

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
*République Algérienne Démocratique et Populaire*

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

جامعة خميس مليانة

*Université de Khemis-miliana*

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض

*Faculté des Sciences de la nature et de la vie et des Sciences de la terre*



**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de *Master***

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière: Sciences Agronomique**

**Spécialité: Aménagement hydro-agricole**

## **Thème**

***Analyse fréquentielle univariée des crues dans le bassin versant du Chélif***

**Soutenu le**

**13/07/2022**

**Par:**

**M<sup>lle</sup> YAKHOU Bakhta**

**M<sup>lle</sup> ZENTICI Chaima**

## **Devant le Jury**

Président M<sup>me</sup> Matene Naziha

MAA UDB Khemis-Miliana

Promoteur M<sup>me</sup> Karahaçane Hafsa

MAA UDB Khemis-Miliana

Examineurs M<sup>me</sup> Bouaichi Ilham

MAA UDB Khemis-Miliana

# *Remerciement*

**Nous remercions ALLAH** le tout puissant pour nous avoir donné la foi et éclairé notre chemin vers la réussite durant toutes nos années d'étude.

Nous tenons à remercier la promotrice de notre mémoire **M<sup>me</sup> Karahaçane Hafsa** qui a accepté la direction de ce travail, ainsi que pour ses conseils avisés et précieux, ses compétences scientifiques et la confiance qu'elle nous a accordée, notamment pour ses grandes qualités humaines et sa gentillesse.

Nous remercions vivement les membres de ce jury :

- **M<sup>me</sup> Matene Naziha**, nous sommes très honorés que vous avez Accepté la présidence du jury de ce mémoire. Trouvez ici l'expression de nos Sincères remerciements et soyez assurée de notre profonde gratitude.
- **M<sup>me</sup> Bouaichi Ilham**, merci d'avoir accepté de faire partie du jury de ce mémoire, pour l'intérêt que vous portez à notre travail et pour le temps Consacré afin de l'évaluer.

Nos sincères remerciements et gratitudes s'adressent à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation de licence et de master au sein de notre faculté.

Enfin nous remercions toutes les personnes qui nous ont encouragé et soutenu près ou de loin durant la réalisation de ce travail.

# *Dédicaces*

*En témoignage d'amour et d'affection, je dédie ce modeste travail avec une grande fierté à tous ceux qui me sont chers :*

***A mes très chers parents,** Qui m'ont permis, avec beaucoup de sacrifice, de poursuivre mes études dans de bonnes conditions. Je prie Dieu le Tout Puissant pour qu'il leur accorde une longue vie pleine de bonheur.*

***A mes chère frère Mohamed, Rabah, Ahmed, Missoum et mes belles sœurs Kheira, Fatiha, Samia,** pour l'amour qu'ils me réservent et qui ont toujours été présentées dans tous mes moments d'examens par leurs conseils et leur surprise sucrés, je leurs souhaite.*

*Et je n'oublie pas mes fils bien-aimés de mon **frère Abd Rahim et Fatima Zahra** qui, avec leur plaisanterie, leur légèreté et leur douceur, me font oublier toute la fatigue, que Dieu les protège et prenne soin d'eux, mes proches.*

***A mon mari Walid Tr,** pour l'amour et l'affection qui nous unissent je ne saurais exprimer ma profonde reconnaissance pour le soutien continu dont tu as toujours fait prévue tu m'as toujours encouragé, incité à faire de mon mieux.*

***A mes chères amies, Safaa, Ferial** tu es tout Que ce j'ai de plus chère au monde.*

***A mon binôme Chaima,** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de cette belle expérience*



**BAKHTA**

# *Dédicaces*

## **Amon très chère père**

*Toute l'encre du monde ne pourrait suffire pour exprimer mes sentiments envers un être très cher. Vous avez toujours été mon école de patience de confiance et surtout des poire et d'amoure, vous êtes et vous resterez pour moi ma référence la lumière que illumine mon chemin.*

## **A ma très chère mère**

*Vous avez guetté mes pas, et m'avez couvé de tendresse, ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Vous m'avez aidé et soutenu pendant de nombreuses années avec à chaque fois une attention renouvelée. Puisse Dieu, tout puissant vous combler de santé, de bonheur et vous procurer une longue vie.*

## **A mon mari Hocine Am**

*Pour l'amour et l'affection qui nous unissent. Je ne saurais exprimer ma profonde reconnaissance pour le soutien continu dont tu as toujours fait preuve. Tu m'as toujours encouragé, incité à faire de mon mieux, ton soutien m'a permis de réaliser le rêve tant attendu. Je te dédie ce travail avec mes vœux de réussite, de prospérité et de bonheur. Je prie Dieu le tout puissant de préserver notre attachement mutuel, et d'exaucer tous nos rêves.*

## **A mes frères et sœurs**

**Abde el Ghani, Noufel, Asmaà et Nessraïne et son fils Khalil Errahmane.** *Comme preuve de la grande affection et de l'amour que j'ai pour vous, les mots ne suffisent pas pour exprimer ma profonde gratitude.*

## **A mon binôme Bakhta**

*La compagne de mon chemin et l'intime de mon cœur, qui m'a partagé amitié et travail dans cette note, sa compréhension et sa patience, et elle m'a fait partager la dureté de la vie universitaire, avec ses douces et amères.*



**CHAIMA**

## Résumé

Le risque de crue menace constamment les populations, c'est pour cela que leur étude est devenue un sujet qui suscite de plus en plus d'intérêt dans le domaine des sciences de l'eau. Dans ce travail l'intérêt a été porté à l'application de l'analyse fréquentielle en toute ses étapes (élimination des valeurs aberrants, tester les hypothèses de base, ajustements, estimation de risque) aux caractéristique des crue (le débit de pointe (Qp), le volume (V), la durée (D)) dans 14 stations hydrométriques du bassin versant de Chélif.

Les variables en extrait sur les séries de débit moyen journalier en séparant les écoulements de base et les écoulements en crue en utilisant la méthode de l'indice écoulement de base (BFI).

La loi exponentielle est la distribution la plus sélectionnée sur les variables et l'ensemble des stations étudiées. Les quantiles estimés des variables de crue peuvent être utilisé pour décrire ce phénomène extrême selon les périodes de retour choisies. Les quantiles de la période de retour de 100 ans sont entre 16.4 à 514 m<sup>3</sup>/s pour le débit de pointe, de 8 à 39 jours pour la durée 1.85 à 97.5 Hm<sup>3</sup> pour le volume.

**Mots clés :** variable de crue, analyse fréquentielle, BFI, Cheliff.

## ملخص

يهدد خطر الفيضانات السكان باستمرار ولهذا أصبحت دراستهم موضوعًا يثير اهتمامًا متزايدًا في مجال علوم المياه. في هذا العمل ، تم الاهتمام بتطبيق تحليل التردد في جميع مراحل ( تحديد على القيم الشاذة ، اختبار الفرضيات الأساسية ، التسوية ، تقدير المخاطر) على خصائص الفيضانات (ذروة التدفق (Qp) ، الحجم (V) ، المدة (D)) في 14 محطة هيدرومترية في سكب شلف.

خصائص الفيضان المستخرجة من سلسلة متوسط التدفق اليومي عن طريق فصل التدفقات الأساسية وتدفقات الفيضان باستخدام طريقة مؤشر التدفق الأساسي.

حسب التسوية الاحصائية تبين ان القانون الاحتمالي Exponentielle هو الاكثر موائمة لدراسة خصائص الفيضان وذلك على مستوى جميع المحطات المدروسة. يمكن استخدام الكميات المقدرة لمتغيرات الفيضان لوصف هذه الظاهرة القصوى وفقًا لفترات العودة المختارة. بالنسبة لمدة العودة المقدرة ب 100 سنة تبين ان قيم التفرق تتراوح بين 16.4 إلى 514 متر مكعب / ثانية لذروة التدفق، ومن 8 إلى 39 يومًا كمدة الفيضان ، و 1.85 إلى 97.5 هكتومتر مكعب للحجم .

الكلمات المفتاحية: متغير الفيضان ، تحليل التردد، BFI ، شليف.

## **Abstract**

The risk of flooding constantly threatens populations, which is why their study has become a subject that arouses more and more interest in the field of water sciences. In this work, the interest was brought to the application of the frequency analysis in all its stages (elimination of outliers, testing the basic assumptions, modeling and risk assessment) to the characteristics of floods (the peak flow ( $Q_p$ ), volume ( $V$ ), duration ( $D$ )) at 14 hydrometric stations in the Cheliff watershed.

The extracted variables from the average daily flow series by separating base flows and flood flows using the base flow index (BFI) method.

The Exponential law is the most selected distribution on the variables for all the studied stations. The estimated values of the flood variables can be used to describe this extreme phenomenon according to the chosen return periods. For the 100-year return period, the peak flow ranges between 16.4 to 514  $m^3/s$ , 8 to 39 days for duration, and 1.85 to 97.5  $Hm^3$  for volume.

**Keywords:** flood variable, frequency analysis, BFI, Cheliff.

## Liste des figures

### Chapitre 1 : Généralités sur les crues

<b>Figure.1.</b> Exemple d'une morphologie d'un cours d'eau	4
<b>Figure 2.</b> Structure morphologique d'un cours d'eau torrentiel (Azi, 2009)	4
<b>Figure 3.</b> Caractéristiques d'un hydrogramme de crue	6
<b>Figure 4.</b> Organisation de la plaine alluviale fonctionnelle (Masson et al., 1996)	8
<b>Figure.5.</b> Inondations en Algérie (Mehdi, 2016)	17

### Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude

<b>Figure 6.</b> Carte des bassins versants de l'Algérie (Source : ABH-CZ ,2004)	26
<b>Figure n°7 :</b> Diagramme Ombrothermique de Bagnoles et Gaussen (Grib amont, 1981-2021)	32
<b>Figure n°8 :</b> Diagramme Ombrothermique de Bagnoles et Gaussen (Oued al abtal 1981-2021)	32
<b>Figure n°9:</b> Diagramme Ombrothermique de Bagnoles et Gaussen (Marabout blanc 1981-2021)	33
<b>Figure n°10 :</b> Variation temporelle de température mensuelle (°C) (1981-2021)	34

### Chapitre 3 : Matériel et méthodes

<b>Figure n°11 :</b> Carte de situation des stations hydrométriques dans le BV du Cheliff	
<b>Figure 12.</b> Séparation de débit de base et de débit total dans l'hydrogramme annuel pour la Station d'Oued EL Abtal 1963-1964	39

### Chapitre 4 : Résultats et discussion

<b>Figure 13.</b> Quantiles et périodes de retour des variables de crues (groupe 1)	70
<b>Figure 14.</b> Période de retour et quantiles des variables de crues (groupe2)	71

## Liste des tableaux

### Chapitre 1 : Généralités sr les crues

<b>Tableau 1.</b> Inondations les plus importantes en Algérie et leurs vestiges	18
<b>Tableau 2.</b> Points clés d'une analyse locale des probabilités (Lang & Lavabre, 2007)	22

### Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude

<b>Tableau 3.</b> Répartition de la population selon les wilayas	31
<b>Tableau n°4.</b> Précipitation moyenne mensuelle pour quelques stations du bassin Chélif (1981-2021)	33

### Chapitre 3 : Matériel et méthodes

<b>Tableau 5.</b> Caractéristiques des stations hydrométriques	
<b>Tableau 6 :</b> Paramètres hydromorphométriques du bassin versant du Cheliff.	36
<b>Tableau 7.</b> La distribution marginale des paramètres	44
<b>Tableau 8.</b> Statistique descriptive pour les séries de variables de crue des stations étudiées	49
<b>Tableau 9.</b> Coefficient de corrélation de Pearson entre les couples des variables de crue	50
<b>Tableau 10.</b> Valeurs aberrantes détectées pour les séries de $Q_p$ des stations étudiées	51
<b>Tableau 11.</b> Valeurs aberrantes détectées pour les séries de $D$ des stations étudiées	52
<b>Tableau 12.</b> Valeurs aberrantes détectées pour les séries de $V$ des stations étudiées	53
<b>Tableau 13.</b> Vérification des hypothèses de base pour les séries de débit de point des stations étudiées	54
<b>Tableau 14.</b> Vérification des hypothèses de base pour les séries de la durée des stations étudiées	55
<b>Tableau 15.</b> Vérification des hypothèses de base pour les séries de volume des stations étudiées	56
<b>Tableau 16.</b> Résultats des critères AIC et BIC pour les séries de $Q_p$	57
<b>Tableau 17.</b> Résultats des critères AIC et BIC pour les séries de $D$	59
<b>Tableau 18.</b> Résultats des critères AIC et BIC pour les séries de $V$	61
<b>Tableau 19.</b> Distributions marginales retenues pour les séries de $Q_p$ des stations étudiée	65
<b>Tableau 20.</b> Distributions marginales retenues pour les séries de $D$ des stations étudiées	65
<b>Tableau 21.</b> Distributions marginales retenues pour les séries de $V$ des stations étudiées	66

## Sommaire

### Introduction générale

## Chapitre 1 : Généralités sur les crues

I. Introduction	3
I.1. Etat et caractéristiques du bassin versant	3
I.1.1. Cours d'eau	3
I.1.2. Morphologie d'un cours d'eau	4
I.1.3. Torrent et rivière torrentielle	4
I.2. Crues et inondation	5
I.2.1. Définition d'une crue	5
I.2.2. Éléments descriptifs d'une crue	5
I.2.3. Délimitations des espaces concernés par les différents types de crues	7
I.2.4. Caractéristiques des crues	8
I.2.5. Genèse des crues et inondations	10
I.2.6. Facteurs aggravants le phénomène d'inondation	11
I.3. Inondation	12
I.3.1. Types d'inondations	12
I.3.2. Influence des facteurs naturels	14
I.3.4. Alea, enjeu, risque et vulnérabilité	14
I.4. Conséquences	16
I.4.1. Atteintes aux hommes, aux biens et aux activités	16
I.4.2. Atteintes à l'environnement	16
I.5. Inondations en Algérie	16
I.6. Méthodes de d'analyse des crues	19
I.6.1. Méthodes d'estimation des crues	19
I.6.2. Méthodes de calculs	19
I.6.3. Méthodes de reconstitution des crues à partir des côtes atteintes dans le passé	20
I.6.4. Méthodes de détermination des débits extrêmes des Crues	20
I.6.5. Méthodes empiriques	20
I.6.5.1. Méthodes de reconstitution des crues à partir des côtes atteintes dans le passé.	20
I.6.5.2. Formules empiriques	20
I.6.6. Méthode rationnel	21
I.6.3.1 Fonction de production	21
I.6.3.2. Méthode du SCS	21
I.6.3.3. Méthode du Gradex	21
I.7 Analyse fréquentielle	22
I.7.1. Echantillonnage	22
I.7.2 Tests d'hypothèse	22
I.7.3 Test d'homogénéité	23
I.7.4 Test d'indépendance	23
I.7.4.1 Test de Wald- Wolfowitz.	23
I.7.5 Test de Stationnarité	23
I.7.5.1 Test de Mann-Kendall.	23
I.7.6 Choix du modèle d'ajustement	24

I.8 Analyses fréquentielles des crues	24
I.9. Conclusion	25

## **Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude**

Introduction	26
II.1. Situation géographique du bassin de Chélif	26
II.2. Situation administrative du bassin Chélif	26
II.3. Caractéristiques du bassin versant de Chélif	27
II.3.1. Caractéristiques physiques du bassin versant de Chélif	27
II.3.1.1. Géologie	27
II.3.1.2. Hydrogéologie	27
II.3.1.3. Pédologie	28
II.3.1.4. Topographie	29
II.3.1.5. Réseau hydrographique	30
II.3.1.6. Végétation	31
II.3.1.7. Population	31
II.3.2. Caractéristiques hydro climatiques	31
II.3.2.1. Climatologie	31
II.3.3. Morphométrie du bassin versant	34
II.3.3.1. Relief	35
II.3.3.2. Surface	35
II.3.3.3. Périmètre	35
II.3.3.4. Forme	35
II.3.3.5. Pente	35
Conclusion	35

## **Chapitre 3 : Matériel et méthodes**

Introduction	36
1. Données traitées	36
2. Méthodologie	36
2.1. Extraction des variables de cru	37
2.2. Statistiques descriptive	39
2.3. Corrélation entre les variables	40
2.4. Analyse fréquentielle	40
2.4.1. Détection de valeurs aberrant	40
2.4.2. Test d'hypothèses	40
2.4.3. Ajustement	43
2.5. Présentation du logiciel Hyfran	46
Conclusion	46

## **Chapitre 4 : Résultats et discussion**

Introduction	47
1. Obtention des variables de crue	47
2. Analyse statistique descriptive	47
2.1. Base statistiques	47

2.2. Coefficient de variation	48
2.3. Coefficients d'asymétrie (Cs)	48
2.4. Coefficients d'aplatissement (Ck)	48
3. Corrélation	51
4. Analyse fréquentielle	51
4.1. Détection des valeurs aberrantes	51
4.2. Test d'hypothèses	53
4.3. Ajustement	57
4.3.1. Test d'adéquation	57
4.3.2. Comparaison entre les distributions testées	57
4.3.3. Choix de la distribution adéquate	64
4.3.4. Périodes de retour	67
4.5. Discussion	68
Conclusion	73
Conclusion général	

## Introduction générale

---

### Introduction générale

Les crues est une condition de fort débit d'eau qui crue la terre, qui est généralement sèche, c'est l'événement météorologique extrême le plus naturel. L'inondation est l'un des phénomènes hydrologiques extrêmes qui sont les hautes eaux (inondation) et les faibles débits (sécheresse) (Abdelaziz, 1999). L'étude des crues est d'une importance majeure, car elles sont considérées en plus des séismes, ouragans, éruptions volcaniques, un des risques naturels auxquels nous sommes constamment soumis, elles peuvent engendrer d'importants dégâts humains et matériels (Souanaef, 2015).

Plusieurs régions de notre pays sont fréquemment menacées par des catastrophes naturelles, et leurs effets sont fréquemment exacerbés par d'autres facteurs, comme l'urbanisation anarchique en occupant des zones inaccessibles et la défaillance des réseaux de drainage pluvial (Lahlah, 2004). Et les plus destructrices en Algérie sont les inondations. Atteignant parfois l'ampleur d'une catastrophe nationale, comme les inondations survenues dans les bassins du Sébaous et de l'Algérie en mars 1974, les inondations qui ont touché tout l'Est algérien en décembre 1984, ou les inondations survenues les 9 et 10 novembre 2001 (Hadour, 2015).

Il existe une forte demande sociale pour prévoir et se préparer à ces catastrophes naturelles qui posent de graves problèmes sociaux et économiques. Il est essentiel de disposer d'outils de prévision fiables et efficaces pour protéger la population des inondations causées par les tempêtes. L'utilisation de la connaissance de la jauge de niveau d'eau est un modèle de flux de pluie. Il est étroitement lié à chaque partie du réseau hydrographique (Meddi et Belhadj Bouchaib, 2010).

Ce travail s'intéresse à l'étude des crues (période des hautes eaux) en basant sur les relevés journaliers de débit de 14 stations hydrométriques dans le bassin hydrographique de Cheliff. La méthodologie adoptée dans ce travail est d'appliquer une analyse fréquentielle sur les variables de crues (durée, volume et débit de pointe) extraites à partir de l'hydrogramme annuel. Cette méthodologie présente une nouveauté dans l'étude des crues dans cette région, elle a été déjà abordée dans les travaux de : Kouider (2003) et Ben Aissia (2009) au Canada ; Benameur et al. (2017) en Algérie.

A travers cette application, plusieurs hypothèses ont été recherchées à savoir ; Est-ce que cette méthodologie peut aboutir à l'objectif visé ?

Est-ce que ces variables peuvent bien caractériser ce phénomène extrême dans cette région ? Quelles sont les implications possibles des résultats ?

Pour répondre à ces questions cette étude est structurée en quatre chapitres :

1<sup>ère</sup> chapitre : présent une synthèse bibliographique sur les crues.

## Introduction générale

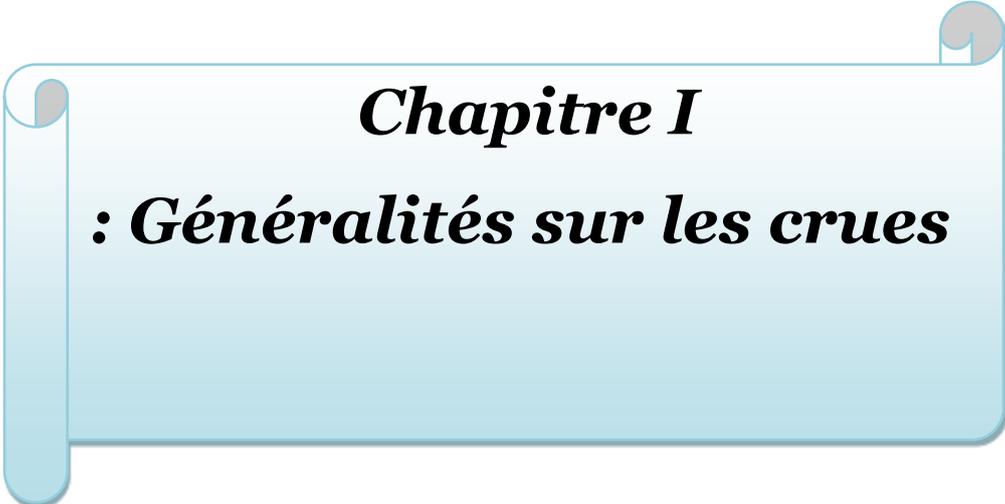
---

2<sup>ème</sup> chapitre : présente la zone d'étude pour mieux comprendre les caractéristiques et les particularités de cette région étude.

3<sup>ème</sup> chapitre : articule la méthodologie appliquée dans cette étude ainsi que les données utilisées, avec un aperçu concernant le logiciel utilisé qui est Hyfran.

4<sup>ème</sup> chapitre : résultats et discussion où les principaux résultats ont été commentés et interprétés.

Une conclusion en dernier lieu est apportée pour mettre en évidence les résultats obtenus à l'issue de cette étude.



***Chapitre I***  
***: Généralités sur les crues***

### I Introduction

L'intérêt de l'étude des crues provient du pouvoir dévastateur de celles-ci quand elles sont importantes. Afin de s'en prémunir, il est utile de bien les analyser, connaître leurs origines, les différents événements qui les provoquent, et les processus participant à leur constitution. Plusieurs événements sont responsables de l'apparition de ces crues, des plus connues, sont les précipitations de forte intensité ou de longues durées, les ruptures de digues de barrages, ...etc (**Horton, 1965**). Il a été constaté que les eaux de crues sont de diverses origines eaux nouvelles et eaux anciennes. Les crues sont le fait de la concomitance de plusieurs processus simultanés (**Beckers et al., 2009**).

Les inondations peuvent être l'un des facteurs limitant le développement des capacités de la société humaine, en particulier dans les pays pauvres et en développement où la capacité d'alerte et l'expérience de gestion du risque sont encore limitées. De plus, la pression économique et démographique ainsi qu'une surexploitation inappropriée des ressources naturelles et le changement climatique peuvent aggraver l'amplitude et la fréquence des inondations (**Musy, 1998**).

Ce chapitre présente certaines généralités et définitions des concepts fondamentaux liés aux crues et inondations.

#### I.1. Etat et caractéristiques du bassin versant

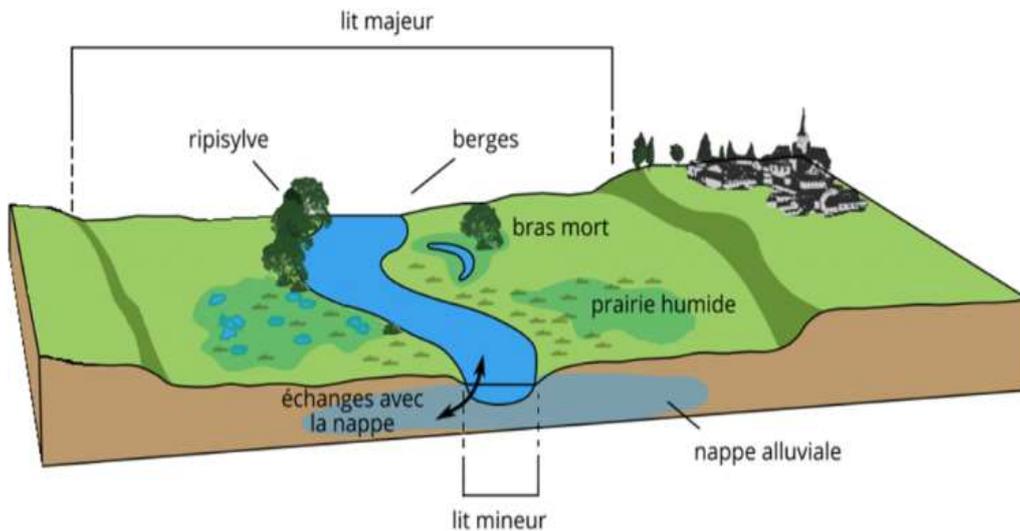
Un bassin versant est une zone géographique de collecte des eaux par un cours d'eau et ses affluents. A un même apport d'eau et d'énergie ne correspond pas forcément la même réponse de débit. Elle dépend aussi largement des conditions initiales dans lequel se trouve le bassin versant en termes de bilan hydrologique. Cette non linéarité trouve sa justification dans les conditions initiales du bassin versant (**Valérie, 2004**) qui font l'objet de différentes combinaisons en fonction de :

- La morphologie du bassin versant (la forme, dimension, altimétrie, orientation des versants)
- Les propriétés physiques du bassin versant (nature des sols, couvertures végétale, ...)
- La structure du réseau hydrographique (extension, dimension, propriétés hydrauliques, ...)

**I.1.1. Cours d'eau** Les cours d'eau sont des milieux dynamiques qui évoluent constamment en fonction de l'environnement, des caractéristiques physiques et saisonnières.

### I.1.2. Morphologie d'un cours d'eau

La morphologie des cours d'eau correspond à la forme qu'ils adoptent en fonction des conditions climatiques et géologiques (nature du sol, débit, pente, granulométrie du fond, etc.) (Figure I.1). Leur aspect évolue ainsi qu'amont qu'en aval mais également de façon transversale : appelé faciès d'écoulement [1].



**Figure.1.** Exemple d'une morphologie d'un cours d'eau [1]

### I.1.3. Torrent et rivière torrentielle

Cours d'eau de montagne caractérisé par une forte pente ( $> 6\%$ ) et un écoulement parfois épisodique, souvent tumultueux et caractérisé par un transport solide souvent abondant.

La rivière torrentielle, quant à elle, est de pente moyenne comprise entre 1,5 et 6 % elle n'atteint jamais un profil d'équilibre et est sujette à des crues subites (Figure .2) [1].



**Figure 2.** Structure morphologique d'un cours d'eau torrentiel (Azi, 2009)

### I.2. Crues et inondation

#### I.2.1. Définition d'une crue

Une crue représente une quantité d'eau « extraordinaire » au sens étymologique du terme qui est transportée. Une inondation est une submersion temporaire d'une zone habituellement sèche, par des eaux douces (fortes pluies, débordements de rivières,...etc.) ou salées (submersion marine, tsunami,...etc.). Elle peut être un phénomène régulier ou catastrophique et peut se produire lentement ou très rapidement selon les conditions topographiques et météorologiques de la zone affectée. L'inondation est issue de nombreux facteurs dont le plus répandu dans le monde est les crues (**Andre & Musy, 1998**). Avec ou sans débordement, par un système hydraulique tels que les lacs et les cours d'eau.

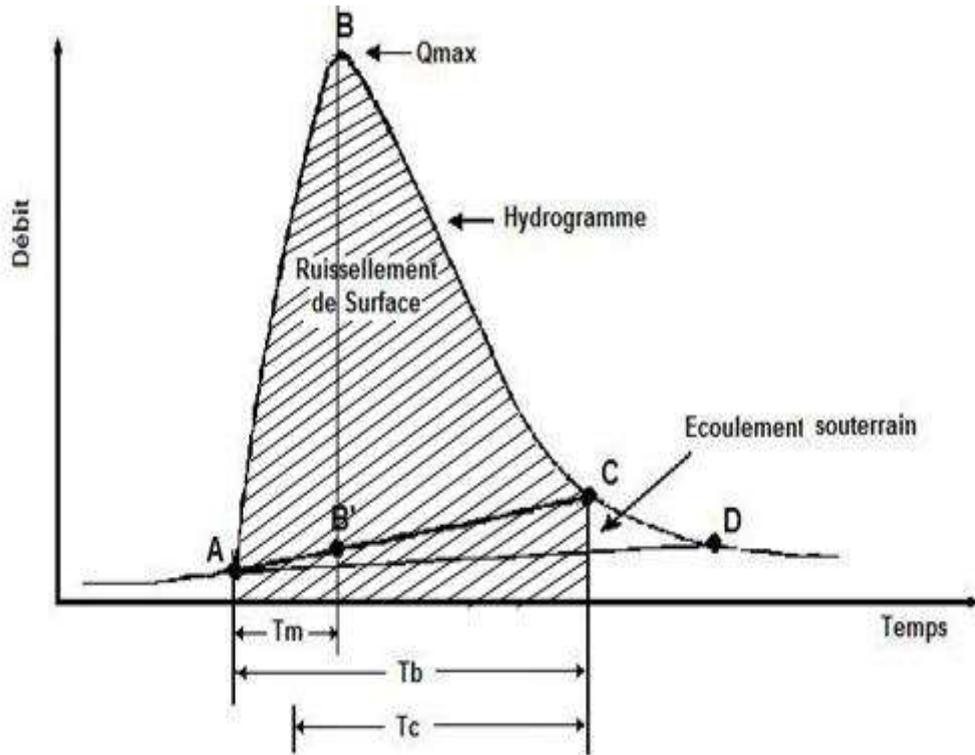
Une rivière est dite en crue lorsque il y'a une rapide augmentation de débit, qui fait en sorte que celui-ci dépasse un seuil déterminé, c'est-à-dire un quantile supérieur à la valeur perçue en moyenne (**Ancey, 2012**).

#### I.2.2. Éléments descriptifs d'une crue

Une crue est généralement représentée graphiquement par un hydrogramme, qui est la variation des débits instantanés en fonction du temps. Un hydrogramme de crue n'est pas caractérisé seulement par la valeur de son débit de point mais aussi par la valeur du volume de pointe (partie sombre de l'hydrogramme), ainsi que sa durée.

Une crue est décrite par quatre éléments (Figure 3), qui sont :

- **Temps de concentration** : durée nécessaire à la goutte d'eau tombée au point le plus éloigné du bassin pour atteindre l'exutoire ;
- **Pointe de crue** : puissance de la crue et durée de la période critique ;
- **Courbe de tarissement** de la rivière au niveau antérieur à la crue ;
- **Fréquence de retour** : une crue centennale à chaque année, une chance sur cent (1/100) de se produire (**Ben Amor, 2010**).
- **Le temps de montée** : ayant généré les gradients de montée horaires les plus élevés - ont été extraits après avoir classé les différents types de montée de crue. Une classification en dix types de montée permet ainsi de couvrir la plupart des situations
- **Le temps de la décrue** : bassin de niveau des eaux (après un crues).



**Figure 3.** Caractéristiques d'un hydrogramme de crues

Où :

$Q_{max}$  : est le débit de pointe ;

$T_m$  : est le temps de montée de la crue;

$T_b$  : est le temps de base ;

$T_c$  : est le temps de concentration ;

A-B : est la courbe de montée de la crue ;

B-C : est la courbe de décrue ;

C-D : est la courbe de tarissement ;

La surface hachurée représente le volume de la crue.

A l'échelle annuelle, il existerait trois types d'hydrogramme **Kouider (2009)**.

Hydrogramme de type 1 : ce hydrogramme est caractérisé par une seule pointe annuelle nette

Hydrogramme de type 2 : ce hydrogramme est caractérisé par deux pointes annuelles nettes

Hydrogramme de type 3 : c'est un type complexe d'hydrogramme, ou en observant plusieurs pointes annuelles nettes.

### I.2.3. Délimitations des espaces concernés par les différents types de crues

Les cours d'eau se caractérisent en général par l'existence de trois lits : le lit mineur, le lit moyen et le lit majeur. Le lit mineur est constamment occupé sauf exception, comme dans le cas des oueds (**Ballais, 1995**).

#### a. Lit mineur

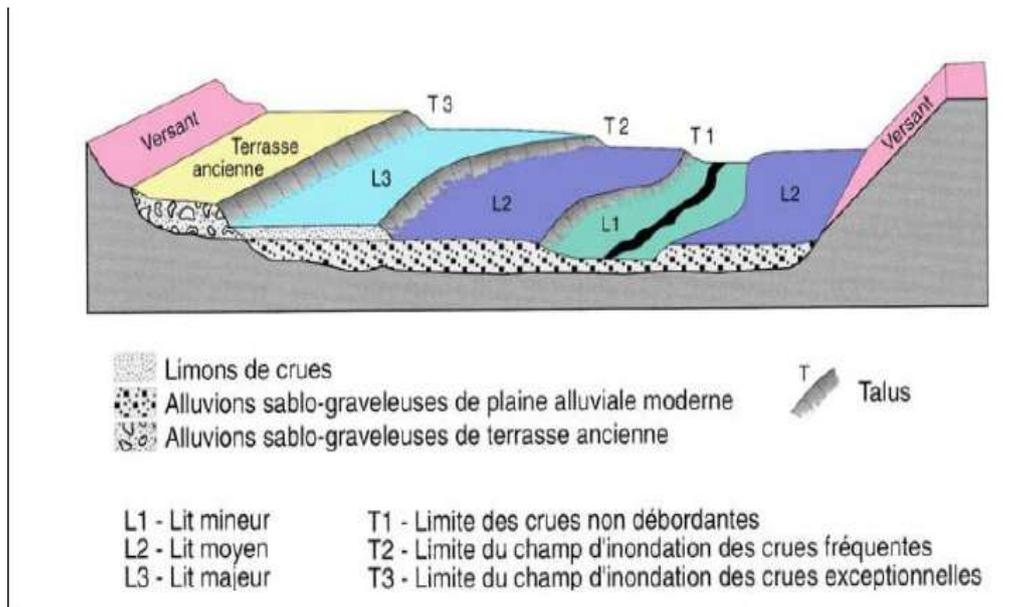
Incluant le lit d'étiage est le lit des crues très fréquentes (annuelles). Il correspond au lit intraberges et aux secteurs d'alluvionnement immédiats (plages de galets). Il apparaît, sur le support cartographique, sous forme de polygones sans trame lorsque ce dernier est assez large (**DDTMH, 2012**).

#### b. Lit moyen

Représenté en bleu foncé qui accueille les crues fréquentes (en principe, les crues de période de retour comprise entre 2 et 10 ans). Dans ce lit, les vitesses d'écoulement et les transferts de charge solide sont importants et induisent une dynamique morphogénique complexe. Ces berges sont souvent remaniées par les crues qui s'y développent. Lorsque l'espacement des crues le permet, une végétation de ripisylve se développe dessus (**DDTMH, 2012**).

#### c. Lit majeur

Représenté en bleu clair qui est fonctionnel pour les crues rares à exceptionnelles. Il présente un modèle plus plat et est emboîté dans des terrains formant l'encaissant. Les hauteurs d'eau et les vitesses plus faibles que dans le lit moyen favorisent les processus de décantation. Ces dépôts de sédiments fins rendent ces terrains très attractifs pour les cultures. Toutefois les dynamiques affectant ce lit peuvent être soutenues les lames d'eau et les vitesses sont parfois importantes de par la topographie et les caractéristiques dynamiques de certains secteurs (**DDTMH, 2012**).



**Figure 4.** Organisation de la plaine alluviale fonctionnelle (Masson et al., 1996).

### 1.2.4. Caractéristiques des crues

Du point de vue de la gestion, la crue se caractérise essentiellement par le degré auquel elle interfère avec les activités humaines, qui se mesure par l'ampleur des pertes économiques effectives ou virtuelles et par son danger pour les vies humaines. Pour un tronçon de rivière et pour une utilisation donnée des terres qui le bordent, la gravité d'une crue dépend généralement de son "amplitude".

#### a. Hauteur de crue

La hauteur de crue est la hauteur maximale atteinte par l'eau au cours de la crue. Théoriquement c'est la caractéristique la plus importante, puisque c'est d'elle que dépend le débordement. Du point de vue hydrologique, ce n'est pas la plus indiquée pour une évaluation de la crue puisqu'elle varie d'un point à un autre et caractérise donc une section transversale donnée, mais non l'onde de crue se déplaçant le long du cours. De plus, la hauteur n'est pas toujours le meilleur indicateur de la gravité de la crue. Par exemple, une crue provoquée par un orage d'été peut être très haute, mais souvent de courte durée et de volume relativement réduit. En conséquence, l'inondation ne cause pas nécessairement beaucoup de dégâts, car elle met en cause une petite quantité d'eau et les terrains ne restent que peu de temps sous l'eau (Javelle, 2001).

### b. Débit de pointe de la crue

Le débit de pointe de la crue est la valeur maximale instantanée du débit pendant la crue. C'est une caractéristique hydrologique très commode : car elle se rapporte à l'onde de crue et non pas à une section transversale particulière. Bien qu'elle ne demeure pas constante à mesure que la crue descend le cours d'eau. Le débit de crue ne dépend pas non plus des variations locales du lit (érosion, sédimentation) comme la hauteur de crue c'est donc une caractéristique plus représentative non seulement pour la crue elle - même, mais aussi pour toute section transversale donnée. Autre avantage : le débit de pointe d'une crue coïncide étroitement avec le moment où l'eau atteint son niveau maximal, ce qui donne donc une bonne indication de hauteur. En réalité, ce débit de pointe est atteint avant le niveau maximal mais, dans la plupart des cas, la différence entre ce niveau maximal et celui qui correspond au débit de pointe est négligeable (**Javelle, 2001**).

### c. Volume de la crue (volume d'eau)

Volume de la crue Le volume de la crue équivalant au volume d'eau transité par le système durant toute la durée de la crue, constitue une caractéristique indispensable chaque fois que les dommages dépendent de la quantité d'eau qui inonde et dans les cas d'intervention visant à réduire le débit de pointe (**Merabet, 2006**).

### d. Durées relatives à un seul événement de crue

La notion de durée est indispensable dans la description du régime des crues. C'est pourquoi de nombreuses durées ont été définies par les hydrologues. Les temps caractéristiques définis ci-dessous sont tous relatifs à un événement de crue. Ce sont des ordres de grandeurs, plutôt que des valeurs calculables avec précision. En effet, leur définition fait référence à une représentation très simplifiée de la transformation pluie-débit (en particulier les écoulements sont supposés être majoritairement des ruissellements). Les définitions suivantes sont issues de Roche (1963) citées par (**Javelle, 2001**).

✓ **Temps de réponse** : Le temps de réponse est l'intervalle de temps qui sépare le centre de gravité de la pluie efficace de la pointe de l'hydrogramme.

✓ **Temps de montée** : Il s'agit de la durée écoulée entre le début de l'arrivée à l'exutoire du «ruissellement » et le maximum de l'hydrogramme.

✓ **Temps de base** : Le temps de base est la longueur sur l'abscisse de la base de l'hydrogramme de ruissellement.

✓ **Temps de concentration** : Le temps de concentration est la durée que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin hydrauliquement la plus éloignée de l'exutoire. On peut l'estimer mesurant la durée comprise entre la fin de la pluie efficace et la fin du ruissellement.

### e. Fréquence d'apparition d'une crue et la notion de temps de retour

Du point de vue statistique, l'étude des débits de crue signifie la détermination de la probabilité pour qu'un débit donné ne soit pas dépassé. Cette probabilité est nommée fréquence de non-dépassement ou probabilité de non-dépassement. Son complément à l'unité est appelé probabilité de dépassement, fréquence de dépassement ou encore fréquence d'apparition. Alors le temps de retour  $T$  d'un événement comme étant l'inverse de la fréquence d'apparition de l'événement.

### 1.2.5. Genèse des crues et inondations

L'inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau. Au sens large, les inondations comprennent les débordements d'un cours d'eau, les remontées de nappes, les ruissellements résultant de fortes pluies d'orages, les inondations par rupture d'ouvrages de protection, les inondations estuariennes résultant de la conjonction de fortes marées, de situations dépressionnaires et de la crue des fleuves.

- Pour les inondations au sens de débordements de cours d'eau en plaine alluvion, la cause majeure est la chute de précipitations importantes sur le bassin versant. De façon schématique, au cours de fortes précipitations, une partie de l'eau s'infiltré dans le sol, le reste ruisselle sur les versants et est ainsi acheminé vers les cours d'eau. Lorsqu'une quantité d'eau très importante parvient au cours d'eau celui-ci déborde de son lit « habituel » (ou lit mineur) et donne ainsi naissance au phénomène de crue et d'inondation (**Merabet, 2008**). **Genèse du ruissellement**

Selon **Merabet (2008)**, le ruissellement se produit lorsque l'eau de pluie ne peut ne s'infiltrer pas ou plus dans le sol. Ce refus d'absorber l'eau apparaît dans l'intensité des précipitations sont supérieures à la perméabilité de la surface (ruissellement "Houghton"), c'est-à-dire lorsque la pluie tombe sur des surfaces partiellement ou totalement saturées (ruissellement saturation). Une combinaison de ces deux phénomènes est possible. L'eau qui coule puis allez directement en aval. Dès qu'une averse commence, le sol peut s'humidifier en retenant une partie de l'eau de pluie qu'il reçoit. Refusé sur le terrain Infiltration, stockage d'eau dans les

dépressions de surface lors des averses provoquent la formation de flaques d'eau avant le ruissellement.

### ➤ **Genèse des crues**

Les inondations et les causes d'inondation cachent de multiples phénomènes. Une inondation, terme plutôt hydrologique, désigne le dépassement d'un certain débit ou d'une certaine hauteur du cours d'eau. La hauteur de cette eau peut être déterminée en fonction de sa durée gain : 1 chance sur 10 de niveau ou de débit d'inondation dans dix ans se produit annuellement. Le mot inondation est assez topographique ou géomorphologie. Il indique que le canal déborde de son lit secondaire, mais aussi remplissage des bassins de terrain par ruissellement local. Ce gars l'inondation est caractérisé par la vitesse du débit d'eau (**Yahiaoui, 2012**). Le volume du débit d'eau et la hauteur de l'eau. Ces paramètres sont importants pour comprendre les dommages et établir Politiques de prévention efficaces (**Yahiaoui, 2012**).

### **1.2.6. Facteurs aggravants le phénomène d'inondation**

- **Sur les bassins versants et dans les zones de stockage** : Déboisement, modification des écoulements agricoles, suppression des haies, imperméabilisation des sols (voies, parkings...) tout ce qui empêche le laminage de la crue ou la pénétration de l'eau dans le sol.
- **Dans les zones d'écoulement** : constructions, obstacles à la circulation des eaux... : tout ce qui contrarie l'écoulement.
- **Urbanisation et l'implantation d'activités dans les zones inondables** : l'urbanisation récente s'est concentrée dans des zones attractives, souvent sans égard pour l'environnement. La vulnérabilité est un terme utilisé pour décrire la vulnérabilité d'une personne. Parallèlement, l'amélioration de sa qualité de vie et le développement de ses compétences s'opèrent. La valeur des biens et services a augmenté de manière significative en raison des réseaux d'infrastructure (**Meddi, 2004**).
- **Diminution des champs d'expansion des crues** : se rétrécissent en raison de l'urbanisation et de la déforestation. Exacerbée par l'édification de digues ou de remblais il en résulte une diminution de l'effet naturel de crues écrêtement bénéfique aux zones sujettes à l'aval des cours d'eau (**Meddi, 2004 ; DGPC, 2007**).
- **Aménagement parfois hasardeux des cours d'eau** : La création et l'éclatement des embâcles : les matériaux flottants transportés par le courant s'accumulent devant des canaux

étroits. Le potentiel de rupture de ces embolies provoque en aval, une onde puissante et dangereuse.

- **Défaillance des dispositifs de protection** : quel rôle jouent les dispositifs de protection? (digues, le nombre de déversoirs) est limité. Leur utilisation peut parfois révéler davantage la plaine alluviale que si elle n'était protégée d'aucune façon.

- **Utilisation ou l'occupation des sols sur les pentes des bassins versants** : Le bassin versant constitue l'aire géographique d'alimentation du cours d'eau. Toute modification qui empêche le laminage de la crue ou la pénétration des eaux dans le sol favorise une augmentation du ruissellement, un écoulement plus rapide et une concentration des eaux pouvant ainsi contribuer à aggraver les crues. Le déboisement, la suppression des haies, l'imperméabilisation des sols (routes, parkings,...) sont des facteurs qui contrarient le laminage de la crue et la pénétration de l'eau dans le sol)(DGPC, 2007)

- **Transport et dépôt de produits indésirables** : entraînés par l'eau puis abandonnés et pouvant déclencher des accidents technologiques (DGPC, 2007).

### I.3. Inondation

Une inondation est une submersion temporaire d'une zone habituellement sèche, par des eaux douces (fortes pluies, débordements de rivières etc.) ou salées (submersion marine, tsunami etc.). Elle peut être un phénomène régulier ou catastrophique et peut se produire lentement ou très rapidement selon les conditions topographiques et météorologiques de la zone affectée. L'inondation est issue de nombreux facteurs dont le plus répandu dans le monde est les crues (Musy, 1998).

#### I.3.1. Types d'inondations

Il existe plusieurs types d'inondations, dont :

##### a. Inondations de plaine

Elles se produisent lorsque la rivière sort lentement de son lit mineur et inonde la plaine pendant une période relativement longue. La rivière occupe son lit moyen et éventuellement son lit majeur [2].

##### b. Inondation par crues torrentielles

Lorsque des précipitations intenses, telles des averses violentes, tombent sur tout un bassin versant, les eaux ruissellent et se concentrent rapidement dans le cours d'eau, engendrant des

crues torrentielles brutales et violentes. Elles se produisent sur une période inférieure à 12 h, ce qui rend la prévention très difficile. Le cours d'eau transporte de grandes quantités de sédiments et de flottants (bois morts, etc.), ce qui se traduit par une forte érosion du lit et un dépôt des matières transportées [3].

### **c. Inondation par ruissellement pluvial**

L'imperméabilisation du sol due aux aménagements (bâtiments, routes, parkings...) limitent l'infiltration des précipitations dans le sol et accentuent le ruissellement. Ceci occasionne souvent la saturation et le refoulement du réseau d'assainissement des eaux pluviales. Il en résulte des écoulements plus ou moins importants et souvent rapides dans les rues. Lorsque ce dernier se produit en milieu urbain on appelle ça le ruissellement urbain [4].

### **d. Inondation par submersion marine**

Cette inondation concerne le niveau de la mer qui, lors de conditions météorologiques extrêmes (associant dépressions atmosphériques, vents violents, fortes houles, phénomènes marégraphiques et tempêtes) s'élève considérablement et inonde les zones côtières. Cette inondation peut aussi être déclenchée par des séismes sous-marins qui peuvent entraîner un tsunami selon la magnitude [4].

### **e. Inondation par remontée de nappes**

Après la pluie, une partie de l'eau s'infiltré jusqu'à finir dans les nappes phréatiques. Ces dernières sont des masses d'eau contenues dans les vides et fissures du sol. La pluie recharge donc la nappe. Au cours de l'année, les variations du niveau de l'eau sont appelées battements de nappe. En automne, la nappe atteint un niveau faible. C'est l'étiage. L'accumulation des pluies fait augmenter le niveau de l'eau. Lors de très fortes perturbations, l'eau ressurgit à la surface de la terre à cause d'un trop plein d'eau. C'est l'inondation par remontée de nappe.

### **f. Inondation par rupture d'embâcle**

Après de fortes pluies hivernales, des branchages s'accumulent dans les cours d'eau aux endroits les plus étroits. Puis, lors d'un gros orage estival, de petits branchages viennent «boucher» les ouvertures restantes, dès lors, un petit barrage naturel est créé retenant l'eau. Lorsque le barrage cède, une inondation peut être déclenchée. La grande quantité d'eau retenue est dévastatrice car imprévisible.

### **g. Inondation par rupture d'une protection**

L'inondation suivant la rupture de digue est un phénomène très brutal et d'autant plus dommageable que le site étudié est proche de la digue. Une rupture peut provoquer l'entrée d'un mur d'eau de plusieurs mètres de haut. Il est très difficile de prévoir la rupture d'un ouvrage de protection, ce qui rend la prévention de ce type d'accident particulièrement incertaine (SPPI, 2004).

### **I.3.2. Influence des facteurs naturels**

De nombreux paramètres influencent l'apparition d'une crue. Tout d'abord la quantité et surtout la répartition spatiale et temporelle des pluies, par rapport au bassin versant, sont déterminantes. Il peut s'agir de pluies répétées et prolongées de régime océanique ou d'averses intenses de courte durée, qui touchent de petits bassins versants.

La nature et l'occupation du dictent l'évaporation et la consommation d'eau par les plantes, l'absorption d'eau par le sol, l'infiltration dans le sous-sol, le ruissellement influencent fortement le temps de concentration des eaux. Enfin, la topographie du lit, la pente et la forme du bassin versant jouent également. Ainsi, pour une même quantité de pluie, une crue apparaîtra ou non.

À ces paramètres s'ajoutent des facteurs naturels aggravants, comme la formation et la rupture d'embâcles ou la fonte des neiges. Concernant la fonte des neiges, il est rare que des crues importantes soient provoquées uniquement par ce phénomène, même s'il demeure un facteur aggravant (**Meddi, 2004**).

Les matériaux flottants transportés par le courant peuvent en effet s'accumuler en amont des passages étroits. La rupture éventuelle de ces embâcles provoque une onde puissante et destructrice en aval (**Meddi, 2004**).

### **I.3.4. Alea, enjeu, risque et vulnérabilité**

La caractérisation du risque est une problématique délicate. Pour aboutir à une quantification objective du risque, la méthode inondabilité vise à mesurer dans la même unité et à comparer les deux facteurs indépendants que sont l'aléa et la vulnérabilité. Sa mise en œuvre sur un bassin versant consiste en une modélisation hydrologique (Débit- Durée- Fréquence), couplée à une modélisation hydraulique et de l'occupation du sol pour aboutir à une représentation cartographique du risque (**Kreis, 2004**).

### a. Aléa

Est défini comme lié uniquement au phénomène physique considéré, la crue fait l'objet de l'essentiel des travaux en hydrologie et hydraulique appliqués à la gestion des risques d'inondation. Il dépend du comportement hydrologique du bassin versant et du fonctionnement hydraulique du réseau hydrographique. Il peut être quantifié sur une parcelle (avec une précision plus au moins bonne) grâce aux variables hydrologiques classiquement utilisées que sont la profondeur d'eau et la durée d'inondation, associée à une période de retour. Sur cette dimension probabiliste de l'aléa traduit la notion de fréquence ou de période moyenne de retour (**Gilard , 1998**). Les principaux paramètres nécessaires pour évaluer l'aléa sont :

- La période de retour des crues ;
- La hauteur et la durée de submersion ;
- La vitesse d'écoulement ;
- La torrencialité du cours d'eau.

### b. Enjeu

Le phénomène a le potentiel d'affecter un grand nombre de personnes, de biens et de services. L'impact d'aléa sur les enjeux est déterminé par leur importance (nombre, importance, nature) ainsi que leur vulnérabilité.

### c. Risque

Un risque est le résultat d'un aléa et d'un défi. Lorsqu'un aléa se manifeste dans une zone à capitaux humains, le risque est considéré comme existant. Des enjeux économiques et environnementaux sont présents. Un aléa sans conséquences n'est ni Il n'y a donc aucun danger. L'ampleur du risque est proportionnelle à la vulnérabilité des enjeux.

### d. Vulnérabilité :

La vulnérabilité de l'occupation des sols aux inondations traduit le fait que les dommages économiques directs et indirects, et plus au moins sévères, apparaissent lorsque l'eau inonde une parcelle. De façon classique, des courbes de dommages qui relient entre eux les paramètres de profondeur d'eau et le coût des dommages correspondants peuvent être construites d'une manière classique. La vulnérabilité se définit dans le même espace que l'aléa, à savoir en termes de profondeur, durée et période de retour (h, d, T) (**Gilard , 1998**).

### I.4. Conséquences

#### I.4.1. Atteintes aux hommes, aux biens et aux activités

La vulnérabilité de la population est exacerbée par sa situation dans une zone inaccessible. Lorsque les temps d'alerte et d'évacuation sont trop courts ou inexistants, ou lorsqu'il y a des orages rapides ou torrentiels, la vie d'une personne est mise en danger. La menace est représentée par la possibilité d'être expulsé ou expulsé, ainsi que par la possibilité d'être expulsé ou isolement sur un groupe d'îles coupées du reste du monde. Des connexions interrompues peuvent être dangereuses, voire impossibles à intervenir les secours. De plus, les dommages indirects (perte d'activité, chômage) sont estimés à plusieurs milliards de dollars. Les dommages indirects aux biens (techniques, etc.) sont souvent plus importants que les dommages directs aux biens mobilier et immobilier.

#### I.4.2. Atteintes à l'environnement

Les détériorations de l'environnement naturel sont causées, entre autres, par l'évaporation, les déplacements ordinaires de matelas et le déversement de matériaux. L'érosion, le charriage, la suspension de matières et l'illuviation jouent un rôle dans l'évolution du milieu naturel de ces zones. Des points positifs comme des points négatifs pour les zones industrielles situées dans des zones inaccessibles, il existe un risque de pollution et de contamination. Il est important de considérer la possibilité d'un accident technologique (**Meddi, 2004**).

### I.5. Inondations en Algérie

L'Algérie a connu un certain nombre d'inondations dévastatrices au cours de son histoire. Si par le passé, les inondations étaient principalement associées à l'épuisement des grands cours d'eau dans les plaines agricoles, elles ont désormais surtout touché les grandes villes et les zones urbaines (Alger en 2001 et 2007 ; Bejaia en 2012), entraînant plusieurs morts humaines et d'importants dégâts matériels. L'examen des événements catastrophiques survenus dans notre pays révèle que la fureur des eaux tumultueuses des oueds a fréquemment englouti de vastes étendues de terres agricoles, de plaines et d'habitations à travers le pays (**Lahlah, 2004**).

Par exemple, les inondations de Bab El Oued en novembre 2001, qui ont tué plus de 800 personnes ; ou celle de l'automne 2008, qui ont fait des dizaines de morts à Ghardaïa, Ain Defla, Batna et Bechar ; ou les inondations du printemps 2009, qui ont fait des dizaines de morts de personnes à Ghardaïa, Ain Defla, Batna et Bechar. Celles de 2012 qui ont frappé le nord algérien continuent de faire des ravages (**Touaibia et al., 2005**).

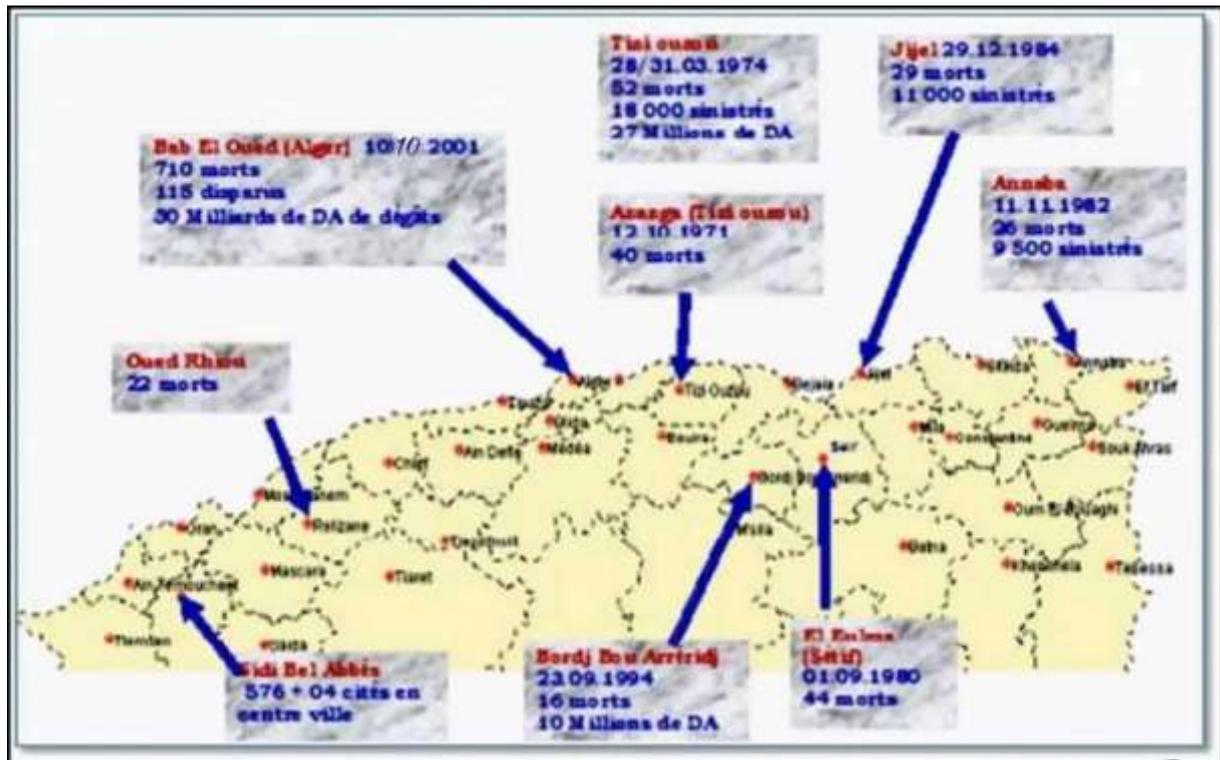


Figure 5. Inondations en Algérie (Mehdi, 2016)

Suite à ces inondations meurtrières, de nombreux projets de protection ont été réalisés et le ministère des Ressources en eau a lancé des études pour inventorier les zones inondables, étudier l'intensité des phénomènes et calculer des paramètres. Expliquer les raisons et leurs conséquences, ainsi que créer une carte haute résolution des zones périlleuse (Touaibia et al., 2005). Selon une enquête menée par les services de la protection civile, une communauté Sur trois, il est possible d'être inondé partiellement ou totalement.

L'Algérie est confrontée aux phénomènes de crues et inondations plus fréquentes que les séismes. Ces phénomènes provoquent des catastrophes plus destructrices et occasionnent d'importants dégâts humains et matériels.

Il n'existe pas de régions susceptibles d'être prémunies contre de tels risques en raison de leur caractère imprévisible. Aux demeures, les analyses faites à propos des crues et des inondations dans notre pays mettent en évidence leur violence et leur spontanéité ainsi que leur survenance brutale après une période de sécheresse (protection civile).

Il y a lieu de noter ici quelques cas significatifs des inondations survenues dans le tableau suivant :

## Chapitre I : Généralités sur les crues

**Tableau 1.** Inondations les plus importantes en Algérie et leurs vestiges

La région	La date d'événement	Pertes humains	Pertes matériel
Inondations catastrophiques généralisées aux bassins de l'Est	09/10/1969	27morts et 44 blessés et 5014 sinistrés	495 millions de DA
Azazga (Tizi- Ouzou)	12/10/1971	40 morts	centaines d'habitations détruites
	28 à 31/03/1974	52 décès et 18000 sinistrés	
El- Eulma (Sétif)	01/09/1980	44 décès	44 décès.
Annaba (centre-ville)	11/11/1982	26 morts et 9500 sinistrés	Plusieurs habitations détruites
Jijel	29/12/1984	29 morts et 11000 sinistrés	10 millions de DA
la ville de Oued R'hiou wilaya de Relizane	20/10/1993	23 morts Et 20 blessés	Importants Dégâts matériels
Burdj- Bou-Arredj	23/09/1994	16 décès	dégâts (10 millions DA)
Mostaganem	Novembre 1927	3000 morts	échelle de gravité : 5.
plusieurs régions du pays	Mois d'octobre 1994,(10 jours)	60 décès et des dizaines de disparus	/
Skikda	17-11-2004	plus de 100 familles sans abri, 219 familles sinistrées	établissements scolaires fermées (3 lycées, 6 collèges d'enseignement moyen et 4 écoles fondamentales)
Alger (Bab El Oued)	10-11/11/2001	733 décès, 30 000 personnes sans-abris et 115 disparus	30 milliards de DA
Ghardaïa	1/10/ 2008	33 décès et 84 blessés	600 maisons détruites
Ain Defla	09 /10/ 2008	10 décès et 8 blessés	/
Batna	Octobre 2008	2 décès et plusieurs maisons submergées	Pertes considérables au niveau des quartiers commercial
Bechar	15-16 /10/ 2008	8 décès	Dégâts matériels importants, la plus grande inondation depuis 1959
El Bayadh	01/ 10/ 2011	10 décès	170 maisons et 02 ponts détruits.

### I.6. Méthodes de d'analyse des crues

#### I.6.1. Méthodes d'estimation des crues

En général, l'estimation des crues se situe à trois niveaux d'appréciation issus : de mesures, d'enquêtes et de calcul. Elle dépend également d'autre critère, telle la fréquence d'apparition ou le temps de retour.

##### a. Mesures

La mesure typique de hauteur d'eau peut être classées en deux catégories: Mesures d'intervalles de temps et témoignages de crue dans le milieu après la crue (hauteur d'herbes parsemées, érosion sur les crêtes, traces des effets du passage de l'eau sur les cultures, les arbres et les ouvrages). Par conséquent, il est important d'aborder les mesures cruelles avec prudence, en particulier lors d'événements majeurs, bien qu'elles ne soient pas inutiles. Par exemple, des estimations « brutes » ou « ordres de grandeurs » peuvent être (**Masson, 1991**).

##### b. Enquête

Il existe deux niveaux auxquels les enquêtes peuvent être menées :

- Immédiatement après une croisière spécifique, en présence d'autres témoins de l'événement. Cette enquête permet de recueillir des données qui doivent être scrutées avec la même prudence que les données sur la mesure. Pour trouver des informations historiques sur le comportement des crues dans une région ou pour une rivière spécifique, consultez les archives et/ou d'autres enquêtes propres. L'enquête historique permet plus que d'estimer l'ampleur d'un événement en le situant dans sa chronologie (ce qui est utile pour la fréquence d'occurrence de la crue dans un environnement géographique et socio-économique précis). Ces informations sont également très utiles pour définir une "crue de projet" lors du dimensionnement d'ouvrages ou de l'évaluation des risques hydrologiques (**Graff, 2004**).

#### I.6.2. Méthodes de calculs

Sur le plan technique, elles doivent être adaptées avant tout aux mesures et informations disponibles. Ils doivent tenir compte de l'importance des aménagements à opérer et /ou des valeurs socio-économiques des actifs qu'ils souhaitent protéger au niveau de leur développement et , indirectement , au niveau de leur coût .En général, les méthodes de calcul utilisées sont réparties comme suit, en fonction des données disponibles dans la zone où l'application doit être réalisée .

- Il n'y a pas ou peu de données disponibles : Application de méthodes analogues, régionales, empiriques ou pseudo-empiriques
- Données pluviométriques et neigeuses (en même temps) : Des méthodes déterministes sont utilisées.
- Des données existantes et une quantité suffisante de pluie et de rosée : application de méthodes statistiques utilisables qui peuvent être couplées aux méthodes déterministes (**Roche, 1963**).

### **I.6.3. Méthodes de reconstitution des crues à partir des côtes atteintes dans le passé**

Les traces de crues sont recherchées sur des ouvrages (maisons, ponts, ...), ensuite les hauteurs d'eau sont exploitées en utilisant des modèles hydrauliques, ou en procédant par le calcul à la détermination des débits de crues. Il y'a aussi les mesures délaissées (**Musy, 1999**), qui sont les traces délaissées par le passage de la crue sur les bâtiments, les arbres, les cultures...etc.

### **I.6.4. Méthodes de détermination des débits extrêmes des Crues**

Connaître les débits extrêmes des crues, ainsi que leurs périodes de retour, permet d'évaluer le risque et d'identifier le danger auquel on est exposé ; par conséquent, une revue des différentes méthodes de détermination de ces débits de crues s'impose en fonction de la disponibilité des données (**Meylan et Musy, 1999**).

### **I.6.5. Méthodes empiriques**

Ces méthodes sont utilisées quand peu ou pas de données sont disponibles.

#### **1.6.5.1. Méthodes de reconstitution des crues à partir des côtes atteintes dans le passé**

Les traces de crues sont recherchées sur des ouvrages (maisons, ponts, ...), ensuite les hauteurs d'eau sont exploitées en utilisant des modèles hydrauliques, ou en procédant par le calcul à la détermination des débits de crues. Il y'a aussi les mesures délaissées (**Musy, 1999**), qui sont les traces délaissées par le passage de la crue sur les bâtiments, les arbres, les cultures...etc.

#### **1.6.5.2. Formules empiriques**

Ces formules sont nombreuses et reposent sur des expérimentations ou des connaissances spécifiques propres aux régions pour lesquelles elles ont été déterminées. Ces formules

empiriques doivent être utilisées avec prudence pour déterminer si elles sont applicables dans une région donnée.

### I.6.4. Méthodes Statistiques

Quand les données de débits sont disponibles, on a recours aux méthodes statistiques, pour une prédétermination des débits max de crues.

#### I.6.3.3. Méthode du Gradex

Il s'agit d'une méthode de détermination des crues basée sur le traitement statistique de valeurs uniques de débits observés. C'est un des outils de calcul des débits extrêmes de crues dans les cours d'eau à des fréquences allant de 10<sup>-2</sup> à 10<sup>-4</sup>. C'est aussi un des outils de calcul des débits extrêmes de crues dans les cours d'eau périodes de retour allant de 100 à 10000 ans, conçue par des ingénieurs d'électricité de France (**Benkhald, 2010**).

### I.7 Analyse fréquentielle

L'analyse fréquentielle tente de prédire le comportement des cours d'eau en déterminant les quantiles qui correspondent à des périodes de retour spécifiques. Ceci est fait à l'aide d'une approche statistique basée sur des données brutes historiques et actuelles auxquelles il faut se soumettre au traitement statistique.

L'analyse fréquente emploie un certain nombre de méthodologies, dont les détails sont décrits dans les sections suivantes.

**Tableau 2.** Points clés d'une analyse locale des probabilités (**Lang & Lavabre, 2007**)

Etapes	Points Clés
(a). Echantillonnage	Extraction de valeurs maximales respectant plusieurs hypothèses : Caractère aléatoire, valeurs indépendantes, échantillon homogène, processus stationnaire
(b). Validation d'une distribution théorique	Choix d'une distribution et d'une méthode d'estimation des paramètres Test d'adéquation et (Visuel statistique
(c). Extrapolation aux évènements non observés	Limite de validité à fixer, en fonction de la qualité des données, de la taille de l'échantillon et de la bonne adéquation de la distribution théorique aux observations

#### I.7.1. Echantillonnage

L'échantillonnage peut se faire en extrayant les valeurs maximales annuelles ou toutes les valeurs supérieures à un certain seuil. Il est censé permettre de rassembler les valeurs générées par une variable alpha, qui peuvent être utilisées pour tester les hypothèses suivantes :

- Les variables extractibles doivent être homogènes ou uniformément distribuées (elles doivent tous faire partie de la même population d'événements).
- Les variables utilisées doivent être indépendantes et stationnaires (les paramètres du modèle la distribution ne change pas avec le temps).

### I.7.2 Tests d'hypothèse

Une fois l'échantillonnage effectué, on soumet l'échantillon de valeurs à une série de tests statistiques afin d'en vérifier l'indépendance, la stationnarité et l'homogénéité, conditions d'un bon ajustement :

### I.7.3 Test d'homogénéité

Un échantillon de données aléatoires est dit "homogène" lorsque les données qui le constituent proviennent de la même distribution (prises dans les mêmes conditions). La vérification de cette hypothèse est fondée sur la comparaison des moyennes des données obtenues avant et après la date de changement dans la procédure d'acquisition des données, lorsque cette dernière date de changement est connue.

### I.7.4 Test d'indépendance

Par définition un échantillon est dit indépendant lorsque une collection d'évènements qui est pris deux à deux, vérifient :  $Prob(x_i, x_j) = Prob(x_i)Prob(x_j)$ .

L'indépendance des évènements successifs retenus lors de l'échantillonnage peut être vérifiée par diverses techniques statistiques:

- Le test de Bartlett pour l'autocorrélation ;
- Le test de Von-Neumann ;
- Test de Wald-Wolfowitz

#### I.7.4.1 Test de Wald- Wolfowitz

Une série de données est dite indépendant si une donnée n'est pas influencée par la donnée qui la précède. Le test non paramétrique le plus utilisé pour vérifier l'hypothèse d'indépendance des observations est le test de Wald-Wolfowitz.

Soient  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  de  $n$  variables aléatoires, le test permet de comparer les deux hypothèses suivantes :  $H_0$ :  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  sont indépendantes.

Ou :  $H_1$  :  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  ne sont pas indépendantes.

### I.7.5 Test de Stationnarité

La stationnarité d'un échantillon est définie comme son indépendance par rapport au temps. Avant de faire un test statistique pour déterminer la stationnarité d'un échantillon, les valeurs des variables peuvent être vérifiées visuellement en les traçant sur un graphique de variables par rapport au temps, et pour voir s'il y a une tendance ou non, des tests statistiques de stationnarité :

- Le test de Mann-Kendall.
- Le test de Spearman.

#### I.7.5.1 Test de Mann-Kendall

Les données composant une série sont dites "stationnaires" si leurs caractéristiques statistiques (moyenne, variance ou moments, ...) ne varient pas en fonction du temps. Un des tests les plus prisés pour procéder à la vérification de l'hypothèse de stationnarité est le test de Mann-Kendall.

### I.7.6 Choix du modèle d'ajustement

L'ajustement d'un modèle fréquentiel à un échantillon donné a pour but de regrouper les données dans une fonction et ses paramètres, les données étant stockées au sein d'un même échantillon. Le choix d'un modèle d'analyse fréquentielle est sans doute l'étape la plus difficile du processus des incertitudes les plus importantes (**Meylan et al, 2012**). L'adoption d'un modèle fréquentiel pour étudier et décrire les phénomènes hydrologiques est donc une décision, un choix. **Dubreuil (1974)** donne des éléments d'aide au choix de la loi théorique à choisir :

1. Dans une région climatique donnée, une variable hydrologique déterminée suit généralement la même loi en tout site d'observation, d'où l'intérêt des études systématiques et celui de la connaissance de toute étude antérieure.
2. En l'absence d'information régionale, un essai de report graphique des points observés sur papier à échelle gaussien des abscisses, ce qui permet d'envisager une loi normale en une loi dissymétrique. Selon **Musy et Meylan (1999)**, le choix du modèle fréquentiel est déterminant

quant à la validité des résultats d'une analyse fréquentielle, seulement il n'existe pas de formule universelle pour choisir un modèle

### **I.8 Analyses fréquentielles des crues :**

L'analyse fréquentielle repose sur la définition et la mise en œuvre d'un modèle fréquentiel qui est une équation décrivant le comportement statistique d'un processus. Ce modèle décrit la probabilité d'apparition d'un événement de valeur donnée.

La prévention d'une inondation ou d'un glissement de terrain nécessite avant tout une planification. Avoir des informations historiques et préhistoriques sur des crues antérieures mis en relation avec la fréquence connue des occurrences. Selon **Ouarda et al. (1998)** il existe trois types d'informations non courantes aux crues :

1. Preuve physique d'un événement passé (paléo hydrologie);
2. Preuve botanique d'anciennes crues qui ont laissé des traces sur des arbres anciens;
3. Des observations consignées dans les journaux et archives, ainsi que des témoignages...

Lorsqu'il s'agit de la période préhistorique (paléo hydrologie), les crues sont déterminées à l'aide d'indicateurs géologiques et biologiques, l'intensité du phénomène n'est pas toujours connue, et l'occurrence du phénomène est déterminée mais avec incertitude. La période historique est étudiée à l'aide de méthodes d'archivage, et cette période peut être subdivisée en deux parties :

- a. La partie la plus ancienne du site contient des informations sur les événements à venir ponctuels à l'occasion d'événements exceptionnels.
- b. La deuxième partie concerne les observations régulières qui ont commencé à voir la lumière. Jusqu'à la fin du XIXe siècle, lorsque des services d'annonce des croisières furent mis en place, elle n'avait aucun moyen de le savoir. Il est composé de marqueurs de hauteur.

### **I.9. Conclusion**

La réduction des dommages causés par les catastrophes nécessite avant tout une connaissance des régions à risque, ainsi que l'identification des facteurs qui favorisent et amplifient ces phénomènes. Aussi une enquête approfondie qui conduit à la décision la plus appropriée quant aux méthodes utilisées pour une analyse de fréquence des crues, résultant en une meilleure compréhension du phénomène et des prévisions plus précises.



***Chapitre II : Présentation  
de la région d'étude***

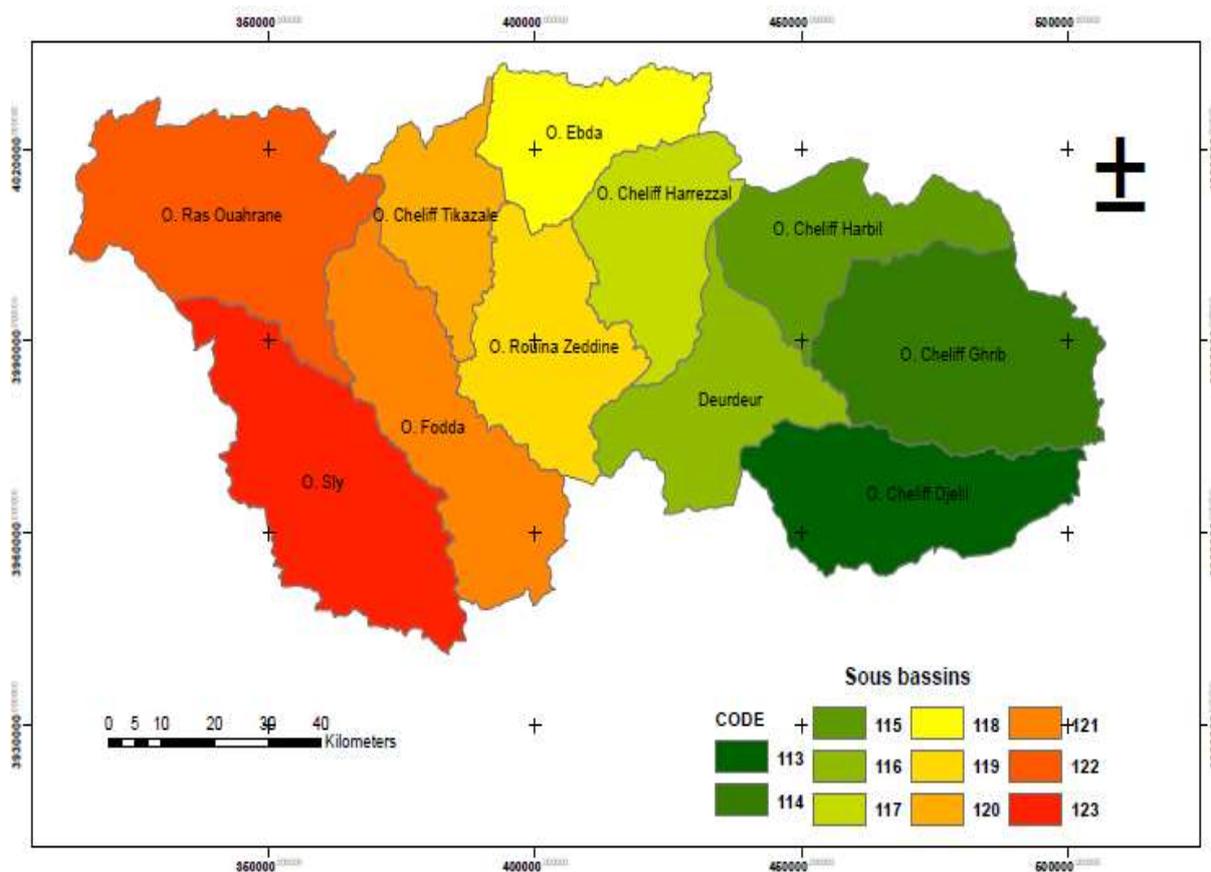
### Introduction

La présentation de la zone d'étude est primordiale, afin de cerner les caractéristiques de la région et les facteurs qui peuvent bien influencer sur cette étude. Le bassin versant Cheliff a été choisi comme bassin d'application suite à la disponibilité et à la diversité des données, qui permettent de donner une vision assez complète du bassin versant. Ce chapitre présente les principales caractéristiques du bassin, les données du milieu physique, et l'interprétation faite quant au fonctionnement hydrologique de cette région d'étude.

### II.1. Situation géographique du bassin de Chélif

Le bassin du Chélif est du point de vue superficie, le plus vaste bassin hydrographique en Algérie, il représente plus de 77 % de la superficie totale du bassin Chélif-Zahrez avec une superficie de 43750 km<sup>2</sup>, il s'étend entre les longitudes 0° 7' et 3° 31' Est et les latitudes 33° 53' et 36° 26' Nord et limité au nord par les monts du Dahra et au sud par l'Atlas saharien. Il comprend, du nord au sud la vallée du Chélif, le massif de l'Ouarsenis, les hauts plateaux allant de Saïda à Tiaret, les plaines de Nahr Ouassel et Ain Oussera (ANRH, 2014). Le bassin du Cheliff est le plus vaste bassin hydrographique du nord du pays. Il est compartimenté en trois bassins versants :

- Le bassin du Cheliff- amont du barrage de Boughzoul.
- Le bassin du haut et du moyen Cheliff.
- Le bassin du bas Cheliff et de la Mina.



**Figure 6. Carte des sous bassin du Cheliff bassins versants de l'Algérie (Source : ABH-CZ, 2004).**

### II.2. Situation administrative du bassin Chélif

Sur le plan du découpage administratif, la région hydrographique englobe trois wilayas entières (Chlef, Tissemsilt et Relizane) et neuf wilayas en partie (Ain Defla, Médea, Djelfa, Laghouat, Tiaret, Saida, Mascara et Mostaganem.). Ces onze Wilayas forment le bassin hydrographique de Chélif contient 2 598 240 habitants (ANRH Blida, 2005).

### II.3. Caractéristiques du bassin versant de Chélif

#### II.3.1. Caractéristiques physiques du bassin versant de Chélif

##### II.3.1.1. Géologie

Le bassin du Chélif appartient aux bassins sédimentaires sublittoraux allongés Est -Ouest et mis en place après la dernière phase alpine de tectonique tangentielle. Au Nord, cette dépression est séparée de la mer par le Tell septentrional représenté par une suite de reliefs parallèles formés essentiellement de terrains jurassique-crétacés qu'elle se trouve aussi dans la plaine (Dahra et massifs épi-métamorphiques à schistosités du Doui, Rouina et Témoulga).

Au sud, le bassin du Cheliff est limité par le Tell méridional représenté par un ensemble de massif montagneux où le substratum y est principalement marno-calcaire et correspond à l'allochtone tellien avec ses différentes nappes (**Gourinard et al., 2004**). Une phase infra-crétacé, compressive donne des plis NE-SW ; Une phase à composante tangentielle intervient après le Sénonien et le Paléocène et serait en partie responsable de l'épi métamorphisme. Une phase datée Aquitano-Burdigalienne, compressive et profonde génératrice d'un nouvel épi métamorphisme. Pendant que les nappes telliennes achèvent de se inerte en place, un nouveau cycle sédimentaire s'amorce marqué par une transgression qui envahit le bassin et finit par déposer une épaisse sédimentation mio-plio-quadernaire. Parallèlement, le bassin du Chéiff est soumis pendant le Néogène à une importante tectonique principalement intensive pour certains auteurs. Cette tectonique continue jusqu'a l'achale comme en témoigne l'intense activité séismique de la région (**ABH-CZ, 2004**).

### II.3.1.2. Hydrogéologie

La région se compose de sillon du Chéiff encadré par les deux chaînes telliennes (Monts du Dahra au Nord et le Massif de l'Ouarsenis au Sud). Le sillon de Chéiff est compartimenté en trois cuvettes (Haut, Moyen et Bas Chéiff) séparées par deux seuils le seuil d'Ain Defla et le seuil d'Oum Drou. De nombreuses formations géologiques contiennent des eaux souterraines, les plus anciennes sont attribuées au jurassique et les récentes correspondent aux alluvions Quadernaire, la lithologie permet de regrouper les formations géologiques de la manière suivantes :

- Des calcaires où les circulations favorisées par la fissuration ou l'érosion Karstique tel que les calcaires liasiques du Zaccar éminemment perméables (près de tiers des précipitations s'y infiltrent), de Rouina et Temoulga.
- Les calcaires à Lithothamniées du Miocène supérieur.
- Des grès plus ou moins consolidés du Barrémiens et de l'Albiens dans la plaine d'Ain Oussera, le plateau du Sersou et de Slim et du Calabriens sur le Plateau de Mostaganem.
- Des dépôts détritiques à perméabilités variables tels les grès et poudingues du Miocène, les sables, les galets, les graviers et les poudingues du Pliocène et du Quadernaires.
- Des alluvions récentes du Quadernaire souvent argilo-limoneuses et peu favorables à l'infiltration.

- Les alluvions grossières acheminées de certains secteurs du Haut, Moyen et Bas Chélif
- Des formations imperméables ou très peu perméable représentant la majorité des dépôts de la région (séries crétacées et tertiaires du Dahra, de l'Ouarsenis) (**ABH-CZ, 2004**).

### II.3.1.3. Pédologie

Les sols du bassin de Cheliff sont composés de quatre ensembles :

-Les sols alluviaux peu évolués du bassin de Cheliff ont des caractères qui dépendent essentiellement des modes d'alluvionnement. Les caractères qui sont déterminés par la nature des alluvions sont relativement constants, les roches mères étant réparties de façon assez homogène dans les bassins versants.

-Les sols hydro morphes sont assez étendus malgré le climat. Parfois ils sont dus à l'affleurement des nappes phréatiques.

-Les sols salés du Cheliff sont dans la très grande majorité des cas des sols primaires dans lesquels la dynamique saisonnière des sels est assez fiable : il n'y a ni lessivage ni concentration en surface.

-Le type de sols automorphes des plaines de Cheliff est le sol marron.

Les principaux caractères communs de tous ces sols sont un PH supérieur à 7 la présence d'horizons d'accumulation du calcaire même lorsque la roche-mère n'est pas carbonatée, des teneurs en sels soluble et la répartition des matières organiques (**Bouzada, 2013**).

### II.3.1.4. Topographie

Le bassin du Chélif, qui s'étend entre les montagnes du nord du Dahra et les hautes plaines des Chotts Chergui et Gharbi du Zahrez, présente un relief distinct.

Quatre espaces naturels distincts sont à identifier : les massifs montagneux du Dahra Zaccar au nord, qui s'échelonnent de 700 à 1 580 mètres d'altitude, et le massif de l'Ouarsenis au sud, qui culmine à environ 2 000 mètres d'altitude, le Chélif vallée au milieu, et une région côtière (**Benhattab et al., 2014**).

•Dans le Bassin Chélif, la hauteur moyenne des bassins d'étude varie de 640 mètres (Aval Boughzoul) à 980 mètres (hauts plateaux) (Amont Boughzoul).

•L'altitude moyenne varie de moins de 300 mètres (dans les bassins du Chélif Ouarizane et Mina aval) à plus de 900 mètres sous bassins Oued Deurdeur et Oued Abd amont, sous bassins Oued Deurdeur et Oued Abd amont. Elle est élevée dans les sous bassins des hautes plaines (Amont Boughzoul). Elle varie entre 790 m (sous bassin Diaa Boughzoul) à 1410m (sous bassin Oued Sebga Berkana).

## Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

---

Il s'avère que les secteurs, d'altitude supérieure à 1200 m, sont peu étendus dans les bassins Aval et Amont Boughzoul; Elles correspondent à des massifs montagneux importants, seuls les sommets des monts de l'Ouarsenis, des monts de Tiaret et des djebels Ammour dépassant les 1600m d'altitude.

Les zones d'altitude comprise entre 400 et 1000 m, couvrent 13 899 km<sup>2</sup> dans le bassin aval Boughzoul, soit environ 58% de la superficie total de ce bassin. Les zones d'altitude comprise entre 700 et 1200 m, couvrent 15 736 km<sup>2</sup> dans le bassin Amont Boughzoul, soit environ 79% de la superficie totale du bassin.

Les zones dans les bassins à l'amont du barrage Boughzoul correspondent en majorité aux bassins des hautes plaines. L'altitude de ces dernières ne descend, que très rarement, en dessous de 700 m.

Enfin, les secteurs, d'altitude inférieure à 400 m dans le bassin aval Boughzoul, représentant un peu plus du quart (29,45%) de la superficie totale du bassin. Elles concernent essentiellement la moitié septentrionale du bassin. Il correspond exclusivement aux vallées drainées par le Moyen et le Bas Chélif (le principal affluent : l'Oued Mina) (**Mehaiguen, 2005**).

### II.3.1.5. Réseau hydrographique

Le bassin de l'Oued Chélif est formé par la confluence de deux cours d'eau majeurs : l'Oued Touil et le Nahr Ouassel, qui drainent respectivement 16 338 km<sup>2</sup> et 3 651 km<sup>2</sup> et donnent naissance à l'Oued Chélif.

- L'oued Touil prend sa source dans l'Atlas saharien, près d'Aflou dans les montagnes du Djebel Ammour. Il traverse successivement les hautes plaines de quatre wilayas : Laghouat, Djelfa, Tiaret et Médéa au barrage de Boughzoul, avec une orientation SW-NE, jusqu'à atteindre Chahbounia à Médéa, où il rencontre l'oued Nahr Ouassel, qui se jette dans une direction oblique au nord-est et traverse trois wilayas : Tiaret, Tissemsilt, et Médéa.

L'Oued Chélif résultant de jonction des deux grands cours d'eau précédents, prend d'abord une direction Sud-Nord et franchit la chaîne de Médea (Boughari). Ensuite, suivant une orientation SE-NW il traverse le massif de Gantass, et enfin il coule on oblique de l'Est à l'Ouest, traversant ainsi successivement (04) wilayas : Ain Defla, Chlef, Relizane et Mostaganem, jusqu'à son embouchure dans une large vallée vers la mer méditerranée.

Sur la majeure partie de son cours d'eau, il serpente au fond d'une vallée parallèle à la mer bordée au sud par le massif des Ouarsenis et au nord par la chaîne côtière des monts du Dahra et du Zaccar. De Boughzoul à l'embouchure du Chélif, la distance en ligne droite est

## Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

d'environ 250 km et la dénivellation à peu près 625 m. Durant tout ce parcours, l'Oued Chélif ne reçoit pas d'affluents importants sur sa rive droite sauf l'Oued Ebda et l'Oued Ras Ouahrane, mais sur sa rive gauche, il collecte les eaux de l'Oued Deurdeur, Harreza, Rouina Zeddine, Fodda, Sly, Rhiou, Djediouia et l'affluent important plus au Ouest : Oued Mina qui suit une direction Sud-Nord.

Les cours d'eau du massif Côtier du Dahra, qui s'étend sur une centaine de kilomètres d'Est en Ouest et sur une trentaine de kilomètres de large, sont orientés Sud-Nord vers la méditerranée et sont très courts et présentent une forte pente (Oued Damous, Allala, Tarzoult et Kramis). De cet ensemble, il est possible de délimiter trois grandes parties du bassin :

1- Le bassin Chélif à l'amont du barrage Boughzoul : correspondant à l'Oued Touil et Nahr Ouassel ainsi que le bassin du Zahrez.

2- Le bassin Chélif à l'aval du barrage Boughzoul : formé par l'Oued Chélif et ses affluents jusqu'à son embouchure.

3- Le bassin Côtier-Dahra : correspondant de l'Ouest à l'Est aux Oueds de Kramis, Allala et Damous (**Mehaiguene, 2005**).

### II.3.1.6. Végétation

La végétation est un facteur déterminant de la rapidité du ruissellement superficiel, du taux d'évaporation et de la capacité de rétention du bassin. Donc la présence de végétation va jouer le rôle de « Régulateur » dans le régime d'écoulement.

L'occupation végétale a une influence directe sur l'écoulement fluvial aussi bien que facteurs orographiques et climatiques. La résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense. Cette influence du forêt sur le régime des eaux dans le domaine méditerranéen a un rôle considérable.

### II.3.1.7. Population

Un tableau.3.montrant la densité de population de certains états sur les quels passe le bassin vessant de Chélif (**ONS, 2021**).

**Tableau 3. Répartition de la population selon les wilayas**

Nom de wilaya	Population	La superficie
Aine Defla	771 890 habitants	4 897 km <sup>2</sup>
Médéa	830 943 habitants	8 866 km <sup>2</sup>
Laghouat	477 328 habitants	25 057 km <sup>2</sup>
Chlef	1 013 718 habitants	4 791 km <sup>2</sup>
Tissemsilt	296 366 habitants	3 152 km <sup>2</sup>

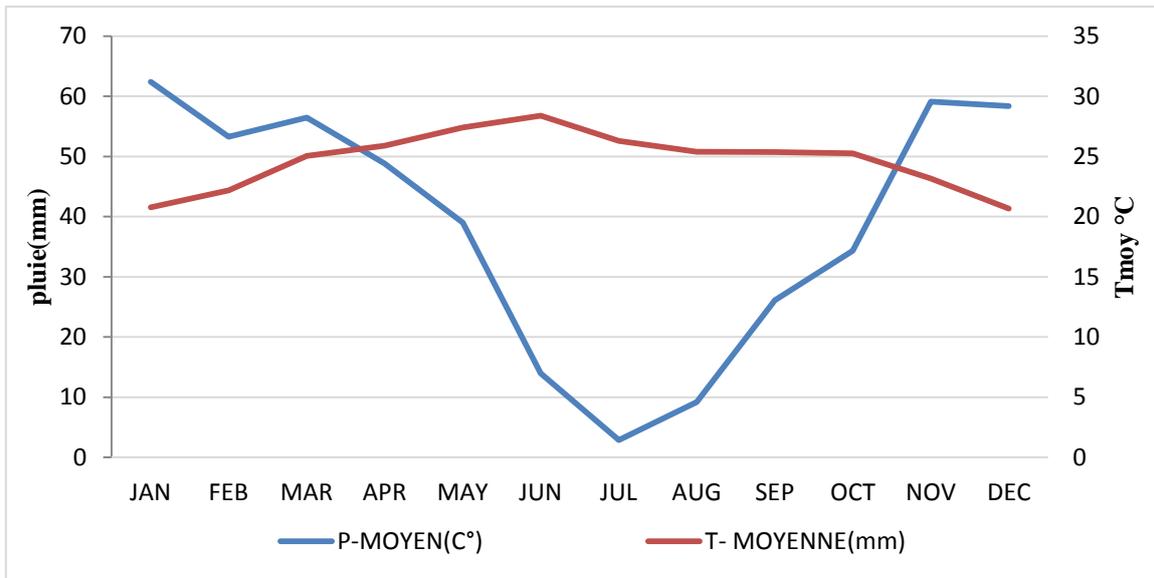
### II.3.2. Caractéristiques hydro climatiques

#### II.3.2.1. Climatologie

Le climat du Chélif se caractérise par des étés chauds et secs peu orageux et des hivers doux et humides et peut être appelé méditerranéen semi-aride (**Gomer, 1994**).

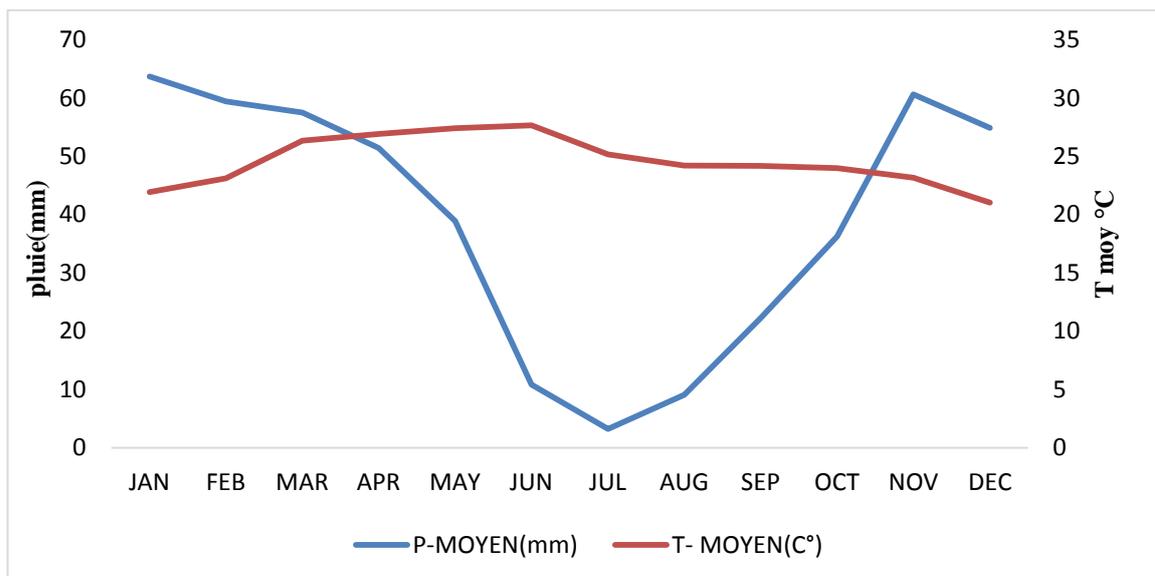
##### II.3.2.1.1. Diagramme Ombrothermique de Gauss

Le diagramme ombrothermique de Gauss est fait dans le but de extraite la période humide.



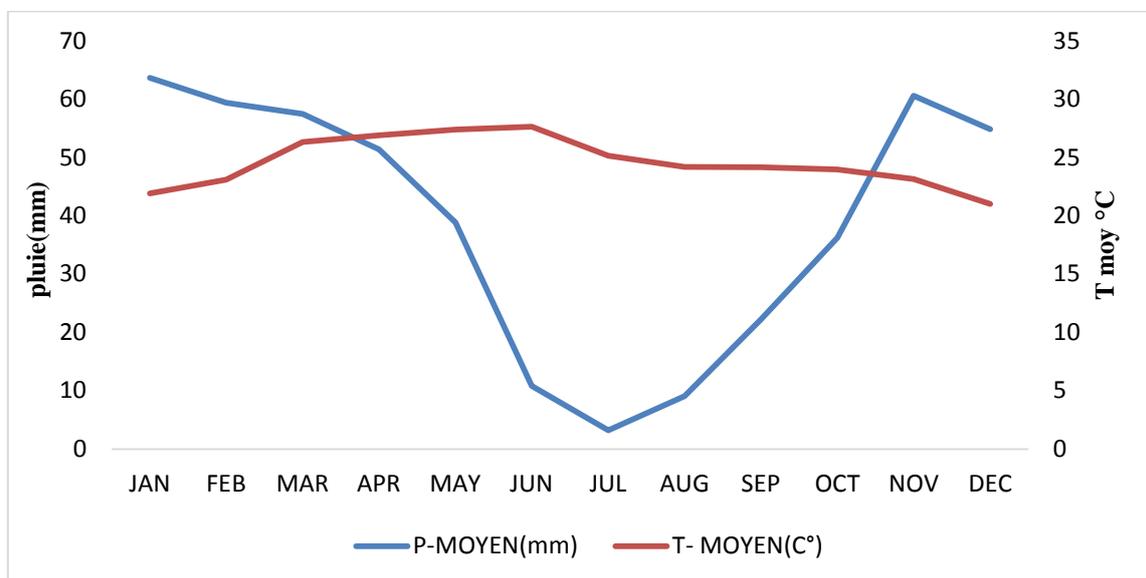
**Figure n°7** : Diagramme Ombrothermique de Bagnoles et Gausson (Grib amont, 1981-2021)

Deux périodes bien distinctes sont observées, une période sèche allant d'avril à octobre, et une période humide s'étalant de Novembre à Avril.



**Figure n°8 :** Diagramme Ombrothermique de Bagnoles et Gaussen (Oued al abtal 1981-2021).

Selon le diagramme, il est observé qu'une longue période sèche est révélée. Elle s'étale sur sept mois secs, allant de début de mois d'Avril jusqu'à fin de mois d'octobre.



**Figure n°9:** Diagramme Ombrothermique de Bagnoles et Gaussen (Marabout blanc 1981-2021).

À partir le diagramme Ombrothermique la période sèche s'étale de mois d'avril jusqu'à Octobre, et une humide entre la fin de mois d'Octobre jusqu'à Avril.

### II.3.2.1.2. Précipitation

Les précipitations est le paramètre climatique le plus important dans la cratérisation climatique d'une région donnée.

**Tableau n°4 :** Précipitation moyenne mensuelle pour quelques stations du bassin Chélif (1981-2021).

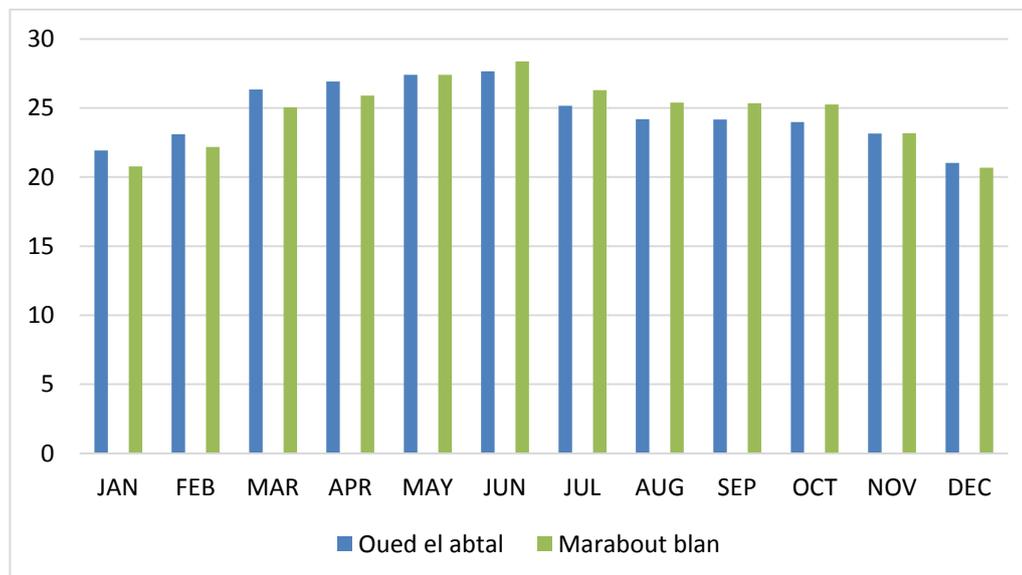
station mois	Moyenne mensuelles de précipitations (mm)											
	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Jui	Juill	Aout
<b>Oued el Abtal</b>	22,21	36,2	61	54,9	63,7	59,42	57,5	51,4	38,9	10,8	3,18	9,1
<b>Marabout blanc</b>	26,08	34,3	59	58,4	62,4	53,24	56,5	48,8	39	14	2,85	9,2

D'après les tableaux de précipitations moyennes mensuelles pour la période (1981-2021) enregistrées dans la station hydrométrique de Marabout blanc montrent que les mois les plus

pluvieux correspondent à Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars où la pluviométrie est supérieure à 50 mm. Donc durant ces mois le risque des crues est récurrent.

### II.3.2.1.3. Température

La température est un des éléments fondamentaux dans l'établissement du bilan hydrologique et dans la détermination du caractère climatique d'une région.



**Figure n°10** : Variation temporelle de température mensuelle (°C) (1981-2021).

D'après le histogramme la période froide allant du mois de Novembre au mois d'Avril, où au cours de ces mois a été enregistrée une baisse de température dans les stations (Oued el abtal, Ghib amont, Marabout)

### II.3.2.1.4. Evapotranspiration

L'évaluation de l'évapotranspiration potentielle suit la marche des saisons avec un minimum moyen de l'ordre de 25mm (Haut et moyen Chélif), 37mm (Bas Chélif et la Mina), et 31mm (Chélif à l'amont de barrage de Boughzoul) pendant le mois janvier. Le mois juillet connaît une valeur maximale de l'ordre de 232mm à la station de Ksar Chellala (Bassin Chélif).

Le total potentiel évaporatoire annuel serait de 1200 à 1600 mm, soit plus du double du total pluviométrique, avec un maximum de 1626 mm à la station de Sidi M'hamed Ben Aouda, et un minimum de 1258 mm enregistré à la station de Theniet El Had. En saison froide, l'évapotranspiration décroît progressivement jusqu'au moment où elle atteint des valeurs inférieures à celles des précipitations (ANRH, 2002).

### II.3.3. Morphométrie du bassin versant

La disposition morphologique des sous-bassins est caractérisée par les éléments suivants : Les régions montagneuses du Dahra situés au Nord dont la partie méridionale représentée par les monts de Medjadja présente une altitude moyenne qui varie entre 400 et 500m et par le massif de Zaccar et au sud djebel Ouarsenis. La cote altimétrique varie de 200m au niveau de la plaine à 1000 m au niveau des sommets. La plaine a une pente relativement faible (15%).

Elle est bordée au nord par des cônes de déjection qui constituent la zone de transition entre la vallée et la montagne. Au centre, les plaines de l'oued Cheliff qui forme une étroite bande d'une dizaine de kilomètre de largeur. Au sud, les collines qui constituent les piémonts de l'imposant massif de l'Ouarsenis se dressent en range dispersés ne sont pas très étendues (5 à 10 kilomètre de large (**Chekhchoukh & khadraoui, 2016**)).

### **II.3.3.1. Relief**

Les reliefs jouent un rôle important dans les calculs d'infiltration et de ruissèlement ; pour les reliefs à forte pente, le ruissellement sera rapide (torrentiel) et l'infiltration sera faible (le temps de concentration sera court). Plusieurs études ont trouvé un lien direct entre la quantité de pluie qui tombe à un endroit donné et la hauteur de cet endroit. La direction du relief par rapport au débit pluvieux influence également l'augmentation des précipitations avec l'altitude (**Llamas, 1992**).

### **II.3.3.2. Surface**

La surface topographique est le périmètre le plus important, il permet de contrôler l'intensité de plusieurs phénomène hydrologique (apport, volume de précipitation,...), elle est déterminé par planimètre sur carte topographique.

### **II.3.3.3. Périmètre**

Le périmètre, qui s'exprime en kilomètres, représente toutes les irrégularités du contour ou de la limite du bassin avant .Le contour du bassin est défini par une ligne qui relie tous les points les plus hauts.

### **II.3.3.4. Forme**

La forme du bassin versant est la configuration géométrique telle qu'elle est projetée sur un plan horizontal. Elle influence directement le temps de réponse du bassin, c'est à dire sur le temps de parcours des eaux à travers le réseau de drainage et par conséquent sur l'hydrogramme de crue (**Llamas, 1992**).

### **II.3.3.5. Pente**

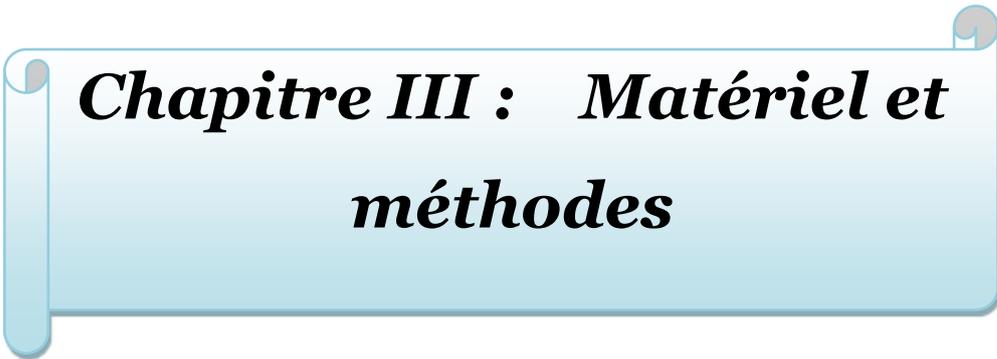
Elle détermine si les cours d'eau sont en phase érosive ou sédimentaire. Dans les zones plus élevées, les cours d'eau participent souvent à l'érosion de la roche sur laquelle ils s'écoulent. Au contraire, en plaine, les cours d'eau s'écoulent sur un lit où la sédimentation prédomine.

## Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

---

### **Conclusion**

Dans ce chapitre cadre d'étude est décrit, avec définition des données disponibles du point de vue topographie, géologie, climatologie.... ainsi que la situation hydrographique.



***Chapitre III : Matériel et  
méthodes***

### Introduction

Dans ce chapitre il sera question d'expliquer les différentes étapes de cette étude en présentant la méthode et les techniques d'analyse pour répondre aux problématiques initiales, ainsi que l'acheminement du travail.

#### 1. Données traitées

La collecte des données consiste à rechercher toute l'information hydrométrique disponible dans la région étude. Cette étape constitue la phase la plus importante et la plus fastidieuse de ce travail. Elle consiste à collecter l'information brute.

L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H) est l'organisme collecteur des données hydrométriques. Un nombre de 14 stations hydrométriques réparties dans la région d'étude ont été obtenues auprès des services de l'ANRH. Le débit moyen journalier présente la donnée brute à traiter dans cette étude qui sert pour tracer l'hydrogramme annuel. Les caractéristiques des stations analysées sont présentées dans le tableau suivant.

**Tableau 5. Caractéristiques des stations hydrométriques**

Station	Oued	Code	Latitude	Longitude	Hauteur
SB Amar	Oued Mina	01 29 09	35,317	1,129	676
Ain Amara	EL Abd	01 33 02	35,37	0,67	300
Arib Cheliff	Oued Cheliff	01 17 02	36,265	2,088	246
Takmart	EL Abd	01 33 01	35,11	0,68	600
Sidi A.E.K	Haddad	01 34 01	35,477	0,587	249
Oued EL Abtal	Mina	01 34 02	35,489	0,678	205
Relizane amont	Oued Mina	01 35 10	35,692	0,558	82
Bir Ouled Tahar	Oued Zeddine	01 19 05	36,113	1,931	332
Djenane Ben Ouadhah	Oued Cheliff	01 15 14	36,223	2,427	344
Ghrib amont	Oued Cheliff	01 14 07	36,075	2,647	528
Tamesguida	Oued Cheliff	01 15 01	36,211	2,665	513
EL Abbabsa	Oued Cheliff	01 17 15	36,157	2,074	319
Ouled Ben AEK	Oued Sly	01 23 11	36,006	1,284	181
Marabout Blanc	Oued Deurdeur	01 16 01	36,136	2,262	348

Les séries de débit moyen journalier ne montrent pas la même période d'observation. Ceci révèle que chaque station sera traitée et analysée séparément.



### 2. Méthodologie

La méthodologie suivie dans cette étude révèle toutes les étapes d'une analyse fréquentielle complète ; à savoir :

Détection des valeurs aberrantes ;

Tests d'hypothèses (stationnarité, homogénéité, indépendance) ;

Ajustement (test d'adéquation, comparaison) ;

Estimation des quantiles (période de retour).

En effet, cette analyse est appliquée sur les variables de crue qui sont extraites à partir de l'hydrogramme annuel.

Vivamus at arcu rhoncus, tincidunt dolor vitae, sodales ligula. Vivamus placerat, justo quis varius lobortis, diam orci elementum ante, ut tincidunt nunc elit id nisi. Morbi fringilla ex fermentum nibh imperdiet cursus. Aenean eu lacus pretium, dapibus arcu vel, venenatis elit. Etiam commodo convallis aliquet. Sed tellus neque, vulputate et arcu non, dapibus condimentum risus. Nulla sollicitudin risus a dolor sagittis tempus. Sed ex justo, maximus non diam sit amet, sagittis convallis lorem. Phasellus id bibendum nulla. Vivamus augue leo, porttitor id ornare eu, mattis sed sem. Nulla tellus nunc, scelerisque quis tempus sit amet, ornare quis risus. Nam aliquam dolor sed mi sagittis condimentum. Sed eget varius est.

Aliquam rutrum, ipsum eu interdum dapibus, urna odio luctus dolor, a sollicitudin libero enim quis magna. Nunc placerat mauris eget leo suscipit, in feugiat dui aliquet. Etiam aliquam gravida efficitur. Mauris libero velit, euismod eu arcu et, faucibus rhoncus tortor. In massa sem, condimentum ut massa ut, laoreet hendrerit dui. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia curae; Sed ac nibh suscipit, condimentum lacus nec, tincidunt nibh. Suspendisse quis feugiat neque, vitae sagittis justo. Nulla gravida lacus vel facilisis ornare. Vestibulum quis orci vitae arcu iaculis tincidunt. Maecenas magna sapien, gravida ut diam suscipit, ultrices aliquet felis. Aenean eros sapien, vehicula sit amet enim ut, ullamcorper imperdiet metus. Mauris at nunc vitae elit mattis commodo. Nullam luctus justo vel lectus laoreet consectetur.

Maecenas pretium, felis et mollis dapibus, urna libero auctor velit, et feugiat ipsum ligula sodales quam. Proin bibendum ex quis lorem tempor, in convallis arcu cursus. Donec eu nisl eu ipsum egestas pretium. Morbi arcu nibh, bibendum a ex sed, posuere aliquam dui. Etiam tempus blandit sapien, ut tempor quam volutpat eget. Donec dapibus elementum tempus. Nam feugiat dui tortor, pretium tempor mi gravida vitae. Morbi vitae maximus eros. Aliquam cursus blandit lorem faucibus eleifend. Suspendisse iaculis est in egestas dignissim. Curabitur

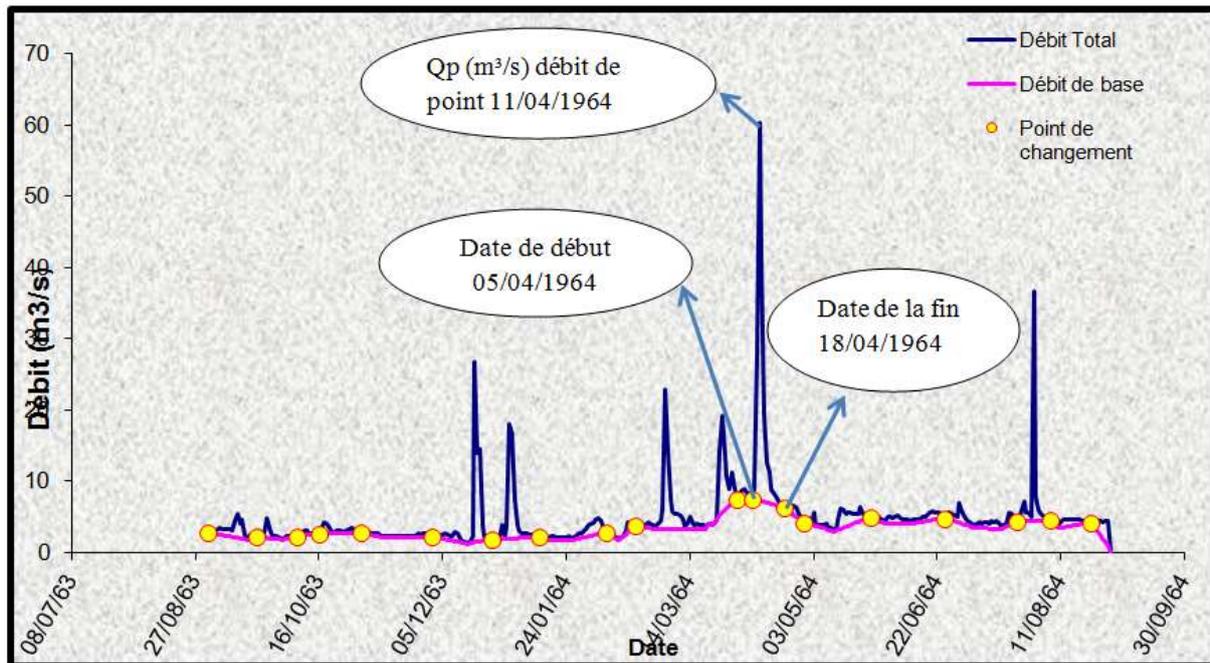
varius ex in ex dictum volutpat. Pellentesque in gravida turpis. Pellentesque congue fringilla ultricies. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Nunc efficitur, dui in tincidunt aliquet, elit nisi placerat urna, sed euismod nisl lectus sed mi.

Nullam quis laoreet erat. Cras diam risus, volutpat vitae maximus vel, volutpat vel nunc. Pellentesque libero enim, posuere a magna non, laoreet malesuada nisl. Ut facilisis, justo sit amet ultrices sollicitudin, nunc ex commodo magna, at finibus diam velit vel est. Aliquam tristique sit amet metus non euismod. Nam lorem nulla, posuere ullamcorper fermentum at, egestas non velit. Fusce hendrerit sed massa vitae pellentesque. Donec aliquet, eros eget suscipit consectetur, dolor tortor viverra lacus, a ultricies leo erat a turpis. Aliquam sed accumsan sem, vitae dapibus diam. Proin non ex accumsan neque pellentesque ornare nec eget odio.

Duis tempus tincidunt sagittis. Suspendisse porta, lectus in finibus dictum, nisi magna blandit magna, imperdiet interdum elit ante pharetra diam. Quisque et leo enim. Sed non tempus velit, vel egestas magna. Cras viverra ex nulla, sit amet vestibulum ligula feugiat quis. Phasellus in tortor sapien. Maecenas eget massa est. Mauris dapibus maximus diam non laoreet. Phasellus sed neque commodo nunc pretium tincidunt. Quisque sed urna a metus pulvinar ultricies ac quis eros. Fusce suscipit sodales nulla. Mauris erat nunc, molestie vel accumsan sed, imperdiet vitae magna. Integer suscipit iaculis nibh, malesuada imperdiet sem viverra auctor. Suspendisse potenti.

Ut finibus, augue id tincidunt dignissim, leo ipsum vehicula neque, ac ultrices est est nec dolor. Cras nec ex quis felis placerat mattis quis rutrum ante. Maecenas nec justo in augue feugiat sollicitudin. Vestibulum at risus a nisl molestie pharetra. Pellentesque bibendum dapibus lorem, at congue arcu pellentesque in. Nullam ac mi eu enim ultricies luctus. Nulla sagittis velit eu magna pharetra efficitur ut gravida dolor. Praesent vel justo vel massa pulvinar iaculis in ac ex. Sed ac cursus metus. Integer eget ultricies mauris, ac imperdiet magna. Cras sed placerat nulla.

Pellentesque vitae bibendum tellus, et congue lorem. In hac habitasse platea dictumst. Maecenas egestas nec erat convallis consequat. Aliquam quis nibh non mi efficitur suscipit in in felis. Nam laoreet nibh ligula, maximus accumsan libero cursus sed. Suspendisse eleifend egestas leo at dignissim. Suspendisse diam ligula, vulputate eget congue id, vehicula nec diam. Ut fermentum elit sem, at scelerisque mauris suscipit facilisis. Cras posuere nulla ac magna suscipit varius. Aliquam tempor feugiat turpis, vitae auctor quam porta ut. Sed fermentum arcu nulla. Proin tincidunt imperdiet risus, id eleifend leo ullamcorper ut. Etiam



**Figure 12.** Séparation de débit de base et de débit total dans l’hydrogramme annuel pour la station d’Oued EL Abtal 1963-1964.

Après l’extraction des variables, une année hydrologique dont une seule crue est sélectionnée, indique trois variables caractéristiques de cette crue.

## 2.2. Statistiques descriptive

La statistique descriptive est la branche des statistiques qui regroupe les nombreuses techniques utilisées pour décrire un ensemble relativement important de données. L’objectif de la statistique descriptive est de décrire, c’est-à-dire de résumer ou représenter, par des statistiques, les données disponibles quand elles sont nombreuses. Les séries des variables de crue font l’objet d’une analyse statistique descriptive en révélant les paramètres suivants : min, max, moyenne, médiane, écart type, coefficient de variation, coefficient d’asymétrie, coefficient d’aplatissement.

## 2.3. Corrélation entre les variables

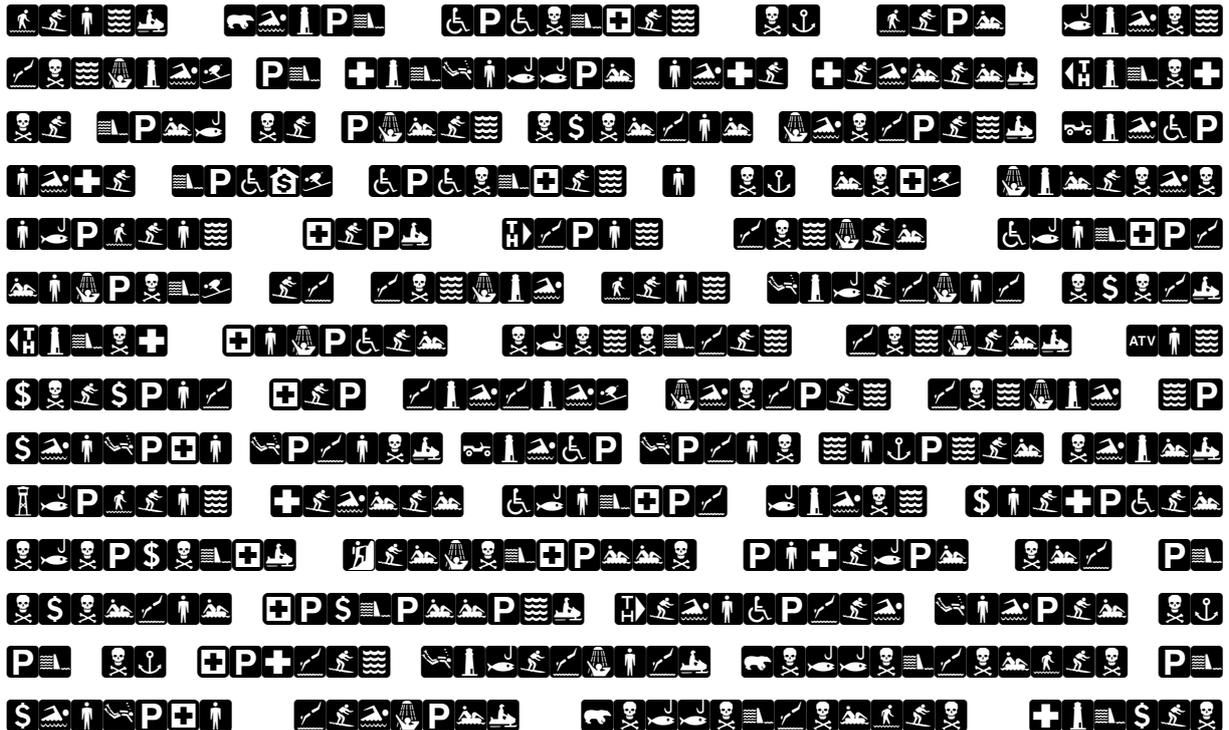
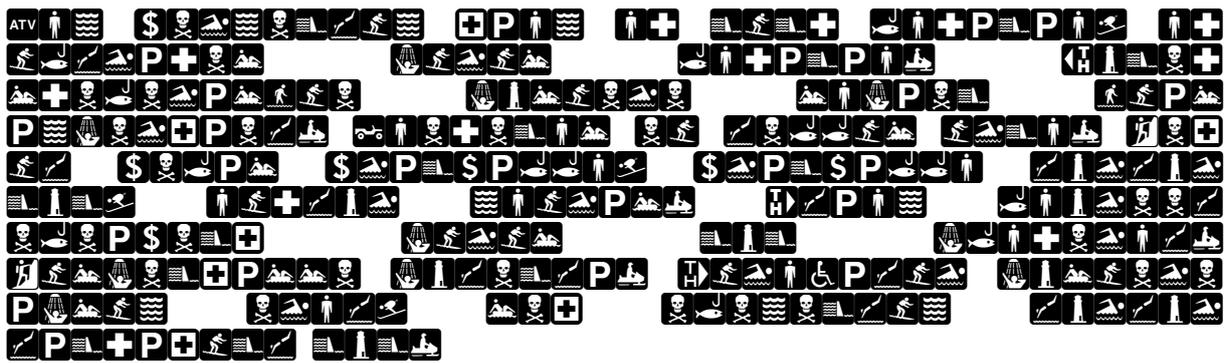
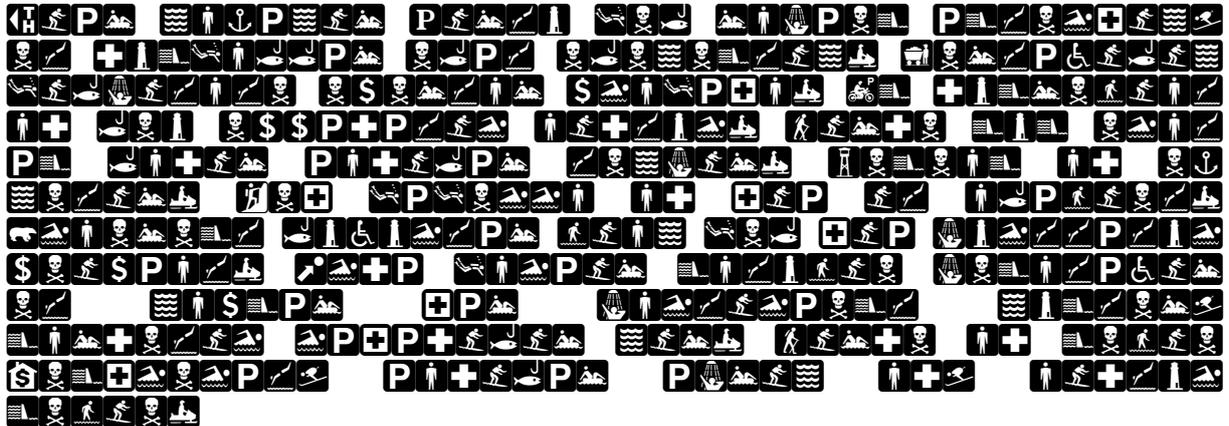
Le coefficient de corrélation linéaire simple, dit de Bravais-Pearson (ou de Pearson), est une normalisation de la covariance par le produit des écarts-type des variables (Dunod, 2006).

$$r_{xy} = \frac{COV(X,Y)}{\sqrt{V(X) \times V(Y)}}$$



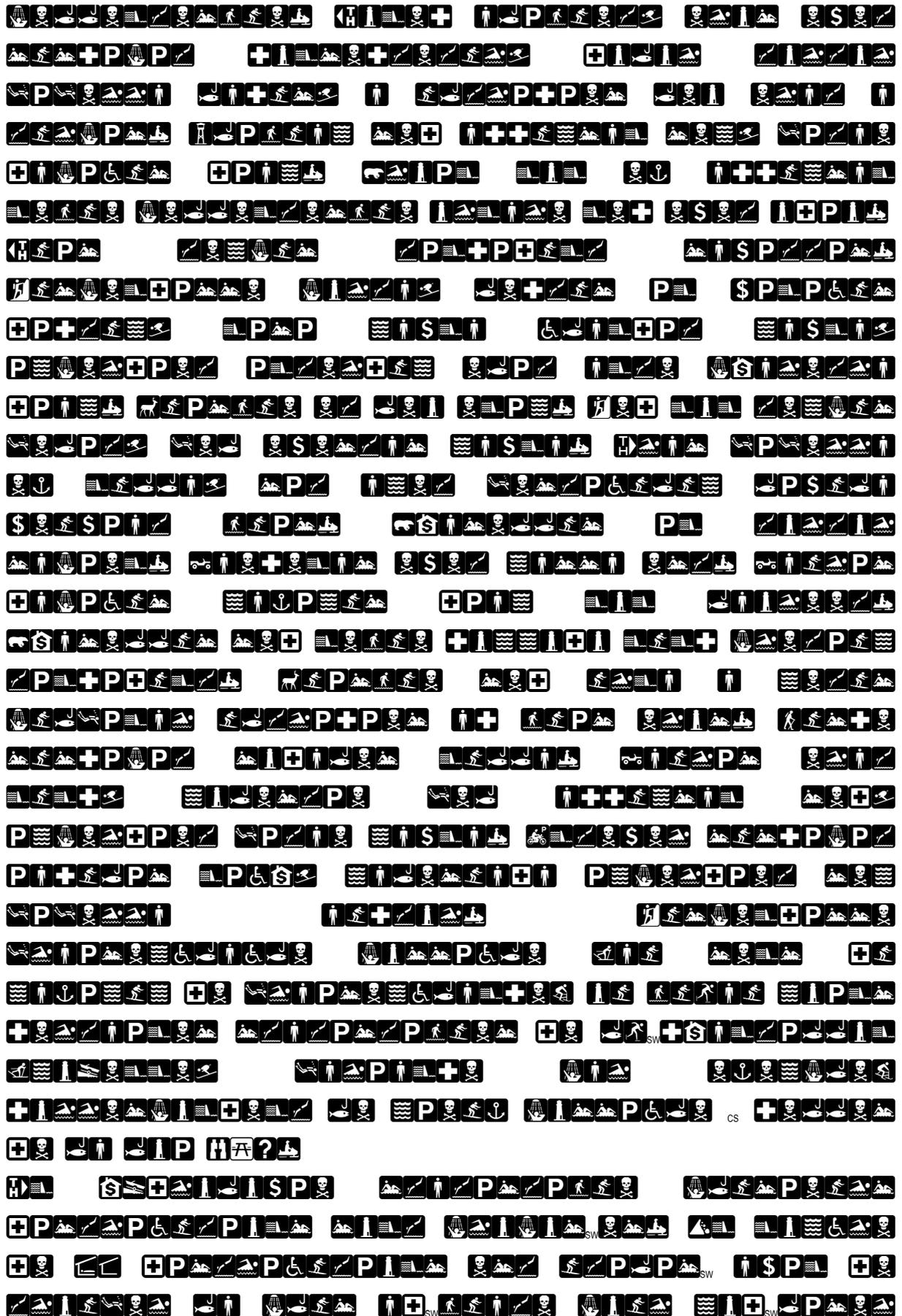




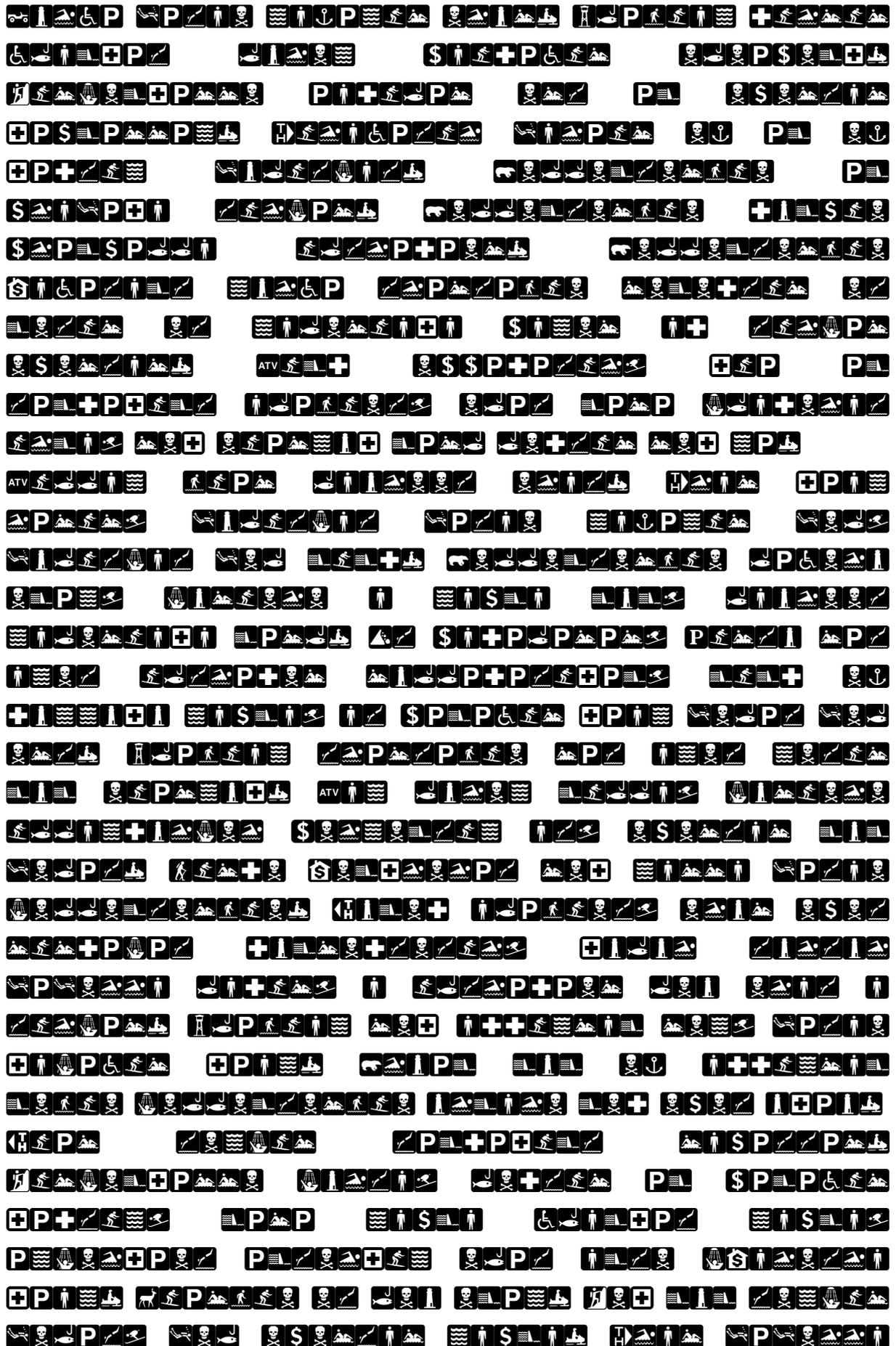


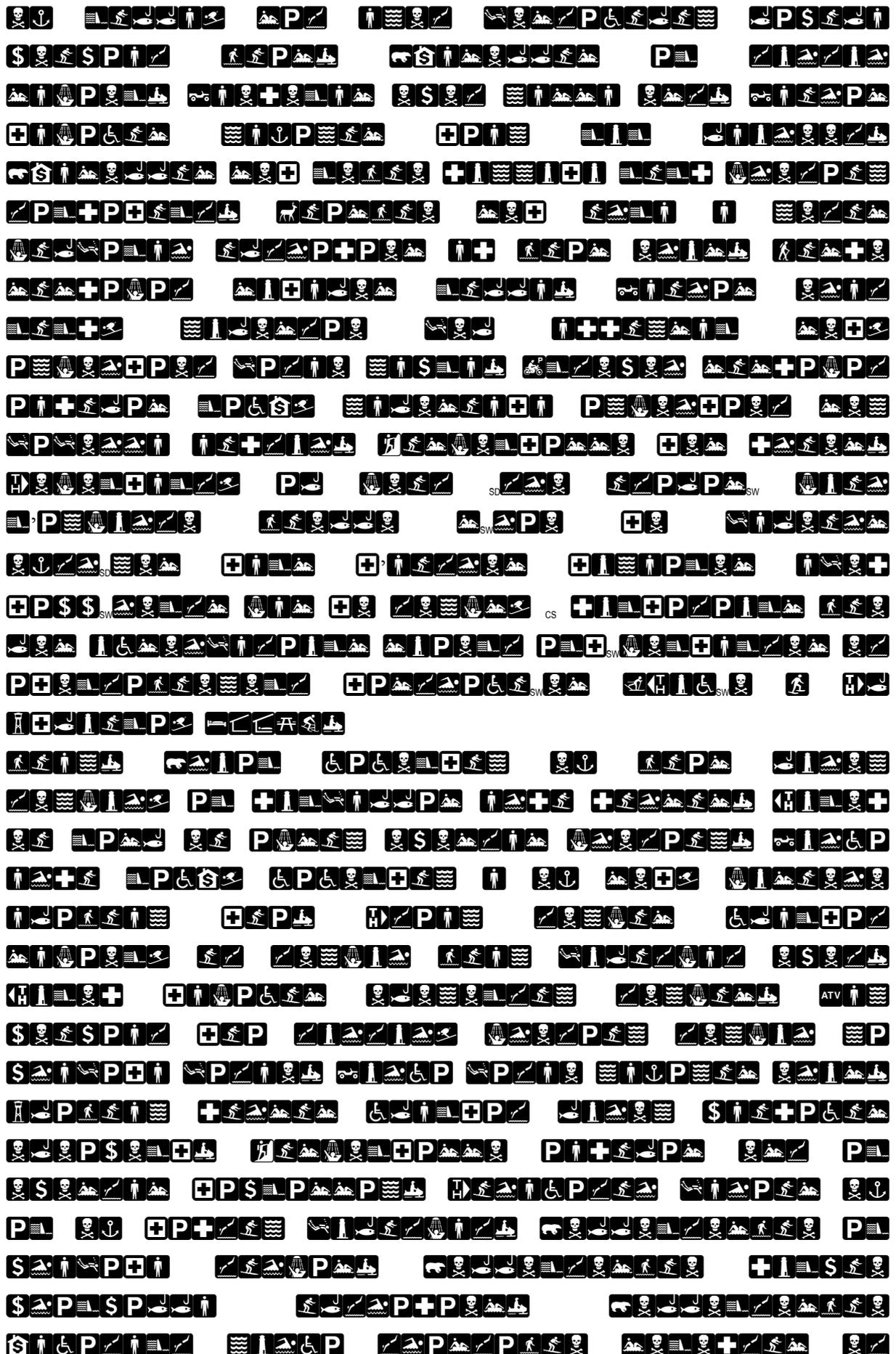


















***Chapitre IV : Résultats et  
discussion***

### Introduction

Dans ce chapitre, il sera question de traiter les séries des variables de crue en appliquant la méthodologie présentée dans le chapitre 3. Les résultats des étapes de l'analyse fréquentielle sont présentés et interprétés. Les différents modèles d'ajustement des valeurs extrêmes seront appliqués, afin de faire sortir le meilleur modèle d'ajustement qui permettra le calcul des quantiles fréquents des variables de crue pour différentes périodes de retour.

### 1. Obtention des variables de crue

Une crue est caractérisée par trois variables : le débit de pointe ( $Q_p$ ), le volume ( $V$ ) et la durée ( $D$ ). Ces variables sont issues de l'hydrogramme de débit moyen journalier. L'application de la méthode de BFI, ainsi que la méthode de maximum annuel, permettant de sélectionner un seul événement de crue par an. Après l'extraction des données, trois séries sont obtenues pour chacune des stations hydrométriques analysées. Les séries des variables extraites pour les 14 stations hydrométriques sont présentées dans l'annexe 2. Chaque tableau indique la date de début de la crue ( $d_s$ ) et la date de fin de la crue ( $d_e$ ), la date de débit de point ainsi que les valeurs de débit de pointe, du volume et la durée de la crue.

Sur les dates des crues, il est constaté que la majorité des stations ont connu des crues pendant le printemps avec un taux de 40 % par rapport à l'ensemble des crues enregistrées. Cependant, trois stations (Arib Chélif, Relizane amont, Tamesguida) marquent un taux de 55% des crues durant la saison d'hiver. Aussi, la saison d'automne domine sur les crues avec un taux de 47% dans les stations de : Takhmart, Ghrib amont, Marabout Blanc, Oued el Abtal. Les crues durant les saisons de l'automne et le l'hiver sont enregistrées avec des proportions égales de 36% à la station d'El Ababsa, et durant les saisons du printemps et l'hiver à la station de Ouled Ben AEK avec un taux de 40%. En effet, la date de débit de pointe est observée généralement le même jour avec le début de la crue sur l'ensemble des stations, et rarement pendant le deuxième jour de la crue.

### 2. Analyse statistique descriptive

#### 2.1. Base statistiques

Le tableau 5 montre l'analyse descriptive pour les séries des trois variables de crue ( $Q_p$ ,  $D$ , et  $V$ ) de 14 stations hydrométriques étudiées. Le débit de pointe marque les plus petites valeurs à la station d'Ababsa de  $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ . Quant à la valeur maximale est observée à la station d'Arib Chélif avec  $180 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ceci peut être expliqué par le régime des précipitations, la longueur de l'oued et le type de sol ainsi que la densité de drainage qui est relativement élevée

quam. Proin bibendum ex quis lorem tempor, in convallis arcu cursus. Donec eu nisl eu ipsum egestas pretium. Morbi arcu nibh, bibendum a ex sed, posuere aliquam dui. Etiam tempus blandit sapien, ut tempor quam volutpat eget. Donec dapibus elementum tempus. Nam feugiat dui tortor, pretium tempor mi gravida vitae. Morbi vitae maximus eros. Aliquam cursus blandit lorem faucibus eleifend. Suspendisse iaculis est in egestas dignissim. Curabitur varius ex in ex dictum volutpat. Pellentesque in gravida turpis. Pellentesque congue fringilla ultricies. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Nunc efficitur, dui in tincidunt aliquet, elit nisi placerat urna, sed euismod nisl lectus sed mi.

Nullam quis laoreet erat. Cras diam risus, volutpat vitae maximus vel, volutpat vel nunc. Pellentesque libero enim, posuere a magna non, laoreet malesuada nisl. Ut facilisis, justo sit amet ultrices sollicitudin, nunc ex commodo magna, at finibus diam velit vel est. Aliquam tristique sit amet metus non euismod. Nam lorem nulla, posuere ullamcorper fermentum at, egestas non velit. Fusce hendrerit sed massa vitae pellentesque. Donec aliquet, eros eget suscipit consectetur, dolor tortor viverra lacus, a ultricies leo erat a turpis. Aliquam sed accumsan sem, vitae dapibus diam. Proin non ex accumsan neque pellentesque ornare nec eget odio.

Duis tempus tincidunt sagittis. Suspendisse porta, lectus in finibus dictum, nisi magna blandit magna, imperdiet interdum elit ante pharetra diam. Quisque et leo enim. Sed non tempus velit, vel egestas magna. Cras viverra ex nulla, sit amet vestibulum ligula feugiat quis. Phasellus in tortor sapien. Maecenas eget massa est. Mauris dapibus maximus diam non laoreet. Phasellus sed neque commodo nunc pretium tincidunt. Quisque sed urna a metus pulvinar ultricies ac quis eros. Fusce suscipit sodales nulla. Mauris erat nunc, molestie vel accumsan sed, imperdiet vitae magna. Integer suscipit iaculis nibh, malesuada imperdiet sem viverra auctor. Suspendisse quam. Proin bibendum ex quis lorem tempor, in convallis arcu cursus. Donec eu nisl eu ipsum egestas pretium. Morbi arcu nibh, bibendum a ex sed, posuere aliquam dui. Etiam tempus blandit sapien, ut tempor quam volutpat eget. Donec dapibus elementum tempus. Nam feugiat dui tortor, pretium tempor mi gravida vitae. Morbi vitae maximus eros. Aliquam cursus blandit lorem faucibus eleifend. Suspendisse iaculis est in egestas dignissim. Curabitur varius ex in ex dictum volutpat. Pellentesque in gravida turpis. Pellentesque congue fringilla ultricies. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Nunc efficitur, dui in tincidunt aliquet, elit nisi placerat urna, sed euismod nisl lectus sed mi.

## Chapitre IV : Résultats et discussion

---

Nullam quis laoreet erat. Cras diam risus, volutpat vitae maximus vel, volutpat vel nunc. Pellentesque libero enim, posuere a magna non, laoreet malesuada nisl. Ut facilisis, justo sit amet ultrices sollicitudin, nunc ex commodo magna, at finibus diam velit vel est. Aliquam tristique sit amet metus non euismod. Nam lorem nulla, posuere ullamcorper fermentum at, egestas non velit. Fusce hendrerit sed massa vitae pellentesque. Donec aliquet, eros eget suscipit consectetur, dolor tortor viverra lacus, a ultricies leo erat a turpis. Aliquam sed accumsan sem, vitae dapibus diam. Proin non ex accumsan neque pellentesque ornare nec eget odio.

Duis tempus tincidunt sagittis. Suspendisse porta, lectus in finibus dictum, nisi magna blandit magna, imperdiet interdum elit ante pharetra diam. Quisque et leo enim. Sed non tempus velit, vel egestas magna. Cras viverra ex nulla, sit amet vestibulum ligula feugiat quis. Phasellus in tortor sapien. Maecenas eget massa est. Mauris dapibus maximus diam non laoreet. Phasellus sed neque commodo nunc pretium tincidunt. Quisque sed urna a metus pulvinar ultricies ac quis eros. Fusce suscipit sodales nulla. Mauris erat nunc, molestie vel accumsan sed, imperdiet vitae magna. Integer suscipit iaculis nibh, malesuada imperdiet sem viverra au

Tableau 8. Statistique descriptive pour les séries de variables de crue des stations étudiées

## Chapitre IV : Résultats et discussion


**Tableau 9. Coefficient de corrélation de Pearson entre les couples des variables de crue**

station	Tamesguida	Djenane Ben Ouedah	Marabout	Arib	Ababsa	Bir Ouled Tahar	Ouled Ben AEK	SB Amar	Takhmart	Ain Amara	Sidi AEK	Oued Al Abtal	Relizane amont	Ghrib amont
<b>(Qp, V)</b>														
<b>(Qp, D)</b>														
<b>(D, V)</b>														

Caractère gras : corrélation significative

### 3. Corrélation

L'analyse de corrélation (Tableau 6) entre les variables de crue révèle une bonne corrélation significative pour le couple (Qp, V) pour toutes les stations étudiées. Cette corrélation mis en évidence l'existence d'une relation entre le Qp et le V de la crue.

### 4. Analyse fréquentielle

L'analyse fréquentielle des séries de variables de crue a dégagé les résultats présentés en suivant les étapes décrites dans le chapitre précédant.

#### 4.1. Détection des valeurs aberrantes

Le test de Dixon permet de détecter des valeurs aberrantes sur les séries de variables de crue. Les valeurs détectées figurent dans les tableaux (9, 10, 11). Une valeur est dite aberrante si la valeur statistique calculée est supérieure à la valeur théorique du test. Un nombre de 34 valeurs aberrantes est trouvé parmi les 84 valeurs analysées. L'hypothèse  $H_0$  rejetée indique que la valeur en question est aberrante (outlier).

**Tableau 10. Valeurs aberrantes détectées pour les séries de Qp des stations étudiées.**

Station	année	valeur observée	valeur critique	décision
Tamesguida	1989-1990	0,0421831	0,2804	H0 accepté
	1991-1992	0,15882112	0,2804	H0 accepté
Djenane Ben Ouedah	2001-2002	0,0504129	0,2851	H0 accepté
	<b>1991-1992</b>	0,312406	0,2851	H0 rejetée
Marabout	1992-1993	0,00563297	0,3615	H0 accepté
	<b>1991-1992</b>	0,53051512	0,3615	H0 rejetée
Arib	1992-1993	0,0213651	0,2804	H0 accepté
	<b>1991-1992</b>	0,30377079	0,2804	H0 rejetée
Ababsa	1987-1988	0,048587571	0,2895	H0 accepté
	1995-1996	0,188824663	0,2895	H0 accepté
Bir Ouled Tahar	1992-1993	0,100174216	0,2851	H0 accepté
	<b>1997-1998</b>	0,460574413	0,2851	H0 rejetée
Ouled Ben AEK	2003-2004	0,01665086	0,3005	H0 accepté
	<b>1996-1997</b>	0,47276528	0,3005	H0 rejetée
SB Amar	1985-1986	0,083055247	0,2947	H0 accepté
	<b>1986-1987</b>	0,439229025	0,2947	H0 rejetée
Takhmart	1978-1979	0,0053942	0,2383	H0 accepté
	<b>2001-2002</b>	0,3347699	0,2383	H0 rejetée
Ain Amara	1967-1968	-1,49807099	0,23283	H0 accepté
	<b>2002-2003</b>	0,34980168	0,23283	H0 rejetée
Sidi AEK	1999-2000	0,02704702	0,2334	H0 accepté
	<b>1990-1991</b>	0,50002715	0,2334	H0 rejetée
Oued Al Abtal	2006-2007	0,040176585	0,2228	H0 accepté
	<b>2007-2008</b>	0,252000293	0,2228	H0 rejetée
Relizane amont	1981-1982	0,3038717	0,3615	H0 accepté
	<b>1976-1977</b>	0,535613	0,3615	H0 rejetée
Ghrib amont	1977-1978	0,03554488	0,3135	H0 accepté
	1985-1986	0,41666076	0,3135	H0 rejetée

## Chapitre IV : Résultats et discussion

**Tableau 11. Valeurs aberrantes détectées pour les séries de D des stations étudiées**

station	année	valeur observée	valeur critique	décision
<b>Tamesguida</b>	1987-1988	0,1111111	0,2804	H0 accepté
	1971-1972	0,2	0,2804	H0 accepté
<b>Djenane Ben Ouedah</b>	1999-2000	0,1538462	0,2851	H0 accepté
	1994-1995	0,2666667	0,2851	H0 accepté
<b>Marabout</b>	1996-1997	0,14285714	0,3615	H0 accepté
	<b>1991-1992</b>	0,25	0,3615	H0 rejetée
<b>Arib</b>	1988-1989	0,16666667	0,2804	H0 accepté
	<b>1980-1981</b>	0,47368421	0,2804	H0 rejetée
<b>Ababsa</b>	1989-1990	0,16666667	0,2895	H0 accepté
	<b>1981-1982</b>	0,375	0,2895	H0 rejetée
<b>Bir Ouled Tahar</b>	1992-1993	0	0,2851	H0 accepté
	2005-2006	0,230769231	0,2851	H0 accepté
<b>Ouled Ben AEK</b>	1989-1990	0,11111111	0,3005	H0 accepté
	<b>1995-1996</b>	0,33333333	0,3005	H0 rejetée
<b>SB Amar</b>	1992-1993	0,27272727	0,2947	H0 accepté
	1987-1988	0	0,2947	H0 accepté
<b>Takhmart</b>	<b>1988-1989</b>	0,111111	0,2383	H0 rejetée
	2006-2007	0,2	0,2383	H0 rejetée
<b>Ain Amara</b>	1967-1968	0	0,2383	H0 accepté
	<b>1990-1991</b>	0,41666667	0,2383	H0 rejetée
<b>Sidi AEK</b>	<b>1969-1970</b>	0	0,2334	H0 rejetée
	2011-2012	0,2	0,2334	H0 rejetée
<b>Oued Al Abtal</b>	1986-1987	0,11111111	0,2228	H0 accepté
	<b>1981-1982</b>	0,2727273	0,2228	H0 rejetée
<b>Relizane amont</b>	<b>1982-1983</b>	0,1428571	0,3615	H0 rejetée
	1973-1974	0,45454555	0,3615	H0 accepté
<b>Ghrib amont</b>	1989-1990	0,09090909	0,3135	H0 accepté
	1992-1993	0,09090909	0,3135	H0 accepté

Tableau 12. Valeurs aberrantes détectées pour les séries de V des stations étudiées

station	année	valeur observée	valeur critique	décision
Tamesguida	1978-1979	0,0404463	0,2804	H0 accepté
	<b>1971-1972</b>	0,38571429	0,2804	H0 rejetée
Djenan Ben Oudah	1990-1991	0,0656852	0,2851	H0 accepté
	<b>1994-1995</b>	0,5007564	0,2851	H0 rejetée
Marabout	1997-1998	0,04545455	0,3615	H0 accepté
	<b>1991-1992</b>	0,64941569	0,3615	H0 rejetée
Arib	1990-1991	0,00188893	0,2804	H0 accepté
	<b>1991-1992</b>	0,60859259	0,2804	H0 rejetée
Ababsa	1988-1989	0,053846154	0,2895	H0 accepté
	<b>1985-1986</b>	0,332428765	0,2895	H0 rejetée
Bir Ouled Tahar	1992-1993	0,06284153	0,2851	H0 accepté
	<b>2011-2012</b>	0,3	0,2851	H0 rejetée
Ouled Ben AEK	2000-2001	0,02937976	0,3005	H0 accepté
	<b>1995-1996</b>	0,72203179	0,3005	H0 rejetée
SB Amar	1988-1989	0,09663866	0,2947	H0 accepté
	<b>1986-1987</b>	0,47044335	0,2947	H0 rejetée
Takhamart	<b>2002-2003</b>	0,0020994	0,2383	H0 rejetée
	2001-2002	0,333333	0,2383	H0 accepté
Ain Amara	1981-1982	0,0339558	0,2383	H0 accepté
	2001-2001	0,20233645	0,2383	H0 accepté
Sidi AEK	<b>1997-1998</b>	0,01123596	0,2334	H0 rejetée
	1990-1991	0,65102445	0,2334	H0 accepté
Oued Al Abtal	2006-2007	0.031479336	0.2228	H0 accepté
	1964-1965	0.1851152752	0.2228	H0 accepté
Relizane amont	<b>1972-1973</b>	0,124578	0,3615	H0 rejetée
	1976-1977	0,5895354	0,3615	H0 accepté
Ghrib amont	1980-1981	0,00148124	0,3135	H0 accepté
	<b>1982-1983</b>	0,34812507	0,3135	H0 rejetée

Caractères en gras : année de la valeur aberrante

#### 4.2. Test d'hypothèses

La vérification des hypothèses (stationnarité, indépendance et l'homogénéité) est très importante dans l'analyse fréquentielle. Sur les variables de crue Qp, V et D, le test statistique de Mann-Kendall présente que les séries étudiées sont des séries stationnaires au seuil de signification de 5%. Pour le test d'homogénéité de Wilcoxon-Mann-Whitney indique que les séries présentent un caractère d'homogénéité sur l'ensemble des stations étudiées. Quant au test de l'indépendance de Wald-Wolfowitz montre que les séries de variable de crue ont des valeurs indépendantes. En effet, certains tests ont été acceptés au seuil de signification de 1%, ceci est dû à la taille de la série elle-même.

## Chapitre IV : Résultats et discussion

**Tableau 13. Vérification des hypothèses de base pour les séries de débit de point des stations étudiées**

	Test de stationnarité de Mann Kendall			Homogénéité (Wilcoxon)			Indépendance (Wald-Wolfowitz)		
	station	Valeur statistique	P-valeur	station	Valeur statistique	P-valeur	station	Valeur statistique	P-valeur
<b>Qp (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Tamesguida</b>	1.02	0.309	<b>Tamesguida</b>	1.01	0.312	<b>Tamesguida</b>	1.18	0.238
	<b>Djenane Ben Ouedah</b>	0.113	0.910	<b>Djenane Ben Ouedah</b>	0.165	0.869	<b>Djenane Ben Ouedah</b>	0.817	0.414
	<b>Marabout</b>	0.617	0.537	<b>Marabout</b>	0.881	0.378	<b>Marabout</b>	0.677	0.498
	<b>Arib</b>	0.687	0.492	<b>Arib</b>	0.708	0.479	<b>Arib</b>	0.738	0.461
	<b>Ababsa</b>	0.00	1.000	<b>Ababsa</b>	0.0846	0.933	<b>Ababsa</b>	0.426	0.670
	<b>Bir Ouled Tahar</b>	0.282	0.778	<b>Bir Ouled Tahar</b>	0.525	0.599	<b>Bir Ouled Tahar</b>	1.10	0.273
	<b>Ouled Ben AEK</b>	1.01	0.310	<b>Ouled Ben AEK</b>	0.395	0.693	<b>Ouled Ben AEK</b>	2.16	0.0310
	<b>SB Amar</b>	0,13	0,897	<b>SB Amar</b>	0.983	0.326	<b>SB Amar</b>	0,603	0,547
	<b>Takhmart</b>	2.43	0.0150*	<b>Takhmart</b>	1.86	0.0636	<b>Takhmart</b>	1.62	0.106
	<b>Ain Amara</b>	2.46	0,00583*	<b>Ain Amara</b>	1.80	0.0718	<b>Ain Amara</b>	1.50	0.133
	<b>Sidi AEK</b>	1,45	0,147	<b>Sidi AEK</b>	1,66	0,0977	<b>Sidi AEK</b>	0,267	0,789
	<b>Oued Al Abtal</b>	1.45	0.147	<b>Oued Al Abtal</b>	1.03	0.303	<b>Oued Al Abtal</b>	1.35	0.176
	<b>Relizane amont</b>	0,891	0,373	<b>Relizane amont</b>	1,2	0,23	<b>Relizane amont</b>	0,644	0,52
	<b>Ghrib amont</b>	0.536	0.592	<b>Ghrib amont</b>	0.144	0.885	<b>Ghrib amont</b>	1.27	0.205

\* acceptée au seuil 1%

## Chapitre IV : Résultats et discussion

**Tableau 14. Vérification des hypothèses de base pour les séries de la durée des stations étudiées**

	Test de stationnarité de Mann Kendall			Homogénéité (Wilcoxon)			Indépendance (Wald-Wolfowitz)		
	station	Valeur statistique	P-valeur	station	Valeur statistique	P-valeur	station	Valeur statistique	P-valeur
<b>D (jours)</b>	<b>Tamesguida</b>	0.571	0.568	<b>Tamesguida</b>	0.262	0.794	<b>Tamesguida</b>	1.09	0.277
	<b>Djenane Ben Ouedah</b>	0.713	0.476	<b>Djenane Ben Ouedah</b>	0.651	0.515	<b>Djenane Ben Ouedah</b>	0.826	0.409
	<b>Marabout</b>	0.305	0.760	<b>Marabout</b>	0.361	0.718	<b>Marabout</b>	1.14	0.253
	<b>Arib</b>	0.158	0.874	<b>Arib</b>	0.557	0.578	<b>Arib</b>	0.0312	0.975
	<b>Ababsa</b>	0.423	0.672	<b>Ababsa</b>	1.19	0.232	<b>Ababsa</b>	1.04	0.299
	<b>Bir Ouled Tahar</b>	0.343	0.731	<b>Bir Ouled Tahar</b>	0.0310	0.975	<b>Bir Ouled Tahar</b>	0.536	0.592
	<b>Ouled Ben AEK</b>	0.525	0.600	<b>Ouled Ben AEK</b>	0.613	0.540	<b>Ouled Ben AEK</b>	0.880	0.379
	<b>SB Amar</b>	1.30	0.194	<b>SB Amar</b>	1.31	0.190	<b>SB Amar</b>	0.373	0.709
	<b>Takhmart</b>	0.381	0.703	<b>Takhmart</b>	1.06	0.288	<b>Takhmart</b>	0.381	0.703
	<b>Ain Amara</b>	1.56	0.119	<b>Ain Amara</b>	0.904	0.366	<b>Ain Amara</b>	0.610	0.542
	<b>Sidi AEK</b>	1,45	0,147	<b>Sidi AEK</b>	1,66	0,0977	<b>Sidi AEK</b>	0,267	0,789
	<b>Oued Al Abtal</b>	1.88	0.0595	<b>Oued Al Abtal</b>	1.67	0.0948	<b>Oued Al Abtal</b>	1.95	0.0511
	<b>Relizane amont</b>	2,81	0,00495*	<b>Relizane amont</b>	1,95	0,0517*	<b>Relizane amont</b>	1,68	0,0934
	<b>Ghrib amont</b>	2.14	0.0322	<b>Ghrib amont</b>	1.74	0.0812	<b>Ghrib amont</b>	0.903	0.367

\* acceptée au seuil 1%

Tableau 15. Vérification des hypothèses de base pour les séries de volume des stations étudiées

	Test de stationnarité de Mann Kendall			Homogénéité (Wilcoxon)			Indépendance (Wald-Wolfowitz)		
	station	Valeur statistique	P-valeur	station	Valeur statistique	P-valeur	station	Valeur statistique	P-valeur
V(Hm <sup>3</sup> )	<b>Tamesguida</b>	0.581	0.561	<b>Tamesguida</b>	0.954	0.340	<b>Tamesguida</b>	0.678	0.678
	<b>Djenane Ben Ouedah</b>	0.677	0.499	<b>Djenane Ben Ouedah</b>	0.591	0.555	<b>Djenane Ben Ouedah</b>	1.09	0.275
	<b>Marabout</b>	0.00	1.000	<b>Marabout</b>	0.881	0.378	<b>Marabout</b>	0.820	0.412
	<b>Arib</b>	0.211	0.833	<b>Arib</b>	0.154	0.878	<b>Arib</b>	0.141	0.888
	<b>Ababsa</b>	1.15	0.251	<b>Ababsa</b>	0.506	0.613	<b>Ababsa</b>	1.52	0.128
	<b>Bir Ouled Tahar</b>	0.423	0.672	<b>Bir Ouled Tahar</b>	0.821	0,412	<b>Bir Ouled Tahar</b>	0.631	0.528
	<b>Ouled Ben AEK</b>	1.04	0.297	<b>Ouled Ben AEK</b>	0.939	0.348	<b>Ouled Ben AEK</b>	1.04	0.297
	<b>SB Amar</b>	1.27	0.206	<b>SB Amar</b>	1.78	0.0757	<b>SB Amar</b>	1.04	0.297
	<b>Takhmart</b>	2.02	0.0438*	<b>Takhmart</b>	1.65	0.0983	<b>Takhmart</b>	2.34	0.0195*
	<b>Ain Amara</b>	1.79	0.0742	<b>Ain Amara</b>	1.89	0.0586	<b>Ain Amara</b>	0.655	0.513
	<b>Sidi AEK</b>	1.37	0.171	<b>Sidi AEK</b>	1.36	0.175	<b>Sidi AEK</b>	1.42	0.154
	<b>Oued Al Abtal</b>	0.0259	0.979	<b>Oued Al Abtal</b>	0.630	0.529	<b>Oued Al Abtal</b>	0.523	0.601
	<b>Relizane amont</b>	0,0686	0,95	<b>Relizane amont</b>	0,56	0,575	<b>Relizane amont</b>	1,82	0,069
<b>Ghrib amont</b>	0.24	0.805	<b>Ghrib amont</b>	0.289	0.773	<b>Ghrib amont</b>	0.262	0.793	

\* acceptée au seuil 1%

### 4.3. Ajustement

#### 4.3.1. Test d'adéquation

Un nombre de dix distributions marginales a été utilisé pour ajuster les séries des variables de crues. Pour vérifier leur adéquation le test de Chi-deux est appliqué, où la distribution est dite bonne si la p\_value du test est supérieure au seuil de signification de 5%. Les résultats de ce test sont présentés dans l'annexe 03.

#### 4.3.2. Comparaison entre les distributions testées

Le choix de la distribution la plus appropriée est fait en se basant sur les valeurs de critères de comparaisons de critère d'information d'Akaike (AIC) et critère d'information bayésien (BIC). Les valeurs des critères AIC et BIC sont présentées dans les tableaux 15, 16 et 17.

**Tableau 16. Résultats des critères AIC et BIC pour les séries de Qp**

Qp (m <sup>3</sup> /s)	Distribution	Méthode d'estimation	BIC	AIC
<b>STATION</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	194,474	192,118
<b>TAMESGUIDA</b>	Pareto	Méthode des moments	196,809	194,453
	GEV	Méthode des moments	203,191	199,656
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	198,982	196,625
	Weibull	Méthode des moments	196,176	193,82
	Log normale	Maximum de vraisemblance	195,517	193,161
	Log normale (3 param.	Maximum de vraisemblance	198,558	195,024
	Gamma	Méthode des moments	195,615	193,259
	Pearson type III	Méthode des moments	202,876	199,342
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	198,56	195,025
<b>DJENANE BNEN OUDAH</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	203,159	200,977
	Pareto	Méthode des moments	203,254	201,072
	GEV	Méthode des moments	208,243	204,97
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	204,814	202,632
	Weibull	Méthode des moments	202,311	200,129
	Log normale	Maximum de vraisemblance	204,354	202,172
	Log normale (3 param.	Maximum de vraisemblance	206,72	203,477
	Gamma	Méthode des moments	202,409	200,277
	Pearson type III	Méthode des moments	207,63	204,357
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	205,658	202,385
<b>MARABOUT</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	92,26	91,291
	Pareto	Méthode des moments	95,906	94,936
	GEV	Méthode des moments	102,683	101,229
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	99,848	98,879
	Weibull	Méthode des moments	95,835	94,866
	Log normale	Maximum de vraisemblance	94,243	93,273
	Gamma	Méthode des moments	95,762	94,793
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	96,492	95,038
<b>ARIB CHELIF</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	238,925	236,654

## Chapitre IV : Résultats et discussion

	Pareto	Méthode des moments	239,541	237,27
	GEV	Maximum de vraisemblance	247,398	243,991
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	243,892	241,621
	Weibull	Méthode des moments	239,756	237,485
	Log normale	Maximum de vraisemblance	242,293	240,022
	Log normale (3 param.	Maximum de vraisemblance	245,201	241,794
	Gamma	Méthode des moments	240,204	237,933
	Pearson type III	Méthode des moments	246,815	243,409
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	243,692	240,285
<b>ABABSA</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	116,714	114,532
	Pareto	Méthode des moments	115,941	113,759
	GEV	Méthode des moments	123,619	120,193
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	119,723	117,54
	Weibull	Méthode des moments	116,859	114,677
	Log normale	Maximum de vraisemblance	118,88	116,698
	Log normale (3 param.	Maximum de vraisemblance	121,637	118,364
	Gamma	Méthode des moments	117,278	115,096
	Pearson type III	Méthode des moments	123,619	120,346
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	120,522	117,249
<b>BIR OULED TAHAR</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	158,841	156,658
	GEV	Méthode des moments	158,019	154,746
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	155,071	152,889
	Weibull	Méthode des moments	153,343	151,161
	Log normale	Maximum de vraisemblance	156,409	154,226
	Log normale (3 param.	Méthode des moments	158,449	155,176
	Gamma	Méthode des moments	154,279	152,097
	Pearson type III	Méthode des moments	158,384	155,111
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	156,721	153,448
<b>OULED BEN AKI</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	174.882	179,486
	GEV	Maximum de vraisemblance	179.955	177.122
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	185.135	183.246
	Weibull	Méthode des moments	177.507	175.618
	Log normale	Maximum de vraisemblance	175.796	173.908
	Log normale (3 param.	Méthode des moments	187.457	184.624
	Gamma	Méthode des moments	177.727	175.838
	Pearson type III	Méthode des moments	185.505	182.672
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	182,834	180
<b>SB AMAR</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	136,418	134,427
	Pareto	Méthode des moments	144,527	142,535
	GEV	Méthode des moments	141,609	138,622
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	138,267	136,276
	Weibull	Méthode des moments	138,837	136,845
	Log normale	Maximum de vraisemblance	138,645	135,657
	Log normale (3 param.	Méthode des moments	141,542	138,465
	Gamma	Méthode des moments	137,458	135,467

## Chapitre IV : Résultats et discussion

	Pearson type III	Méthode des moments	140,524	137,536
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	141,452	138,465
<b>TAKHEMART</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	314,652	311,659
	Pareto	Méthode des moments	381,386	315,393
	GEV	Maximum de vraisemblance	323,981	319,491
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	327,107	342,114
	Weibul	Méthode des moments	318,075	315,082
	Log normale	Maximum de vraisemblance	317,608	314,615
	Log normale (3 param.)	Maximum de vraisemblance	320,981	316,398
	Gamma	Méthode des moments	317,766	314,773
	Log-Pearson type III	Méthode des moments	329,369	324,88
	<b>AIN AMARA</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	361,321
Pareto		Méthode des moments pondérés	368,562	365,287
GEV		Méthode des moments	375,117	370,204
Gumbel		Maximum de vraisemblance	372,13	368,855
Weibull		Méthode des moments	366,504	363,229
Log normale		Maximum de vraisemblance	362,745	359,478
Log normale (3 param.)		Méthode des moments	374,015	369,102
Gamma		Méthode des moments	365,462	362,187
Pearson type III		Méthode des moments	369,781	364,868
Log-Pearson type III		Méthode SAM	367,961	363,048
<b>Sidi AEK</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	243,318	239,891
	Pareto	Méthode des moments	244,92	241,493
	GEV	Méthode des moments	255,26	250,12
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	253,545	250,118
	Weibul	Méthode des moments	244,174	240,747
	Log normale	Maximum de vraisemblance	244,629	241,202
	Log normale (3 param.)	Méthode des moments	247,839	242,699
	Gamma	Méthode des moments	243,803	240,376
<b>OULED AL ABTAL</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	539.553	535.811
	Pareto	Méthode des moments	544.086	540.344
	GEV	Méthode des moments	551.735	546.121
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	546.990	543.247
	Weibull	Méthode des moments	541.179	537.437
	Log normale	Maximum de vraisemblance	539.045	535.303
	Log normale (3 param.)	Méthode des moments	542.790	537.176
	Gamma	Méthode des moments	539.776	536.034
	Pearson type III	Méthode des moments	548.925	534.311
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	542.285	536.672
<b>RELIZANE AMONT</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	123,151	122,181
	Pareto	Méthode des moments pondérés	112,245	111,275
	GEV	Méthode des moments	119,122	117,667
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	120,169	119,199
	Weibull	Méthode des moments	117,863	116,893

## Chapitre IV : Résultats et discussion

	Log normale	Maximum de vraisemblance	121,823	120,853
	Log normale (3 param.)	Méthode des moments	121,131	119,202
	Gamma	Méthode des moments	120,172	119,202
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	115,885	114,43
<b>GRIB AMONT</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	185,082	183,416
	Pareto	Méthode des moments	190,198	188,531
	GEV	Méthode des moments	192,609	190,109
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	189,225	187,558
	Weibul	Méthode des moments	188,57	186,904
	Log normale	Maximum de vraisemblance	186,532	184,865
	Lognormale (3 param.)	Méthode des moments	192,576	190,068
	Gamma	Méthode des moments	187,68	186,013
	Pearson type III	Méthode des moments	191,939	189,44
	Log-Pearson type III	Méthode des moments	189,32	186,82

**Tableau 17. Résultats des critères AIC et BIC pour les séries de D**

D (jours)	Distribution	Méthode d'estimation	BIC	AIC
Station				
<b>Tamesguida</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	135,994	133,638
	GEV	Méthode des moments	126,739	123,204
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	125,694	123,338
	Weibull	Méthode des moments	123,485	121,129
	Log normale	Maximum de vraisemblance	126,096	123,74
	Log normale III	Maximum de vraisemblance	126,99	123,455
	Gamma	Méthode des moments	124,479	122,123
	Pearson type III	Méthode des moments	127,017	123,482
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	126,624	123,204
<b>Djenane Ben Ouedah</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	139,643	137,372
	GEV	Méthode des moments	136,072	132,665
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	132,745	130,474
	Weibull	Méthode des moments	133,925	131,654
	Log normale	Maximum de vraisemblance	133,288	131,017
	Log normale III	Maximum de vraisemblance	135,796	132,389
	Gamma	Méthode des moments	132,716	130,445
	Pearson type III	Méthode des moments	135,903	132,497
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	135,753	132,346
<b>Marabout</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	69,75	68,62
	GEV	Méthode des moments	71,95	70,255
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	70,211	69,082
	Weibull	Méthode des moments	69,04	67,91
	Log normale	Maximum de vraisemblance	70,172	69,042
	Log normale III	Maximum de vraisemblance	72,211	70,479
	Gamma	Méthode des moments	69,471	68,341
	Pearson type III	Méthode des moments	72,237	70,542

## Chapitre IV : Résultats et discussion

<b>ARIB CHELIF</b>	GEV	Méthode des moments	135,789	132,383
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	133,687	131,416
	Weibull	Méthode des moments	131,822	129,551
	Log normale	Maximum de vraisemblance	136,194	132,787
	Log normale III	Maximum de vraisemblance	136,194	132,787
	Gamma	Méthode des moments	132,841	130,57
	Pearson type III	Méthode des moments	136,369	132,963
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	135,402	131,966
<b>Ababsa</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	83,974	81,885
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	83,315	81,226
	Weibull	Méthode des moments	84,161	82,072
	Log normale	Maximum de vraisemblance	82,64	80,551
	Log normale III	Maximum de vraisemblance	85,65	82,517
	Gamma	Méthode des moments	82,904	80,815
	Pearson type III	Méthode des moments	86,47	83,336
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	85,573	82,44
<b>Bir Ouled Tahar</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	131,444	129,173
	GEV	Méthode des moments	130,237	126,83
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	128,74	126,469
	Weibull	Méthode des moments	126,463	124,192
	Log normale	Maximum de vraisemblance	131,18	128,909
	Log normale III	Maximum de vraisemblance	130,342	126,936
	Gamma	Méthode des moments	128,55	126,279
	Pearson type III	Méthode des moments	130,365	126,959
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	129,974	126,568
<b>Ouled Ben AEK</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	105,467	103,579
	Pareto	Méthode des moments		
	GEV	Maximum de vraisemblance	101,491	98,658
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	99,563	97,675
	Weibull	Méthode des moments	98,054	96,165
	Log normale	Maximum de vraisemblance	101,862	99,973
	Log normale III	Maximum de vraisemblance	101,814	98,98
	Gamma	Méthode des moments	99,494	97,606
	Pearson type III	Méthode des moments	101,927	99,094
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	100,947	98,113
<b>SB Amar</b>	GEV	Méthode des moments	117,181	114,709
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	117,599	115,51
	Weibull	Méthode des moments	114,949	112,86
	Log normale	Maximum de vraisemblance	117,205	115,116
	Log normale III	Méthode des moments	118,556	115,423
	Gamma	Méthode des moments	116,132	114,043
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	117,181	114,048
<b>Takhmart</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	174,764	171,711
	GEV	Méthode des moments	162,962	158,383
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	159,345	156,292

## Chapitre IV : Résultats et discussion

	Weibull	Méthode des moments	160,539	157,486
	Log normale	Maximum de vraisemblance	161,242	158,19
	Log normale III)	Maximum de vraisemblance	162,852	158,273
	Gamma	Méthode des moments	159,379	156,327
	Pearson type III	Méthode des moments	162,925	158,346
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	162,913	158,334
<b>Ain Amara</b>	Log normale	Maximum de vraisemblance	154,985	151,51
	Log normale III)	Méthode des moments	154,519	149,306
<b>Sidi AEK</b>	Log normale	Maximum de vraisemblance	154,985	151,51
	Log normale III)	Méthode des moments	154,519	149,306
<b>Oued Al Abtal</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	239.346	235.604
	Log normale	Maximum de vraisemblance	233.621	219.878
	Log normale III	Maximum de vraisemblance	277.458	221.854
<b>Relizane amont</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	60,546	59,576
	GEV	Méthode des moments	65,106	63,651
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	62,324	61,354
	Weibull	Méthode des moments	64,189	63,219
	Log normale	Maximum de vraisemblance	62,048	61,078
	Log normale III	Méthode des moments	65,115	63,661
	Gamma	Méthode des moments	62,837	61,867
	Pearson type III	Méthode des moments	64,806	63,351
Log-Pearson type III	Méthode SAM	64,942	63,487	
<b>Ghrib amont</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	110,367	108,701
	GEV	Méthode des moments	114,865	112,366
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	112,752	111,085
	Weibull	Méthode des moments	113,961	112,294
	Log normale	Maximum de vraisemblance	111,341	109,674
	Log normale III)	Méthode des moments	114,328	111,828
	Gamma	Méthode des moments	112,742	111,076
	Log-Pearson type III	Méthode des moments	114,137	111,637

**Tableau 18. Résultats des critères AIC et BIC pour les séries de V**

V (m <sup>3</sup> /s)	Distribution	Méthode d'estimation	BIC	AIC
<b>Tamesguida</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	99,1	96,829
	Pareto	Méthode des moments	100,332	98,061
	GEV	Méthode des moments	105,15	101,734
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	102,07	999,799
	Weibull	Méthode des moments	99,169	96,898
	Log normale	Maximum de vraisemblance	100,257	97,986
	Log normale III	Maximum de vraisemblance	102,929	99,522
	Gamma	Méthode des moments	98,868	96,598
	Pearson type III	Méthode des moments	103,375	99,743
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	102,092	98,685
<b>Djenane Ben Ouedah</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	137,983	135,801

## Chapitre IV : Résultats et discussion

	GEV	Méthode des moments	148,739	145,466
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	145,936	143,754
	Weibull	Maximum de vraisemblance	136,432	134,25
	Log normale	Maximum de vraisemblance	139,624	137,442
	Log normale III	Maximum de vraisemblance	141,257	137,984
	Gamma	Méthode des moments	136,433	134,251
	Pearson type III	Méthode des moments	145,742	142,469
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	139,607	136,334
<b>Marabout</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	50,943	49,974
	Pareto	Méthode des moments	50,023	49,053
	GEV	Méthode des moments	57,168	55,714
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	54,705	53,735
	Weibull	Méthode des moments	50,14	49,17
	Log normale	Maximum de vraisemblance	51,791	50,821
	Log normale III	Méthode des moments	56,982	55,528
	Gamma	Méthode des moments	50,207	49,237
	Pearson type III	Méthode des moments	56,21	54,756
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	53,306	51,851
<b>Arib</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	166,262	163,991
	GEV	Méthode des moments	177,421	174,014
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	175,672	173,401
	Weibull	Méthode des moments	163,493	161,222
	Log normale	Maximum de vraisemblance	169,113	166,842
	Log normale III	Méthode des moments	171,765	168,358
	Gamma	Méthode des moments	162,911	160,64
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	167,744	164,337
<b>Ababsa</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	9.426	7.337
	Pareto	Méthode des moments	16.716	13.583
	GEV	Méthode des moments	18.037	14.903
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	15.600	13.511
	Weibull	Méthode des moments	9.740	7.651
	Log normale	Maximum de vraisemblance	10.237	8.148
	Log normale III	Maximum de vraisemblance	12.483	9.350
	Gamma	Méthode des moments	9.542	7.453
	Pearson type III	Méthode des moments	16.716	13.583
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	12.483	9.350
<b>Bir Ouled Tahar</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	76,404	74,222
	Pareto	Méthode des moments	70,028	67,846
	GEV	Méthode des moments	78,456	75,183
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	76,313	74,13
	Weibull	Méthode des moments	73,398	71,216
	Log normale	Maximum de vraisemblance	78,158	75,976
	Log normale III	Maximum de vraisemblance	78,784	75,51
	Gamma	Méthode des moments	75,683	73,501
	Pearson type III	Méthode des moments	78,927	75,654

## Chapitre IV : Résultats et discussion

	Log-Pearson type III	Méthode SAM	77,397	74,124
<b>Ouled Ben AEK</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	100.118	98.229
	GEV	Méthode des moments	114.843	112.009
	Weibull	Méthode des moments	98.128	96.239
	Log normale	Maximum de vraisemblance	100.118	98.229
	Gamma	Méthode des moments	121.167	119.278
	Pearson type III	Méthode des moments	105.490	102.656
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	96.528	93.695
<b>SB Amar</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	71,096	69,105
	Pareto	Méthode des moments	68,236	66,245
	GEV	Méthode des moments	73,053	70,066
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	69,87	67,878
	Weibull	Méthode des moments	68,298	66,307
	Log normale	Maximum de vraisemblance	73,774	71,782
	Log normale III	Méthode des moments	71,466	68,479
	Gamma	Méthode des moments	69,233	67,232
	Pearson type III	Méthode des moments	72,546	69,599
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	71,466	68,479
<b>Takhmart</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	180,103	177,05
	GEV	Maximum de vraisemblance	189,469	184,917
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	195,447	192,359
	Weibull	Méthode des moments	177,861	174,809
	Log normale	Maximum de vraisemblance	186,715	183,662
	Log normale III)	Maximum de vraisemblance	186,489	181,91
	Gamma	Méthode des moments	177,574	174,521
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	181,319	176,74
<b>Ain Amara</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	209,951	206,676
	Pareto	Méthode des moments pondérés	208,219	204,944
	GEV	Méthode des moments	217,419	212,579
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	214,816	211,54
	Weibull	Méthode des moments	207,8	204,524
	Log normale	Maximum de vraisemblance	219,58	216,305
	Log normale III	Maximum de vraisemblance	212,655	207,742
	Gamma	Méthode des moments	207,934	204,658
	Pearson type III	Méthode des moments	211,629	206,716
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	213,792	208,879
<b>Sidi AEK</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	65,966	62538
	Pareto	Méthode des moments	64,385	60,958
	GEV	Méthode des moments	79,984	74,843
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	78,427	74,999
	Weibull	Maximum de vraisemblance	64,327	60,9
	Log normale	Maximum de vraisemblance	74,874	71,441
	Log normale III)	Méthode des moments	77,934	72,793
	Log-Pearson type III	Méthode des moments	71,175	66,035
<b>Oued Al Abtal</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	372,083	368,299

## Chapitre IV : Résultats et discussion

	Pareto	Méthode des moments	376,313	372,53
	GEV	Maximum de vraisemblance	373,231	367,556
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	379,733	375,95
	Weibull	Maximum de vraisemblance	374,058	370,274
	Log normale	Maximum de vraisemblance	369,768	365,984
	Log normale III)	Maximum de vraisemblance	372,859	367,184
	Gamma	Méthode des moments	372,904	369,12
	Pearson type III	Méthode des moments	374,34	368,664
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	372,936	367,26
<b>Relizane amont</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	73,613	72,643
	GEV	Maximum de vraisemblance	74,089	72,634
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	74,136	73,166
	Weibull	Méthode des moments	71,814	70,844
	Log normale	Maximum de vraisemblance	74,834	73,864
	Gamma	Méthode des moments	72,81	71,84
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	75,118	73,663
	Pareto	Méthode des moments	69,153	68,183
<b>Ghrib amont</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	139,303	137,637
	GEV	Méthode des moments	152,014	149,515
	Gumbel	Méthode des moments	150,177	148,511
	Weibull	Méthode des moments	133,18	134,484
	Log normale	Maximum de vraisemblance	136,151	134,484
	Log normale III)	Méthode des moments	151,784	149,284
	Gamma	Méthode des moments	131,708	129,42
	Pearson type III	Méthode des moments	150,772	148,272
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	135,112	132,612

### 4.3.3. Choix de la distribution adéquate

Selon la valeur la plus minimale de ces deux critères AIC et BIC la distribution correspondante est dite la plus adéquate. Les résultats sont présentés dans les tableaux 18, 19, 20.

**Tableau 19. Distributions marginales retenues pour les séries de Qp des stations étudiées.**






et 34 jours. Aussi le volume à la station de Ghrib a une valeur très élevée de  $97,5 \text{ Hm}^3$  pour  $T=100$  ans et  $80,5 \text{ Hm}^3$  pour  $T=50$  ans. Quant aux plus petites valeurs des trois variables sont enregistrées à la station d'Ababsa pour  $T=2$  avec  $4,31 \text{ m}^3/\text{s}$   $Q(p)$  ; environ 3 jours pour  $D$  ; et  $0,28 \text{ Hm}^3$  pour  $V$ .

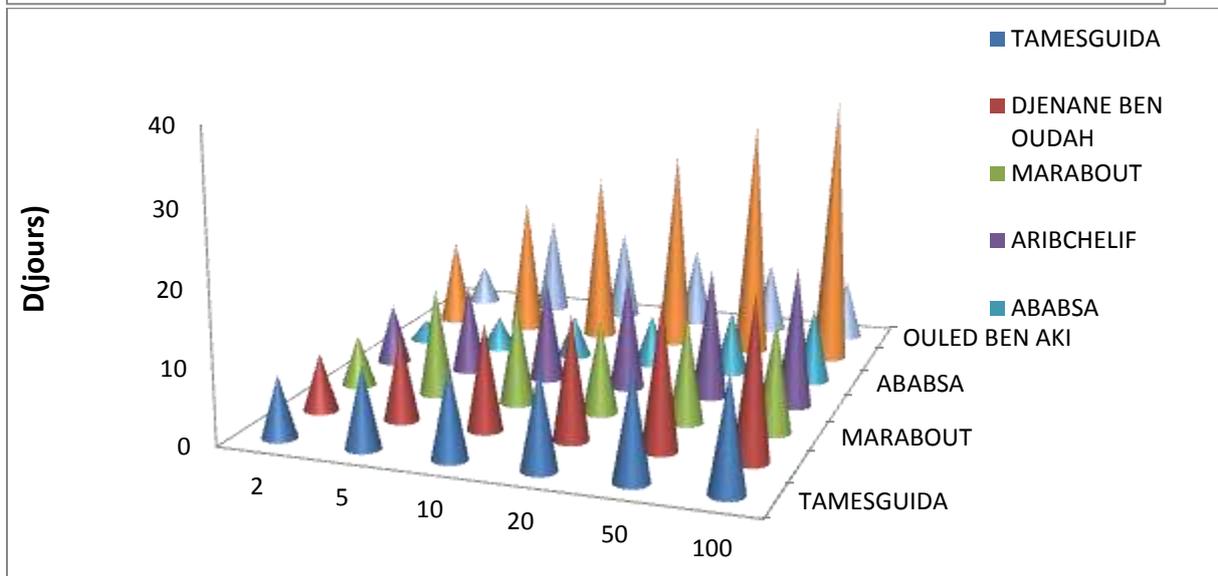
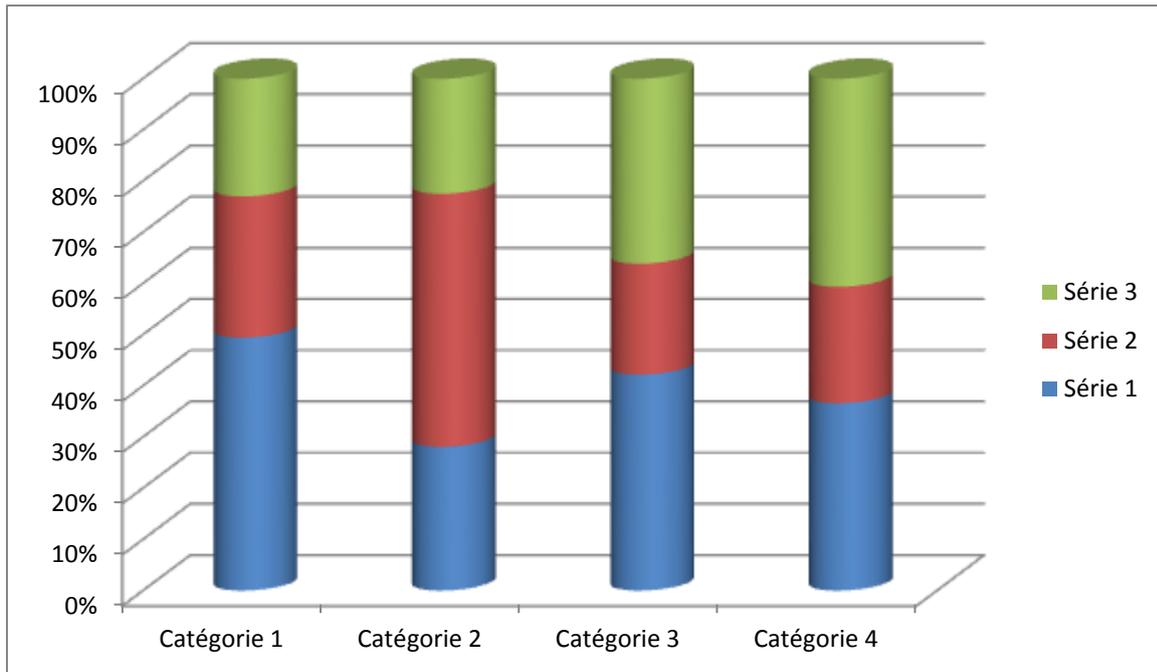
### 4.5. Discussion

quam. Proin bibendum ex quis lorem tempor, in convallis arcu cursus. Donec eu nisl eu ipsum egestas pretium. Morbi arcu nibh, bibendum a ex sed, posuere aliquam dui. Etiam tempus blandit sapien, ut tempor quam volutpat eget. Donec dapibus elementum tempus. Nam feugiat dui tortor, pretium tempor mi gravida vitae. Morbi vitae maximus eros. Aliquam cursus blandit lorem faucibus eleifend. Suspendisse iaculis est in egestas dignissim. Curabitur varius ex in ex dictum volutpat. Pellentesque in gravida turpis. Pellentesque congue fringilla ultricies. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Nunc efficitur, dui in tincidunt aliquet, elit nisi placerat urna, sed euismod nisl lectus sed mi.

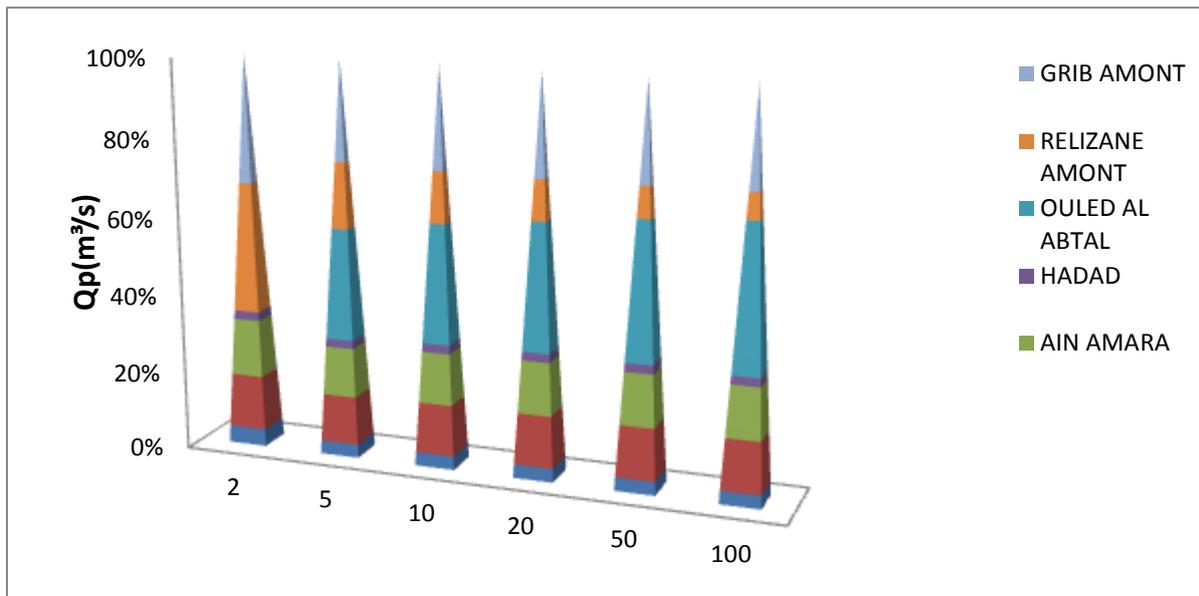
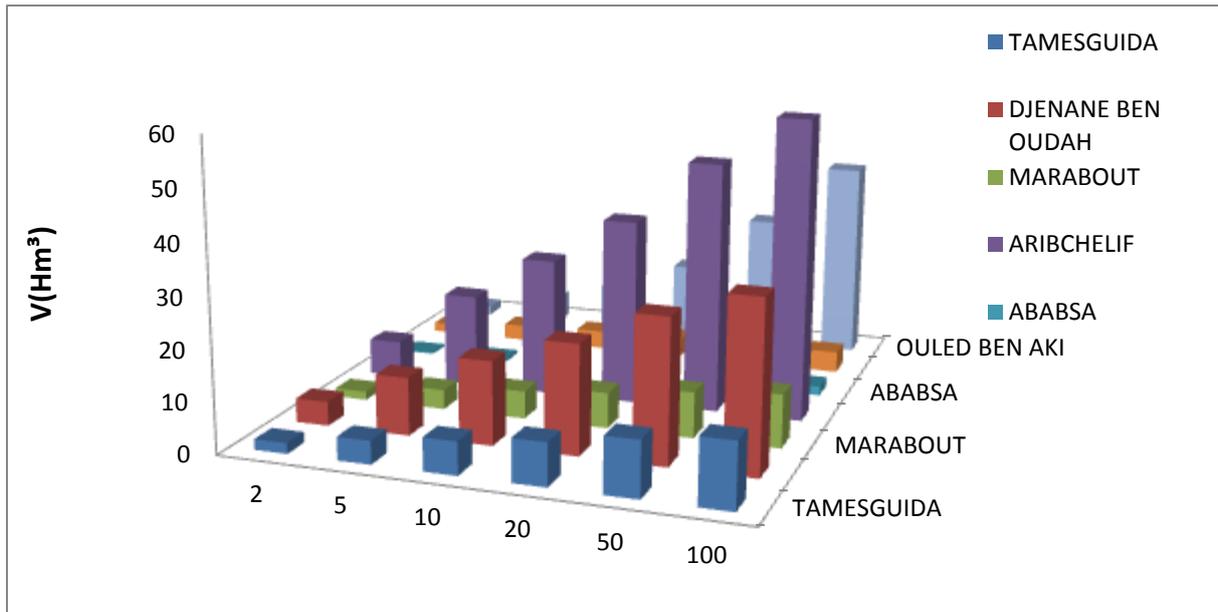
Nullam quis laoreet erat. Cras diam risus, volutpat vitae maximus vel, volutpat vel nunc. Pellentesque libero enim, posuere a magna non, laoreet malesuada nisl. Ut facilisis, justo sit amet ultrices sollicitudin, nunc ex commodo magna, at finibus diam velit vel est. Aliquam tristique sit amet metus non euismod. Nam lorem nulla, posuere ullamcorper fermentum at, egestas non velit. Fusce hendrerit sed massa vitae pellentesque. Donec aliquet, eros eget suscipit consectetur, dolor tortor viverra lacus, a ultricies leo erat a turpis. Aliquam sed accumsan sem, vitae dapibus diam. Proin non ex accumsan neque pellentesque ornare nec eget odio.

Duis tempus tincidunt sagittis. Suspendisse porta, lectus in finibus dictum, nisi magna blandit magna, imperdiet interdum elit ante pharetra diam. Quisque et leo enim. Sed non tempus velit, vel egestas magna. Cras viverra ex nulla, sit amet vestibulum ligula feugiat quis. Phasellus in tortor sapien. Maecenas eget massa est. Mauris dapibus maximus diam non laoreet. Phasellus sed neque commodo nunc pretium tincidunt. Quisque sed urna a metus pulvinar ultricies ac quis eros. Fusce suscipit sodales nulla. Mauris erat nunc, molestie vel accumsan sed, imperdiet vitae magna. Integer suscipit iaculis nibh, malesuada imperdiet sem viverra auctor. Suspendisse

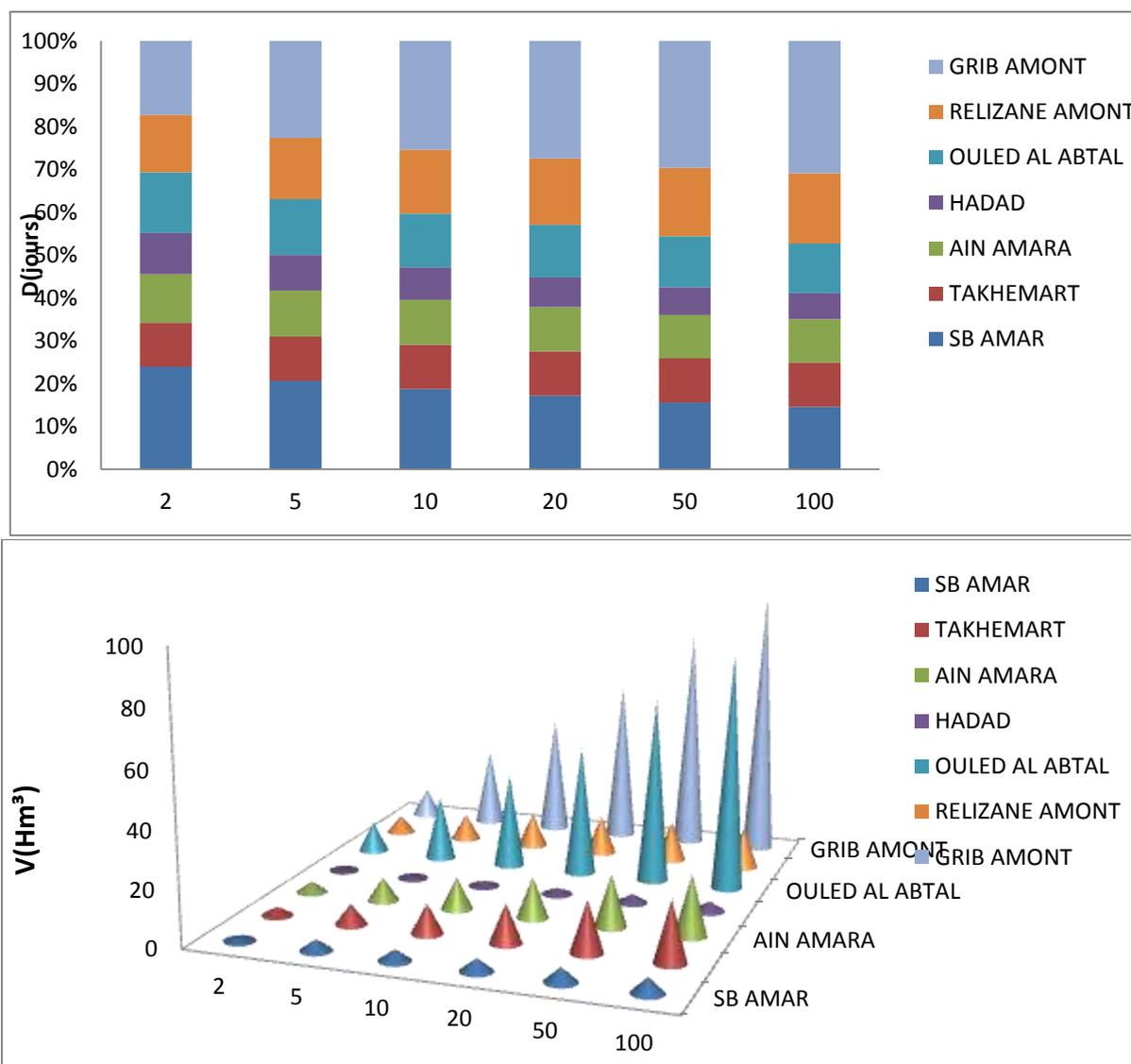
## Chapitre IV : Résultats et discussion



## Chapitre IV : Résultats et discussion



## Chapitre IV : Résultats et discussion



Ceci révèle l'importance de ces deux variables dans la caractérisation de la crue, où le problème ne se limite pas au seul volume d'eau, mais aussi du volume du transport solide car le débit peut entraîner les matières en suspension et le charriage. Ceci pose un problème accru de l'érosion fluviale et par la suite le risque d'envasement des barrages en aval. Dans une autre étude de Baliveau (2006), il a également été prouvé qu'il existe une relation entre le débit et le volume et le volume et la durée.

La vérification des hypothèses de base (stationnarité, indépendance et homogénéité) a été définie au seuil de signification 5% (Meddi et al, 2014), où l'ensemble des stations étudiées ont été acceptées comme stationnaires, homogènes et indépendantes. Sauf trois stations (Takhemart, Relizane amont et Ain Amara) au seuil de signification de 1%, un seuil qui a été déjà retenu dans l'étude de Souanef (2015). En hydrologie statistique, généralement trois

quam. Proin bibendum ex quis lorem tempor, in convallis arcu cursus. Donec eu nisl eu ipsum egestas pretium. Morbi arcu nibh, bibendum a ex sed, posuere aliquam dui. Etiam tempus blandit sapien, ut tempor quam volutpat eget. Donec dapibus elementum tempus. Nam feugiat dui tortor, pretium tempor mi gravida vitae. Morbi vitae maximus eros. Aliquam cursus blandit lorem faucibus eleifend. Suspendisse iaculis est in egestas dignissim. Curabitur varius ex in ex dictum volutpat. Pellentesque in gravida turpis. Pellentesque congue fringilla ultricies. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Nunc efficitur, dui in tincidunt aliquet, elit nisi placerat urna, sed euismod nisl lectus sed mi.

Nullam quis laoreet erat. Cras diam risus, volutpat vitae maximus vel, volutpat vel nunc. Pellentesque libero enim, posuere a magna non, laoreet malesuada nisl. Ut facilisis, justo sit amet ultrices sollicitudin, nunc ex commodo magna, at finibus diam velit vel est. Aliquam tristique sit amet metus non euismod. Nam lorem nulla, posuere ullamcorper fermentum at, egestas non velit. Fusce hendrerit sed massa vitae pellentesque. Donec aliquet, eros eget suscipit consectetur, dolor tortor viverra lacus, a ultricies leo erat a turpis. Aliquam sed accumsan sem, vitae dapibus diam. Proin non ex accumsan neque pellentesque ornare nec eget odio.

Duis tempus tincidunt sagittis. Suspendisse porta, lectus in finibus dictum, nisi magna blandit magna, imperdiet interdum elit ante pharetra diam. Quisque et leo enim. Sed non tempus velit, vel egestas magna. Cras viverra ex nulla, sit amet vestibulum ligula feugiat quis. Phasellus in tortor sapien. Maecenas eget massa est. Mauris dapibus maximus diam non laoreet. Phasellus sed neque commodo nunc pretium tincidunt. Quisque sed urna a metus pulvinar ultricies ac quis eros. Fusce suscipit sodales nulla. Mauris erat nunc, molestie vel accumsan sed, imperdiet vitae magna. Integer suscipit iaculis nibh, malesuada imperdiet sem viverra auctor. Suspendisse Les projets de dimensionnement des aménagements de cours d'eau et de gestion des ressources en eau (irrigation...) utilisent les périodes courtes et moyennes. Cependant, de grandes périodes peuvent être utilisées pour dimensionner des ouvrages hydrauliques comme des barrages et des canaux d'évacuation de brut (Kouider, 2003).

### Conclusion

A l'issue de l'application de l'analyse fréquentielle sur les variables de crue dans le bassin Cheliff, il est décelé qu'une variabilité est observée dans les distributions sélectionnées pour l'estimation des quantiles des variables de crue.

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

L'objectif de cette étude est d'estimer la probabilité d'un événement hydrologique extrême (une crue), en déterminant ces caractéristiques la durée, volume, débit de pointe qui correspondent à des périodes de 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans. Ce travail est basé sur une analyse fréquentielle sur des pseudo-observations des variables de crue extraites à partir des débits journaliers de 14 stations hydrométriques dans le bassin de Cheliff. Ces stations ont une répartition géographique relativement homogène sur l'oued Cheliff.

La méthodologie adoptée aborde toutes les étapes de l'analyse fréquentielle complète (détection des valeurs aberrantes, test des hypothèses de base, ajustement et l'estimation de *quam. Proin bibendum ex quis lorem tempor, in convallis arcu cursus. Donec eu nisl eu ipsum egestas pretium. Morbi arcu nibh, bibendum a ex sed, posuere aliquam dui. Etiam tempus blandit sapien, ut tempor quam volutpat eget. Donec dapibus elementum tempus. Nam feugiat dui tortor, pretium tempor mi gravida vitae. Morbi vitae maximus eros. Aliquam cursus blandit lorem faucibus eleifend. Suspendisse iaculis est in egestas dignissim. Curabitur varius ex in ex dictum volutpat. Pellentesque in gravida turpis. Pellentesque congue fringilla ultricies. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Nunc efficitur, dui in tincidunt aliquet, elit nisi placerat urna, sed euismod nisl lectus sed mi.*

*Nullam quis laoreet erat. Cras diam risus, volutpat vitae maximus vel, volutpat vel nunc. Pellentesque libero enim, posuere a magna non, laoreet malesuada nisl. Ut facilisis, justo sit amet ultrices sollicitudin, nunc ex commodo magna, at finibus diam velit vel est. Aliquam tristique sit amet metus non euismod. Nam lorem nulla, posuere ullamcorper fermentum at, egestas non velit. Fusce hendrerit sed massa vitae pellentesque. Donec aliquet, eros eget suscipit consectetur, dolor tortor viverra lacus, a ultricies leo erat a turpis. Aliquam sed accumsan sem, vitae dapibus diam. Proin non ex accumsan neque pellentesque ornare nec eget odio.*

*Duis tempus tincidunt sagittis. Suspendisse porta, lectus in finibus dictum, nisi magna blandit magna, imperdiet interdum elit ante pharetra diam. Quisque et leo enim. Sed non tempus velit, vel egestas magna. Cras viverra ex nulla, sit amet vestibulum ligula feugiat quis. Phasellus in tortor sapien. Maecenas eget massa est. Mauris dapibus maximus diam non laoreet. Phasellus sed neque commodo nunc pretium tincidunt. Quisque sed urna a metus pulvinar ultricies ac quis eros. Fusce suscipit sodales nulla. Mauris erat nunc, molestie vel accumsan sed,*

## Conclusion générale

---

imperdiet vitae magna. Integer suscipit iaculis nibh, malesuada imperdiet sem viverra auctor. Suspendisse La valeur la plus élevée de  $Q_p$  est observée à la station d'Oued Al Abtal avec  $514 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  39 et 34 jours, aussi le volume à la station de Ghrib a une valeur très élevé de  $97,5 \text{ Hm}^3$  pour  $T=100$  ans et  $80,5 \text{ Hm}^3$  pour  $T=50$  ans.

Les résultats obtenus encouragent la poursuite des recherches sur des régions plus vastes avec un plus grand nombre de stations et des périodes d'observation plus longues pour une meilleure caractérisation et identification des crues.

Ce type de recherche peut avoir des répercussions importantes dans de nombreux domaines, dimensionnement des aménagements des cours d'eau, notamment la gestion des ressources en eau et les réseaux des évacuations des eaux flue, les modifications de chenaux, la lutte contre les crues torrentielles et le dimensionnement des hydrauliques (barrages, ponts,...).

### Les références Bibliographiques :

- Abdelaziz H ; 1999. Estimation régionale des débits étiage de la province de Québec
- AMBROISE.B. (1998). La dynamique du cycle de l'eau dans un bassin versant – Processus-Facteurs .
- ANCEY.C.(2012) Risques hydrologiques et aménagement du territoire version 7.1 du 6 septembre 2012.
- ANDRE ST, Hilaire 2007 Analyse fréquentielle des précipitations de la station Assomption p 7.
- ANDRE, Musy. «Hydrologie générale», Bucarest édition HGA 1998
- Anne B. Dufour, 2008 Quelques tests pour les Sciences Forensiques ; pdf p 10.
- ARNAUD.P et LAVABRE.J.(2007). *Estimation de l'aléa pluvial en France Métropolitaine*. Editions Quae, 153 pages
- B.TOUAIBIA, A.BENAOUDJ, P.HUBERT. 2005 -Les inondations dans la vallée du M'ZAB\*
- BALLAIS,(1995), Alluvial Holocene terraces in eastern Maghreb: Climate and anthropogenic controls, in: J. Lewin, M.M. Mac-klin, J.C. Woodward (Eds.), Mediterranean Quaternary River Environments, A.A. Balkema, Rotterdam, 1995, pp. 183-194.
- Beckman,R.J. et Cook, R.D. (1983). Outliers' (with Discussion). *Technometrics*, 25, 119-163.
- Belloula M., "Modélisation des écoulements et perspectives de prévention contre les risques d'inondation dans quelques bassins de la *Medjerda (Confins algéro-tunisiens)*" Mémoire de Magistère Univ. de Batna, (2008) 168 pp
- BEN AMOR.M.F: Etude de la protection de la commune de BOUARFA (Blida) contre les inondations. Projet de fin d'étude, ingénioral, ENSH, BLIDA. Algérie, 2010
- Benjamin Graff, 2004: Prédétermination des débits de crue des petits bassins versants, torrentiels, Thèse de doctorat.
- BENKHALED.A. (2007). Distribution des Pluies Maximales Annuelles Dans la région du Chélif, *Courrier du Savoir – N°08*, Juin 2007, pp.83-91

## Références Bibliographiques

---

- BENKHALED.A.(2009-2010). *Méthodes Statistiques en Hydrologie, Ouvrage Pédagogique*. (Cours et applications) (Université de Biskra).
- Berrabah&Milianni N2019 ;E. Mém de magister, Analyse fréquentielle des crues dans la plaine de Haut Chelif p28, khmiss miliana.
- Bobée B., Extreme flood events valuation using frequency analysis: A critical review, *Houille Blanche*, 54 (7-8) (1999) 100-105.
- Bobée Fortin B., Perrault V., Perron L.H. (1999) : Hyfran 1.0 (logiciel hydrologique : Chaire en hydrologie statistique CRNSG/Hydro- Québec), INRS-Eau, Terre et Environnement, Université du Québec, Québec
- Cao, L., Y. Yan, C. Kuhlman, Q. Wang, E. A. Rundensteiner et M. Eltabakh. 2017. « Multi- Tactic Distance-Based Outlier Detection ». In 2017 IEEE 33rd International Conference on Data Engineering (ICDE). (19-22 April 2017), p. 959-970.
- Colin Cameron etPravin Trivedi, *Microeconometrics : Methods And Applications*, Cambridge University Press, 2005, 1056 p.
- Dègla Herve KOUMASSI *et al.*, Analyse fréquentielle des évènements hydro-pluviométriques extrêmes dans le bassin de la Sota au Bénin, *Afrique Science*, 10 (2) (2014) 137 – 148.
- (Développement des modèles régionaux de queues et invarianceéchelle) Mémoire présenté pour obtention du grade de Maître ès science. .
- DGPC. (2007), (Direction Générale De La Protection Civile) Algérie , Bureau des risque naturels. .Les inondations en Algérie ,21p, disponible sui le site ile la Direction Générale de la Protection Civile, <http://www.protectioncivile.dz>.
- Direction Départementale des Territoires et de la Mer de l’Hérault. Décembre 2012 « Etude de définition des zones inondables du bassin versant du Libron». Commune de Boujan-sur-Libron
- Direction des ressources en eau de Bejaia. Mars 2014 Rapport PDAU Tazmalt phase.
- DUBREUIL.P. (1974). Initiation à l’analyse hydrologique. Editions Masson et Cle
- E.BECKERS, DEGRE.A. (2009). Revue bibliographique : la prise en compte des transferts horizontaux dans les modèles hydrologiques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*2011 15(1), 143-151
- Eckhardt, K. How to construct recursive digital filters for baseflow separation. *Hydrol. Process.* 2005, 19, 507–515. [CrossRef] Editeurs et ORSTOM ,216 pages

## Références Bibliographiques

---

- El Adlouni S., B. Bobée et O. Samoud (2012). Guide pour les méthodes du système d'aide à la décision (SAD) DE HYFRAN-PLUS. Water Resources Publication (<http://www.wrpllc.com/books/HyfranPlus>)
- GILARD O. (1998) , Les bases techniques de la méthode Inondabilité, édition du Cemagref,1998, 207 p.
- GILARD O. (1998) , Les bases techniques de la méthode Inondabilité, édition du Cemagref,1998, 207 p.
- Gonzales, A.L.; Nonner, J.; Heijkers, J.; Uhlenbrook, S. Comparison of different base flow separation methods in a lowland catchment. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2009, 13, 2055–2068. [CrossRef]
- Grézieu-La-Varenne à l'aide de traceurs isotopiques (oxygène 18) (GUSTARD A., ROALD L.A., DEMUTH S., LUMADJENG H.S., GROSS R., (1989): Flow regimes from experimental and network data (FRIEND), Institute of hydrology, Wallingford (UK), 2 vol.
- Hirotugu Akaike, « *Information theory and an extension of the maximum likelihood principle* », dans *Second International Symposium on Information Theory*, 1973, 267-281 p.
- HORTON J.H, HAWKINS .RH. (1965). Flow path of rain from the soil surface to the water table. *Soil Sci.*, 100 pp. 377–383.
- Humbert J., Kaden U. (1994). Détection des modifications de l'écoulement fluvial au moyen de l'indice de débit de base. Centre d'Etudes et de Recherches Eco- Géographiques, CEREG/URA 95 du CNRS,
- Jean-Yves Briend, *Petit traité d'intégration*, EDP Sciences, 2014,
- JULIE BÉLIVEAU,2006 ;E.Mém de magister, ANALYSE FRÉQUENTIELLE MULTIVARIÉE DE LA POINTE, DU VOLUME ET DE LA DURÉE DE LA CRUE ; présenté à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval.
- Kendall M.G., 1975, *Rank Correlation Methods*, 4th edition, Charles Griffin, London.
- Kouider A ; 2003.Ed. Mémoire présenté pour obtention du grade de Maîtrise ès science, Université du Québec Analyse Fréquentielle Locale Des Crues Au Québec.
- KOUTSOYANNIS.D. (2004). *Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: II. Empirical investigation of long rainfallrecords*. *Hydrological Sciences–Journal des Sciences Hydrologiques*, 49(4) August 2004
- KREIS NICOLAS (2004), Modélisation des crues des rivières de moyenne montagne pour la gestion intégrée du risque d'inondation application a la vallée de la Thur (Haut-Rhin) ;

## Références Bibliographiques

---

thèse de doctorat Spécialité : Sciences de l'Eau à l'Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, 350p

- Laborde JP., Mouhous N. (1998). Logiciel développé au CNRS, Université de Nice – Sophia Antipolis. France
- Ladjel Mahmoud, 2001 : Evaluation et gestion des ressources en eau. Séminaire international sur les petits barrages dans le monde méditerranéen. Tunis du 28 au 31 Mai 2001.
- LAHLAH.S: Les inondations en Algérie, Actes des Journées Techniques Risques Naturels Inondation, Prévision, Protection/BATNA. 2004.
- Larry Wasserman, All of Statistics: A Concise Course in Statistical Inference, New York, Springer-Verlag, 15 septembre 2004, 461 p.
- Longobardi A., Villani P., (2008). Baseflow index regionalization analysis Mediterranean area and data scarcity context: role of the catchment permeability index. Journal of Hydrology 355, 63e75.
- López J. and Francés F., Non-stationary flood frequency analysis in continental Spanish rivers, using climate and reservoir indexes as external covariates, 3rd STAHY International Workshop on statistical methods for hydrology and water resources management, October 1st -2nd , 2012 Tunis, Tunisia
- Mann H.B., Non-parametric tests against trend, Econometrica, 13 (1945) 163-171.
- Mann HB, Whitney DR. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. Ann. Math. Stat. 18(1). p. 50-60. DOI: 10.1214/aoms/1177730491.
- Massan JM et Lubes, 1991: Hydrologie continentale chapitre: hydrologie et statistique
- Meddi. M, Sadeuk Ben Abbes, 2013. Analyse statistique et prévision des débits de crues dans de l'oued Mekerra (ouest de l'Algérie). Ecole Nationale Supérieures d'Hydraulique, LGE Blida Algérie 26.
- MERABET Abbés (2006): Etude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbés contre les inondations», Mémoire de Magister, Université de Djilali Liabes-Sidi Bel Abbés.
- MERABET ABBES (2008), Etude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbés contre les inondations», Mémoire de Magister, Université de Djilali Liabes-Sidi Bel Abbés .
- Meylan P. et Musy A., EPFL, 1999, Hydrologie fréquentielle. Editions HGA, Bucarest.

## Références Bibliographiques

---

- MEYLAN.P et al, (2012). *Hydrologie fréquentielle: Une science prédictive*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 168 Pages.
- MEYLAN.P et MUSY.A (1999). *Hydrologie fréquentielle*. Editions H.G.A Bucarest, 413pages.
- Ministère de l'écologie et du développement durable. Aout 2004 « Les inondations». Dossier d'information
- Ministère de l'écologie et du développement durable. Aout 2004 Les inondations». Dossier d'information
- Mohamed Meddi et Abdelkader Sadeuk Ben Abbes, Analyse statistique et prévision des débits de crues dans le bassin versant de l'oued Mekerra (Ouest de l'Algérie), *Nature & Technologie*, 10(2014) 21-31.
- Paul Meylan, Anne-Catherine Favre et André Musy, *Hydrologie fréquentielle : une science prédictive*, Lausanne, PPUR, coll. « Science et ingénierie de l'environnement », 2008, 174 p.
- Pierre Javelle, 2001: Thèse de doctorat. Caractérisation du régime des crues: le modèle débit 64 Grenoble. durée fréquence convergent: Approche locale et régionale. Institut National polytechnique de grenoble .
- Régis Bourbonnais, Michel Terraza, *Analyse des séries temporelles : applications à l'économie et à la gestion*, 4<sup>e</sup> Edt. Dunod, 2016
- Riad S., Jacky Mania and Bouchaou L., Variabilité hydroclimatique dans les bassins-versants du Haut Atlas de Marrakech (Maroc), *Science et changements planétaires, Sécheresse*, 17 (3) (2006) 443 6.
- Roche M. 1963. "Hydrologie de surface" Gauthier-Villars, ORSTOM, Paris.
- Saporta, G., Probabilités, Analyse de Données et Statistique, Dunod, 2006.
- Sauquet, E., et al., 2009 Analyse fréquentielle des évènements hydrologiques extrêmes. Rapport projet RexHySS.
- Schwarz, Gideon E. (1978), "Estimating the dimension of a model", *Annals of Statistics*, 6 (2): 461–464, doi:[10.1214/aos/1176344136](https://doi.org/10.1214/aos/1176344136)
- Sinha, S. K. 1979. « Outliers in Statistical Data (Vic Barnett and Toby Lewis) ». *SIAM Review*, vol. 21, no 4, p. 576-577.
- Souaiker Dj ; 2016 ; estimation de risque érosif dans le bassin de haut cheliff. Ed ; Mem de fin d'étude ; UNV. école nationale supérieure d'hydraulique ; Blida .P37

## Références Bibliographiques

---

- SPPPI. (2004) , Prise en compte du risque inondation dans les études de dangers des installations classées, Cahier technique N°8, DRIRE Haute-Normandie - 21, avenue de la Porte des champs - 76037 ROUEN CEDEX Tél. 02 35 52 32 00 - Fax 02 35 52 32 32.
- Stromberg , D. , " Catastrophes naturelles , développement économique et aide humanitaire " , J. Econ . Perspective. , V. 21, n° 3 , ( 2007 ) , 199-222 .
- the review paper: Stoica, P.; Selen, Y. (2004), "Model-order selection: a review of information criterion rules", *IEEE Signal Processing Magazine* (July): 36–47.
- TRAMBLAY.Y. (2008). *Régionalisation des concentrations extrêmes de sédiments en suspension dans les rivières d'Amérique du Nord*. Université du Québec INRS-ETE
- Valerie E B. 2004: Vers une modélisation hydrologique adaptée à la prévision opérationnelle des crues éclair. Application à de petits bassins versants du sud de la France. Thèse de doctorat. Ecole Doctorale Sciences de l'Univers, de l'Environnement et de l'Espace
- Viramontes, D. et Descroix, L., 2000 Dégradation progressive du milieu par le surpâturage et le déboisement et conséquences hydrologiques. Etude de cas de la sierra Madré occidentale (Mexique). *Revue Géographie Alpine*, 2, 28–41. Disponible à: <http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript>
- Wald A., Wolfowitz J. (1940). On a test whether two samples are from the same population. *Ann. Math Statist.*, 11, 147-162.
- Wilcoxon F. (1945). Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bulletin*. 1(6). p. 80-83. DOI: 10.2307/3001968, JSTOR 3001968
- World Meteorological Organization (2008). *Manual on Low-flow. Estimation and Prediction*, Operational Hydrology Report no 50, 136 p.
- YAHIAOUI. (2012), Inondations Torrentielles Cartographie des Zones Vulnérables en Algérie du Nord (Cas de l'oued Mekerra, Wilaya de Sidi Bel Abbès) Thèse de doctorat, Ecole Nationale Polytechnique
- Zbigniew W. Kundzewicz, Changement climatique et crues, *Bulletin Temps-Climat-eau*, OMM, (Juillet 2008).

## REFERENCES SITOGRAPHIQUES

- [1]([www.nord.gouv.fr](http://www.nord.gouv.fr)).
- [2]<http://www.noe.gard.fr/index.php/le-gard-et-le-risque-inondation/comprendre-lephenomene-inondation>. 1 Mars 2018 à 10h32.

## Références Bibliographiques

---

- [3]<http://tpe-inondation-1s1.e-monsite.com/pages/types-d-inondations.html>.5 Mars 2018 à 13h09
- [4](<http://www.environnement-poitou-charentes.org>).
- [5] <http://psjpa.free.fr/tests/dixon/dixon.htm>
- [6][https://support.minitab.com/fr-fr/minitab/19/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/basics/what-is-a-critical value/#:~:text=Une%20valeur%20critique%20est%20un,zone%20critique%20ou%20de%20rejet](https://support.minitab.com/fr-fr/minitab/19/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/basics/what-is-a-critical-value/#:~:text=Une%20valeur%20critique%20est%20un,zone%20critique%20ou%20de%20rejet).
- [7]<https://www.coursehero.com/file/p2mrs6i/FIIFO-3-PROBABILITES-STATISTIQUES-J-P-LENOIR-CHAPITRE-6-Page-109-1-%C3%A8re-%C3%A9tape>.
- [8] [https://www.jstor.org/stable/2235872?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/2235872?seq=1#page_scan_tab_contents)
- [9]<https://www.bibmath.net/dico/index.php?action=affiche&quoi=c/chideux/h>.
- [10][https://datafranca.org/wiki/Objectif\\_de\\_test\\_d%27homog%C3%A9neit%C3%A9](https://datafranca.org/wiki/Objectif_de_test_d%27homog%C3%A9neit%C3%A9)

## Annexe 01 : table dixon

## Critical Values of Expanded Dixon Outlier Test (cont.)

Taken from Verma and Quiroz-Ruiz, Table 2

<i>n</i>	CL SL $\alpha$	70% 30% 0.30	80% 20% 0.20	90% 10% 0.10	95% 5% 0.05	98% 2% 0.02	99% 1% 0.01	99.5% 0.5% 0.005
51		0.1079	0.1374	0.1819	0.2206	0.2651	0.2941	0.3204
52		0.1071	0.1365	0.1808	0.2191	0.2632	0.2927	0.3191
53		0.1067	0.1357	0.1797	0.2182	0.2620	0.2920	0.3177
54		0.1060	0.1349	0.1788	0.2169	0.2606	0.2899	0.3163
55		0.1052	0.1340	0.1777	0.2160	0.2595	0.2880	0.3140
56		0.1047	0.1334	0.1768	0.2145	0.2582	0.2873	0.3136
57		0.1041	0.1326	0.1759	0.2135	0.2570	0.2859	0.3118
58		0.1036	0.1320	0.1752	0.2126	0.2555	0.2845	0.3098
59		0.1030	0.1312	0.1741	0.2116	0.2545	0.2828	0.3089
60		0.1024	0.1304	0.1733	0.2106	0.2531	0.2816	0.3075
61		0.1019	0.1299	0.1726	0.2095	0.2522	0.2812	0.3071
62		0.1014	0.1294	0.1717	0.2085	0.2510	0.2792	0.3061
63		0.1009	0.1286	0.1707	0.2075	0.2500	0.2784	0.3041
64		0.1004	0.1281	0.1703	0.2070	0.2493	0.2775	0.3031
65		0.1000	0.1275	0.1694	0.2057	0.2480	0.2766	0.3025
66		0.0997	0.1272	0.1689	0.2053	0.2472	0.2754	0.3006
67		0.0991	0.1264	0.1679	0.2045	0.2466	0.2742	0.2996
68		0.0987	0.1260	0.1674	0.2037	0.2457	0.2735	0.2990
69		0.0982	0.1254	0.1667	0.2030	0.2445	0.2724	0.2983
70		0.0979	0.1249	0.1660	0.2020	0.2436	0.2714	0.2968
71		0.0974	0.1243	0.1652	0.2013	0.2429	0.2709	0.2959
72		0.0970	0.1238	0.1648	0.2005	0.2420	0.2696	0.2946
73		0.0967	0.1234	0.1641	0.1996	0.2409	0.2682	0.2934
74		0.0961	0.1228	0.1635	0.1990	0.2402	0.2677	0.2932
75		0.0960	0.1225	0.1631	0.1984	0.2398	0.2667	0.2922
76		0.0955	0.1221	0.1626	0.1980	0.2387	0.2662	0.2912
77		0.0952	0.1217	0.1620	0.1973	0.2382	0.2656	0.2905
78		0.0948	0.1212	0.1613	0.1964	0.2372	0.2646	0.2897
79		0.0943	0.1205	0.1605	0.1955	0.2365	0.2637	0.2885
80		0.0939	0.1201	0.1601	0.1950	0.2360	0.2633	0.2876
81		0.0937	0.1198	0.1596	0.1943	0.2349	0.2621	0.2870
82		0.0935	0.1195	0.1594	0.1940	0.2345	0.2614	0.2859
83		0.0930	0.1189	0.1586	0.1934	0.2337	0.2608	0.2852
84		0.0928	0.1187	0.1583	0.1927	0.2330	0.2599	0.2844
85		0.0925	0.1182	0.1576	0.1922	0.2322	0.2588	0.2836
86		0.0921	0.1178	0.1573	0.1918	0.2319	0.2584	0.2832
87		0.0918	0.1174	0.1567	0.1909	0.2309	0.2573	0.2818
88		0.0915	0.1171	0.1563	0.1906	0.2304	0.2568	0.2811
89		0.0913	0.1167	0.1557	0.1899	0.2298	0.2566	0.2808
90		0.0910	0.1165	0.1554	0.1896	0.2294	0.2558	0.2798
91		0.0906	0.1160	0.1547	0.1887	0.2285	0.2548	0.2790
92		0.0903	0.1156	0.1544	0.1885	0.2279	0.2543	0.2788
93		0.0902	0.1154	0.1540	0.1881	0.2272	0.2539	0.2784
94		0.0899	0.1151	0.1537	0.1876	0.2272	0.2535	0.2775
95		0.0896	0.1147	0.1532	0.1869	0.2259	0.2524	0.2766
96		0.0894	0.1144	0.1528	0.1865	0.2257	0.2521	0.2764
97		0.0892	0.1141	0.1524	0.1860	0.2251	0.2512	0.2755
98		0.0890	0.1138	0.1521	0.1856	0.2247	0.2513	0.2751
99		0.0887	0.1134	0.1516	0.1851	0.2240	0.2499	0.2738
100		0.0885	0.1131	0.1512	0.1846	0.2234	0.2498	0.2737

CL: Confidence level (%); SL: Significance level (%);  $\alpha$ : Significance level. Headers for commonly used CL or SL or  $\alpha$  are given in bold face (e.g., for RM applications). The mean values of the standard error of the mean ( $\bar{x}_n$ ) for these critical values ( $\bar{x}$ ) are (respective % errors are also reported in parentheses):  $-0.00011$  (for  $\alpha = 0.30, 0.09\%$ );  $-0.00011$  (for  $\alpha = 0.20, 0.07\%$ );  $-0.00009$  (for  $\alpha = 0.10, 0.041\%$ );  $-0.00008$  (for  $\alpha = 0.05, 0.029\%$ );  $-0.00007$  (for  $\alpha = 0.02, 0.020\%$ );  $-0.000043$  (for  $\alpha = 0.01, 0.012\%$ ); and  $-0.000028$  (for  $\alpha = 0.005, 0.007\%$ ).

**Annexe02 : l'extraction des variables**

**Tableau 21. Station Tamesguida**

année	ds	de	dp	Q (m³/s)	D (jours)	0V (H/m³)
<b>1969-1970</b>	23/05/1970	30/05/1970	26/05/1970	5,38	8	1,51
<b>1970-1971</b>	28/03/1971	03/04/1971	01/04/1971	13,57	7	1,57
<b>1971-1972</b>	17/01/1972	30/01/1972	18/01/1972	31,46	14	11,78
<b>1972-1973</b>	01/02/1973	08/02/1973	04/02/1973	28,32	8	4,91
<b>1973-1974</b>	29/03/1974	06/04/1974	30/03/1974	46,54	9	9,73
<b>1974-1975</b>	19/03/1975	25/03/1975	22/03/1975	13,53	7	2,61
<b>1975-1976</b>	06/02/1976	13/02/1976	07/02/1976	20,08	8	3,06
<b>1976-1977</b>	22/12/1976	02/01/1976	23/12/1976	9,84	12	2,38
<b>1977-1978</b>	03/03/1978	12/03/1978	05/03/1978	5,44	10	0,58
<b>1978-1979</b>	28/02/1979	07/03/1979	26/02/1979	8,22	8	0,29
<b>1979-1980</b>	10/12/1979	15/12/1979	11/12/1979	25,35	6	2,43
<b>1980-1981</b>	18/12/1980	23/12/1980	20/12/1980	7,49	6	0,73
<b>1981-1982</b>	20/02/1982	28/02/1982	26/02/1982	11,41	9	2,49
<b>1982-1983</b>	28/11/1982	06/12/1982	01/12/1982	14,57	9	3,29
<b>1983-1984</b>	02/02/1984	06/02/1984	03/02/1984	9,3	5	1,74
<b>1984-1985</b>	09/10/1984	18/10/1984	11/10/1984	18,59	10	2,41
<b>1985-1986</b>	03/02/1986	12/02/1986	08/02/1986	23,18	8	4,09
<b>1986-1987</b>	24/01/1987	27/01/1987	31/01/1987	37,46	4	0,74
<b>1987-1988</b>	15/08/1988	17/08/1988	15/08/1988	41,39	3	3,81
<b>1988-1989</b>	13/12/1988	25/12/1988	14/12/1988	50,38	13	7,46
<b>1989-1990</b>	09/04/1990	15/04/1990	10/04/1990	3,63	7	0,44
<b>1990-1991</b>	15/02/1991	26/02/1991	21/02/1991	7,57	12	1,38
<b>1991-1992</b>	25/01/1992	28/01/1992	26/01/1992	54,3	4	5,88

**Annexe03 : Test d'adéquation**

<b>Qp (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Distribution</b>	<b>méthode d'estimation</b>	<b>valeur statistique</b>	<b>P-VALUE</b>
<b>STATION</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	0.50	0.9735
<b>TAMESGUIDA</b>	Pareto	Méthode des moments	6.92	0.1404
	GEV	Méthode des moments	4.00	0.2615
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	4.00	0.4060
	Weibull	Méthode des moments	1.67	0.7968
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.9160	0.97
	Log normale (3 param.	Maximum de vraisemblance	0.9160	0.97
	Gamma	Méthode des moments	1.67	0.7968
	Pearson type III	Méthode des moments	3.42	0.3317
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	2.83	0.4180
<b>DJENANE BEN OUDAH</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	2.00	0.5724
	Pareto	Méthode des moments	5.27	0.1529
	GEV	Méthode des moments	3.64	0.1623
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	2.00	0.5724
	Weibull	Méthode des moments	3.64	0.3035
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.9110	0.95
	Log normale (3 param.	Maximum de vraisemblance	0.9110	0.95
	Gamma	Méthode des moments	3.64	0.3035
	Pearson type III	Méthode des moments	2.55	0.2801
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	3.64	0.1623
<b>MARABOUT Blanc</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	2.17	0.3385
	Pareto	Méthode des moments	1.33	0.5134
	GEV	Méthode des moments	2.17	0.1410
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	2.17	0.3385
	Weibull	Méthode des moments	2.17	0.3385
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.90	0.8590
	Gamma	Méthode des moments	2.17	0.3385
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	2.17	0.1410
<b>ARIB CHELIF</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	7.13	0.1292
	Pareto	Méthode des moments	5.30	0.2575
	GEV	Maximum de vraisemblance	6.52	0.0888
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	7.13	0.1292
	Weibull	Méthode des moments	5.30	0.2575
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.92	0.9140
	Log normale (3 param.	Méthode des moments	0.92	0.9140
	Gamma	Méthode des moments	7.74	0.1016
	Pearson type III	Méthode des moments	4.70	0.1955
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	10.17	0.0171

## Annexes

<b>ABABSA</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	0.91	0.8232
	Pareto	Méthode des moments	3.64	0.3035
	GEV	Méthode des moments	3.64	0.1623
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	2.00	0.5724
	Weibull	Méthode des moments	2.00	0.5724
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.9110	0.94
	Log normale (3 param.	Maximum de vraisemblance	0.9110	0.94
	Gamma	Méthode des moments	2.00	0.5724
	Pearson type III	Méthode des moments	3.09	0.2132
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	3.09	0.2132
<b>BIR OULED TAHAR</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	3.64	0.3035
	Pareto	Méthode des moments	0.91	0.8232
	GEV	Méthode des moments	1.45	0.4832
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	2.55	0.4671
	Weibull	Méthode des moments	1.45	0.6928
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.9110	0.94
	Log normale (3 param.	Méthode des moments	0.9110	0.94
	Gamma	Méthode des moments	2.55	0.4671
	Pearson type III	Méthode des moments	1.45	0.4832
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	2.55	0.2801
<b>OULED BEN AKI</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	5,95	0,1142
	Pareto	Méthode des moments	0.89	0.8267
	GEV	Maximum de vraisemblance	1.53	0.4662
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	4.05	0.2558
	Weibull	Méthode des moments	0.89	0.8267
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.96	0.9010
	Log normale (3 param.	Méthode des moments	0.96	0.9010
	Gamma	Méthode des moments	2.16	0.5403
	Pearson type III	Méthode des moments	8.47	0.0145
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	2.16	0.3400
<b>SB AMARA</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	1.60	0.6594
	Pareto	Méthode des moments	6.40	0.0937
	GEV	Méthode des moments	1.60	0.4493
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	0.40	0.9402
	Weibull	Méthode des moments	2.20	0.5319
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.97	0.9050
	Log normale (3 param.	Méthode des moments	0.97	0.9050
	Gamma	Méthode des moments	2.20	0.5319
	Pearson type III	Méthode des moments	2.20	0.3329
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	1.60	0.4493
<b>TAKHEMART</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	2.15	0.8278
	Pareto	Méthode des moments	3.61	0.6074
	GEV	Maximum de vraisemblance	8.45	0.0763
	Weibul	Méthode des moments	1.18	0.9466
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.96	0.9310

## Annexes

	Log normale (3 param.)	Maximum de vraisemblance	0.96	0.9310
	Gamma	Méthode des moments	7.00	0.2206
	Pearson type III	Méthode des moments	7.00	0.1359
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	2.42	0.6588
	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	2.84	0.7243
<b>AIN AMARA</b>	Pareto	Méthode des moments pondérés	9.58	0.0881
	GEV	Méthode des moments	9.16	0.0573
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	5.79	0.3272
	Weibull	Méthode des moments	6.63	0.2495
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.98	0.9380
	Log normale (3 param.)	Méthode des moments	0.98	0.9380
	Gamma	Méthode des moments	7.47	0.1877
	Pearson type III	Méthode des moments	7.47	0.1129
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	3.12	0.5377
	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	9.54	0.0895
<b>Sidi A.E.K</b>	Pareto	Méthode des moments	7.20	0.2065
	GEV	Méthode des moments	5.24	0.2632
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	4.46	0.4848
	Weibul	Méthode des moments	6.41	0.2679
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.98	0.9410
	Log normale (3 param.)	Maximum de vraisemblance	0.98	0.9410
	Gamma	Méthode des moments	4.46	0.4848
	Pearson type III	Méthode des moments	5.24	0.2632
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	4.07	0.3962
<b>OULED AL ABTAL</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	5.62	0.4665
	Pareto	Méthode des moments	9.00	0.1736
	GEV	Méthode des moments	12.75	0.0258
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	14.25	0.0270
	Weibull	Méthode des moments	6.75	0.3446
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.9470	0.0622
	Log normale (3 param.)	Méthode des moments	0.9470	1.00
	Gamma	Méthode des moments	4.50	0.6093
	Pearson type III	Méthode des moments	10.50	0.0622
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	4.87	0.4313
<b>RELIZANE AMONT</b>	Pareto	Méthode des moments pondérés	2.17	0.3385
	GEV	Méthode des moments	2.17	0.1410
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	0.50	0.7788
	Weibull	Méthode des moments	2.17	0.3385
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.83	0.8590
	Log normale (3 param.)	Méthode des moments	0.83	0.8590
	Gamma	Méthode des moments	2.17	0.3385
	Pearson type III	Méthode des moments	2.17	0.1410
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	0.50	0.4795
<b>GRIB AMONT</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	6.65	0.0840

## Annexes

---

Pareto	Méthode des moments	5.94	0.1145
GEV	Méthode des moments	3.82	0.1478
Gumbel	Maximum de vraisemblance	3.82	0.2812
Weibul	Méthode des moments	4.53	0.2097
Log normale	Maximum de vraisemblance	0.96	0.8920
Log normale (3 param.)	Méthode des moments	0.96	0.8920
Gamma	Méthode des moments	4.53	0.2097
Pearson type III	Méthode des moments	3.82	0.1478
Log-Pearson type III	Méthode SAM	4.53	0.1039

## Annexes

<b>D(jours)</b>	<b>Distribution</b>	<b>méthode d'estimation</b>	<b>valeur statistique</b>	<b>P-VALUE</b>
<b>STATION</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	14.50	0.0059
<b>TAMESGUIDA</b>	Pareto	Méthode des moments	16.25	0.0027
	GEV	Méthode des moments	1.67	0.6444
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	1.67	0.7968
	Weibull	Méthode des moments	1.67	0.7968
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.9160	0.95
	Log normale (3 param.	Maximum de vraisemblance	0.9160	0.95
	Gamma	Méthode des moments	1.67	0.7968
	Pearson type III	Méthode des moments	1.67	0.6444
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	1.67	0.6444
<b>DJENANE BEN OUDAH</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	10.17	0.0376
	Pareto	Méthode des moments	13.22	0.0103
	GEV	Méthode des moments	5.91	0.1159
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	5.91	0.2057
	Weibull	Méthode des moments	5.91	0.2057
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.9140	0.96
	Log normale (3 param.	Maximum de vraisemblance	0.9140	0.96
	Gamma	Méthode des moments	9.57	0.0484
	Pearson type III	Méthode des moments	5.91	0.1159
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	9.57	0.0226
<b>MARABOUT Blanc</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	3.54	0.1705
	Pareto	Méthode des moments	2.00	0.3679
	GEV	Méthode des moments	2.00	0.1573
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	4.31	0.1160
	Weibull	Méthode des moments	2.00	0.3679
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.91	0.8660
	Log normale (3 param.	Méthode des moments	0.91	0.8660
	Gamma	Méthode des moments	4.31	0.1160
	Pearson type III	Méthode des moments	2.00	0.1573
<b>ARIB CHELIF</b>	Pareto	Méthode des moments	7.13	0.1292
	GEV	Maximum de vraisemblance	7.74	0.0517
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	4.09	0.3944
	Weibull	Méthode des moments	4.09	0.3944
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.93	0.9140
	Log normale (3 param.	Méthode des moments	0.93	0.9140
	Gamma	Méthode des moments	4.09	0.3944
	Pearson type III	Méthode des moments	7.74	0.0517
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	4.09	0.2522

## Annexes

<b>ABABSA</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	9.57	0.0226
	Pareto	Méthode des moments	6.14	0.1049
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	9.57	0.0226
	Weibull	Méthode des moments	9.57	0.0226
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.9080	0.93
	Log normale (3 param.)	Maximum de vraisemblance	0.9080	0.93
	Gamma	Méthode des moments	9.57	0.0226
	Pearson type III	Méthode des moments	9.57	0.0083
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	9.57	0.0083
<b>BIR OULED TAHAR</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	10.17	0.0376
	Pareto	Méthode des moments	6.52	0.1634
	GEV	Méthode des moments	4.09	0.2522
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	4.70	0.3200
	Weibull	Méthode des moments	4.09	0.3944
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.9140	0.89
	Log normale (3 param.)	Maximum de vraisemblance	0.9140	0.89
	Gamma	Méthode des moments	2.26	0.6879
	Pearson type III	Méthode des moments	4.09	0.2522
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	4.70	0.1955
<b>OULED BEN AKI</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	4.05	0.0941
	Pareto	Méthode des moments	2.79	0.2558
	GEV	Maximum de vraisemblance	3.42	0.4252
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	3.42	0.1808
	Weibull	Méthode des moments	3.42	0.3311
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.91	0.3311
	Log normale (3 param.)	Méthode des moments	0.91	0.9010
	Gamma	Méthode des moments	3.42	0.9010
	Pearson type III	Méthode des moments	3.42	0.3311
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	3.42	0.1808
<b>SB AMAR</b>	GEV	Méthode des moments	3.29	0.1934
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	4.43	0.2188
	Weibull	Méthode des moments	3.29	0.3496
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.93	0.9080
	Log normale (3 param.)	Méthode des moments	0.93	0.9080
	Gamma	Méthode des moments	4.43	0.2188
	Pearson type III	Méthode des moments	3.29	0.1934
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	3.29	0.1934
<b>TAKHEMART</b>	Pareto	Méthode des moments	11.18	0.0480
	GEV	Méthode des moments	8.82	0.0657
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	8.82	0.1163
	Weibul	Méthode des moments	8.82	0.1163
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.96	0.9330
	Log normale (3 param.)	Maximum de vraisemblance	0.96	0.9330
	Gamma	Méthode des moments	8.82	0.1163
	Pearson type III	Méthode des moments	8.82	0.0657

## Annexes

	Log-Pearson type III	Méthode SAM	8.82	0.0657
<b>AIN AMARA</b>	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.94	0.0337
	Log normale (3 param.)	Maximum de vraisemblance	0.94	0.9380
<b>Sidi A.E.K</b>	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.89	0.9420
	Log normale (3 param.)	)Méthode des moments	0.89	0.9420
<b>OULED AL ABTAL</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	19.13	0.0040
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.9470	0.99
	Log normale (3 param.)	Maximum de vraisemblance	0.9470	0.99
<b>RELIZANE AMONT</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	4.67	0.0970
	GEV	Méthode des moments	2.17	0.1410
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	2.17	0.3385
	Weibull	Méthode des moments	3.83	0.1471
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.94	0.8590
	Log normale (3 param.)	Méthode des moments	0.94	0.8590
	Gamma	Méthode des moments	2.17	0.3385
	Pearson type III	Méthode des moments	2.17	0.1410
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	2.17	0.1410
<b>GRIB AMONT</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	5.24	0.1554
	Pareto	Méthode des moments	9.47	0.0236
	GEV	Méthode des moments	5.24	0.0730
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	5.94	0.1145
	Weibul	Méthode des moments	3.82	0.2812
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.93	0.8920
	Log normale (3 param.)	Méthode des moments	0.93	0.8920
	Gamma	Méthode des moments	3.82	0.2812
	Pearson type III	Méthode des moments	5.24	0.0730
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	5.24	0.0730

## Annexes

V(Hm <sup>3</sup> )	Distribution	méthode d'estimation	valeur statistique	P-VALUE
<b>STATION</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	1.65	0.7994
<b>TAMESGUIDA</b>	Pareto	Méthode des moments	1.65	0.7994
	GEV	Méthode des moments	4.09	0.2522
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	3.48	0.4812
	Weibull	Méthode des moments	2.26	0.6879
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.9140	0.96
	Log normale (3 param.	Maximum de vraisemblance	0.9140	0.96
	Gamma	Méthode des moments	5.91	0.2057
	Pearson type III	Méthode des moments	1.65	0.6476
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	5.91	0.1159
<b>DJENANE BEN OUDAH</b>	Log-Pearson type III	Méthode SAM	5.82	0.1208
	Pareto	Méthode des moments	3.64	0.3035
	GEV	Méthode des moments	5.82	0.0545
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	5.82	0.1208
	Weibull	Méthode des moments	5.82	0.1208
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.9110	0.94
	Log normale (3 param.	Maximum de vraisemblance	0.9110	0.94
	Gamma	Méthode des moments	5.82	0.1208
	Pearson type III	Méthode des moments	4.73	0.0941
Log-Pearson type III	Méthode SAM	2.55	0.2801	
<b>MARABOUT Blanc</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	1.33	0.5134
	Pareto	Méthode des moments	3.83	0.1471
	GEV	Méthode des moments	3.83	0.0502
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	3.83	0.1471
	Weibull	Méthode des moments	3.83	0.1471
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.91	0.8590
	Log normale (3 param.	Méthode des moments	0.91	0.8590
	Gamma	Méthode des moments	3.83	0.1471
	Pearson type III	Méthode des moments	1.33	0.2482
Log-Pearson type III	Méthode SAM	3.83	0.0502	
<b>ARIB CHELIF</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	6.52	0.1634
	Pareto	Méthode des moments	8.96	0.0622
	GEV	Méthode des moments	5.30	0.1508
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	7.13	0.1292
	Weibull	Méthode des moments	5.91	0.2057
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.87	0.9140
	Log normale (3 param.	Méthode des moments	0.87	0.9140
	Gamma	Méthode des moments	7.13	0.1292
	Pearson type III	Méthode des moments	7.13	0.0679
Log-Pearson type III	Méthode SAM	6.52	0.0888	

## Annexes

<b>ABABSA</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	3.29	0.3496
	Pareto	Méthode des moments	2.71	0.4378
	GEV	Méthode des moments	1.57	0.4558
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	1.00	0.8013
	Weibull	Méthode des moments	1.57	0.6659
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.9080	0.97
	Log normale (3 param.	Maximum de vraisemblance	0.9080	0.97
	Gamma	Méthode des moments	1.57	0.6659
	Pearson type III	Méthode des moments	2.14	0.3425
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	3.29	0.1934
<b>BIR OULED TAHAR</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	9,64	0,0219
	Pareto	Méthode des moments	3,64	0,3035
	GEV	Méthode des moments	4,73	0,0941
	Gumbel	Méthode des moments	8,00	0,0460
	Weibull	Méthode des moments	10,18	0,0171
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0,9110	0,90
	Log normale (3 param.	Maximum de vraisemblance	0,9110	0,90
	Gamma	Méthode des moments	8,00	0,0460
	Pearson type III	Méthode des moments	4,73	0,0941
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	8,00	0,0183
<b>OULED BEN AKI</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	4.05	0.2558
	Pareto	Méthode des moments	7.21	0.0655
	GEV	Méthode des moments	9.74	0.0077
	Weibull	Méthode des moments	7.84	0.0494
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.97	0.9010
	Gamma	Méthode des moments	6.58	0.0866
	Pearson type III	Méthode des moments	6.58	0.0373
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	2.79	0.2479
<b>SB AMARA</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	5.80	0.1218
	Pareto	Méthode des moments	2.20	0.5319
	GEV	Méthode des moments	1.00	0.6065
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	1.00	0.8013
	Weibull	Méthode des moments	1.00	0.8013
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.88	0.9050
	Log normale (3 param.	Maximum de vraisemblance	0.88	0.9050
	Gamma	Méthode des moments	1.60	0.6594
	Pearson type III	Méthode des moments	1.00	0.6065
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	1.00	0.6065
<b>TAKHEMART</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	5.06	0.4087
	Pareto	Méthode des moments	4.12	0.5326
	GEV	Maximum de vraisemblance	1.29	0.8624
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	6.47	0.2631
	Weibul	Méthode des moments	4.12	0.5326
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.88	0.9330

## Annexes

	Log normale (3 param.)	Maximum de vraisemblance	0.88	0.9330
	Gamma	Méthode des moments	5.53	0.3547
	Pearson type III	Méthode des moments	12.12	0.0165
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	2.24	0.6926
<b>AIN AMARA</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	10.00	0.0752
	Pareto	Méthode des moments	4.95	0.4223
	GEV	Maximum de vraisemblance	7.47	0.1129
	Gumbel	Méthode des moments	7.05	0.2168
	Weibull	Maximum de vraisemblance	10.00	0.0752
	Log normale	Maximum de vraisemblance	0.87	0.9380
	Log normale (3 param.)	Méthode des moments	0.87	0.9380
	Gamma	Méthode des moments	6.63	0.2495
	Pearson type III	Méthode SAM	6.63	0.1567
	Log-Pearson type III	Maximum de vraisemblance	5.79	0.2154
<b>Sidi A.E.K</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	2.12	0.8320
	Pareto	Méthode des moments	2.51	0.7747
	GEV	Maximum de vraisemblance	1.34	0.8543
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	7.59	0.1806
	Weibul	Maximum de vraisemblance	2.12	0.8320
	Log normale	Méthode des moments	0.91	0.9410
	Log normale (3 param.)	Maximum de vraisemblance	0.91	0.9410
	Gamma	Méthode des moments	2.90	0.7150
	Pearson type III	Méthode des moments	2.90	0.5743
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	2.51	0.6425
<b>OULED AL ABTAL</b>	Exponentielle	Maximum de vraisemblance	10.33	0.1116
	Pareto	Méthode des moments	7.02	0.3190
	GEV	Maximum de vraisemblance	1.51	0.9119
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	10.33	0.1116
	Weibul	Maximum de vraisemblance	7.02	0.3190
	Log normale	Méthode des moments	0.9470	0.98
	Log normale (3 param.)	Maximum de vraisemblance	0.9470	0.98
	Gamma	Méthode des moments	6.29	0.3920
	Pearson type III	Méthode des moments	5.18	0.3939
	Log-Pearson type III	Méthode SAM	2.98	0.7031
<b>RELIZANE AMONT</b>	Pareto	Méthode des moments	2.17	0.3385
	GEV	Méthode des moments	1.33	0.5134
	Gumbel	Maximum de vraisemblance	3.83	0.0502
	Weibull	Méthode des moments	3.83	0.1471
	Log normale	Maximum de vraisemblance	3.83	0.1471
	Log normale (3 param.)	Méthode des moments	0.84	0.8590
	Gamma	Méthode des moments	0.84	0.8590
	Pearson type III	Méthode des moments	5.50	0.0639
Log-Pearson type III	Méthode SAM	3.83	0.0502	
<b>GRIB AMONT</b>	Exponentielle	Méthode des moments	3.12	0.3738
	Pareto	Maximum de vraisemblance	3.82	0.2812

## Annexes

---

GEV	Méthode des moments	3.82	0.1478
Gumbel	Méthode des moments	10.18	0.0171
Weibul	Maximum de vraisemblance	3.82	0.2812
Log normale	Méthode des moments	0.85	0.8920
Log normale (3 param.)	Méthode des moments	0.85	0.8920
Gamma	Méthode des moments	3.82	0.2812
Log-Pearson type III	Méthode SAM	3.12	0.2104