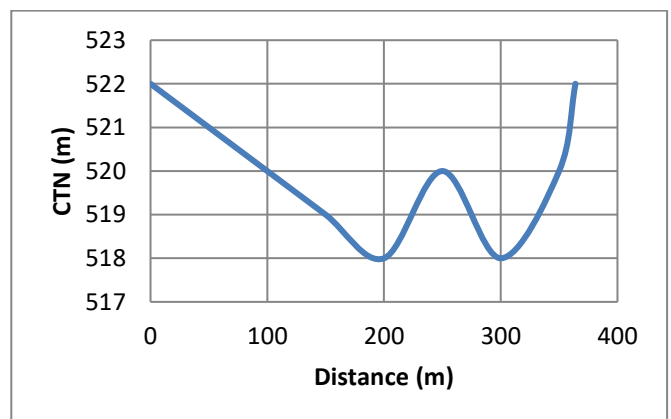


Tableau IV.14 : Distance en fonction des côtes

❖ Oued ElBir

Oued Elbir	
DIS(m)	cote
0	400
20	398
40	398
60	398
80	397
100	397
120	397
140	396
155	395
170	402
190	404

Tableau IV.15 : Distance en fonction des côtes

❖ Hassi Rbib

Hassi Rbib	
DIS(m)	cote
0	384
50	383
100	379
150	378
200	380
250	381
300	382
350	383
399	384

Tableau IV. 16 : Distance en fonction des côtes

❖ Pont O. N'Sa

Figure IV.6 : Distance en fonction des côtes

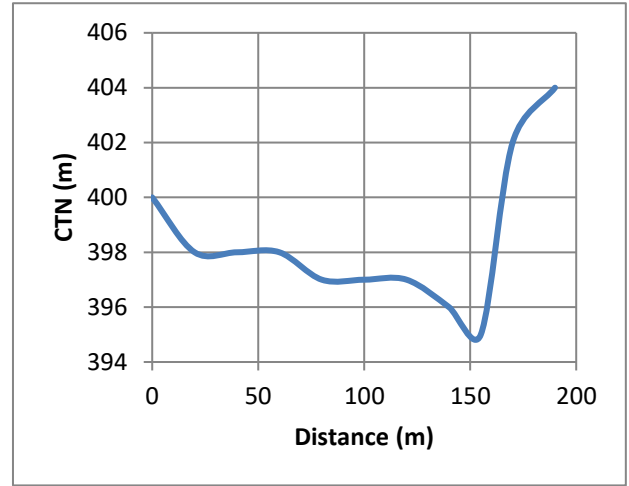


Figure IV.7 : Distance en fonction des côtes

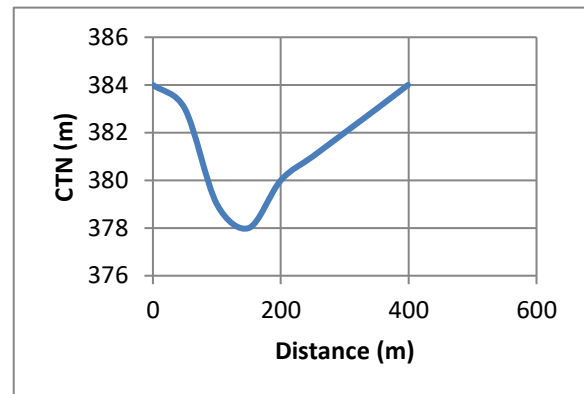


Figure IV.8 : Distance en fonction des côtes

pont O. N'Sa	
dis(m)	cote
0	351
20	350,5
40	350
60	349
80	348,2
100	348
120	347
160	346
200	346
220	346
240	346
260	347,4
300	348,5
333	349

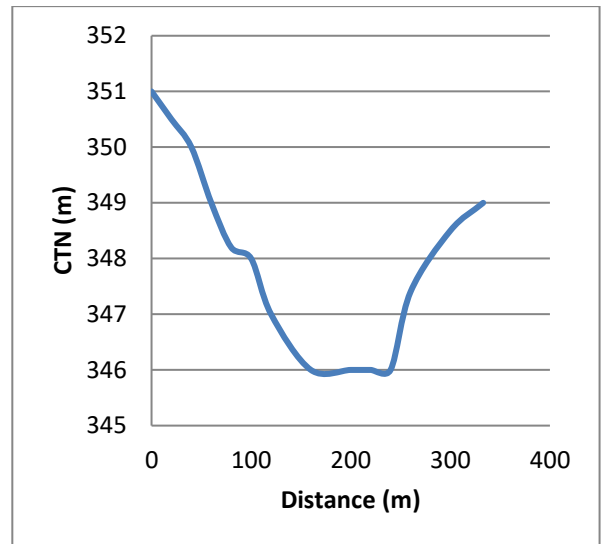


Tableau IV.17 : Distance en fonction des côtes

Figure IV.9 : Distance en fonction des côtes.

IV.6.4.3. la méthode de calculer pente :

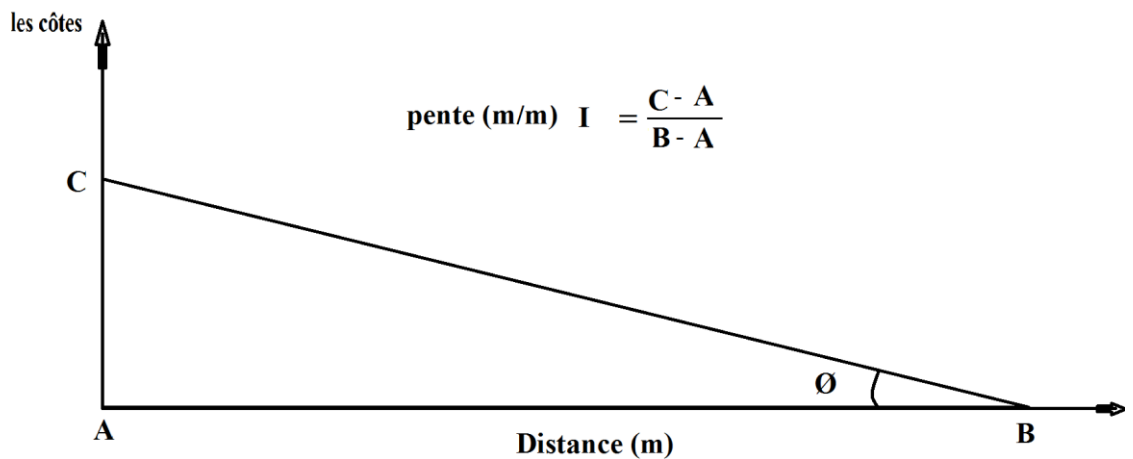


Tableau IV.18 : Débit Maximale par la méthode hydraulique

Caractéristiques	Berriane	oued elbir	Hassi R'bib	pont O.N'Sa
S : Section mouillée (m <sup>2</sup> )	728	755,58	975	677,81
P :Périmètre mouillé (m)	364	270	399	334,45
R: rayon hydraulique (m)	2,00	2,80	2,44	2,03
I : pente (m/m)	0,001	0,0015	0,0015	0,001
Débit Maximale (m <sup>3</sup> /s)	<b>909,39</b>	<b>1442,88</b>	<b>1702,52</b>	<b>854,12</b>

Tableau IV.19 : Résultat de calcul

Exutoire	<i>Berriane</i>				<i>Oued Elbir</i>				<i>Hassi R'bib</i>				<i>Pont o.N'sa</i>				<i>Sabkhat safioune</i>			
A (km <sup>2</sup> )	1018				3329				3762				3972				5579			
$\alpha$	3,66				3,95				3,99				3,99				4,07			
L (km)	39				74				104				116				238			
Tc (h)	13,38				17,51				18,74				19,28				23,14			
Tb (h)	28,52				41,58				43,24				44				49,06			
Sm (m <sup>2</sup> )	728				755,58				975				677,81				/			
Pm(m)	364				270				399				334,45				/			
Rh(m)	2				2,8				2,44				2,03				/			
Tm (h)	7,09				10,59				11,04				11,25				12,64			
Méthode	Myer	OSTORME et RODIER-AUVRAY	CADIER et AGUIAR	méthode hydraulique	Myer	OSTORME et RODIER-AUVRAY	CADIER et AGUIAR	la méthode hydraulique	Myer	OSTORME et RODIER-AUVRAY	CADIER et AGUIAR	la méthode hydraulique	Myer	OSTORME et RODIER-AUVRAY	CADIER et AGUIAR	la méthode hydraulique	Myer	OSTORME et RODIER-AUVRAY	CADIER et AGUIAR	la méthode hydraulique
<b>Q<sub>max 10</sub></b>	<b>255,09</b>	<b>319</b>	/	/	<b>560,89</b>	<b>560</b>	/	/	<b>608,41</b>	<b>579</b>	/	/	<b>630,78</b>	<b>603</b>	/	/	<b>126,16</b>	<b>121</b>	/	/
<b>Q<sub>max100</sub></b>	<b>571,27</b>	<b>654</b>	<b>673,63</b>	/	<b>1149,31</b>	<b>1150</b>	<b>1523,63</b>	/	<b>1235,29</b>	<b>1189</b>	<b>1395,85</b>	/	<b>1275,52</b>	<b>1238</b>	<b>1374,07</b>	/	<b>255,1</b>	<b>248</b>	<b>274,81</b>	/
<b>Q<sub>maxHyd</sub></b>	/	/	/	<b>909,39</b>	/	/	/	<b>1442,88</b>	/	/	/	<b>1702,52</b>	/	/	/	<b>854,12</b>	/	/	/	<b>170,82</b>

## Commentaire

Les différentes méthodes présentent un écart de 45%. La méthode Rodier-Auvray à l'avantage d'être reliées aux autres caractéristiques de la crue évaluée, et qui peuvent être estimées le débit de n'importe quelle fréquence. Il semble que les coefficients de ruissellement utilisés cette méthode sont plus réalistes. Si l'on doit ne retenir qu'une seule valeur, ce sera celle qui correspond à la méthode de Rodier-Auvray, qui représente à la fois la moyenne, et a en outre l'avantage d'être reliée aux autres caractéristiques de la évaluées par ce même modèle ( $K_r$ ,  $T_c$ ,  $T_b$ ).

La méthode Hydraulique présente des valeurs très proches à celle de Rodier-Auvray, notamment sur les exutoires de l'amont. Autre par la méthode Hydraulique confirme le phénomène d'abatement des crues à partir de l'exutoire du pont d'Oued N'sa, la valeur de débit maximal sur cet exutoire est de 854.12 m<sup>3</sup>/s contre 1275.52, 1238 et 1374.07 m<sup>3</sup>/s respectivement pour les méthodes: Mayer, Rodier et Cardier. Ce phénomène semble qui se commence tôt à cet exutoire, ceci peut être expliqué par :

Le chevelé hydraulique (réseau hydrographique) le plus active du bassin est situé à l'amont et au centre, donc les affluents de l'aval contribuent faiblement à l'écoulement.

La forte infiltration des eaux dans la partie aval est confirmée par la présence d'un montant Miopleocene très perméable devenue plus en plus épais vers l'aval notamment vers S. Sefioune (voir la carte géologique).

Toutefois, La méthode hydraulique est nécessaire à l'appliquée, car elle a l'avantage de la confirmation des grandeurs de débits maximales sur les différents exutoires.

## Valeurs retenue

Tableau IV.20 débit Rodier + débit moyenne + volume.

Exutoire	Berriane	Oued Elbir	Hassi Rbib	Pont O. N'Sa	Sabkhat Sefioune
$Q_{\max 10}$	319	560	579	603	121
$Q_{\max 100}$	654	1150	1189	1238	248
$Q_{\text{moy}10}$	87,02	141,97	145,75	151,23	29,64
$Q_{\text{moy}100}$	178,63	291,42	299,16	310,42	60,84
$V_{10} \text{ (Hm}^3\text{)}$	10	18	21	24,35	4
$V_{100} \text{ (Hm}^3\text{)}$	20	36	44	40,41	9

### IV.7. hydrogramme de crue

Une tentative de modèle numérique de tracé de l'hydrogramme type des crues décennales et centennales a été faite. C'est également la courbe affine de tout hydrogramme de crue provoquée par une averse individuelle importante décennale et centennale sur l'ensemble du bassin versant. Le tracé de l'Hydrogramme des crues est obtenu en utilisant la formule de Sokolovsky.

Méthodologie : Pour la construction d'un hydrogramme de crue, la méthode de Sokolovski permet de calculer les débits lors de la crue, et lors de la décrue [10]

- **La montée**

$$Q_t = Q_{\max} \cdot (t/t_m)^2 \quad (\text{IV.36})$$

$t_m$  : temps de montée de la crue,

- **La décrue**

$$Q_t = Q_{\max} \cdot ((t_d - t')/t_d)^3 \quad (\text{IV.37})$$

Avec,  $t' = t - t_c$  et  $t_d = \gamma \cdot t_m$

$\gamma$  : étant un coefficient qui est fonction de la taille du bassin versant et de la perméabilité du sol, et a pour valeurs :

- $\gamma = 2$  pour les bassins versants dont la superficie est inférieure à 5 km<sup>2</sup>.
- $\gamma = 2$  à 3 pour les bassins versants non boisés.
- $\gamma = 3$  à 4 pour les grands bassins versants boisés et perméables.

Pour le bassin versant de la vallée du N'sa,  $\gamma$  prend une valeur de 2,5

$$\text{Donc : } t_d = 2,5 t_m \quad (\text{IV.38})$$



IV.7.1.1. Exutoire de Berriane

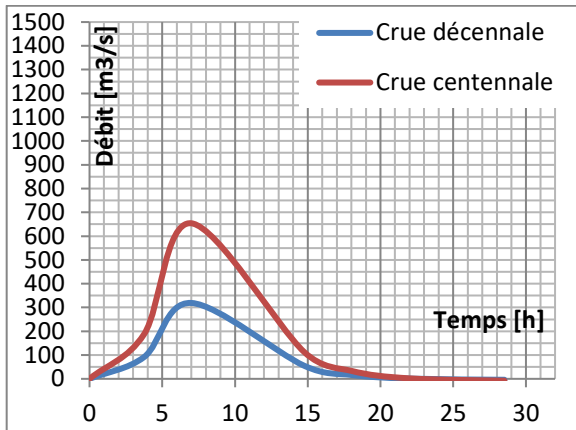


Figure IV.10 : Hydrogramme de crues « Berriane ».

IV.7.1.2. Exutoire Oued ElBir

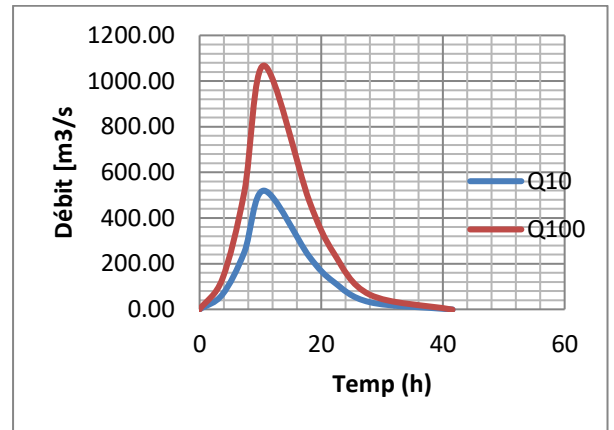


Figure IV.11 : Hydrogramme de crues «Oued Elbir».

IV.5.1.3. Exutoire de Hassi Rbib

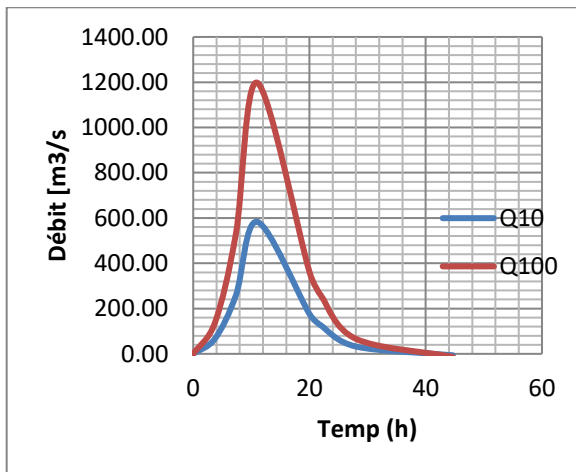


Figure IV.12 : Hydrogramme de crues «Hassi Rbib».

IV.7.1.4. Exutoire pont O. N'Sa

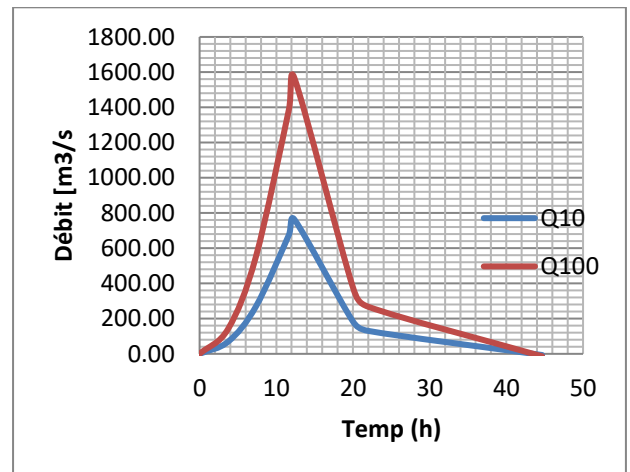


Figure IV.13 : Hydrogramme de crues «pont O. N'Sa».

IV.7.1.5. Exutoire Sabkhat Safioun

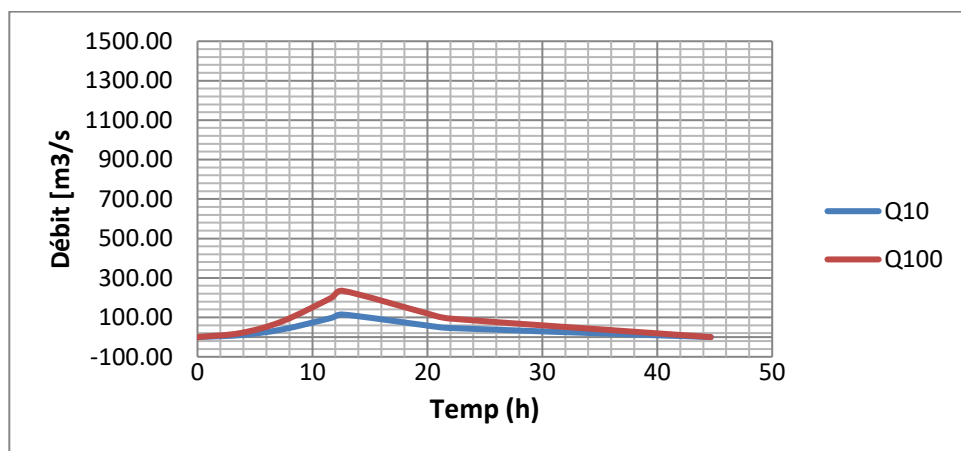


Figure IV.14 : Hydrogramme de crues « Sabkhat Safioun ».

### **Commentaire**

Les hydrogrammes tracés présentent un temps de montée inférieur au temps de décrue, ce qui reflète la repense rapide des sous bassin du N'Sa vis-à-vis aux averses exceptionnelles. Pour l'exutoire plus en amont, la courbe de volume cumulé montre que la moitié du volume de la crue (soit 11 à 15 millions de m<sup>3</sup> pour la crue centennale), passe dans les premières 10 h. par contre à l'exutoire de Sebkheth Sefioune le passage du moitié de volume prend 14 h.



*Conclusion*

*Général*

### Conclusion général

Le but de cette étude était l'étude hydrologique et hydrographique d'Oued N'sa notamment l'estimation de débit des crues et le régime pluviométrique.

Le climat de la vallée de N'sa est caractérisé par une température moyenne annuelle de 21 °C, une Humidité d'air qui atteint 60% en décembre et des vents doux de direction fréquente Nord-Ouest. Les précipitations moyenne annuelles à Berriane sont le l'ordre 66 mm, et la période pluvieuse vas d'octobre à avril, avec quelque 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 : 38 mm, 64 mm et 89mm.

En ce qui concerne les crues nous avons évalués et comparais les résultats de plusieurs méthodes analogiques et hydraulique. L'estimation des paramètres d'écoulement a été faite sur les divers exutoires : Berriane – Oued Elbir -Hassi Rbib –pont Oued N'Sa-Sebkhet Sefioune.

D'après la comparaison de celles-ci, la méthode la plus adoptée pour l'estimation de débit maximale des crues est celle de RODIER-AUVRAY parce qu'elle représente à la fois la médiane et la moyenne des résultats, et d'être reliée aux autres caractéristiques de la crue évaluées par ce même modèle ( $K_r$ ,  $T_c$ ,  $T_b$ ).

Pour le N'Saet pour l'exutoire le plus implorant (Hassi Rbib), nous avons évalué les volumes suivantes :  $V_{10}=21 \text{ Ham}^3$  et  $V_{100}= 44 \text{ Ham}^3$ . Par l'effet d'infiltration rapide et l'évaporation intense, ces volumes vont subir des abattements de l'ordre de 80% pour atteindre l'exutoire de Sebkhet Sefioune, ces volumes deviendrons :  $V_{10}=4 \text{ Ham}^3$  et  $V_{100}= 9 \text{ Ha m}^3$ .

La méthode Hydraulique présente des valeurs très proches à celle de Rodier-Auvray, notamment sur les exutoires de l'amont. Autre par la méthode Hydraulique confirme le phénomène d'abattement des crues à partir de l'exutoire du pont d'Oued N'sa avec un débit centennal maximale de 854 m<sup>3</sup>/s. Ce phénomène semble qui se commence tôt à cet exutoire, ceci peut être expliqué par la forte infiltration des eaux dans ces terrains caractérisés par la présence d'un montant Miopleocene très perméable devenue plus en plus épais vers l'aval (vers S. Sefioune). Toutefois, cette méthode est nécessaire a l'appliquée, car elle a l'avantage de la confirmation des grandeurs de débits maximale sur les différents exutoires.

A partir des données hydrométriques et pluviométriques d'Oued N'sa nous pouvons dire que l'étude hydrologique n'est jamais définitive, en effet dans le temps il ya toujours un ajout de données qui va 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 notamment sur les exutoires choisies;
- Le suivi permanant du réseau hydrographique ;



# *Bibliographie*

- [1] ANRH-B.E.T OUED RIGH (1997)- Etude sur les crues de juin 1991 & avril 1997 à l'exutoire de Sebket Sefioune à Ouargla. Rapport technique. ANRH – Ouargla, Algérie
- [2] BENADDA Lotfi - les conditions climatiques – Ghardaïa 2012 - DOC
- [3] J.P. LABORDEE - ELEMENTS D'HYDROLOGIE DE SURFACE - édition 2000- PDF.
- [4] MEDDI, 2011
- [5] ONM Ghardaïa.2013
- [6] OULED BELKHIR Cheikh.(2002) – Contribution à l'étude et l'établissement du bilan hydrologique de la cuvette de Ouargla (Sahara Nord-Est septentrional - Algérie). Thèse de Magister– Université de Blida,
- [7] OULED BELKHIR CHEIKH : Article reconstitution des crues DU RÉGIME DES CRUES SUR OUED M'ZAB (SAHARA SEPTENTRIONALE) Période 1921-2014
- [8] ROCHE M.A.(1996) - Protection du réseau d'assainissement de la vallée du M'Zab contre les crues. Rapport d'étude hydrologique. BG-ENCH.- Lausanne
- [9] SAOUCHA Melle. Lamia - Thèse : Etude de faisabilité d'une digue sur oued Laadhira Ghardaïa (ENP) - Octobre 2009.
- [10] SOKOLOVSKY D.L (1968) - L'écoulement fluvial. Gydrométéoizdat, Leningrad.
- [11] <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Précipitation&oldid=89799293>
- [12] <http://Zebulon.1er.free.Fr/Pluie.htm>



*Résumé*



## 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'Zâb, 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 والذي يمر بمحاذاة مدينة بريان.

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

**الكلمات المفتاحية:** الفيضان، الأمطار، دراسة الهيدرولوجية، الهيدروغرافية، ميزاب، واد النسا.

## Summary

Region M'zab is a unique situation in terms of climate, so you know torrential rains and flooding exceptional with the utmost seriousness.

It also celebrates the great wadi, which include the Valley N'sa, which is a strong and important wadi, and passes along the Region of Berriane.

The purpose of this study is to calculate and estimate it's flooding with rainfall and flow and through the use of certain techniques and experimental methods of hydrology and hydrography and -arid by used with success area and semi-arid, with an area M'zab Ghardaia.

Keywords: floods, rain, hydrology study, hydrography, Valley M'zab, N'sa wadi

