

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Analyses de fréquence des crues dans le Nord algérien par deux approches statistiques.

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 6-0006-18

APA Citation (APA توثيق):

Sahbi, Hanane (2018). Analyses de fréquence des crues dans le Nord algérien par deux approches statistiques[Thèse de master, ENSH].

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open DSpace software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics. <http://dspace.ensh.dz/jspui/>

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بنمّين الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (أطروحات، مطبوعات، بيداغوجية، مقالات الدوريات، كتب....) و بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة DSpace و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE URBAINE

MEMOIRE DE MASTER

Pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique

Option: ASSAINISSEMENT

THEME :

**ANALYSES DE FREQUENCE DES CRUES DANS LE
NORD ALGERIEN PAR DEUX APPROCHES STATISTIQUES**

Présenté Par :

M^{elle} SAHBI Hanane

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
M ^r SALAH Boualem	Professeur	Président
M ^{me} MOKRANE Wahiba	M.A.A	Examinatrice
M ^r HACHEMI Abdelkader	M.C.B	Examineur
M ^{me} TAFAT Leila	M.A.A	Examinatrice
M ^r MEDDI Mohamed	Professeur	Promoteur

Session Juin - 2018

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect à :

Mes parents que je ne pourrai jamais remercier convenablement pour ce que je suis devenue grâce à leur éducation et leurs sacrifices

Ma grand-mère, que dieu lui accorde longue vie et santé

Mes frères, mes sœurs, et mon beau frère

Toute ma famille, particulièrement mes petits poussins

Mon ange gardien pour sa patience et son soutien

Mon consultant, pour ses orientations, ses conseils et sa générosité

La mémoire des étudiants de l'EPST Tlemcen

Mes amis avec qui j'ai partagés des souvenirs inoubliables

Tous les enseignants qui m'ont accompagné durant mes études

Remerciements :

Je remercie Dieu le tout puissant, pour m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'étudier et pour m'avoir permis de réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions.

Je remercie mon promoteur le professeur MEDDI Mohamed d'avoir accepté de m'encadrer, pour son orientation et sa guidance.

J'aimerais exprimer ma gratitude et ma profonde reconnaissance

A M^r SAIDANI Bilel, pour sa patience et son soutien

A M^r YAHIAOUI Samir pour l'aide qu'il a pu m'apporté

Aux membres du jury qui me feront l'honneur d'examiner mon travail.

Enfin un grand merci à tout ceux qui n'ont jamais cessé de me soutenir et de m'encourager tout au long de mon parcours et de m'avoir plus d'une fois remonté le moral

Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance

ملخص

يمكن إجراء تحليلات تردد الفيضانات باستخدام نوعين من سلاسل تدفق الفيضان، الطريقة الاولى هي باستخدام الحد الأقصى السنوي والثانية باعتماد معدلات التدفق فوق عتبة معينة. سنعرض من خلال هذا العمل مقارنة بين الطريقتين و ذلك بتطبيقهما على بيانات خاصة ببعض المحطات المتواجدة في شمال الجزائر. ستتم مراعاة سنة وظائف توزيع شائعة الاستخدام و سيتم الاخذ بعين الاعتبار ثلاثة تقنيات لتقدير العوامل في التحليلات. الهدف من عملنا هو إظهار أفضل تقنية لأخذ العينات لتحسين تقدير كميات التدفقات القصوى المطلوبة لتحجيم الهياكل والمرافق الهيدروليكية.

Résumé

Les analyses de fréquence des crues peuvent être réalisées en utilisant deux types de séries de débits de crue, soit les maximums annuels (AM), soit les débits dépassant un certain seuil (POT). Ce travail va présenter une comparaison des résultats des deux méthodes pour les données des stations du Nord de l'Algérie. Six fonctions de distribution couramment utilisées et trois techniques d'estimation des paramètres seront pris en compte dans les analyses des MA.

Le but de notre travail est de faire sortir la meilleure technique d'échantillonnage pour affiner l'estimation des quantiles des débits max nécessaires aux dimensionnements des ouvrages hydrauliques et aménagements.

Abstract

Flood frequency analyzes can be performed by using two types of flood flow series: the annual maximums (AM) and the peak over threshold (POT). This work illustrates a comparison between the results of the two methods applied on Algeria northern stations data. Six commonly used distribution functions and three parameter estimation techniques are taken into account in the first type.

The goal of our work is to choose the best technique sample to refine the estimation of the quantiles of the maximum flows required for sizing hydraulic structures and facilities.

Sommaire

Introduction générale

Chapitre I : Généralités sur les inondations

Introduction	2
I.1. Définitions.....	3
I.1.1. Bassin versant.....	3
I.1.2. Cours d'eau	3
I.1.3. Morphologie d'un cours d'eau	3
I.1.4. Ripisylve.....	4
I.1.5. Torrent et rivière torrentielle	4
I.2. Crues et inondations.....	5
I.2.1. Différence entre crue et inondation	5
I.2.2. Processus de formation des crues	5
I.2.3. Les délimitations des espaces concernés par les différents types de crues	6
a. Lit mineur.....	6
b. Lit moyen	6
c. Lit majeur	7
I.2.4. Types d'inondations	8
a. Inondations de plaine	8
b. Inondation par crues torrentielles.....	8
c. Inondation par ruissellement pluvial	9
d. Inondation par submersion marine.....	9
e. Inondation par remontée de nappes.....	10
f. Inondation par rupture d'embâcle	10
g. Inondation par rupture d'une protection	10
I.2.5. Influence des facteurs naturels	12
I.3. Alea, enjeu, risque et vulnérabilité.....	12
I.3.1. Définitions	12
a. Alea	12
b. Enjeu	12
c. Risque.....	12
d. Vulnérabilité	12
I.3.2. Paramètres principaux	13
a. Période de retour de crues	13
b. Hauteur et durée de submersion.....	13
c. Vitesse du courant	14
d. Volume de matière transportée	14
I.4. Conséquences.....	15
I.4.1. Atteintes aux hommes, aux biens et aux activités.....	15
I.4.2. Atteintes à l'environnement	15
I.5. Inondations en Algérie	17

I.6. Problématique	21
Conclusion	21

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

Introduction	23
II.1. Situation géographique	23
II.2. Géologie	24
II.3. Topographie.....	24
II.4. Climat et température	25
II.5. Précipitation.....	26
II.6. Caractéristiques hydrographiques.....	27
II.7. Caractéristiques hydrogéologiques.....	29
II.8. Données hydrométriques	31
II.9. Données pluviométriques	31
Conclusion	33

Chapitre III : Méthodologie de travail

Introduction	35
III.1. Présentation du logiciel Hyfran plus	35
III.2. Utilisation de Hyfran Plus	36
III.2.1. Saisie des données	36
III.2.2. Analyse fréquentielle.....	37
a) Choix de la classe	37
b) Critère d'information	39
III.2.3. Ajustement.....	40
III.2.4. Adéquation	41
Conclusion.....	41

Chapitre IV : Résultats et discussion

Introduction	43
IV.1. Région Ouest	43
IV.1.1. Station Ouled Fares	43
IV.1.2. Station Hacaiba	45
IV.1.3. Station Sidi Bel Abbès	46
IV.1.4. Station Hannaya	48
IV.1.5. Station Sidi Aissa	50
IV.1.6. Station Beni Bahdel.....	51
IV.2. Région Centre	53
IV.2.1. Station Arib Chlef	53
IV.2.2. Station El Ababsa	55
IV.2.3. Station Pont RN 11.....	56
IV.2.4. Station Mesdour	58
IV.2.5. Station Boubroune.....	60

IV.3. Région Est	62
IV.3.1. Station Oued Safsaf	62
IV.3.2. Station Aouinet.....	63
IV.3.3. Station M'Chouneche.....	65
IV.3.4. Station Timgad	67
IV.3.5. Station Sidi Oadah.....	68
IV.3.6. Station Ain El Hdjal	70
IV.3.7. Station Ced Fagues.....	72
IV.3.8. Station El Kentra	73
IV.3.9. Station Djemorah.....	75
IV.3.10. Station Tilesdit	77
IV.3.11. Station Fermatou	78
IV.4. Discussion	80
Conclusion.....	81

Conclusion générale

Liste des figures

CHAPITRE I : Présentation de la zone d'étude.

Figure I.1. Représentation du bassin versant.....	3
Figure I.2. Exemple d'une morphologie d'un cours d'eau	4
Figure I.3. Exemple d'une ripisylve.	4
Figure I.4. Structure morphologique d'un cours d'eau torrentiel	5
Figure I.5. Organisation de la plaine alluviale fonctionnelle	6
Figure I.6. Délimitation du lit mineur	6
Figure I.7. Délimitation du lit	8
Figure I.8. Délimitation du lit majeur	8
Figure I.9. Inondation de plaine sur le Rhône en 2003	8
Figure I.10. Inondation à montée rapide sur les Gardons et le Vidourle en 2002.....	9
Figure I.11. Inondation par ruissellement à Nîmes en 1988	9
Figure I.12. Inondation marine à Montpellier en 1970.	10
Figure I.13. Procédés de remontée de la nappe	10
Figure I.14. Embâcle formé dans un cours d'eau.	11
Figure I.15. Inondation par rupture d'une protection.....	11
Figure I.16. Procédés du transport solide	14
Figure I.17. Impacts des inondations	16
Figure I.18. Inondations en Algérie	17

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

Figure II.1. Situation géographique de la zone d'étude	23
Figure II.2. Carte de localisation des grands ensembles du Nord de l'Algérie et principaux gites	24
Figure II.3. Carte des reliefs au Nord d'Algérie	25
Figure II.4. Etages bioclimatiques au Nord d'Algérie	26
Figure II.5. Carte pluviométrique du Nord d'Algérie	27
Figure II.6. Découpage de l'Algérie en régions hydrographiques	27
Figure II.7. Les Grands bassins versants d'Algérie.....	28
Figure II.8. Répartition spatiale des stations étudiées	32

Chapitre III : Méthodologie de travail

Figure III.1. Distributions ordonnées par rapport à leurs queues droites	35
Figure III.2. Diagramme des critères de choix entre les classes C, D et E	36
Figure III.3. Fenêtre de saisie et de caractéristiques statistiques.....	37
Figure III.4. Statistique de Jackson pour la station Fermatou	38
Figure III.5. Rapport de Hill pour la station Fermatou.	39
Figure III.6. Critères de comparaison des lois d'ajustement.	39
Figure III.7. Résultats d'ajustement pour la station Fermatou.....	40
Figure III.8. Graphique de l'ajustement pour la station Fermatou.	40

Figure III.9. Adéquation avec le test de Khi Carré de la station Fermatou.....	41
---	----

Chapitre IV : Résultats et discussion

Figure IV.1. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Ouled Fares.....	44
Figure IV.2. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Hacaiba	46
Figure IV.3. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Sidi Bel Abbès	48
Figure IV.4. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Hannaya	49
Figure IV.5. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Sidi Aissa	51
Figure IV.6. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Beni Bahdel	53
Figure IV.7. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Arib Chlef	54
Figure IV.8. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station El-Ababsa.....	56
Figure IV.9. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Pont RN 11	58
Figure IV.10. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Mesdour	59
Figure IV.11. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Boubroune	61
Figure IV.12. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Oued Safsaf	63
Figure IV.13. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Aouinet.....	65
Figure IV.14. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station M'Chouneche	66
Figure IV.15. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Timgad	68
Figure IV.16. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Sidi Ouadah	70
Figure IV.17. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Ain El Hdjel.....	71
Figure IV.18. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Ced Fagues	73
Figure IV.19. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station El Kentra	75
Figure IV.20. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Djemorah.....	76
Figure IV.21. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Tilesdit	78
Figure IV.22. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Fermatou	80

Liste des tableaux

Chapitre I : Recherche bibliographique

Tableau I.1. Correspondances théoriques entre les différentes crues et les unités géomorphologiques concernées.	8
Tableau I.2. Qualification de l'aléa en fonction de la hauteur d'eau et type de crue	13
Tableau I.3. Degré de danger des crues en fonction de la vitesse du courant	14

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

Tableau II.1. Liste des bassins hydrographiques de l'Algérie	29
Tableau II.2. Reserve en eaux dans les différents bassins au Nord d'Algérie	30
Tableau II.3. Répartition des stations par classe de superficie	31

Chapitre IV : Résultats et discussion

Tableau IV.1. Caractéristiques de la série de la station Ouled Fares.....	43
Tableau IV.2. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Ouled Fares.	44
Tableau IV.3. Caractéristiques de la série de la station Hacaiba	45
Tableau IV.4. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Hacaiba	45
Tableau IV.5. Caractéristiques de la série de la station Sidi Bel Abbès.....	47
Tableau IV.6. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Sidi Bel Abbès.	47
Tableau IV.7. Caractéristiques de la série de la station Hannaya.....	48
Tableau IV.8. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Hannaya.....	49
Tableau IV.9. Caractéristiques de la série de la station Sidi Aissa.....	50
Tableau IV.10. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Sidi Aissa.....	50
Tableau IV.11. Caractéristiques de la série de la station Beni Bahdel	52
Tableau IV.12. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Beni Bahdel ..	52
Tableau IV.13. Caractéristiques de la série de la station Arib Chelef	53
Tableau IV.14. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Arib Chelef	54
Tableau IV.15. Caractéristiques de la série de la station El-Ababsa	55
Tableau IV.16. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station El-Ababsa	55
Tableau IV.17. Caractéristiques de la série de la station Pont RN 11	57
Tableau IV.18. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Pont RN 11 ...	57
Tableau IV.19. Caractéristiques de la série de la station Mesdour	58
Tableau IV.20. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Mesdour.....	59
Tableau IV.21. Caractéristiques de la série de la station Boubroune	60
Tableau IV.22. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Boubroune	60
Tableau IV.23. Caractéristiques de la série de la station Oued Safsaf	62
Tableau IV.24. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Oued Safsaf ...	63

Tableau IV.25. Caractéristiques de la série de la station Aouinet	64
Tableau IV.26. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Aouinet	64
Tableau IV.27. Caractéristiques de la série de la station M'Chouneche	65
Tableau IV.28. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station M'Chouneche	66
Tableau IV.29. Caractéristiques de la série de la station Timgad.....	67
Tableau IV.30. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Timgad	67
Tableau IV.31. Caractéristiques de la série de la station Sidi Ouadah	69
Tableau IV.32. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Sidi Ouadah ...	69
Tableau IV.33. Caractéristiques de la série de la station Ain El Hdjel.....	70
Tableau IV.34. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Ain El Hdjel ...	71
Tableau IV.35. Caractéristiques de la série de la station Ced Fagues	72
Tableau IV.36. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Ced Fagues	72
Tableau IV.37. Caractéristiques de la série de la station El Kentra.....	74
Tableau IV.38. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station El Kentra	74
Tableau IV.39. Caractéristiques de la série de la station Djmorah.....	75
Tableau IV.40. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Djmorah.....	76
Tableau IV.41. Caractéristiques de la série de la station Tilesdit	77
Tableau IV.42. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Tilesdit.....	77
Tableau IV.43. Caractéristiques de la série de la station Fermatou	79
Tableau IV.44. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Fermatou.....	79

LISTE DES ABREVIATIONS

ABH AHS : Agence de Bassin Hydrographique – Algérois Hodna Soummam.

AGIRE : Agence nationale de gestion intégrée des ressources en eau

AM : Maximums annuels

ANAM : L'Agence Nationale des Activités Minières

ANAT : Agence nationale d'aménagement de territoire.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

AZI : Atlas des Zones Inondables.

CNMCA : Comité National Métropolitain du Centenaire de l'Algérie

DEMAA : Direction de l'Eau, des Milieux Aquatiques et de l'Agriculture.

DHA : Département des Affaires Humanitaires.

DGUHC : Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction.

DRE : Direction des Ressources en Eau.

EPFL : Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

MA : maximums annuels

MEDD : Ministère de l'écologie et du développement durable

GEV : Generalized Extrem Value.

ONM : Office nationale de météorologie

ONUAA : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

PDAU : Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme.

POT: Peak Over Threshold

SAD : système d'aide à la décision

Introduction générale

Les inondations figurent parmi les évènements exceptionnels qui déploient une violence accrue d'année en année et qui sont à l'origine de désordres souvent importants, qui n'ont cessé de secouer le bien être de l'homme.

L'analyse de la fréquence des crues indique les caractéristiques du bassin versant, la disponibilité de l'eau et les conditions hydrologiques extrêmes possibles, telles que les inondations et les sécheresses à divers endroits de tout réseau fluvial. De telles études ont été réalisées dans le passé en utilisant de longues séries annuelles de crues maximales pour l'alerte précoce, la préparation, l'atténuation et la réduction de tout type de catastrophe. Les inondations figurant parmi les catastrophes naturelles les plus fréquentes et les plus dévastatrices en Algérie. Touchant plusieurs régions, atteignant parfois l'ampleur d'une catastrophe nationale telles que : Les inondations de Mars 1974 des bassins versants de l'algérois et du Sébaou, les inondations de décembre 1984 sur tout l'Est Algérien ou celles du 9 et 10 novembre 2001 sur la cote Algéroise (Bab El Oued : plus d'un millier de morts et dégâts matériels important) (**A.Hadour, 2015**).

L'analyse des fréquences d'inondation joue un rôle majeur dans la conception des structures hydrauliques telles que les ponts, les ponceaux, les déversoirs de réservoir et les digues de contrôle des inondations. Les constructions des structures mentionnées sont régies par la magnitude de l'inondation. L'estimation des grandeurs d'inondation à utiliser comme base pour concevoir les structures hydrauliques est donc d'une importance cruciale (**S.Mkhandi et al., 2007**). Une façon d'estimer le flot de conception consiste à effectuer une analyse de fréquence des pics de crue observés sur un certain nombre d'années sur le site d'intérêt. L'objectif principal de l'analyse de la fréquence des crues est donc d'établir une relation entre la magnitude de l'inondation (Q) et l'intervalle de récurrence ou la période de retour (T) (**S.Mkhandi et al., 2007**). Dans la présente étude, des séries de crues annuelles maximales (AM) et des séries de débits dépassant un certain seuil (POT) ont été utilisées pour effectuer des analyses de fréquence de crues dans le Nord Algérien, afin de choisir la méthode la plus adéquate.

Le commencement sera par une recherche bibliographique, permettant de comprendre le phénomène pour bien cerner la problématique, puis une présentation de la zone d'étude afin de mieux connaître notre région, ses caractéristiques et ses particularités, ensuite on s'étalera sur les méthodes d'échantillonnage et d'ajustement et les techniques utilisées, voir les maximums annuels (AM) et les débits dépassants un certain seuil (POT), ainsi qu'un aperçu concernant le logiciel utilisé qui est Hyfran, et grâce à ce dernier on aura les résultats à discuter et à interpréter au dernier chapitre, d'où le choix de la meilleure méthode fondé sur les résultats obtenus.

Chapitre I : Recherche bibliographique

Introduction

L'humanité se préoccupe des crues et des inondations, en raison des atteintes aux personnes et aux biens qu'elles sont susceptibles de provoquer.

Elles représentent un phénomène naturel largement répandu à la surface du globe. Elles sont à la fois les catastrophes les plus fréquentes et celles qui touchent le plus grand nombre d'individus.

D'après le Département des Affaires Humanitaires des Nations Unies (DHA), 339 millions de personnes en ont été victimes entre 1900 et 1980. De 1970 à 1981, elles ont constitué plus du tiers de l'ensemble des cataclysmes recensés.

Le débit moyen d'un cours d'eau forme son module, c'est à dire son état le plus fréquent. La variabilité est la règle, et selon la succession des situations météorologiques sur le bassin versant, le débit du fleuve peut varier à la hausse ou à la baisse autour de ce module. Toutefois, les extremums de la distribution sont nettement moins fréquents que les situations normales. L'aléa hydrologique se caractérise donc soit par des situations d'étiage exceptionnelles, soit par des situations de crues exceptionnellement abondantes. La morphologie de la vallée alluviale explique que ces crues provoquent des inondations. Les inondations, « qui menacent une partie de plus en plus importante de la population de notre planète, tout particulièrement les plus pauvres, les plus vulnérables » (**Garnier et al., 2011**), sont l'aléa naturel le plus fréquent.

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.

Ce chapitre expliquera et présentera certaines généralités et définitions que l'on retient des concepts fondamentaux liés aux crues et inondations.

I.1. Définitions

Quelques définitions de base doivent être exposées.

I.1.1. Bassin versant

Le bassin versant correspond à l'ensemble d'un territoire drainé par un cours d'eau principal et ses affluents (Figure I.1).

Les limites d'un bassin versant, soit la ligne de partage des eaux, sont déterminées par la direction de l'écoulement des eaux à partir du plus haut sommet (www.nord.gouv.fr).

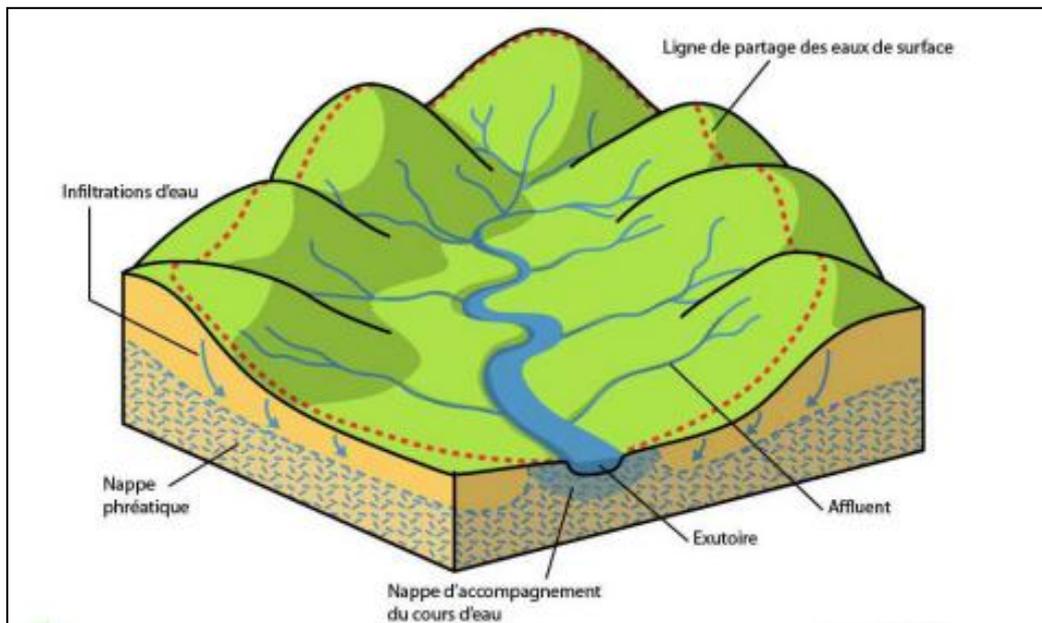


Figure I.1. Représentation du bassin versant (www.nord.gouv.fr).

I.1.2. Cours d'eau

Les cours d'eau sont des milieux dynamiques évoluant perpétuellement en fonction des caractéristiques physiques et saisonnières. La qualité de vie d'un cours d'eau dépend de nombreux facteurs tels que la vitesse du courant, la sinuosité, le débit, la qualité de la ripisylve et le taux d'oxygène dissout.

Ces facteurs peuvent être dégradés ou modifiés, c'est pourquoi les cours d'eau doivent être entretenus ou aménagés afin de maintenir leurs différentes fonctionnalités liées à différents usages (www.nord.gouv.fr).

I.1.3. 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.2). Leur aspect évolue ainsi d'amont en aval mais également de façon transversale : on parle alors de faciès d'écoulement (www.nord.gouv.fr).



Figure I.2. Exemple d'une morphologie d'un cours d'eau (www.nord.gouv.fr).

I.1.4. Ripisylve

La ripisylve est l'ensemble des formations boisées, buissonnantes et herbacées présentes sur les rives d'un cours d'eau (Figure I.3) (www.nord.gouv.fr).

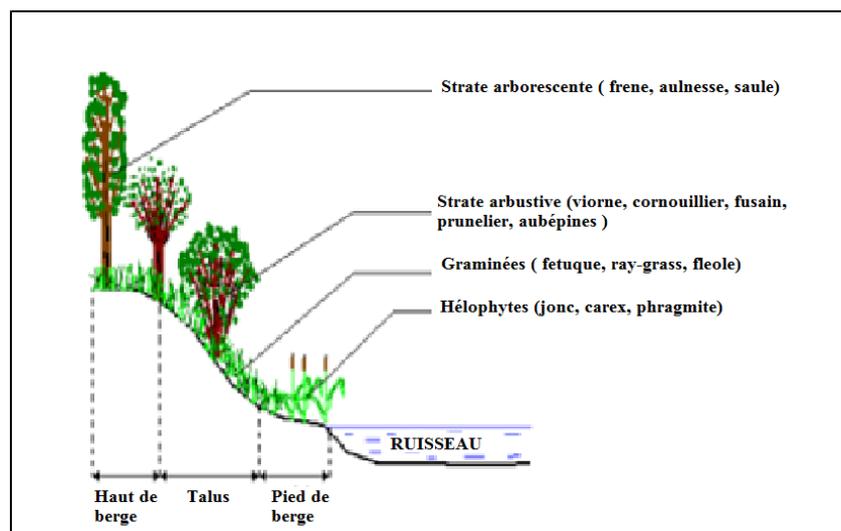


Figure I.3. Exemple d'une ripisylve (www.nord.gouv.fr).

I.1.5. 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 I.4) (www.nord.gouv.fr).



Figure I.4. Structure morphologique d'un cours d'eau torrentiel. (AZI, 2009)

I.2. Crues et inondations

I.2.1. Différence entre crue et inondation

Il faut bien distinguer crue et inondation. La crue désigne une période de fort débit d'un fleuve ou d'une rivière. Il peut y en avoir plusieurs au cours de l'année, en fait chaque fois que se produit un épisode de pluie ou d'orage intense. On peut parler par exemple de la crue annuelle, qui est le débit le plus élevé observé pour une année donnée. Pour qu'il y ait inondations, il faut que le débit de crue dépasse un seuil donné, au-delà duquel la rivière sort de son « lit mineur », c'est-à-dire son tracé normal, puis déborde dans son lit dit « majeur ». Dès lors, le cours d'eau s'élargit dans la plaine, en général alluviale, formée précisément par le dépôt d'alluvions lors des crues précédentes. Ce sont des phénomènes naturels, qui façonnent l'environnement, avec lesquels les écosystèmes naturels sont en parfait équilibre (<http://www.leauquichante.com>).

I.2.2. Processus de formation des crues

Comprendre ce processus revient à analyser les différents facteurs concourant à la formation et à l'augmentation temporaire des débits d'un cours d'eau. En simplifiant, on distingue :

- Eau mobilisable, constituée de l'eau reçue par le bassin versant ;
- Ruissellement, qui correspond à la part de l'eau qui n'a pu s'infiltrer dans le sol. Il dépend de la nature du sol, de son occupation de surface et de l'intensité de l'épisode pluvieux ;
- Temps de concentration, qui est défini par la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau partant du point le plus éloigné de l'exutoire du bassin versant parvienne jusqu'à celui-ci ;
- Propagation de l'onde de crue, qui est fonction de la structure du lit et de la vallée alluviale, notamment de la pente et des caractéristiques du champ d'inondation (MEDD, 2004).

I.2.3. Les délimitations des espaces concernés par les différents types de crues

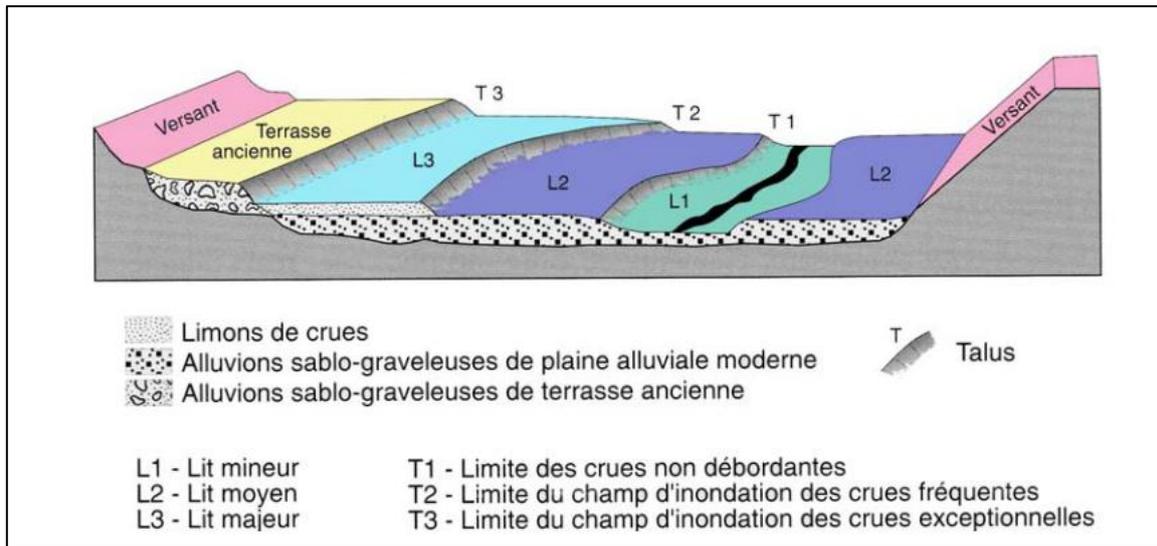


Figure 1.5. Organisation de la plaine alluviale fonctionnelle (Masson et al., 1996).

a. Lit mineur

Incluant le lit d'étiage est le lit des crues très fréquentes (annuelles). Il correspond au lit intra-berges 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 (Figure I.6). Si ce lit devient étroit et difficilement représentable dans le SIG, il se transforme en poly ligne bleu marine (DDTMH, 2012).

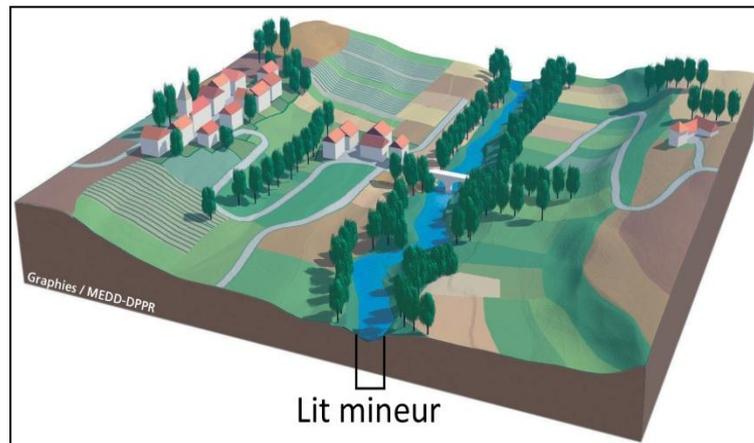


Figure I.6. Délimitation du lit mineur (Graphithèque, 2015).

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) (Figure I.7). 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. Dans notre secteur, ce lit n'est que très peu représenté compte tenu du système de fonctionnement et de la taille des cours d'eau. Il est déterminé plus par la fréquence de débordement que par les caractéristiques morphologiques décrites ci-dessus (DDTMH, 2012).



Figure 1.7. Délimitation du lit moyen (Graphithèque, 2015).

c. Lit majeur

Représenté en bleu clair qui est fonctionnel pour les crues rares à exceptionnelles (Figure I.8). Il présente un modelé 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).

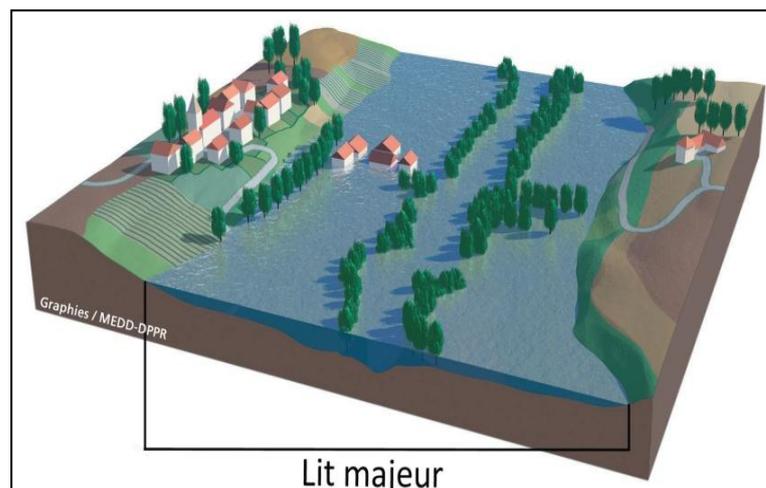


Figure I.8. Délimitation du lit majeur (Graphithèque, 2015).

Tableau.I.1. Correspondances théoriques entre les différentes crues et les unités géomorphologiques concernées. (Source : DGUHC)

Expression	Période de retour	Unités géomorphologiques concernées théoriquement
Crue fréquente	Inférieure à 2 ans	Lit mineur.
Crue moyennement fréquente	Entre 2 et 10 ans	Lit mineur et moyen.
Crue rare	Entre 10 et 100 ans	Lit mineur et moyen. Lit majeur, parfois lit majeur exceptionnel.

I.2.4. 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 (<http://www.noe.gard.fr>).



Figure .I.9. Inondation de plaine a Ghardaia en 2008 (www.google.com).

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 (<http://tpe-inondation-1s1.e-monsite.com/pages/types-d-inondations.html>).



Figura I.10. Inondation à montée rapide sur les Gardons et le Vidourle en 2002 (www.google.com).

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 (<http://www.environnement-poitou-charentes.org>).



Figure I.11. Inondation par ruissellement à Nîmes en 1988 (www.google.com).

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 (<http://www.environnement-poitou-charentes.org>).



Figure I.12. Inondation marine à Montpellier en 1970 (www.google.com).

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 (Figure I.13). Lors de très fortes perturbations, l'eau ressort à la surface de la terre à cause d'un trop plein d'eau. C'est l'inondation par remontée de nappe.

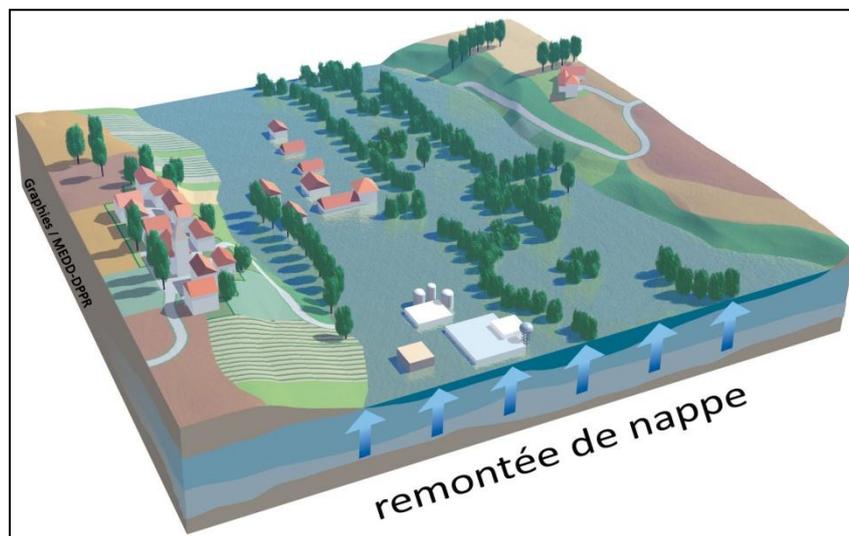


Figure I.13. Procédés de remontée de la nappe (Graphithèque, 2015).

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.



Figure I.14. Embâcle formé dans un cours d'eau (www.google.com).

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.

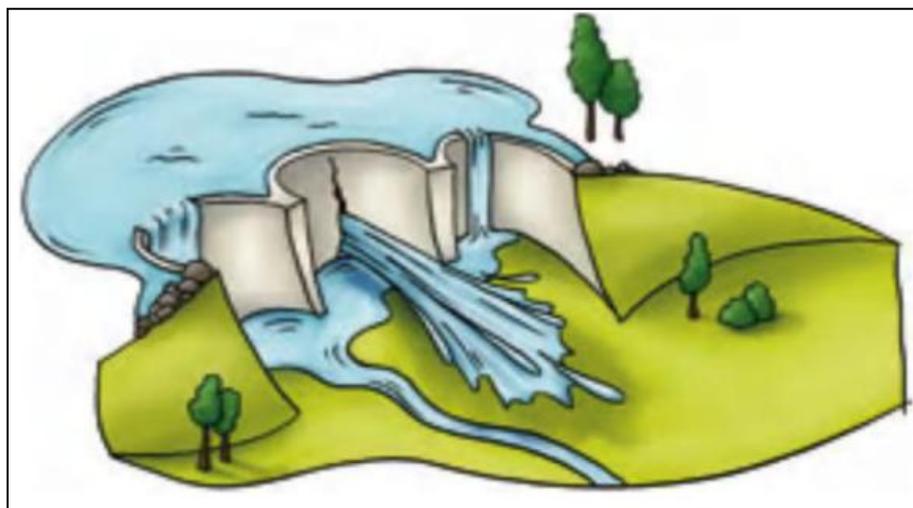


Figure I.15. Inondation par rupture d'une protection (www.google.com).

I.2.5. 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 (celles affectant par exemple les grands bassins de la Loire ou de la Seine) ou d'averses intenses de courte durée, qui touchent de petits bassins versants (MEDD, 2004).

La nature et l'occupation du sol dictent l'évaporation et la consommation d'eau par les plantes. L'absorption d'eau par le sol, l'infiltration dans le sous-sol ou 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 (MEDD, 2004).

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 (MEDD, 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 (MEDD, 2004).

I.3. Alea, enjeu, risque et vulnérabilité

I.3.1. Définitions

a. Alea

Manifestation d'un phénomène, naturel ou résultant de l'activité de l'homme, potentiellement dangereux et destructeur (DRE, 2014).

b. Enjeu

Ensemble des personnes, des biens et des services susceptibles d'être affectés par le phénomène. L'impact de l'aléa sur les enjeux dépend de leur importance (nombre, nature, etc.) et de leur vulnérabilité (DRE, 2014).

c. Risque

Un risque est le produit d'un aléa et d'un enjeu. On considère que le risque existe dès qu'un aléa pourrait se manifester dans une zone où des enjeux humains, économiques ou environnementaux sont en présence. Sans conséquences, un aléa n'est donc pas un risque. La gravité du risque est proportionnelle à la vulnérabilité des enjeux (DRE, 2014).

d. Vulnérabilité

Exprime et mesure le niveau de conséquence prévisible de l'aléa sur les enjeux. Elle caractérise la plus ou moins grande résistance d'un enjeu (DRE, 2014).

I.3.2. Paramètres principaux

Quatre paramètres principaux sont nécessaires pour qualifier l'aléa inondation.

a. Période de retour de crues

On associe souvent à la notion de crue, la notion de période de retour (crue décennale, centennale, millennale, etc.): Plus cette période est grande, plus les débits et l'intensité sont importants. On distingue par ordre croissant :

- Les crues fréquentes, dont la période de retour est comprise entre un et deux ans ;
- Les crues moyennes, dont la période de retour est comprise entre dix et vingt ans ;
- Les crues exceptionnelles, dont la période de retour est de l'ordre de cent ans ;
- La crue maximale vraisemblable, qui occupe l'intégralité du lit majeur.

Les événements les plus souvent représentés sur la carte d'aléa sont la crue décennale (Q_{10}) et la crue centennale (Q_{100}) (www.prim.net).

L'aléa de référence servant de base à l'élaboration des documents réglementaires correspond à l'événement centennal ou au plus fort événement connu, s'il présente une fréquence supérieure à cent ans (www.prim.net).

b. Hauteur et durée de submersion

La hauteur de submersion peut avoir un impact important sur le bâti, notamment lorsqu'elle dépasse la cote de référence. La structure porteuse de l'habitation peut être endommagée et les sols et murs gorgés d'eau. Lorsque la durée de submersion est importante (supérieure à 24 h voire 48 h), des problèmes sanitaires peuvent survenir, l'eau étant souvent sale, contaminée par les égouts ou parfois le mazout échappé des cuves (www.prim.net).

Pour l'homme, on considère généralement que des hauteurs d'eau supérieures à 50 cm sont dangereuses. À titre d'exemple, une voiture commence à flotter à partir de 30 cm d'eau.

Tableau .I.2. Qualification de l'aléa en fonction de la hauteur d'eau et type de crue. (Source : DGUHC)

Hauteur d'eau (m)	Crue lente	Crue semi rapide	Crue torrentielle
$H < 0.5$	Modéré	Modéré	Modéré (en fonction des vitesses) - Fort
$0.5 < H < 1$	Modéré	Fort	Fort
$H > 1$	Fort	Fort	Fort

c. Vitesse du courant

La vitesse d'écoulement est conditionnée par la pente du lit et sa rugosité. Elle peut atteindre plusieurs mètres par seconde. La dangerosité de l'écoulement dépend du couple hauteur / vitesse (www.prim.net).

À titre d'exemple, à partir de 0,50 m / s, la vitesse du courant devient dangereuse pour l'homme, avec un risque d'être emporté par le cours d'eau ou d'être blessé par des objets charriés à vive allure (www.prim.net).

Tableau .I.3. Degré de danger des crues en fonction de la vitesse du courant. (Source : DGUHC)

	Faible	Moyenne	Forte = dangereuse			
Vitesse en m/s	0.2	0.25	0.5	1	1.25	1.5
Vitesse en Km/h	0.72	0.9	1.8	3.6	4.5	5.4

d. Volume de matière transportée

Ce volume est communément appelé transport solide. Il s'agit de matériaux (argiles, limons, sables, graviers, galets, blocs, etc.) se trouvant dans les cours d'eau, et dont le transport peut s'effectuer soit par suspension dans l'eau, soit par déplacement sur le fond du lit, du fait des forces liées au courant (www.prim.net).

Le terme de transport solide ne comprend pas le transport des flottants (bois morts...).



Figure .I.16. Procédés du transport solide (WMO, 2008).

I.4. Conséquences

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

La vulnérabilité de la population est provoquée en particulier par sa localisation en zone inondable. Sa mise en danger survient surtout lorsque les délais d'alerte et d'évacuation sont trop courts ou inexistants, lors des crues rapides ou torrentielles.

Le danger se traduit par le risque d'être emporté ou noyé, ainsi que par l'isolement sur des îlots coupés de tout accès. Lors des inondations du Sud-Est des dix dernières années, plus du tiers des victimes étaient des automobilistes surpris par la crue.

L'interruption des communications peut gêner, voire empêcher l'intervention des secours. Par ailleurs, on estime que les dommages indirects (perte d'activité, chômage technique, etc.) sont souvent plus importants que les dommages directs occasionnés aux biens mobiliers et immobiliers.

I.4.2. Atteintes à l'environnement

Les dégâts au milieu naturel sont dus à l'érosion, aux déplacements du lit ordinaire, aux dépôts de matériaux, etc. Les phénomènes d'érosion, de charriage, de suspension de matériaux et d'alluvionnement participent à l'évolution du milieu naturel dans ces aspects positifs comme négatifs.

Pour les zones industrielles situées en zone inondable, un risque de pollution et d'accident technologique est à prendre en compte (**MEDD, 2004**).

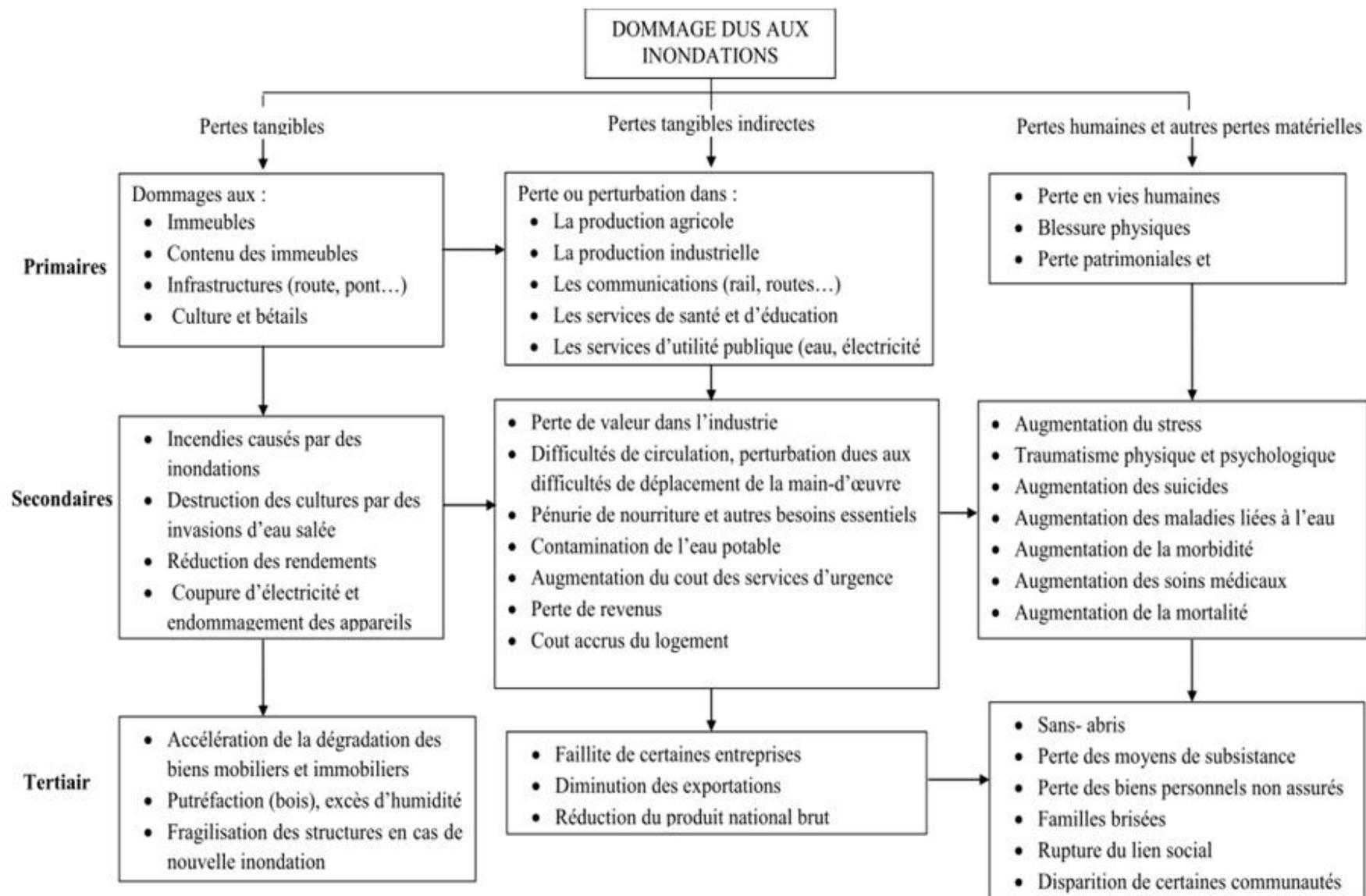


Figure I.17. Impacts des inondations (B.Touaibia et al., 2005).

I.5. Inondations en Algérie

Comme beaucoup d'autres pays du monde, l'Algérie a connu plusieurs inondations dévastatrices. Si par le passé, ces inondations étaient surtout connues suite aux débordements des grands cours d'eau dans les grandes plaines agricoles, depuis une vingtaine d'années, elles ont surtout touché les grandes villes et centres urbains (Alger 2001, 2007 ; Bejaia 2012), où elles ont engendré de nombreuses pertes en vies humaines et des dégâts matériels considérables. L'examen des événements catastrophiques survenus dans notre pays montre que sur l'ensemble des bassins versants algériens, des superficies importantes de terres agricoles, des plaines et des agglomérations sont fréquemment envahies par la furie des eaux des oueds en crue (B.Touaibia et al., 2005).

On peut rappeler, à titre d'exemple, les crues de Bab El Oued de novembre 2001, une inondation qui a fait près de 800 victimes; ou celles de l'automne 2008, qui ont fait de dizaines de victimes notamment à Ghardaïa, Aïn Defla, Batna et Bechar, ou encore celles de 2012 qui ont touché le Nord de l'Algérie (B.Touaibia et al., 2005).

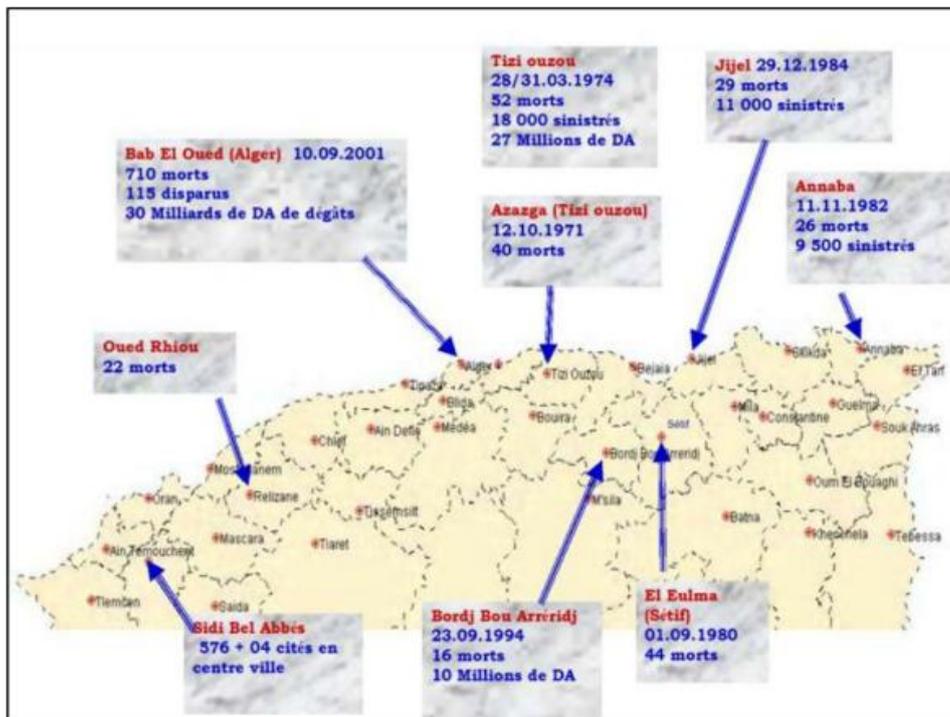


Figure I.18. Inondations en Algérie (Mehdi, 2016).

Après ces inondations meurtrières, de nombreux ouvrages de protection ont été réalisés et récemment, le Ministère des Ressources en Eau a lancé des études pour faire un inventaire des zones inondables, étudier l'intensité des phénomènes, calculer des paramètres explicatifs des causes et de leurs conséquences et faire une cartographie des zones à très haut risque (B.Touaibia et al., 2005).

D'après le recensement effectué par les services de la protection civile, une commune sur trois est susceptible d'être inondée partiellement ou en totalité.

On présente dans ce qui suit par ordre chronologique, un bref aperçu des inondations survenues en Algérie au cours des trente dernières années.

➤ 05 juillet 1987

Pluies orageuses très violentes à Batna (pluie journalière de 57 mm).

Dégâts :

- 05 morts et des dizaines de famille sinistrées ;
- Dégât évalué à 175 millions de centime.

➤ 01 Septembre 1989

Fortes chutes de pluies orageuses à la wilaya de BISKRA accompagnées de grêles et d'un vent d'une rare violence provoquant le débordement des oueds El Arab, El Mellah et El Kheddra.

Dégâts :

- 02 morts et 35 blessés ;
- 400 palmiers, des serres et des cultures de maraichages détruites.

➤ 03 Juin 1991

Orage local et très violent à Ghardaia (80 mm en 03 h)

Dégâts :

- 09 morts et des pertes importantes en cheptel et des palmiers ;
- Destruction partielle de la digue d'El-Atteuf ;
- Ponts, chaussée et réseaux d'assainissements avoisinant oued Mzab dégradé.

➤ 26 - 27 Janvier 1992

Fortes pluies généralisées du 24 au 28 janvier 1992 sur plusieurs régions du centre du pays engendrant des inondations catastrophiques aux wilayas: Alger, Blida, Tipaza, Chlef, Ain Defla, Medea...

Dégâts :

- 10 morts et un nombre important de blessé ;
- 637 familles sinistrées (361 à Alger, 106 à Tipaza, 87 à Medea, 36 à Ain Defla et 23 à Chlef) ;
- Dégâts importants aux infrastructures routières et aux exploitations agricoles.

➤ 20 Octobre 1993

Pluies orageuses intenses à la ville d'Oued Rhiou causant crues violentes d'Oued Grigra, petit cours d'eau situé en amont de la ville d'Oued Rhiou.

Dégâts :

- 22 morts, 20 blessés et plusieurs disparus ;
- Des dizaines de familles sinistrées et d'importants dégâts matériels.

➤ 29 Septembre au 02 Octobre 1994

Inondations catastrophiques dans plusieurs régions du pays (Ghardaia, Laghouat, Biskra, Mascara, Tissemsilt, Sidi Bel Abbès).

Dégâts :

- Biskra : 08 morts 22 familles sinistrées et routes endommagé ;
- Mascara : 02 morts et implorants dégâts matériels ;
- Tissemsilt : 09 morts ;
- Sidi Bel Abbès : 02 morts ;
- Ghardaia : dégâts matérielles évalués à 270 millions DA ;
- Laghouat : dégâts matérielles évalués à 05 millions DA dans le secteur de l'hydraulique.

➤ 06 Février 1996

Forte pluie dans la Daira d'El Khemis à Ain Defla (81 mm en 17h35 mn) provoquant ses débordement catastrophiques des cours d'eaux menant du massif Zaccar vers l'oued Cheliff.

Dégâts :

- 158 familles sinistrées et implorants dégâts matériels.

➤ 14 Octobre 2000

Fortes pluies (56 mm en l'espace de 04 h) dans la wilaya d'Ain Timouchent et crues catastrophiques de l'oued El Maleh.

Dégâts :

- 04 morts et plusieurs disparues ;
- Plusieurs habitations démolies et immenses dégâts matériels.

➤ 10 et 11 novembre 2001

Des inondations catastrophiques à Bab El Oued (Alger)

Dégâts :

- 733 victimes, 30 000 personnes sans-abris et d'importants dégâts matériels.

➤ 6/7 Décembre 2002

Inondations à Béjaïa :

- 3 morts.
- 200 familles sinistrées.
- RN 9, 12 et 26 menant à Béjaïa, totalement coupées à la circulation pendant la journée du 7.
- Piste de l'aérodrome submergée.
- La digue édifiée à l'intérieur du barrage de Tichi-Haf, à Bouhamza a fini par céder, ce qui causera un arrêt de travail de plusieurs mois.

➤ 3/4/5 Avril 2003

187 mm de pluviosité à la ville de Béjaïa :

- 45 milliards de centimes de dégâts ;
- Dommages occasionnées au niveau de l'aéroport Abane Ramdane qui a nécessité 5 jours de fermeture pour travaux ;
- Détériorations au niveau des réseaux routiers, d'AEP et de gaz de la ville ;
- Forages colmatés et puits remplis de boues ;
- Poulaillers détruits et pertes de bétails.

➤ 1 Octobre 2008

Des pluies diluviennes s'étaient abattues sur la région de Ghardaïa, à 500 km au sud d'Alger faisant dangereusement monter les cours d'eau.

Dégâts :

- 33 morts et 84 blessés en plus de 600 maisons détruites.

➤ Novembre 2014

Inondations à plusieurs wilayas du pays (Bechar, Khenchela, Bordj Baji Mokhtar).

Dégâts :

- 10 morts et plusieurs blessés et des dégâts considérables.

➤ 24 août 2015

Inondations catastrophiques à Constantine et El-Khroub.

Dégâts :

- 12 morts 50 familles sinistrées ;
- 200 habitations détruites. (**S.Lahlah, 2004**)

I.6. Problématique

Les débits élevés dépassant les niveaux de danger et pénétrant dans les plaines inondables sont le résultat de pluies abondantes ou continues dépassant la capacité d'absorption du sol et la capacité d'écoulement des cours d'eau. Il provoque des dommages étendus à la propriété et à la vie dans différentes parties du bassin versant. Malgré les réalisations fascinantes de la science et de la technologie au XXI^e siècle, les inondations et les sécheresses continuent de frapper toutes les générations d'êtres humains, provoquant des souffrances, la mort et des pertes matérielles. La connaissance des relations amplitude-fréquence peut être utilisée dans la conception de barrages, de déversoirs de barrages, de routes, de ponts, de ponceaux, de systèmes d'approvisionnement en eau et de structures de contrôle des inondations. Par le passé, des techniques d'analyse des fréquences d'inondation ont été élaborées pour relier l'ampleur des inondations à leur fréquence d'occurrence (**Hosking et Wallis, 1997**). De telles études ont également été réalisées pour estimer les inondations en fonction des caractéristiques des bassins hydrographiques et de l'analyse statistique. Il est entendu qu'un minimum de 30 à 40 années d'enregistrements est nécessaire pour l'analyse de la fréquence des inondations. Si la longueur des enregistrements est trop courte, en particulier si la situation des données est inadéquate, les courbes régionales de fréquence des crues et la moyenne sur site fournissent des estimations cohérentes des crues (**S.Mkhandi et al., 2007**).

Les analyses de fréquence des crues peuvent être réalisées en utilisant deux types de séries de débits de crue, soit les maximums annuels (MA), soit les débits dépassant un certain seuil (POT pour Peak Over Threshold). Le dilemme est de savoir s'il faut utiliser les séries AM ou POT. L'objection la plus fréquente à l'égard de l'utilisation des séries AM est qu'elle n'utilise qu'une seule inondation par année. Dans certains cas, la deuxième plus grande inondation d'une année que la série AM néglige peut être plus importante que de nombreuses inondations AM d'autres années. Une autre lacune de la série AM est que seul un petit nombre de crêtes de crue est considéré (**S.Mkhandi et al., 2007**). Dans cette étude, une comparaison est faite en utilisant les séries AM et POT pour estimer les amplitudes des inondations dans le Nord de l'Algérie.

Bien que cette étude soit la première dans son genre en Algérie, mais plusieurs travaux ont été faits dans ce cadre ailleurs, comme :

- Comparaison entre la méthode des débits dépassant un certain seuil et la méthode maximale annuelle pour l'analyse de la fréquence des crues, par Nejc Bezak, Mitja Brilly et Mojca Šraj.
- Estimateur maximal d'inondation probable pour la Colombie-Britannique, préparé par: B. T. Abrahamson et révisé par: R. S. Pentland
- Régionalisation des flux dans le bassin supérieur du Paraguay, Brésil, par Carlos Tucci, Andre Silveira, Julio Sanchez et Fernando Albuquerque

- Analyse de la fréquence des inondations dans le bassin de Tel du bassin de la rivière Mahanadi, en Inde, en utilisant les données annuelles maximales et les données sur les inondations, par Nibedita Guru et Ramakar Jha
- Comparaison entre deux modèles hydrodynamiques pour des simulations d'inondation dans le bassin de la rivière Lima, par José Pinho, Rui Ferreira, Luís Vieira et Dirk Schwanenberg
- Comparaison entre les modèles maximums annuels et de crête sur seuil pour la prédiction de la fréquence des inondations, par S. Mkhandi, A.O. Opere et P. Willems

Conclusion

La réduction des dommages causés par des catastrophes nécessite en premier lieu une connaissance des régions sujettes à ce risque ainsi qu'une identification des facteurs favorisant et amplifiant ces phénomènes, mais également une bonne étude qui conduit à prendre la décision la plus adéquate concernant le choix des méthodes utilisées pour l'analyse de fréquence des crues, ce qui mène à une meilleure compréhension du phénomène pour des prévisions plus authentiques.

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

Introduction

Quelque soit la nature du projet, l'étude du site est indispensable, pour avoir le maximum de données et pour connaître les caractéristiques du terrain de point de vue topologique, géologique, hydrogéologique, climatique, physique et les facteurs influençant sur la conception d'un projet.

II.1. situation géographique

La zone d'étude correspond à la région nord d'Algérie. Elle est située entre 9 ° Est et environ 3 ° Ouest (Figure II.1), limitée au Nord par la mer Méditerranéenne sur un littoral de 1200 km de long, au Sud par la plateforme saharienne, à l'Est par la Tunisie et à l'Ouest par le Maroc.

S'étendant sur une superficie de 382 000 km², soit environ 20 % du territoire national où se trouve localisée la quasi-totalité des populations et des activités. Au plan administratif, cet espace est structuré en 39 départements, totalisant 26,5 millions d'habitants, soit une densité moyenne de 69 habitants/km². C'est un ensemble constitué par une succession de massifs montagneux, côtiers et sublittoraux et de plaines, composé de deux sous-ensembles : le Tell et les Hautes Plaines steppiques (M.Benslimane et al., 2008).



Figure II.1. Situation géographique de la zone d'étude (ONM, 2018).

La bande du Tell, large de 80 km à 190 km, s'étend sur près de 1 200 km de côte méditerranéenne. Elle est formée de chaînes de montagnes (l'Ouarsenis, le Chenoua, le Djurdjura, les Babors et les Bibans...) longeant le littoral et souvent séparées par des vallées, riches par leur flore et leur faune, abritant des cours d'eau comme la vallée du Chelif ou la vallée de la Soummam (CNMCA, 2003). Le mont Lalla-Khadidja, en Kabylie où les montagnes sont recouvertes de neige en hiver, en est le point culminant et s'élève à 2 308 mètres d'altitude. Les plaines du Tell abritent avec les vallées adjacentes la grande majorité des terres fertiles du pays (CNMCA, 2003) (Figure II.3).

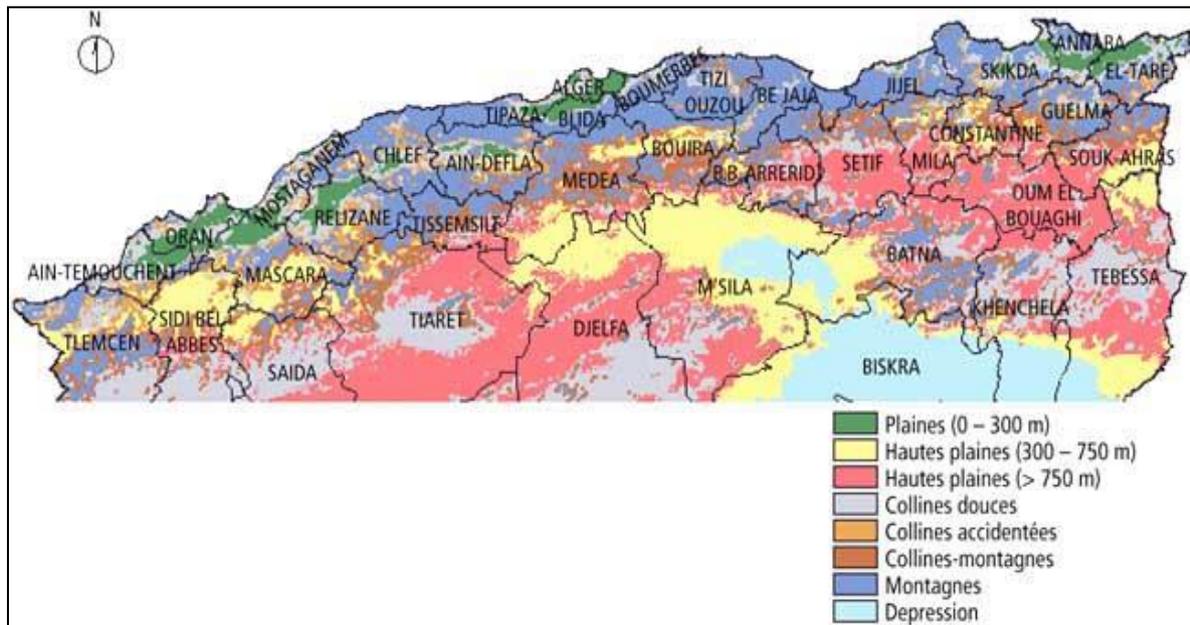


Figure II.3. Carte des reliefs au Nord d'Algérie (ONUAA, 2005).

II.4. Climat et température

Le Nord a un climat méditerranéen, qui se compose de 4 étages bioclimatiques (Figure II.4). En été, les températures sont élevées. Les températures moyennes estivales et hivernales se situent entre 25 °C et 11 °C. Dans les villes côtières, les températures hivernales varient entre 8 °C et 15 °C. Elles grimpent à 25 °C au mois de mai pour atteindre une moyenne de 28 °C à 30 °C en juillet et août (28 °C à Skikda, 29,5 °C à Alger) (ONM, 2010). Toujours au Nord, dans les montagnes de Kabylie, la température avoisine les 3 °C voire -7 °C en hiver. La neige y est fréquente en hiver. La région de la Kabylie comporte plusieurs zones climatiques. Le littoral et la Kabylie maritime sont de climat méditerranéen. L'hiver y est plutôt doux comparé au reste de la région, avec une température de 15 °C en moyenne. La période estivale, rafraîchie par les vents marins, présente une température moyenne de 35 °C environ (R.Lespès, 1909).

Sur les plateaux et dans les vallées intérieures, l'hiver est sensiblement identique à celui des hauteurs. Mais en été, du fait de l'enclavement et de l'exposition aux vents du sud, les températures sont particulièrement élevées : c'est le cas à Medjana, sur les Hauts-Plateaux, comme à Akbou, dans la vallée de la Soummam, couloir idéal pour le passage du sirocco.

Dans la ville de Tizi Ouzou la température peut atteindre les 46 °C quand elle est de 35 °C à Dellys (**R.Lespès, 1909**).

Au centre et à l'ouest, dans les Hauts-plateaux de la région de Djelfa, la température estivale varie de 30 °C à 38 °C. Dans l'est, la zone des Aurès, les hivers sont très froids, la température atteint parfois les -18 °C sans facteur humidex. Les étés sont très chauds. Le baromètre affiche parfois 50 °C à l'ombre. Les variations de température sont très importantes dans cette région du monde. La température estivale varie de 30 °C à 38 °C (**ONM, 2010**).

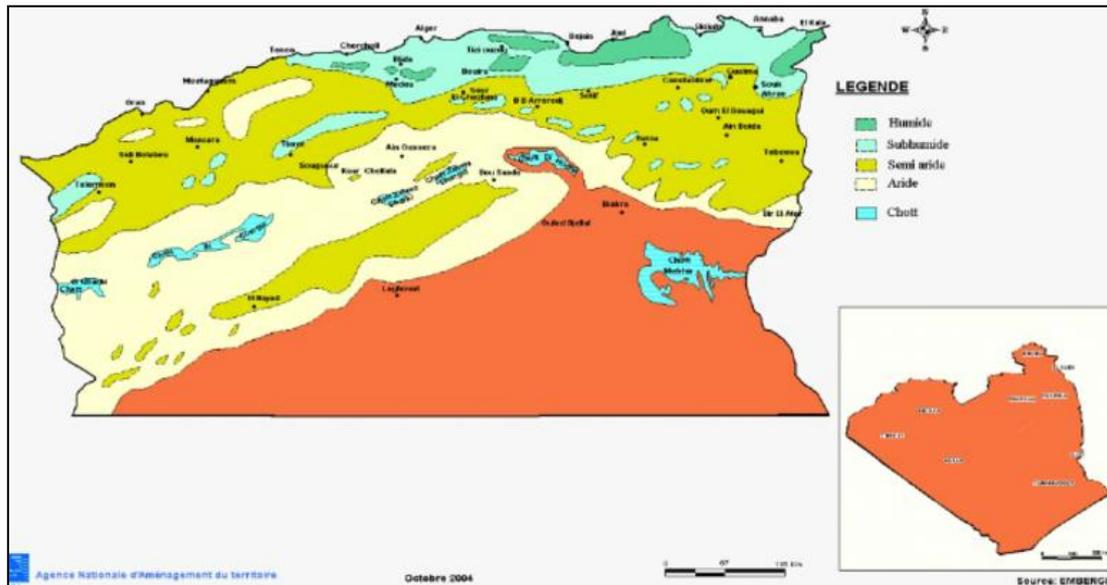


Figure II.4. Etages bioclimatiques au Nord d'Algérie (ANAT, 2004).

II.5. Précipitation

En Algérie les précipitations sont caractérisées par une variabilité spatio-temporelle très marquante (Figure II.5). La tranche de pluie annuelle décroît à mesure que l'on avance vers le sud et tombe à moins de 100 mm au sud de l'atlas saharien, cette valeur étant habituellement considérée comme marquant le début du désert (**M. Mahmoud, ONM 2012**).

A la décroissance des pluies du Nord au Sud se superpose une décroissance de l'Est à l'Ouest. Les bordures Nord Centre et Est reçoivent en moyenne des quantités annuelles de précipitations variant entre 600 et 1150 mm. Elles sont de ce fait plus arrosées que le reste du pays. Les bordures Nord Ouest par exemple enregistrent des totaux annuels moyens de l'ordre de 250 à 500 mm (**M. Mahmoud, ONM 2012**).

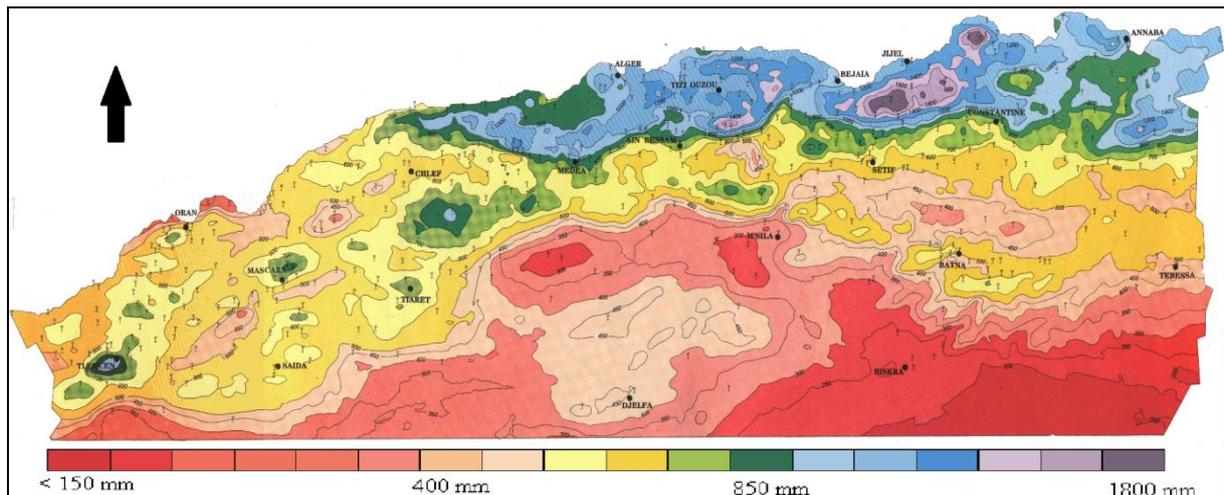


Figure II.5. Carte pluviométrique du Nord d'Algérie (ANRH, 2005).

II.6. Caractéristiques hydrographiques

Au Nord de la ligne de crête de l'atlas, le Nord Algérien, couvre d'Ouest en Est, 4 grandes régions (bassins) hydrographiques (Figure II.6):

Région 1 : Oranais-Chott Chergui (bassins hydrographiques 16, 04, 11, 08) (S.Taibi, 2016).

Région 2 : Chellif-Zahrez (bassins hydrographiques 01, 17 et la côte de Ténès : 02A) (S.Taibi, 2016).

Région 3 : Algérois-Soummam-Hodna (bassins hydrographiques 02B, 09, 05 et 15) (S.Taibi, 2016).

Région 4 : Constanfinois-Seybouse-Meflegue (bassins hydrographiques 03, 07, 10, 14 et 12) (S.Taibi, 2016).

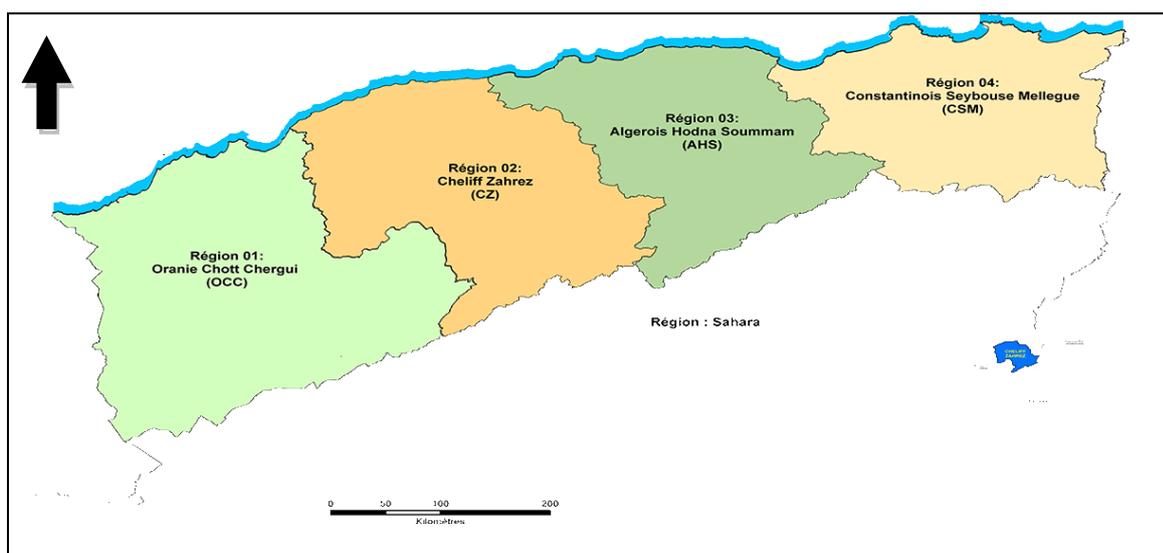


Figure II.6. Découpage de l'Algérie en régions hydrographiques (AGIRE, 2005)

Les 4 régions hydrographiques sont divisées en 15 bassins hydrographiques (Figure II.7) repartis en 2 catégories

- Les bassins tributaires de la Méditerranée, au nombre de 11, des oueds drainant l'Atlas Tellien : les côtiers Algérois (02), côtiers Constantinois (03), et côtiers Oranais (04), le Tafna (16), la Macta (11), l'Isser (09), le Chellif (01), la Soummam (15), le Kebir Rhumel (10), le Seybouse (14) et la Medjerda (12) (**S.Taïbi, 2016**).
- Les bassins endoréiques, au nombre de 4, des oueds dont les écoulements se font vers les chotts : chott Chergui (08), chott Zahrez (17), chott Hodna (05), les hauts plateaux Constantinois (07) (**S.Taïbi, 2016**).

Le flanc Sud de l'Atlas fait partie de la région 5 : le bassin du Chott Melrhir (06) et le bassin du Sahara (13).

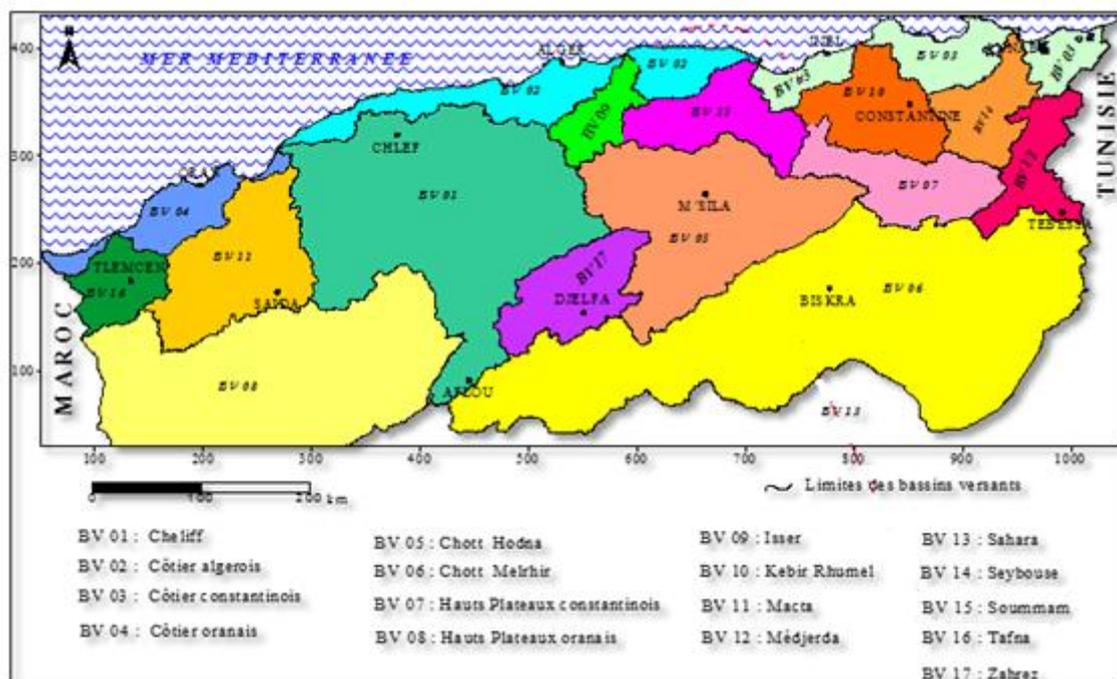


Figure II.7. Les Grands bassins versants d'Algérie. (Source : ANRH)

En tout on dénombre 17 grands bassins hydrographiques (Tableau II.1), ce découpage est issu de l'étude générale nommée Plan national de l'Eau (PNE) lancée en 1993.

Tableau II.I. Liste des bassins hydrographiques de l'Algérie (source ANRH).

Bassins	Nom	Superficie en Km ²
01	Chélif	43 750
02	Côtier Algérois	11 958
03	Côtier constantinois	11 566
04	Côtier oranais	5 831
05	Chott Hodna	25 843
06	Chott Melrhir	68 750
07	Hauts plateaux Constantinois	9 578
08	Chott Chergui (hauts plateaux Oranais)	52 090
09	Isser	4 149
10	Kebir Rhumel	8 815
11	Macta	14 389
12	Medjerda	7 785
13	Sahara	2 087 995
14	Seybouse	7 475
15	Soummam	9 125
16	Tafna	7 245
17	zahrez	9 141

II.7. Caractéristiques hydrogéologiques

Les ressources en eau souterraines contenues dans les nappes du Nord du pays sont estimées à environ 2 milliards de m³/an. Ces nappes sont alimentées par les pluies : soit directement par l'infiltration directe, soit indirectement par l'infiltration des oueds. L'alimentation en eau est donc conditionnée par la pluviométrie qui est caractérisée par une grande variabilité à la fois dans l'espace et dans le temps (**S.Taibi, 2016**).

Tableau II.2. Reserve en eaux dans les différents bassins au Nord d'Algérie (MRE, 2007).

	Nappes	Reserve (Hm ³ /an)
Oranais-Chott Chergui	Plaine de Maghnia	15
	Monts de Tlemcen	40
	Plaine de Sidi Bel Abbès	30
	Djbel Merdjadjou-Brédéah	12
	Chott Chergui	54
	Plateau de Saida	50
	Plaine Ghriss	70
	Plateau Sersou	12
Cheliff-Zahrez	Plaine de la Mina	17
	Plaine de Ain Oussara	27
	Zahrez	50
	Plateau Kser Chellala	14
	Chélif	80
	Plaine de Bouira	15
Algerois-Hodna-Soummam	Plaine côtière de Béjaia	35
	Vallée de la Soummam	100
	Plaine alluviale de l'oued Djer	20
	Mitidja	328
	Sahel	28
	Boudouaou	12
	Calcaire de Toudja	15
	Calcaire de Béjaia	17
	Sebaou	53
Constantinois-Seybouse-Mellegue	Chott El Hodna	133
	Synclinal de Dekhla	14
	Plaine de Tebessa Morsot	18
	Plateau de Cherea	18
	Plaine de Biskra Tolga	60
	Oued nil	20
	Oued Djendjen	10
	Plaine d'Ain M'lila	22
	Plaine de l'Oued Safsaf	12
	Plaine de l'Oued Kebir	15
	Plaine de Gualma	17
	Plaine d'Annaba	45
	Plaine alluviale Isser	35
	Oued M'zi	22.3
	Chott Gharbi	40

II.8. Données hydrométriques

Le nord d'Algérie englobe plus de 250 stations pluviométriques fonctionnelles, elles varient selon le nombre d'années d'enregistrement mais il se trouve que seulement 104 stations dont la période d'observation varie entre 7 à 50 ans.

La densité moyenne est d'une station pour 1400 Km² dans les bassins de la zone tellienne et d'une station pour 6000 Km² dans les bassins des hautes plaines.

Tableau II.3. Répartition des stations par classe de superficie (source : ANRH).

Classe de superficie Km ²	20-110	111-500	501-1000	1001-2000	2001-5000	>5000	Totale
Nombre de stations	13	32	17	15	16	11	104
Pourcentage %	12	30,5	16,5	14,5	15,5	10,5	100

II.9. Données pluviométriques

Pour l'élaboration de cette étude, nous avons pu récupérer les données de 22 stations pluviométriques implantées sur toute la partie Nord de l'Algérie (Figure II.8), six à l'Ouest, cinq au Centre et onze à l'Est comme le montre la figure ci-après :

Conclusion :

Une présentation fiable de la zone d'étude s'avère d'une grande importance, vu le taux d'informations qu'elle nous fournit, ce qui permet de bien évaluer les risques qui peuvent être engendrés par un phénomène naturel comme les crues.

Chapitre III : Méthodologie de travail

Introduction

Dans ce chapitre il sera question d'expliquer les différentes étapes de notre étude tout en présentant les outils dont nous disposons pour répondre aux problématiques initiales, ainsi que l'acheminement du travail.

III.1. Présentation du logiciel Hyfran plus

Hyfran Plus permet d'ajuster un nombre important de distributions statistiques à une série de données qui vérifient les hypothèses d'indépendance, d'homogénéité et de stationnarité, à l'aide de plusieurs méthodes d'estimation (Bobée et al., 2015). Il a été conçu pour l'analyse fréquentielle en hydrologie particulièrement pour les valeurs extrêmes. Ainsi pour l'analyse des crues. Cependant il peut être utilisé pour n'importe quelle série de valeurs extrêmes dans d'autres domaines avec différents pas de temps, à conditions que les observations soient indépendantes et identiquement distribuées (Bobée et El Adlouni, 2015).

Le SAD dans Hyfran Plus, Système d'Aide à la Décision pour permettre le choix de la classe de distributions la plus adéquate pour estimer le quantile de période de retour élevée (El Adlouni et al., 2013).

En effet, une classification des lois par rapport à la queue droite de la distribution, permet de distinguer trois principales catégories dans lesquelles on peut classer les dix distributions les plus utilisées en hydrologie pour représenter les débits maximums annuels (El Adlouni et al., 2013):

- Classe C (distribution à variations régulières) : GEV, Halphen Inverse B (HIB), Log-Pearson type 3 (LP3), Gamma Inverse (GI).
- Classe D (distributions sub-exponentielles) : Halphen type A (HA), Halphen type B (HB), Gumbel (EV1), Pearson type 3 (P3), Gamma (G).
- Classe E (loi exponentielle) (El Adlouni et al., 2013).

Il est important de déterminer si la loi la plus adéquate pour représenter un échantillon est la loi Log-normale ou elle appartient à la classe C ou D, donc le SAD permet de tester initialement l'hypothèse de Log-normalité de la distribution des observations. (Figure III.1)

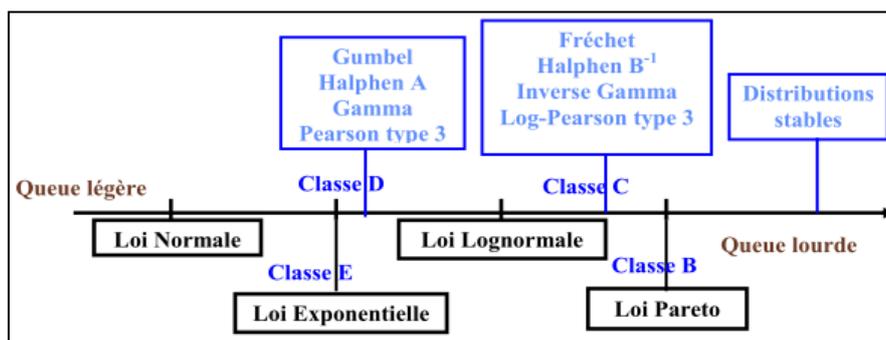


Figure III.1. Distributions ordonnées par rapport à leurs queues droites (El Adlouni et al., 2008)

Les méthodes développées dans le SAD permettent d'identifier la classe la plus adéquate pour l'ajustement d'un échantillon donné. Ces méthodes sont (Figure III.2):

- Test de Jarque-Bera : considéré pour tester la Log-normalité avec une sélection a priori basée sur le diagramme (Cv,Cs) (El Adlouni et al., 2013).
- Graphique Log-Log : utilisé pour discriminer d'une part la classe C et d'autre part les classes D et E (El Adlouni et al., 2013).
- Fonction moyenne des excès (FME) : utilisée pour discriminer les classes D et E (El Adlouni et al., 2013).
- Deux statistiques : le rapport de Hill et la statistique de Jackson qui peuvent être utilisées pour effectuer une analyse confirmatoire des conclusions suggérées à partir des deux précédentes méthodes (graphique Log-Log et FME) (El Adlouni et al., 2013).

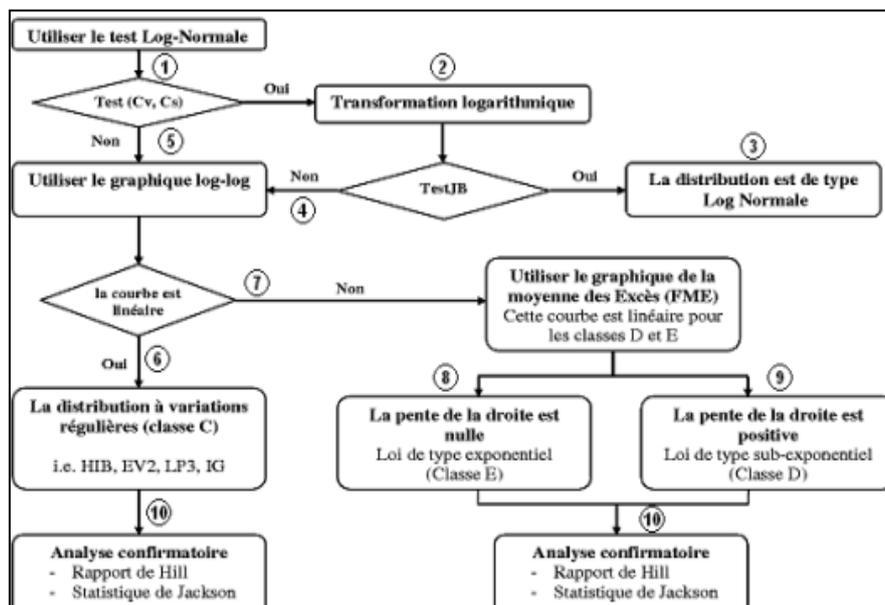


Figure III.2. Diagramme des critères de choix entre les classes C, D et E (El Adlouni et al., 2013).

III.2. Utilisation de Hyfran Plus

III.2.1. Saisie des données

Pour la saisie des données et l'étude des caractéristiques statistiques de l'échantillon on doit naviguer entre cinq onglets différents (figure III.3), nommés (El Adlouni et al., 2013):

- Description.
- Données.
- Statistiques de base.
- Tests d'hypothèse.
- Graphiques.

Statistique	Valeur
Nombre de données [n]	76
Minimum	17.0
Maximum	562
Moyenne	119
Écart-type	116
Médiane	81.5
Coefficient de variation [Cv]	0.976
Coefficient d'asymétrie [Cs]	2.01
Coefficient d'aplatissement [Ck]	6.67

Figure III.3. Fenêtre de saisie et de caractéristiques statistiques.

La fenêtre des statistiques de base présente en plus du titre éventuel de l'étude les statistiques suivantes de l'échantillon (Bobée et El Adlouni, 2015):

- La taille de l'échantillon
- La valeur minimum
- La valeur maximum
- La moyenne
- L'écart-type
- La médiane
- Le coefficient de variation
- Le coefficient d'asymétrie
- Le coefficient d'aplatissement

Le coefficient de variation est très important dans le choix de la loi d'ajustement :

- Une valeur faible traduit une symétrie dans la distribution de l'échantillon, donc des valeurs normales, d'où l'utilisation de lois normales.
- Une valeur importante par contre indique une dissymétrie dans la distribution de l'échantillon, donc on conclue que les valeurs sont extrêmes, d'où l'utilisation de lois extrêmes.

Pour notre étude, nous avons opté pour six lois extrêmes d'après les caractéristiques des échantillons (voir chapitre IV), ces lois sont :

- GEV (maximum de vraisemblance).
- Gamma inverse (maximum de vraisemblance).
- Log-Pearson type III (Méthode SAM).
- Gamma (maximum de vraisemblance).
- Gumbel (maximum de vraisemblance).

III.2.2. Analyse fréquentielle

a) Choix de la classe

Afin de déterminer la classe qui représente convenablement la forme de la distribution empirique, nous avons utilisé le SAD, et le choix de la loi d'ajustement la plus fiable est fait à base d'étude comparative (graphique et analytique) (Figure III.4, III.5) (Bobée et El Adlouni, 2015).

Pour la statistique de Jackson (Bobée et El Adlouni, 2015):

- Si la courbe converge clairement et régulièrement vers 2, la distribution étudiée appartient à la classe C (distribution à variations régulières). On suggère alors les lois de la classe C : Fréchet (EV2), Halphen type B Inverse (HIB), Log-Pearson type 3 (LP3), Gamma Inverse (GI).
- Si la courbe présente des irrégularités et ne converge pas vers 2, la distribution appartient à la classe sub-exponentielle (classe D : Halphen type A, Gamma, Pearson type 3, Halphen type B, Gumbel), ou exponentielle (classe E : loi Exponentielle).

Pour le rapport de Hill (Bobée et El Adlouni, 2015):

- Si la courbe converge vers une valeur constante différente de zéro, la distribution étudiée appartient à la classe C (distribution à variations régulières). On suggère alors les lois de la classe C : Fréchet (EV2), Halphen type B Inverse (HIB), Log-Pearson type 3 (LP3), Gamma Inverse (GI).
- Si la courbe décroît vers zéro, la distribution appartient aux classes : sub-exponentielle (classe D : Halphen type A, Gamma, Pearson type III, Halphen type B, Gumbel et exponentielle (classe E : loi Exponentielle).

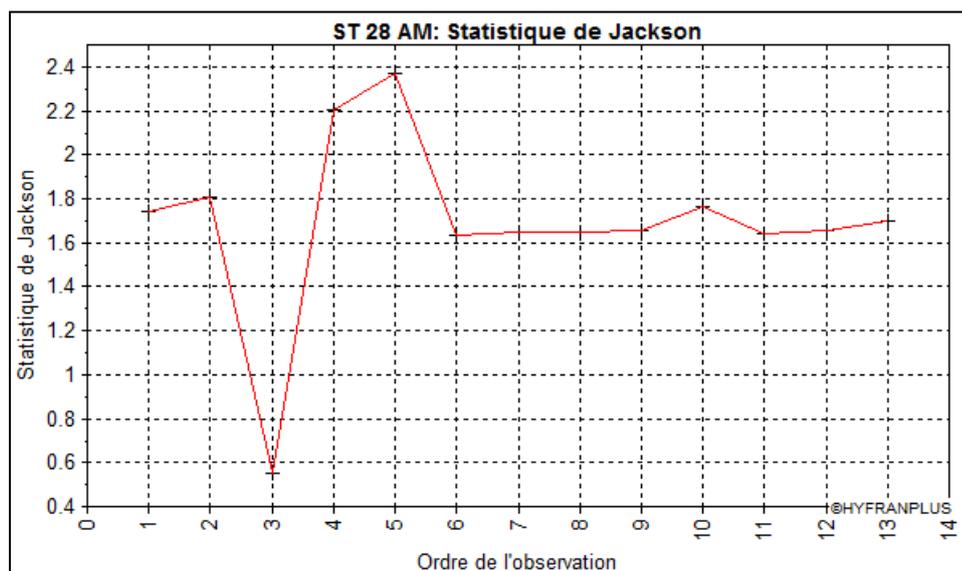


Figure III.4. Statistique de Jackson pour la station Fermatou.

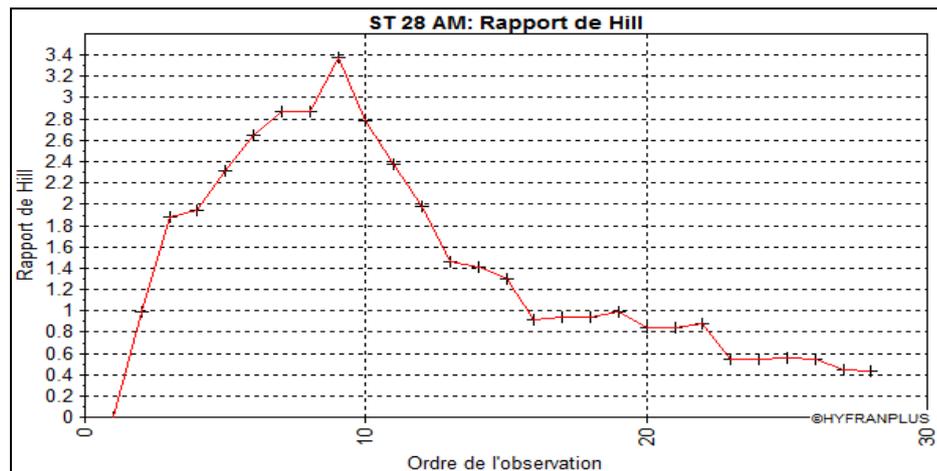


Figure III.5. Rapport de Hill pour la station Fermatou.

Pour notre cas et après l'étude portée sur les stations en question, l'Hyfran Plus a indiqué que les échantillons appartiennent à la classe C, donc une distribution à variation régulière.

b) Critère d'information

Pour discriminer les différents ajustements on utilise les deux critères suivants disponibles dans HYFRAN-PLUS (Ehsanzadeh, El Adlouni and Bobée, 2010):

- Critère d'information d' Akaike (AIC)
- Critère d'information bayésien (BIC)

Ces deux critères utilisés consécutivement (AIC puis BIC) permettent de construire un classement de modèles statistiques tenant compte du principe de parcimonie. Les meilleurs ajustements correspondent aux plus faibles valeurs de ces critères (Ehsanzadeh, El Adlouni and Bobée, 2010) (Figure III.6).

Figure III.6: Critères de comparaison des lois d'ajustement. La fenêtre 'Critères de comparaison des lois' affiche les paramètres de comparaison (T=100, Taille de l'échantillon=31) et un tableau de résultats pour cinq modèles.

Modèle	Nb param.	XT	P(Mi)	P(Mi x)	BIC	AIC
Log-Pearson type III (Méthode SAM)	3	97.151	20.00	52.14	209.988	205.686
GEV (Maximum de vraisemblance)	3	137.716	20.00	47.41	210.178	205.876
Gamma inverse (Maximum de vraisemblance)	2	56.741	20.00	0.45	219.475	216.607
Gumbel (Maximum de vraisemblance)	2	47.098	20.00	0.00	237.859	234.991
Gamma (Maximum de vraisemblance)	2	57.269	20.00	0.00	240.134	237.266

NOTE: Ces critères devraient être utilisés pour les distributions de la classe suggérée par le SAD.

Moyenne pondérée par la probabilité A posteriori des quantiles : 116.1999

Figure III.6. Critères de comparaison des lois d'ajustement.

On constate que les faibles valeurs (AIC) et (BIC), correspondent à la loi GEV, d'où le choix de cette dernière pour l'ajustement.

III.2.3. Ajustement

La fenêtre des résultats de l'ajustement (Figure III.7) présente la valeur des paramètres estimés de la loi GEV; et les quantiles pour 21 périodes de retour prédéfinies.

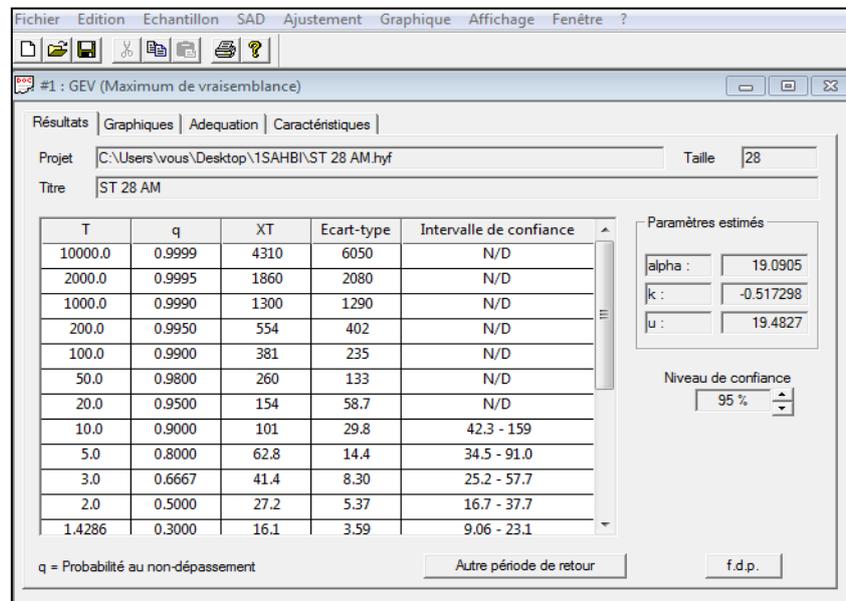


Figure III.7. Résultats d'ajustement pour la station Fermatou.

L'analyse de l'adéquation d'un ajustement est également visualisée à l'aide d'un graphique (figure III.8), il présente les données de l'échantillon, la courbe théorique de l'ajustement (ligne rouge) et l'intervalle de confiance (lignes bleues).

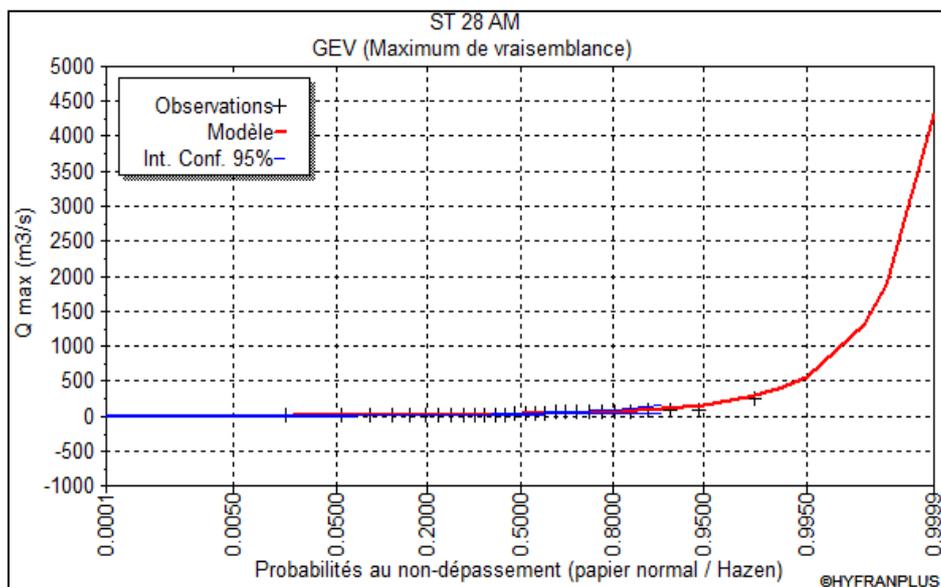


Figure III.8. Graphique de l'ajustement pour la station Fermatou.

III.2.4. Adéquation

Afin de juger d'une manière objective de la qualité de l'ajustement aux données, on se réfère au teste de Khi Carré (X^2) (figure III.9).

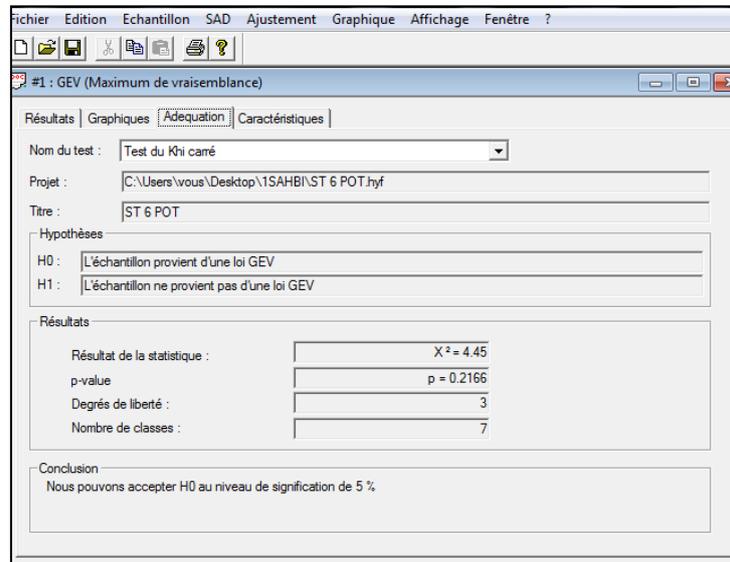


Figure III.9. Adéquation avec le test de Khi Carré de la station Fermatou.

On peut constater l'acceptation de l'hypothèse nulle à un niveau de signification de 5%.

Conclusion

Dans ce chapitre on a exposé la méthodologie du travail, avec toutes les étapes importantes. Nous avons opté pour six lois extrêmes d'après les caractéristiques des échantillons, et après l'étude portée sur les stations en question, l'Hyfran Plus a indiqué que les échantillons appartiennent à la classe C, donc une distribution à variation régulière, et nous avons choisi la loi GEV pour ses faibles valeurs (AIC) et (BIC), et enfin nous avons vérifié l'acceptation de l'hypothèse nulle à un niveau de signification de 5% avec le test de Khi Carré.

Chapitre IV : Résultats et discussion

Introduction

Dans ce chapitre, il sera question de traiter les données issues des deux modes d'échantillonnages. Les différents modèles d'ajustement des valeurs extrêmes seront appliqués afin de faire sortir le meilleur modèle d'ajustement qui permettra le calcul des débits fréquentiels pour différentes périodes de retour.

IV.1. Région Ouest

On dénombre six stations prise dans la région de l'Ouest.

IV.1.1. Station Ouled Fares

- **Code:** 1 22 01.
- **Coordonnés :** $x = 368.1$; $y = 326.65$; $z = 116$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques des deux types d'échantillons sont regroupées dans le tableau (IV.1)

Tableau IV.1. Caractéristiques de la série de la station Ouled Fares.

	AM	POT
N	27	36
Minimum	1.01	14
Maximum	131	131
Moyenne	49.9	44.1
Ecart-type	38.6	32.3
Médiane	36.7	29.8
Cv	0.773	0.733
Cs	0.707	1.48
Ck	2.08	3.61

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.2).
- **L'erreur spécifique :** Elle est calculée à l'aide de la formule suivante

$$X = \frac{XT_{AM} - XT_{POT}}{XT_{AM}}$$

Tableau IV.2. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Ouled Fares.

T	XT _{AM}	XT _{POT}	X
200	259	474	-83.01
100	216	318	-47.22
50	177	214	-20.90
20	133	127	4.51
10	103	85.2	17.28
5	75.1	56.7	24.50
3	55.7	41.4	25.67
2	39.9	31.5	21.05

Pour la station Ouled Fares, l'erreur augmente légèrement et marque une valeur extrême de 25,67% pour une période de retour de 3 ans, puis connaît une diminution jusqu'à atteindre une valeur de -83.01% pour une période de retour de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.1)

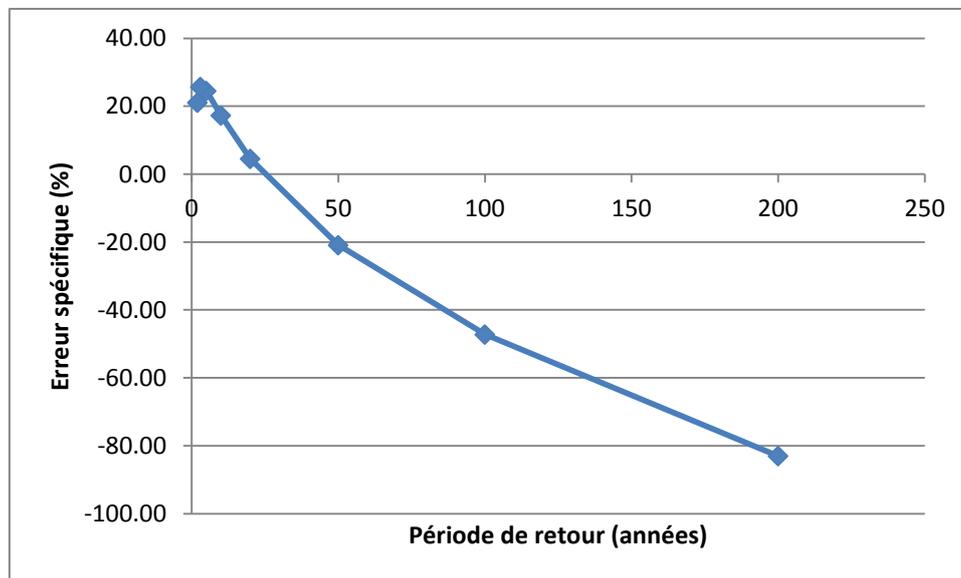


Figure IV.1. Représentation graphique de l'erreur spécifique pour la station Ouled Fares.

La courbe croît légèrement pour atteindre un maximum pour une période de retour de 3 ans, puis décroît progressivement pour atteindre une valeur minimale pour une période de retour de 200 ans.

IV.1.2. Station Hacaiba

- **Code:** 11 01 01.
- **Coordonnés :** $x = 183.5$; $y = 161.65$; $z = 950$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques des deux types d'échantillons sont regroupées dans le tableau (IV.3)

Tableau IV.3. Caractéristiques de la série de la station Hacaiba.

	AM	POT
N	46	71
Minimum	5.9	7.8
Maximum	232	232
Moyenne	60.9	38.5
Ecart-type	58.3	36.7
Médiane	44	24.5
Cv	0.957	0.954
Cs	1.68	2.58
Ck	5.05	12

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.4).

Tableau IV.4. Quantiles pour différentes périodes de retour pour la station Hacaiba.

T	$X_{T_{AM}}$	$X_{T_{POT}}$	X
200	772	1020	-32.12
100	532	591	-11.09
50	363	343	5.51
20	216	166	23.15
10	141	95.4	32.34
5	88.6	53.7	39.39
3	59	34.2	42.03
2	39.2	23	41.33

Pour la station Hacaiba, l'erreur augmente légèrement et marque une valeur extrême de 42,03% pour une période de retour de 3 ans, puis connaît une diminution jusqu'à atteindre une valeur de -32,12% pour une période de retour de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.2)

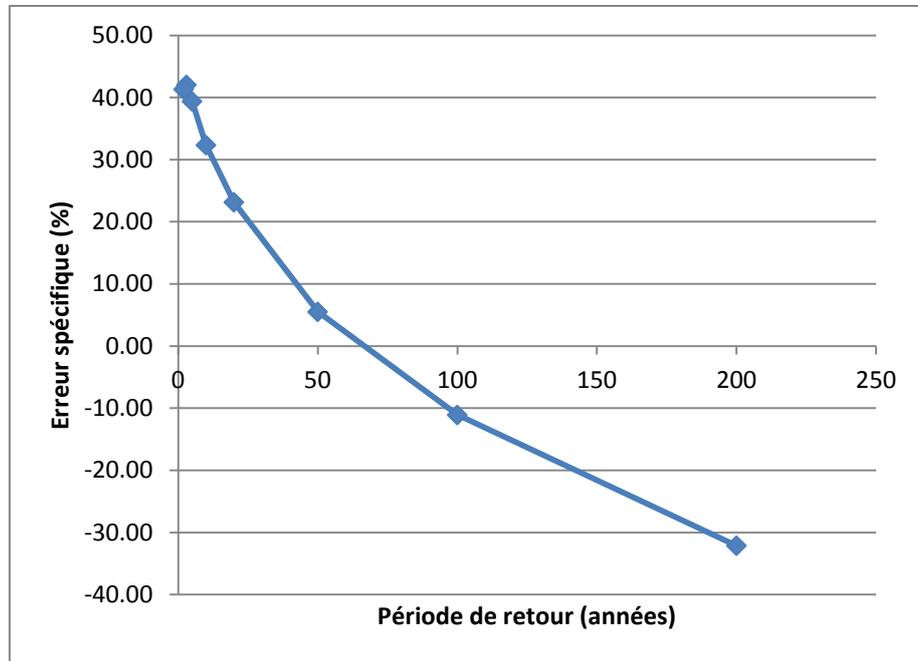


Figure IV.2. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Hacaiba.

La courbe croît légèrement pour atteindre un maximum pour une période de retour de 3 ans, puis décroît progressivement pour atteindre une valeur minimale pour une période de retour de 200 ans.

IV.1.3. Station Sidi Bel Abbès

- **Code:** 11 03 01.
- **Coordonnées :** $x = 194.25$; $y = 214.15$; $z = 485$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques des deux types d'échantillons sont regroupées dans le tableau (IV.5)

Tableau IV.5. Caractéristiques de la série de la station Sidi Bel Abbès.

	AM	POT
N	70	97
Minimum	9.15	2.22
Maximum	246	215
Moyenne	67.3	28.2
Ecart-type	52	37.4
Médiane	55.3	13.2
Cv	0.773	1.33
Cs	1.42	2.65
Ck	4.46	10.3

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.6)

Tableau IV.6. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station Sidi Bel Abbès..

T	XT_{AM}	XT_{POT}	X
200	513	815	-58.87
100	386	456	-18.13
50	288	254	11.81
20	192	117	39.06
10	138	63.9	53.70
5	95.1	34.1	64.14
3	68.8	20.7	69.91
2	49.9	13.3	73.35

Pour la station Sidi Bel Abbès, l'erreur évolue au sens contraire des périodes de retour, c'est-à-dire que l'erreur diminue avec l'augmentation de la période de retour, d'une valeur de 73,35% pour une période de 2 ans à une valeur de -58,87% pour une période de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.3)

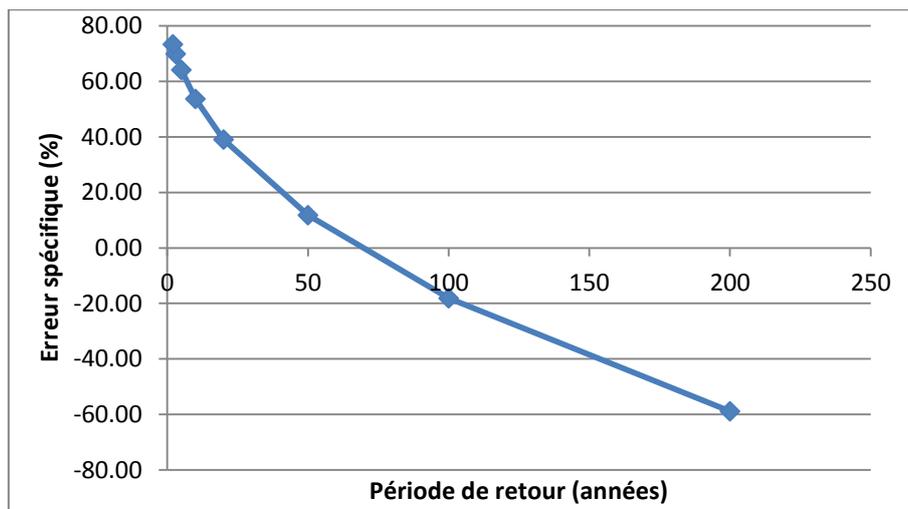


Figure IV.3. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Sidi Bel Abbès..

La courbe a une allure strictement décroissante sur tout l'intervalle des périodes de retour, elle est à son maximum pour une période de retour de 2 ans et décroît jusqu'à atteindre son minimum pour une période de retour de 200 ans.

IV.1.4. Station Hannaya

- **Code:** 16 05 09.
- **Coordonnées :** $x = 126.75$; $y = 188.25$; $z = 515$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques sont regroupées dans le tableau (IV.7)

Tableau IV.7. Caractéristiques de la série de la station Hannaya.

	AM	POT
N	32	38
Minimum	1.03	1.24
Maximum	103	103
Moyenne	19.1	15.2
Ecart-type	20.4	19.1
Médiane	11.6	9.82
Cv	1.07	1.26
Cs	2.74	3.16
Ck	9.92	12.8

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.8)

Tableau IV.8. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station Hannaya.

T	$X_{T_{AM}}$	$X_{T_{POT}}$	X
200	160	317	-98.13
100	118	195	-65.25
50	86.2	119	-38.05
20	55.8	61.5	-10.22
10	39.1	36.5	6.65
5	26.2	20.8	20.61
3	18.4	13	29.35
2	12.9	8.31	35.58

Pour la station Hannaya, l'erreur évolue au sens contraire des périodes de retour, c'est-à-dire que l'erreur diminue avec l'augmentation de la période de retour, d'une valeur de 35,58% pour une période de 2 ans à une valeur de -98,13% pour une période de 200 ans.

- **Représentation graphique :**

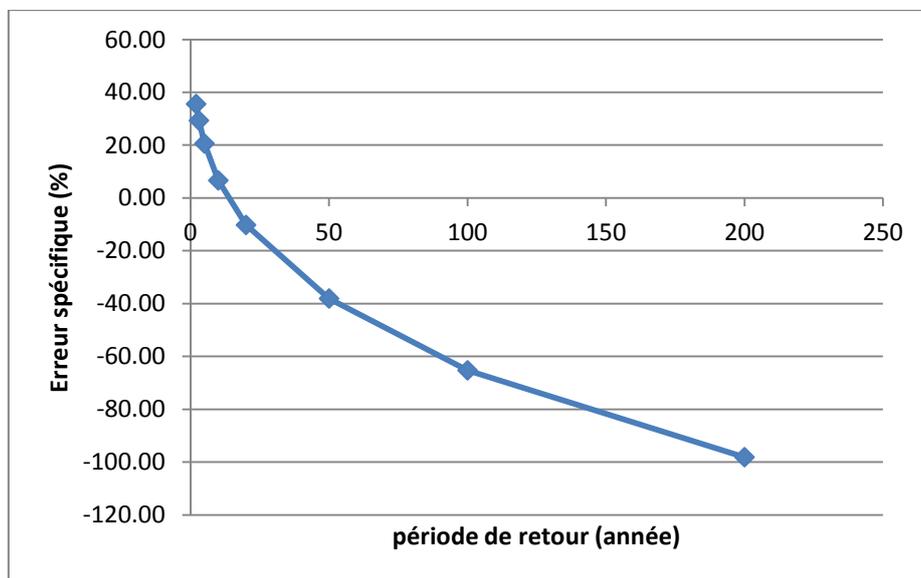


Figure IV.4. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Hannaya.

La courbe a une allure strictement décroissante sur tout l'intervalle des périodes de retour, elle est à son maximum pour une période de retour de 2 ans et décroît jusqu'à atteindre son minimum pour une période de retour de 200 ans.

IV.1.5. Station Sidi Aissa

- **Code:** 16 06 14.
- **Coordonnées :** $x = 149.95$; $y = 205.45$; $z = 323$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques des deux types d'échantillons sont regroupées dans le tableau (IV.9)

Tableau IV.9. Caractéristiques de la série de la station Sidi Aissa.

	AM	POT
N	20	29
Minimum	0.790	27.1
Maximum	413	413
Moyenne	92.2	83.2
Ecart-type	104	86.4
Médiane	49.7	47.3
Cv	1.13	1.04
Cs	1.9	2.58
Ck	5.16	8.35

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.10)

Tableau IV.10. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station Sidi Aissa.

T	XT_{AM}	XT_{POT}	X
200	1420	4050	-185.21
100	946	1970	-108.25
50	626	957	-52.88
20	354	375	-5.93
10	224	188	16.07
5	134	98.5	26.49
3	85	63.5	25.29
2	53.2	46.2	13.16

Pour la station Sidi Aissa, l'erreur augmente légèrement et marque une valeur extrême de 26,49% pour une période de retour de 5 ans, puis connaît une diminution jusqu'à atteindre une valeur de -185.21% pour une période de retour de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.5)

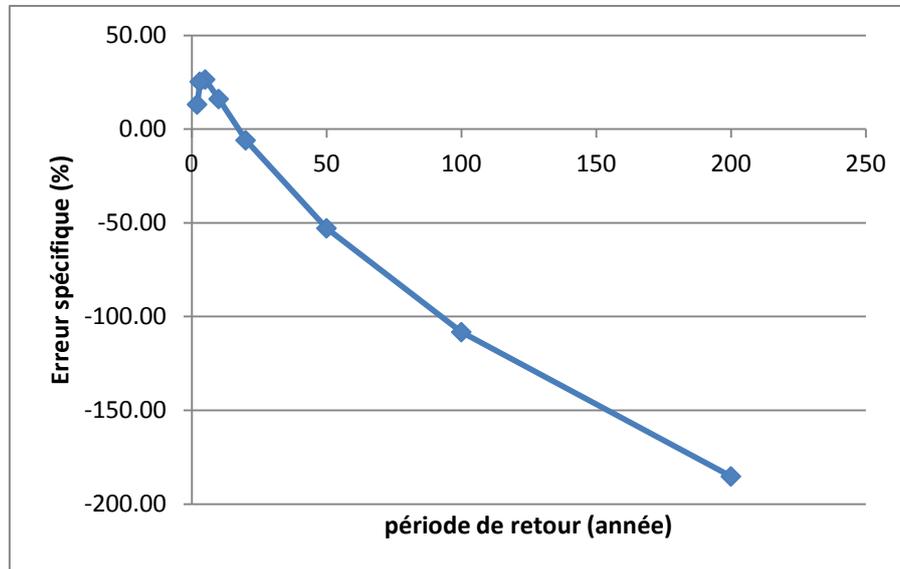


Figure IV.5. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Sidi Aissa.

La courbe croît légèrement pour atteindre un maximum pour une période de retour de 5 ans, puis décroît progressivement pour atteindre une valeur minimale pour une période de retour de 200 ans.

IV.1.6. Station Beni Bahdel

- **Code:** 16 04 02.
- **Coordonnées :** $x = 115.2$; $y = 165.5$; $z = 666$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques des deux types d'échantillons sont regroupées dans le tableau (IV.11)

Tableau IV.11. Caractéristiques de la série de la station Beni Bahdel.

	AM	POT
N	35	55
Minimum	4.23	18.6
Maximum	449	440
Moyenne	115	75.9
Ecart-type	114	81.2
Médiane	52.7	39.2
Cv	0.993	1.07
Cs	1.33	2.4
Ck	3.5	8.85

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.12)

Tableau IV.12. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station Beni Bahdel.

T	XT_{AM}	XT_{POT}	X(%)
200	2080	3270	-57.21
100	1320	1660	-25.76
50	839	845	-0.72
20	453	348	23.18
10	277	179	35.38
5	163	93.1	42.88
3	104	58.2	44.04
2	66.9	40.2	39.91

Pour la station Beni Bahdel, l'erreur augmente légèrement et marque une valeur extrême de 44,04% pour une période de retour de 3 ans, puis connaît une diminution jusqu'à atteindre une valeur de -57,21% pour une période de retour de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.6)

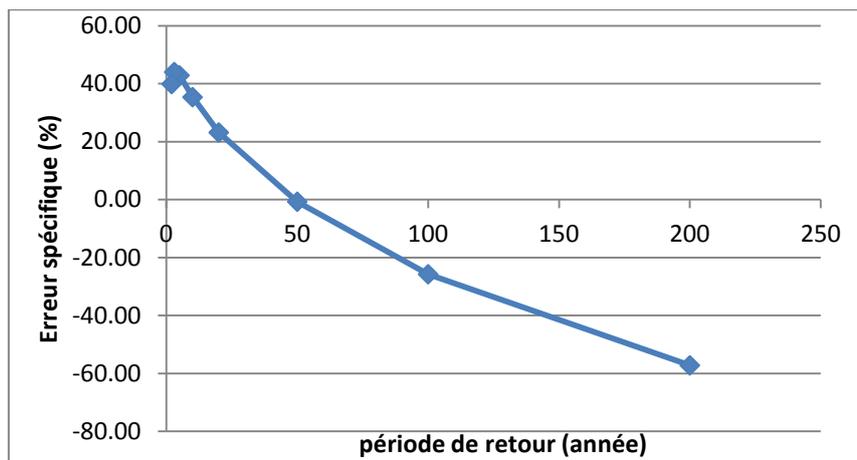


Figure IV.6. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Beni Bahdel.

La courbe croît légèrement pour atteindre un maximum pour une période de retour de 3 ans, puis décroît progressivement pour atteindre une valeur minimale pour une période de retour de 200 ans.

IV.2. Région Centre

On dénombre cinq stations prise dans la région du Centre.

IV.2.1. Station Arib Chlef

- **Code:** 1 17 02.
- **Coordonnées :** $x=439.5$; $y = 332.55$; $z = 230$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques sont regroupées dans le tableau (IV.13)

Tableau IV.13. Caractéristiques de la série de la station Arib Chlef.

	AM	POT
N	40	76
Minimum	10.3	17
Maximum	562	562
Moyenne	149	119
Ecart-type	145	116
Médiane	97.7	81.5
Cv	0.971	0.976
Cs	1.47	2.01
Ck	3.85	6.67

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.14)
- **L'erreur spécifique :** Elle est calculée à l'aide de la formule suivante

$$X = \frac{XT_{AM} - XT_{POT}}{XT_{AM}}$$

Tableau IV.14. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station Arib Chlef.

T	XT _{AM}	XT _{POT}	X(%)
200	1990	1630	18.09
100	1340	1090	18.66
50	903	723	19.93
20	524	415	20.80
10	339	268	20.94
5	210	166	20.95
3	140	111	20.71
2	93.4	75.8	18.84

Pour la station Arib Chlef l'erreur augmente avec l'augmentation de la période de retour jusqu'à atteindre une valeur de 20,95% pour une période de retour de 5 ans, puis diminue jusqu'à atteindre une valeur de 18,09% pour une période de retour de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.7)

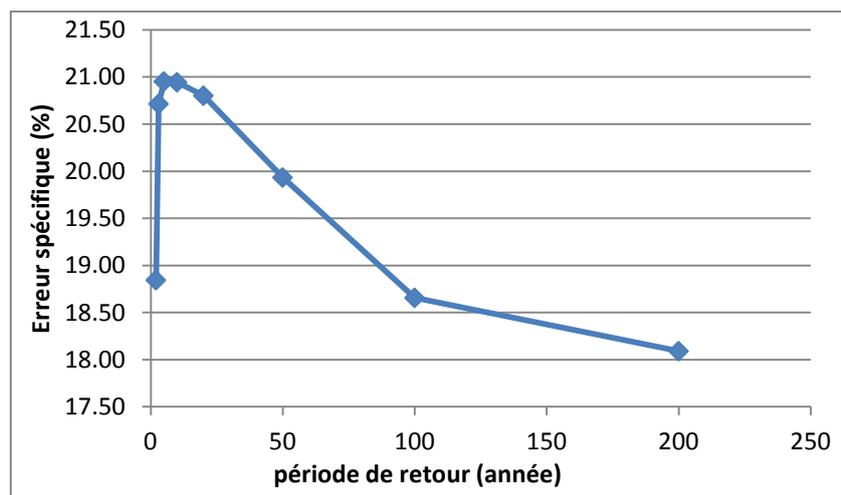


Figure IV.7. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Arib Chlef.

L'allure de la courbe se divise en deux parties, la première qui est croissante et qui commence d'une période de retour de 2 ans jusqu'à une période de 5 ans ou elle atteint son maximum, et la deuxième qui est décroissante et qui s'étend d'une période de 5 ans jusqu'à 200 ans ou elle atteint son minimum.

IV.2.2. Station El Ababsa

- **Code:** 1 17 15.
- **Coordonnées :** $x = 443.9$; $y = 318.05$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques des deux types d'échantillons sont regroupées dans le tableau (IV.15)

Tableau IV.15. Caractéristiques de la série de la station El Ababsa.

	AM	POT
N	40	52
Minimum	5.4	8.93
Maximum	62.5	62.5
Moyenne	29.1	24.4
Ecart-type	15.6	13.3
Médiane	27.9	21.4
Cv	0.537	0.546
Cs	0.344	1.01
Ck	2.05	3.18

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.16)

Tableau IV.16. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station El Ababsa.

T	XT_{AM}	XT_{POT}	X (%)
200	73.9	120	-62.38
100	69.2	96	-38.73
50	63.9	76.5	-19.72
20	56	55.8	0.36
10	49.2	43.2	12.20
5	41.3	32.6	21.07
3	34.3	25.6	25.36
2	27.6	20.3	26.45

Pour la station El Ababsa, l'erreur évolue au sens contraire des périodes de retour, c'est-à-dire que l'erreur diminue avec l'augmentation de la période de retour, d'une valeur de 26,45% pour une période de 2 ans à une valeur de -62,38 % pour une période de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.8)

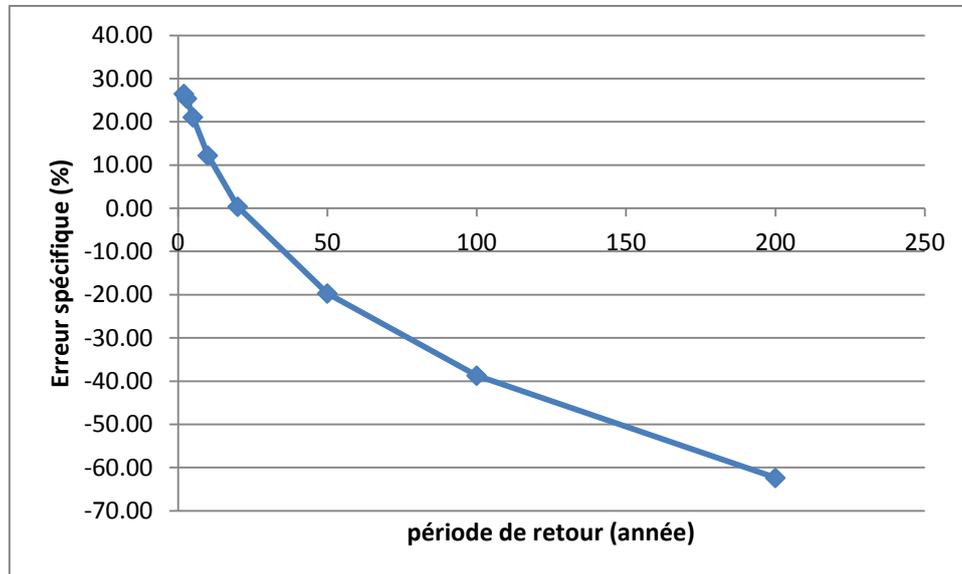


Figure IV.8. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station El Ababsa.

La courbe a une allure strictement décroissante sur tout l'intervalle des périodes de retour, elle est à son maximum pour une période de retour de 2 ans et décroît jusqu'à atteindre son minimum pour une période de retour de 200 ans.

IV.2.3. Station Pont RN 11

- **Code:** 2 03 19.
- **Coordonnées :** $x = 458.8$; $y = 367.55$; $z = 20$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques des deux types d'échantillons sont regroupées dans le tableau (IV.17)

Tableau IV.17. Caractéristiques de la série de la station Pont RN 11.

	AM	POT
N	33	53
Minimum	3.46	8.7
Maximum	187	187
Moyenne	39.3	29.7
Ecart-type	36.3	30.9
Médiane	26.1	17.4
Cv	0.923	1.04
Cs	2.48	3.17
Ck	9.11	14.1

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.18)

Tableau IV.18. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station Pont RN 11.

T	XT_{AM}	XT_{POT}	X (%)
200	288	1060	-268.06
100	218	555	-154.59
50	163	291	-78.53
20	109	125	-14.68
10	78.7	67.1	14.74
5	54.4	36.6	32.72
3	39.3	23.8	39.44
2	28.3	17.1	39.58

Pour la station Pont RN 11, l'erreur évolue au sens contraire des périodes de retour, c'est-à-dire que l'erreur diminue avec l'augmentation de la période de retour, d'une valeur de 39,58% pour une période de 2 ans à une valeur de -268,06 % pour une période de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.9)

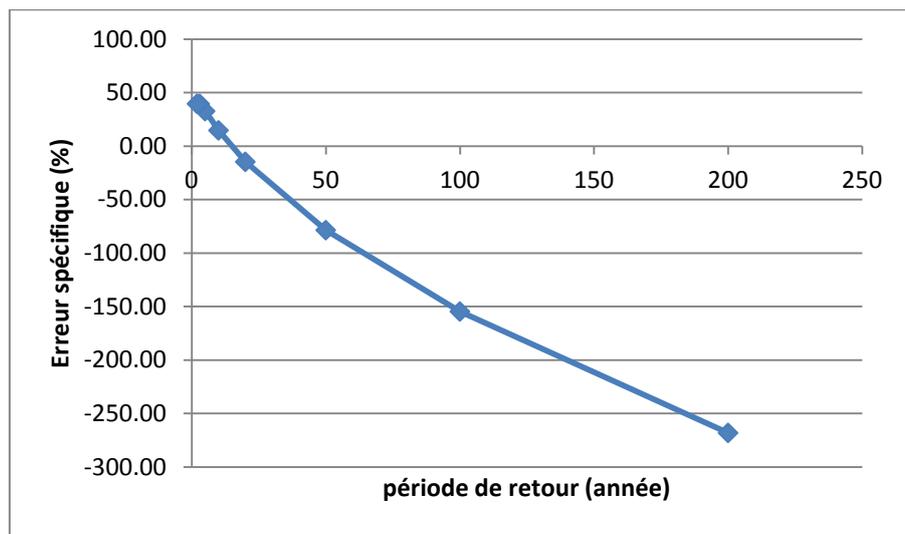


Figure IV.9. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Pont RN 11.

La courbe a une allure strictement décroissante sur tout l'intervalle des périodes de retour, elle est à son maximum pour une période de retour de 2 ans et décroît jusqu'à atteindre son minimum pour une période de retour de 200 ans.

IV.2.4. Station Mesdour

- **Code:** 2 03 31.
- **Coordonnées :** x = - ; y = - ; z = -.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques sont regroupées dans le tableau (IV.19)

Tableau IV.19. Caractéristiques de la série de la station Mesdour.

	AM	POT
N	20	31
Minimum	2.8	9.4
Maximum	101	101
Moyenne	22.8	19.6
Ecart-type	23	18.4
Médiane	14.4	13.1
Cv	1.01	0.938
Cs	2.56	3.6
Ck	7.35	13.6

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.20)

Tableau IV.20. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station Mesdour.

T	X_{TAM}	X_{T POT}	X (%)
200	156	222	-42.31
100	118	138	-16.95
50	88.9	86.5	2.70
20	59.8	48	19.73
10	43.3	31.7	26.79
5	30.2	21.6	28.48
3	22.1	16.7	24.43
2	16.2	13.7	15.43

Pour la station Mesdour, l'erreur augmente légèrement et marque une valeur extrême de 28,48% pour une période de retour de 5 ans, puis connaît une diminution jusqu'à atteindre une valeur de -42,31% pour une période de retour de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.10)

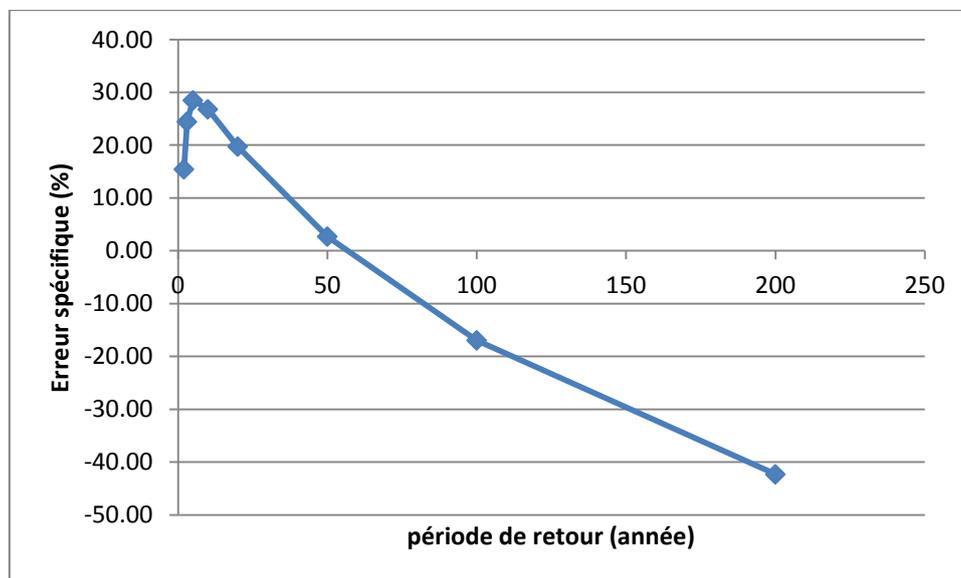


Figure IV.10. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Mesdour.

La courbe croît légèrement pour atteindre un maximum pour une période de retour de 5 ans, puis décroît progressivement pour atteindre une valeur minimale pour une période de retour de 200 ans.

IV.2.5. Station Boubroune

- **Code:** 2 15 13.
- **Coordonnés :** $x = 645.5$; $y = 382.4$; $z = -$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques des deux types d'échantillons sont regroupées dans le tableau (IV.21)

Tableau IV.21. Caractéristiques de la série de la station Boubroune.

	AM	POT
N	25	41
Minimum	22.6	82.4
Maximum	670	670
Moyenne	240	207
Ecart-type	193	144
Médiane	198	164
Cv	0.803	0.693
Cs	1.3	2.32
Ck	3.11	6.91

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.22)

Tableau IV.22. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station Boubroune.

T	XT_{AM}	XT_{POT}	X (%)
200	1350	1180	12.59
100	1090	889	18.44
50	872	672	22.94
20	631	463	26.62
10	479	347	27.56
5	346	257	25.72
3	257	202	21.40
2	186	163	12.37

Pour la station Boubroune l'erreur augmente avec l'augmentation de la période de retour jusqu'à atteindre une valeur de 27,56% pour une période de retour de 10 ans, puis elle diminue jusqu'à atteindre une valeur de 12,59% pour une période de retour de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.11)

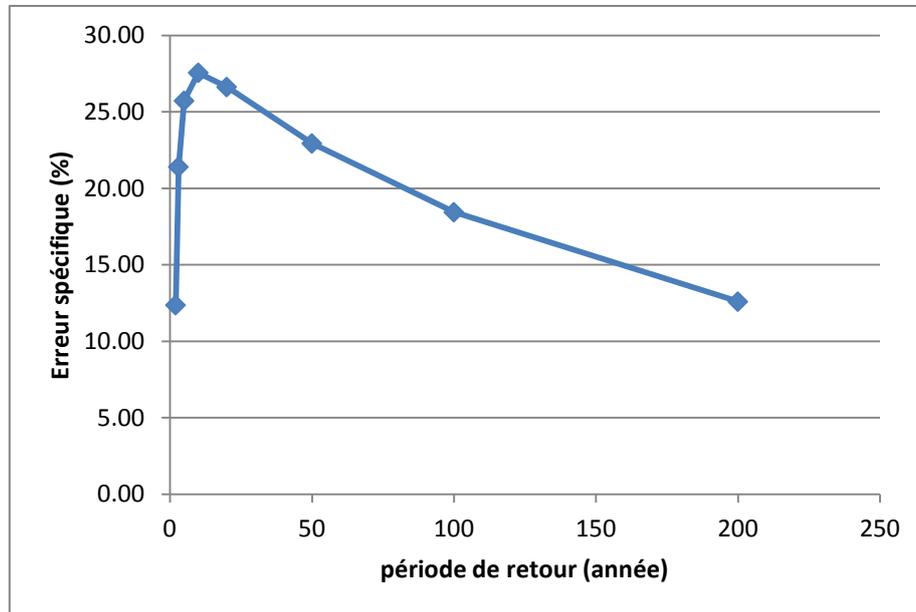


Figure IV.11. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Boubroune.

L'allure de la courbe se divise en deux parties, la première qui est croissante et qui commence d'une période de retour de 2 ans ou l'erreur est minimale jusqu'à une période de 10 ans ou elle atteint son maximum, et la deuxième qui est décroissante et qui s'étend d'une période de 10 ans jusqu'à 200 ans.

IV.3. Région Est

On dénombre six stations prise dans la région de l'Est.

IV.3.1. Station Oued Safsaf

- **Code:** 30901.
- **Coordonnés :** $x = 878.95$; $y = 370.3$; $z = 206$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques des deux types d'échantillons sont regroupées dans le tableau (IV.23)

Tableau IV.23. Caractéristiques de la série de la station Oued Safsaf.

	AM	POT
N	29	48
Minimum	5.48	27
Maximum	745	745
Moyenne	123	112
Ecart-type	161	136
Médiane	78.3	68.3
Cv	1.31	1.21
Cs	2.86	3.24
Ck	9.54	12.8

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.24)
- **L'erreur spécifique :** Elle est calculée à l'aide de la formule suivante

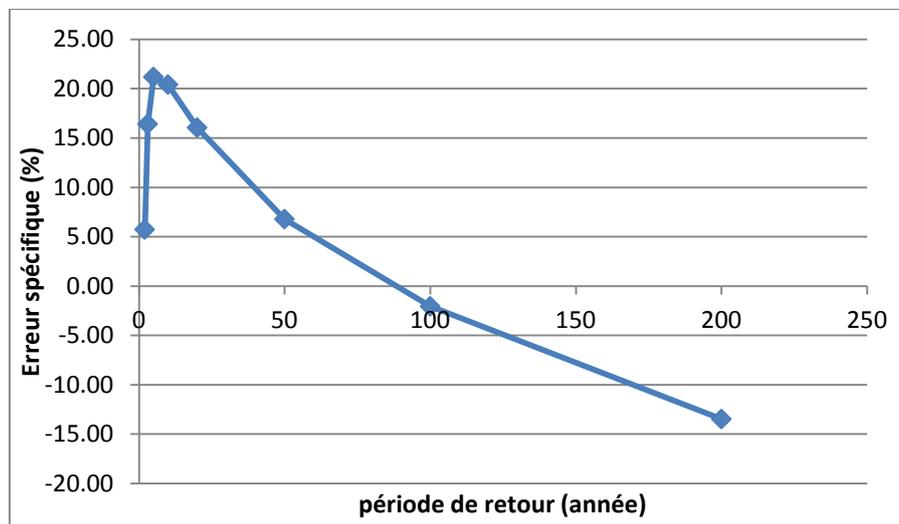
$$X = \frac{XTam - XPot}{XTam}$$

Tableau IV.24. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station Oued Safsaf.

T	$X_{T_{AM}}$	$X_{T_{POT}}$	X (%)
200	2300	2610	-13.48
100	1460	1490	-2.05
50	915	853	6.78
20	486	408	16.05
10	294	234	20.41
5	170	134	21.18
3	106	88.6	16.42
2	66.4	62.6	5.72

Pour la station Oued Safsaf, l'erreur augmente avec l'augmentation de la période de retour jusqu'à atteindre une valeur de 21,18% pour une période de retour de 5 ans, puis elle diminue jusqu'à atteindre une valeur de -13,48% pour une période de retour de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.12)

**Figure IV.12.** Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Oued Safsaf.

L'allure de la courbe se divise en deux parties, la première qui est croissante et qui commence d'une période de retour de 2 ans jusqu'à une période de 5 ans ou elle atteint son maximum, et la deuxième qui est décroissante et qui s'étend d'une période de 5 ans jusqu'à 200 ans ou elle atteint son minimum.

IV.3.2. Station Aouinet

- **Code:** 120404.
- **Coordonnées :** $x = 968.25$; $y = 297.55$; $z = 650$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques des deux types d'échantillons sont regroupées dans le tableau (IV.25)

Tableau IV.25. Caractéristiques de la série de la station Aouinet.

	AM	POT
N	32	22
Minimum	15.2	94.6
Maximum	523	320
Moyenne	141	161
Ecart-type	114	63.8
Médiane	101	140
Cv	0.812	0.396
Cs	1.52	1
Ck	4.89	2.61

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.26)

Tableau IV.26. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station Aouinet.

T	XT_{AM}	XT_{POT}	X (%)
200	1030	1420	-37.86
100	785	943	-20.13
50	595	633	-6.39
20	403	384	4.71
10	292	271	7.19
5	202	196	2.97
3	146	158	-8.22
2	104	133	-27.88

Pour la station Aouinet l'erreur augmente avec l'augmentation de la période de retour jusqu'à atteindre une valeur de 7,19% pour une période de retour de 10 ans, puis diminue jusqu'à atteindre une valeur de -37,86% pour une période de retour de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.13)

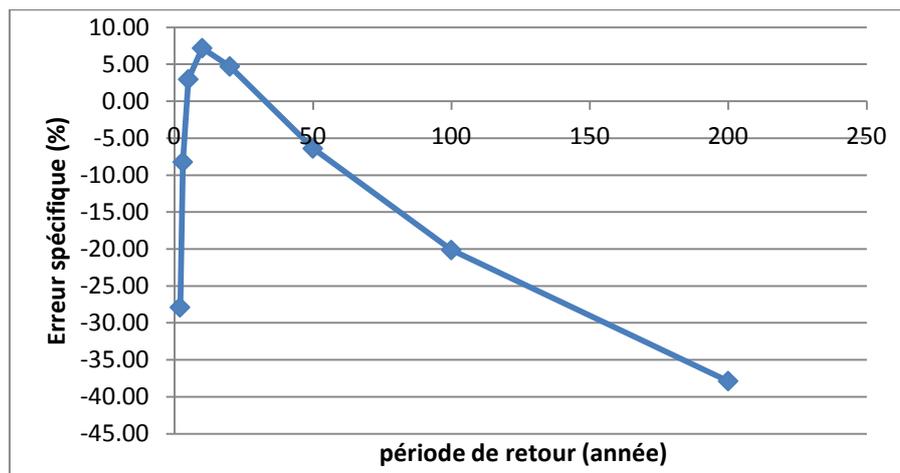


Figure IV.13. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Aouinet.

L'allure de la courbe se divise en deux parties, la première qui est croissante et qui commence d'une période de retour de 2 ans jusqu'à une période de 10 ans ou elle atteint son maximum, et la deuxième qui est décroissante et qui s'étend d'une période de 10 ans jusqu'à 200 ans ou elle atteint son minimum.

IV.3.3. Station M'Chouneche

- **Code:** 6 15 02.
- **Coordonnées :** $x = 802.01$; $y = 188.35$; $z = 330$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques sont regroupées dans le tableau (IV.27)

Tableau IV.27. Caractéristiques de la série de la station M'Chouneche.

	AM	POT
N	28	41
Minimum	1.09	20
Maximum	297	297
Moyenne	96.6	75.7
Ecart-type	89.7	62.8
Médiane	69	52.1
Cv	0.929	0.829
Cs	0.886	1.9
Ck	2.42	5.84

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.28)

Tableau IV.28. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station M'Chouneche.

T	XT_{AM}	XT_{POT}	X (%)
200	1100	992	9.82
100	790	652	17.47
50	563	427	24.16
20	351	244	30.48
10	237	158	33.33
5	150	101	32.67
3	99.3	70.6	28.90
2	63.5	51.4	19.06

Pour la station M'Chouneche l'erreur augmente avec l'augmentation de la période de retour jusqu'à atteindre une valeur de 33,33% pour une période de retour de 10 ans, puis diminue jusqu'à atteindre une valeur de 9,82% pour une période de retour de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.14)

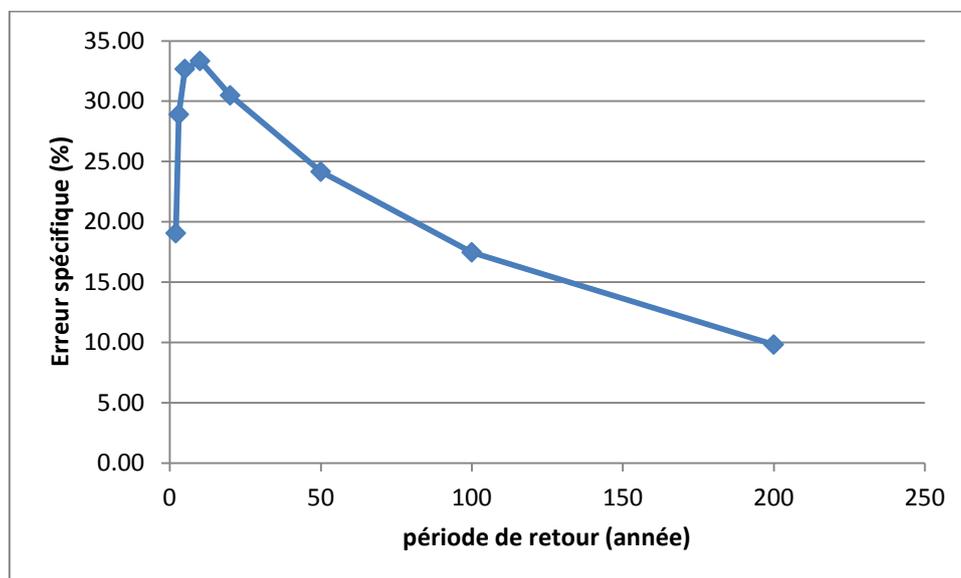


Figure IV.14. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station M'Chouneche.

L'allure de la courbe se divise en deux parties, la première qui est croissante et qui commence d'une période de retour de 2 ans jusqu'à une période de 10 ans ou elle atteint son maximum, et la deuxième qui est décroissante et qui s'étend d'une période de 10 ans jusqu'à 200 ans ou elle atteint son minimum.

IV.3.4. Station Timgad

- **Code:** 07 04 01.
- **Coordonnées :** $x = 842$; $y = 249.35$; $z = 1000$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques des deux types d'échantillons sont regroupées dans le tableau (IV.29)

Tableau IV.29. Caractéristiques de la série de la station Timgad.

	AM	POT
N	39	71
Minimum	3.7	13.2
Maximum	291	522
Moyenne	104	117
Ecart-type	64.8	99.6
Médiane	107	90.8
Cv	0.625	0.855
Cs	0.65	1.6
Ck	3.33	6.09

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.30)

Tableau IV.30. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station Timgad.

T	XT_{AM}	XT_{POT}	X (%)
200	310	674	-117.42
100	285	562	-97.19
50	259	458	-76.83
20	221	333	-50.68
10	189	248	-31.22
5	154	172	-11.69
3	124	121	2.42
2	96	82.1	14.48

Pour la station Timgad, l'erreur évolue au sens contraire des périodes de retour, c'est-à-dire que l'erreur diminue avec l'augmentation de la période de retour, d'une valeur de 14,48% pour une période de 2 ans à une valeur de -117,42 % pour une période de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.15)

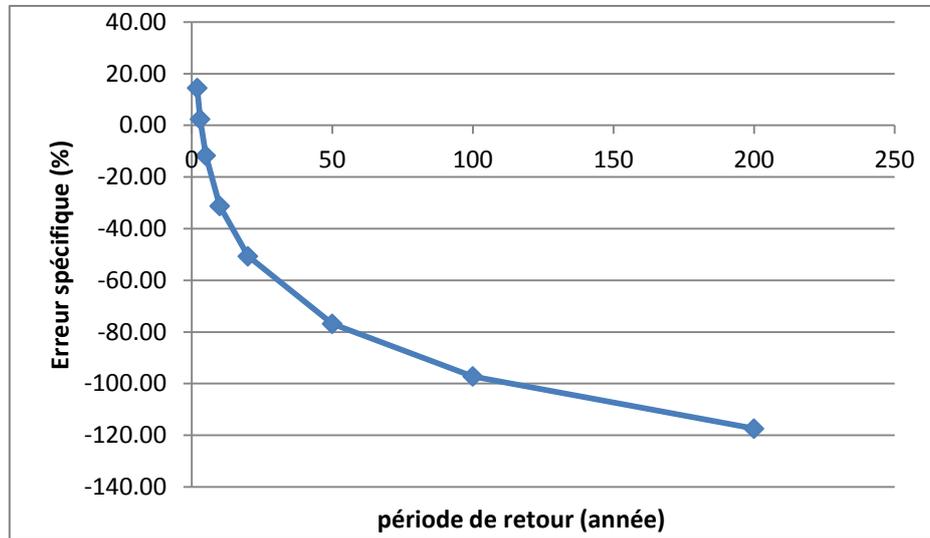


Figure IV.15. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Timgad.

La courbe a une allure strictement décroissante sur tout l'intervalle des périodes de retour, elle est à son maximum pour une période de retour de 2 ans et décroît jusqu'à atteindre son minimum pour une période de retour de 200 ans.

IV.3.5. Station Sidi Oadah

- **Code:** 05 11 01.
- **Coordonnées :** $x = 721.5$; $y = 268.75$; $z = 720$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques des deux types d'échantillons sont regroupées dans le tableau (IV.31)

Tableau IV.31. Caractéristiques de la série de la station Sidi Ouadah.

	AM	POT
N	33	52
Minimum	1.16	6.96
Maximum	304	304
Moyenne	64.9	51.7
Ecart-type	76.5	64.1
Médiane	40	27.5
Cv	1.18	1.24
Cs	1.78	2.41
Ck	4.85	7.96

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.32)

Tableau IV.32. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station Sidi Ouadah.

T	XT_{AM}	XT_{POT}	X (%)
200	2680	5170	-92.91
100	1460	2320	-58.90
50	796	1040	-30.65
20	351	359	-2.28
10	185	159	14.05
5	93.2	69.9	25.00
3	52.7	37.4	29.03
2	30.5	22.3	26.89

La station Sidi Ouadah, l'erreur augmente légèrement et marque une valeur extrême de 29,03% pour une période de retour de 3 ans, puis connaît une diminution jusqu'à atteindre une valeur de -92,91% pour une période de retour de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.16)

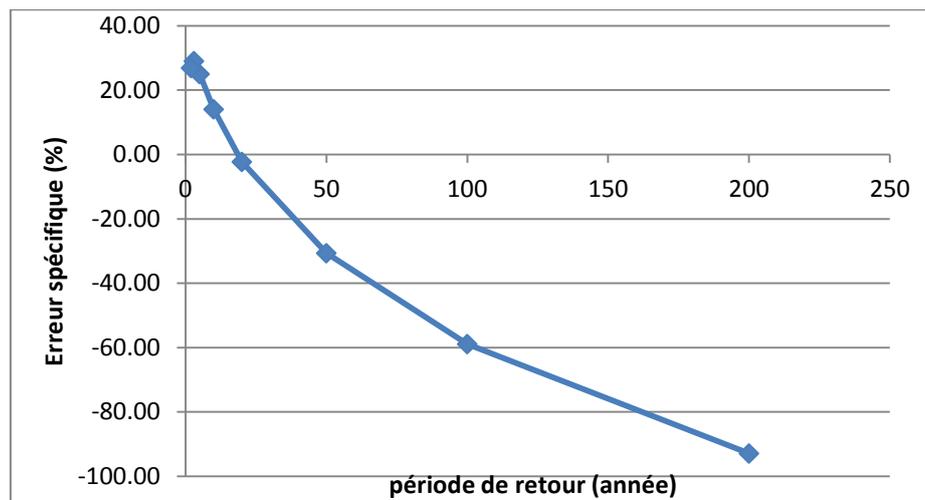


Figure IV.16. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Sidi Ouadah.

La courbe croit légèrement pour atteindre un maximum pour une période de retour de 3 ans, puis décroît progressivement pour atteindre une valeur minimale pour une période de retour de 200 ans.

IV.3.6. Station Ain El Hdjal

- **Code:** 5 03 01.
- **Coordonnées :** $x = 606.4$; $y = 266.35$; $z = 545$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques sont regroupées dans le tableau (IV.33)

Tableau IV.33. Caractéristiques de la série de la station Ain El Hdjel.

	AM	POT
N	29	21
Minimum	1.14	18.9
Maximum	330	230
Moyenne	77.8	83.6
Ecart-type	77.6	60.3
Médiane	63.8	59.6
Cv	0.997	0.722
Cs	1.93	0.927
Ck	5.81	2.56

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.34)

Tableau IV.34. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station Ain El Hdjel.

T	XT_{AM}	XT_{POT}	X (%)
200	732	835	-14.07
100	537	594	-10.61
50	390	420	-7.69
20	250	262	-4.80
10	173	180	-4.05
5	113	119	-5.31
3	77.6	84.5	-8.89
2	52.3	60.6	-15.87

Pour la station Ain El Hdjel l'erreur augmente avec l'augmentation de la période de retour jusqu'à atteindre une valeur de -4,05% pour une période de retour de 10 ans, puis diminue jusqu'à atteindre une valeur de -14,07% pour une période de retour de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.17)

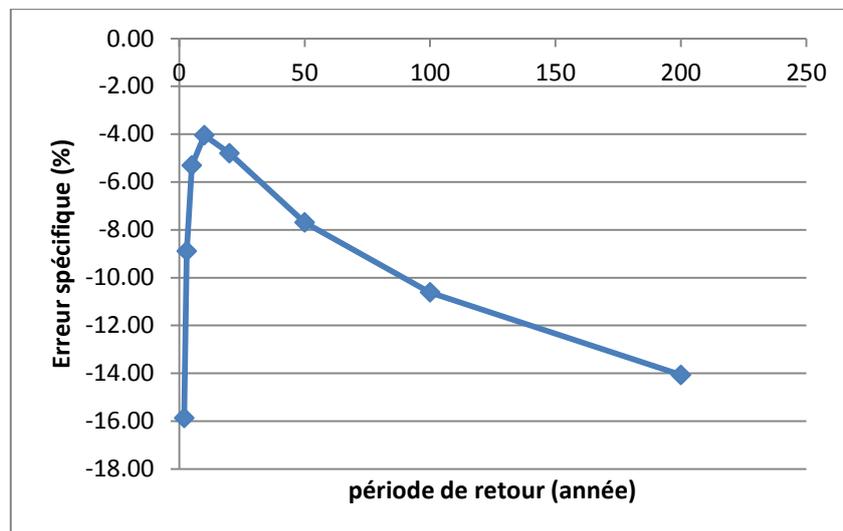


Figure IV.17. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Ain El Hdjel.

L'allure de la courbe se divise en deux parties, la première qui est croissante et qui commence d'une période de retour de 2 ans ou l'erreur est minimale jusqu'à une période de 10 ans ou elle atteint son maximum, et la deuxième qui est décroissante et qui s'étend d'une période de 10 ans jusqu'à 200 ans.

IV.3.7. Station Ced Fagues

- **Code:** 5 08 01.
- **Coordonnés :** $x = 657.1$; $y = 277.9$; $z = 504$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques des deux types d'échantillons sont regroupées dans le tableau (IV.35)

Tableau IV.35. Caractéristiques de la série de la station Ced Fagues.

	AM	POT
N	43	60
Minimum	1.02	10.3
Maximum	450	446
Moyenne	114	69.8
Ecart-type	110	82.4
Médiane	71.7	34.3
Cv	0.964	1.18
Cs	1.51	2.32
Ck	4.4	8.7

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.36)

Tableau IV.36. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station Ced Fagues.

T	XT_{AM}	XT_{POT}	X (%)
200	1340	5850	-336.57
100	935	2710	-189.84
50	648	1260	-94.44
20	391	453	-15.86
10	260	208	20.00
5	165	94.1	42.97
3	110	51.6	53.09
2	73.5	31.4	57.28

Pour la station Ced Fagues, l'erreur évolue au sens contraire des périodes de retour, c'est-à-dire que l'erreur diminue avec l'augmentation de la période de retour, d'une valeur de 57,28% pour une période de 2 ans à une valeur de -336,57 % pour une période de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.18)

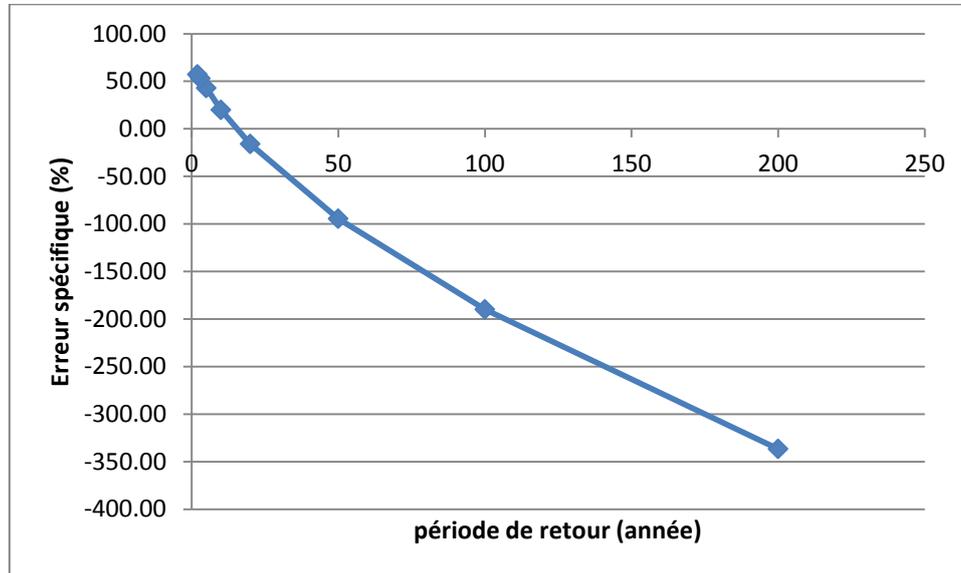


Figure IV.18. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Ced Fagues.

La courbe a une allure strictement décroissante sur tout l'intervalle des périodes de retour, elle est à son maximum pour une période de retour de 2 ans et décroît jusqu'à atteindre son minimum pour une période de retour de 200 ans.

IV.3.8. Station El Kentra

- **Code:** 61201.
- **Coordonnées :** $x = 774.7$; $y = 217.04$; $z = 513$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques des deux types d'échantillons sont regroupées dans le tableau (IV.37)

Tableau IV.37. Caractéristiques de la série de la station El Kentra.

	AM	POT
N	31	53
Minimum	3.76	30.6
Maximum	467	467
Moyenne	121	92.5
Ecart-type	106	83
Médiane	88.1	61.2
Cv	0.882	0.897
Cs	1.6	2.6
Ck	4.73	9.73

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.38)

Tableau IV.38. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station El Kentra.

T	XT_{AM}	XT_{POT}	X (%)
200	822	1630	-98.30
100	642	976	-52.02
50	495	587	-18.59
20	343	303	11.66
10	251	185	26.29
5	175	114	34.86
3	126	80.3	36.27
2	88.8	60.4	31.98

La station El Kentra, l'erreur augmente légèrement et marque une valeur extrême de 36,27% pour une période de retour de 3 ans, puis connaît une diminution jusqu'à atteindre une valeur de -98,30% pour une période de retour de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.19)

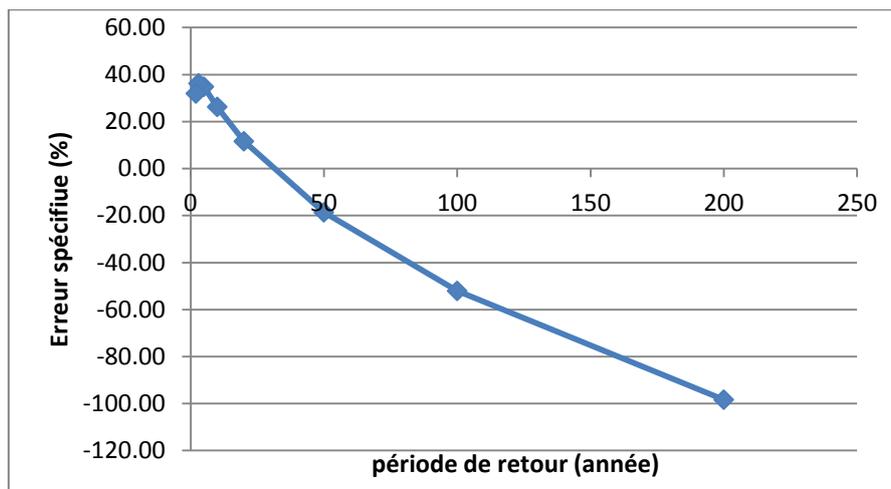


Figure IV.19. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station El Kentra.

La courbe croît légèrement pour atteindre un maximum pour une période de retour de 3 ans, puis décroît progressivement pour atteindre une valeur minimale pour une période de retour de 200 ans.

IV.3.9. Station Djemorah

- **Code:** 6 13 01.
- **Coordonnées :** $x = 786.5$; $y = 201.6$; $z = 545$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques des deux types d'échantillons sont regroupées dans le tableau (IV.39)

Tableau IV.39. Caractéristiques de la série de la station Djemorah.

	AM	POT
N	20	45
Minimum	7.48	7.48
Maximum	265	265
Moyenne	92.8	51
Ecart-type	61.8	53
Médiane	97.2	34.5
Cv	0.666	1.04
Cs	0.966	2.02
Ck	3.62	6.97

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.40)

Tableau IV.40. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station Djemorah.

T	XT_{AM}	XT_{POT}	X (%)
200	318	1770	-456.60
100	285	970	-240.35
50	252	531	-110.71
20	207	238	-14.98
10	173	129	25.43
5	137	68.5	50.00
3	108	41.9	61.20
2	82.6	27.2	67.07

Pour la station Djemorah, l'erreur évolue au sens contraire des périodes de retour, c'est-à-dire que l'erreur diminue avec l'augmentation de la période de retour, d'une valeur de 67,07% pour une période de 2 ans à une valeur de -456,60 % pour une période de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.20)

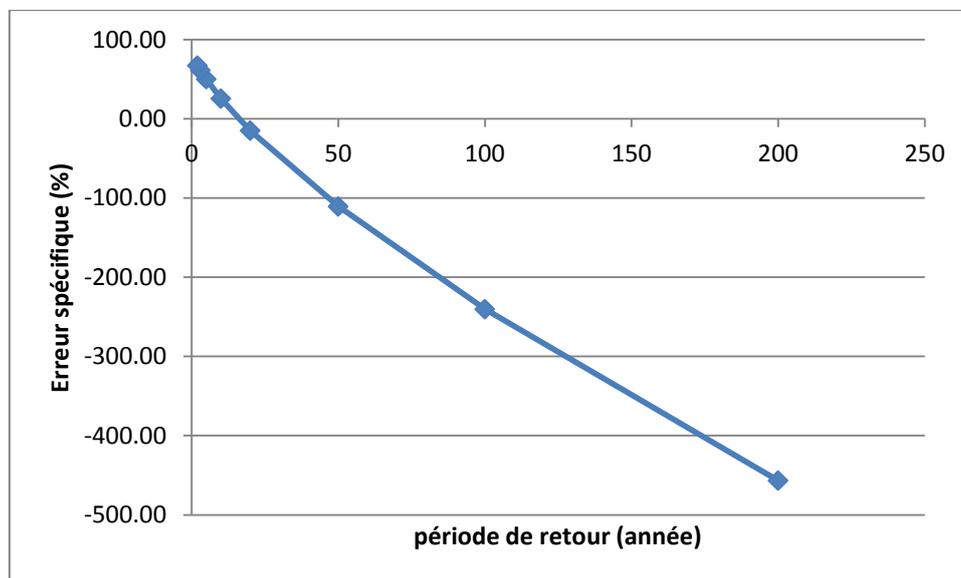


Figure IV.20. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Djemorah.

La courbe a une allure strictement décroissante sur tout l'intervalle des périodes de retour, elle est à son maximum pour une période de retour de 2 ans et décroît jusqu'à atteindre son minimum pour une période de retour de 200 ans

IV.3.10. Station Tilesdit

- **Code:** 15 01 06.
- **Coordonnées :** $x = 590.85$; $y = 342.95$; $z = 531$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques sont regroupées dans le tableau (IV.41)

Tableau IV.41. Caractéristiques de la série de la station Tilesdit.

	AM	POT
N	23	46
Minimum	26.2	98
Maximum	734	734
Moyenne	284	246
Ecart-type	203	165
Médiane	208	195
Cv	0.714	0.673
Cs	0.982	1.72
Ck	2.77	4.85

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.42)

Tableau IV.42. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station Tilesdit.

T	$X_{T_{AM}}$	$X_{T_{POT}}$	X (%)
200	1250	3630	-190.40
100	1060	2250	-112.26
50	893	1400	-56.77
20	689	760	-10.30
10	548	484	11.68
5	415	312	24.82
3	318	228	28.30
2	237	177	25.32

Pour la station Tilesdit, l'erreur augmente légèrement et marque une valeur extrême de 28,30% pour une période de retour de 3 ans, puis connaît une diminution jusqu'à atteindre une valeur de -190,40% pour une période de retour de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.21)

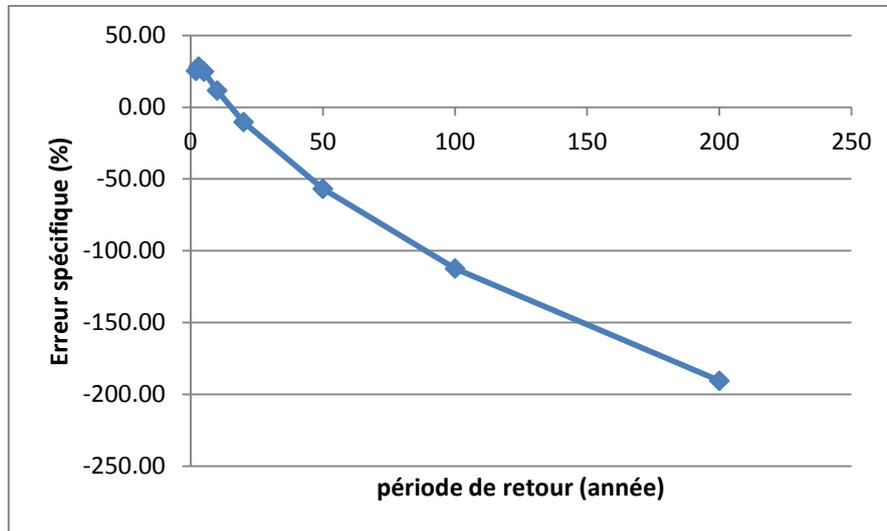


Figure IV.21. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Tilesdit.

La courbe croît légèrement pour atteindre un maximum pour une période de retour de 3 ans, puis décroît progressivement pour atteindre une valeur minimale pour une période de retour de 200 ans.

IV.3.11. Station Fermatou

- **Code:** 15 06 01.
- **Coordonnées :** $x = 742$; $y = 328,6$; $z = 1030$.
- **Caractéristiques :** Les caractéristiques des deux types d'échantillons sont regroupées dans le tableau (IV.43)

Tableau IV.43. Caractéristiques de la série de la station Fermatou.

	AM	POT
N	28	71
Minimum	2.76	13
Maximum	236	238
Moyenne	43.1	41.8
Ecart-type	46.3	35.4
Médiane	31.6	31
Cv	1.08	0.846
Cs	2.8	2.87
Ck	11	14.2

Le coefficient de variation est important, ce qui traduit une forte dissymétrie de la distribution de l'échantillon autour de la moyenne, ce qui mène à dire que les valeurs ne sont pas normales, donc ne peuvent pas être traitées avec des lois normales, d'où le choix de lois extrêmes.

- **Quantiles :** Après traitement des séries d'échantillons avec les différentes lois extrêmes (voir chapitre III), la loi GEV est choisie, et les quantiles pour les différentes périodes de retour sont exposés dans le tableau (IV.44)

Tableau IV.44. Quantiles pour différentes périodes de retour de la station Fermatou.

T	XT_{AM}	XT_{POT}	X (%)
200	554	1140	-105.78
100	381	640	-67.98
50	260	362	-39.23
20	154	171	-11.04
10	101	97.8	3.17
5	62.8	56.2	10.51
3	41.4	37.4	9.66
2	27.2	26.8	1.47

Pour la station Fermatou, l'erreur augmente légèrement et marque une valeur extrême de 10,51% pour une période de retour de 5 ans, puis connaît une diminution jusqu'à atteindre une valeur de -105,78% pour une période de retour de 200 ans.

- **Représentation graphique :** (figure IV.22)

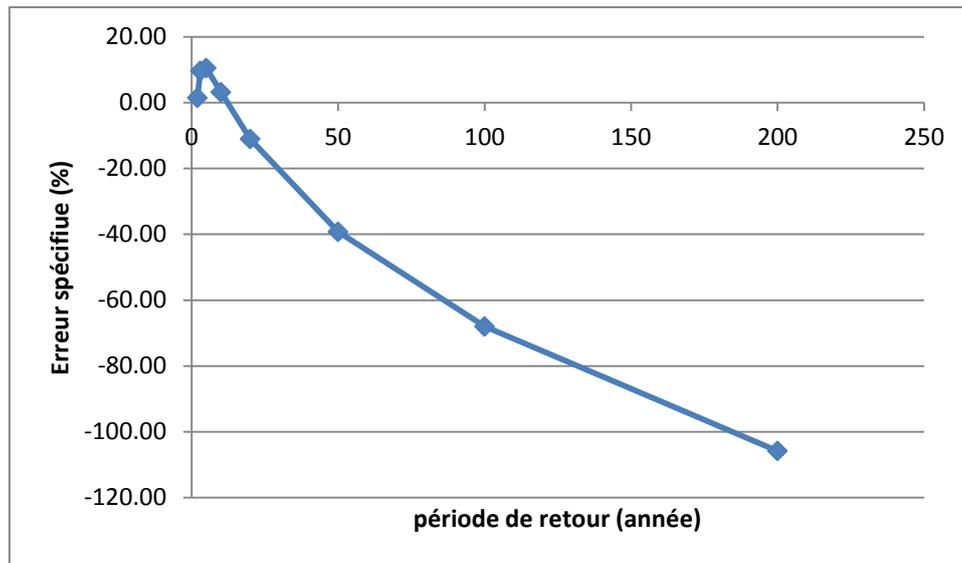


Figure IV.22. Représentation graphique de l'erreur spécifique de la station Fermatou.

La courbe croît légèrement pour atteindre un maximum pour une période de retour de 5 ans, puis décroît progressivement pour atteindre une valeur minimale pour une période de retour de 200 ans.

IV.4. Discussion

En considérant les résultats de chacune des 22 stations implantées sur la partie Nord de l'Algérie, et en examinant particulièrement les représentations graphiques, et ceci grâce à leurs clarté et facilité d'interprétation, on peut sélectionner trois groupements selon l'allure :

- Une courbe strictement décroissante, donc elle marque un pic à la période de retour de 2 ans, puis régresse jusqu'à une période de retour de 200 ans.
- Une courbe qui marque une légère croissance, marque un pic pour une période de retour de 3 ou 5 ans, puis décroît jusqu'à une période de retour de 200 ans.
- Une courbe qui se divise en 2 parties, une première partie croissante jusqu'à marquer un pic pour une période de retour de 10 ans, et une deuxième partie décroissante jusqu'à une période de retour de 200 ans.

En constatant également le nombre de stations par rapport à l'ordre de grandeur des erreurs pour les différentes périodes de retour on trouve que :

- 10 stations sur 22 marquent une erreur minimale pour une période de retour de 20 ans.
- 4 stations sur 22 marquent une erreur minimale pour une période de retour de 5 ans.
- 3 stations sur 22 marquent une erreur minimale pour une période de retour de 10 ans.
- 3 stations sur 22 marquent une erreur minimale pour une période de retour de 2 ans.

On tient à préciser que le signe moins (-) n'est qu'un indicateur pour indiquer la surestimation ou la sous estimation des valeurs des quantiles pour la méthode MA du moment qu'elle est prise comme référence, et qu'il n'a aucune influence sur l'ordre de grandeur des erreurs.

On remarque également que l'erreur est plus importante pour 16 stations sur 22 pour une période de retour de 200 ans.

Donc on peut dire que la différence entre les méthodes d'échantillonnages des précipitations, AM et POT, est sensiblement remarquable pour les différentes périodes de retour, et généralement c'est pour cette dernière qu'on a des précipitations productrices de crues et d'inondations. En même temps, se sont les précipitations qui sont négligées dans les séries annuelles maximales, mais pris en considération dans les séries POT, donc, on peut dire que la série qui traduit plus vraisemblablement les événements extrêmes c'est la série de valeurs dépassants un certain seuil.

En analysant les résultats de point de vue localisation, on remarque que l'erreur dans les stations à l'Est est inférieure à celle des stations implantées au centre, et cette dernière est respectivement plus faible que celle des stations localisées à l'Ouest du pays, donc l'erreur augmente en allant de l'Est vers l'Ouest, ce qui nous pousse à dire que la différence entre les deux méthodes est plus palpable pour les stations de l'Ouest.

Conclusion

En considérant les résultats de notre travail on peut dire que la différence entre les deux méthodes d'analyse de précipitations (AM et POT) au Nord de l'Algérie est provoqué par une variation spatio-temporelle, cette différence devient plus importante en allant de l'Est vers l'Ouest, et pour les fortes périodes de retour, en même temps on peut constater que la série qui traduit plus vraisemblablement les événements extrêmes c'est la série de valeurs dépassants un certain seuil.

Conclusion générale

Les débits élevés dépassant les niveaux de danger et pénétrant dans les plaines inondables sont le résultat de pluies abondantes ou continues dépassant la capacité d'absorption du sol et la capacité d'écoulement des cours d'eau.

Dans cette étude, des séries de crues annuelles maximales (AM) et des séries de débits dépassant un certain seuil (POT) ont été utilisées pour effectuer des analyses de fréquence de crues dans le Nord Algérien, et ceci en se focalisant sur 22 stations.

Ainsi nous avons traité les données issues des deux modes d'échantillonnages. Les différents modèles d'ajustement des valeurs extrêmes ont été appliqués afin de faire sortir le meilleur modèle d'ajustement qui permettra le calcul des débits fréquents pour différentes périodes de retour. Donc nous avons remarqué que la différence entre les deux méthodes d'analyse de crues (AM et POT) au Nord de l'Algérie est provoquée par une variation spatio-temporelle, cette différence devient plus importante en allant de l'Est vers l'Ouest, ainsi que pour les longues périodes de retour, par contre pour une période de retour de 20 ans, l'erreur n'est pas considérable, donc pour des projets hydrauliques qui sont réalisés pour de longues périodes de retour, il est plus recommandable de se baser sur la méthode d'analyse de crues utilisant des valeurs de débits dépassant un certain seuil, car cette méthode est plus fiable, donc nous pouvons quand dire que la méthode basée sur les séries de valeurs dépassant un certain seuil est la meilleure technique d'échantillonnage pour affiner l'estimation des quantiles des débits maximums nécessaires au dimensionnement des ouvrages hydrauliques et aménagements dans le Nord de l'Algérie.

REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES

- B .TOUAIBIA, A.BENAOUDJ, P.HUBERT. 2005 «Les inondations dans la vallée du M'ZAB».
- Bobée B. et S. El Adlouni (2015). Éléments d'Analyse Fréquentielle. Institut National de la Recherche Scientifique (INRS-ETE).
- (CNMCA, 2003) mise sur site le 10-08-2003 L'Algérie touristique : chapitre 1 DESCRIPTION Cahiers du Centenaire de l'Algérie, Publications du Comité National Métropolitain du Centenaire de l'Algérie
- Compaore C., S. El Adlouni et B. Bobée (2013). Analyse fréquentielle en hydrologie : Logiciel HYFRAN-PLUS. Stage-Coop de l'Université de Moncton.
- Direction de l'eau, des milieux aquatiques et de l'agriculture (DEMAA), service eaux de surface, Décembre 2007 « Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau». France.
- Direction des ressources en eau de Bejaia. Mars 2014 « Rapport PDAU Tazmalt phase II».
- 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.
- El Adlouni, S. et B. Bobée (2011). Decision Support System for Flood Risk Assessment. Volume 1-2, p. 11-26.
- El Adlouni, S., B. Bobée et T.B.M.J. Ouarda (2008). On the tails of extreme event distributions. Journal of Hydrology, 355, 16-33.
- 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>).
- France, nature, environnement. Septembre 2012 « Morphologie des cours d'eau». France.
- LAHLAH. S. décembre 2004 «Actes des Journées Techniques/ Risques Naturels : Inondation, Prévision, Protection» P15, 16. Batna.
- Martel, B., S. El Adlouni et B. Bobée (2012). Comparison of the power of Log-Normality tests with different right tail alternative distributions. Journal of Hydrologic Engineering, (ASCE).
- M. Benslimane, A. Hamimed, W. El Zerey, A. Khaldi et K. Mederbal, Analyse et suivi du phénomène de la désertification en Algérie du Nord volume 8 Numéro 3 | décembre 2008
- Ministère de l'écologie et du développement durable. Aout 2004 « Les inondations». Dossier d'information
- (ONUAA,2005) Utilisation des engrais par culture en Algérie Première édition, publiée par la FAO, Rome, 2005 Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

- SOLOFONIRINA.RP. Août 2011 « Analyse des impacts socio-économiques des risques et vulnérabilités liés à l'inondation à Andohatopenaka». P55 Université d'Antananarivo.
- Sormail. L. Juillet 2011 « La demande sociale d'aménagement des cours d'eau, Recensement des principaux objectifs. Les besoins et les priorités en pays développés». Agence de l'Eau, Adour-Garonne, Toulouse.
- S.Taibi-Feddal influence de la circulation atmospherique generale sur les précipitations du nord de l'Algérie, , 2016.
- R. Lespès, Annales de Géographie, Le climat de la Kabylie du Djurdjura Année 1909 Volume 18 Numéro 97 pp. 24-33

REFERENCES SITOGRAPHIQUES

- <http://www.wikipedia.org>. 25 Février 2018 à 17h15.
- <http://www.google.com>. 27 Févier 2018 à 10h15
- <http://www.leauquichante.com>. 28 Février 2018 à 20h38.
- <http://www.noe.gard.fr/index.php/le-gard-et-le-risque-inondation/comprendre-le-phenomene-inondation>. 1 Mars 2018 à 10h32.
- <http://tpe-inondation-1s1.e-monsite.com/pages/types-d-inondations.html>. 5 Mars 2018 à 13h09
- <http://www.environnement-poitou-charentes.org/Les-amenagements-de-cours-d-eau.html> l'Environnement en Poitou-Charentes - Thème Patrimoine Naturel. 5 Mars 2018 à 16h56.