



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Faculté des sciences et sciences appliquées

Université Larbi Ben M'Hidi. Oum-El-Bouaghi

Département : Hydraulique

Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de doctorat en 3^{ème} cycle LMD

Option : hydraulique urbaine

N° d'ordre :

Sujet :

**Estimation Statistique de la Pluie Maximale Probable (PMP)
au Nord de l'Algérie : Etude de cas.**

Par : BATOUT Soumia

Présentée est soutenue publiquement le 13 /02 /2023

DEVANT LES MEMBRES DU JURY :

<u>Nom et Prénom</u>	<u>Grade</u>	<u>Qualité</u>	<u>Université</u>
KHIARI Abdelkader	Pr	Président	Oum El Bouaghi
HOUICHI Larbi	Pr	Rapporteur	Batna 2
MAROUF Nadir	Pr	Co-Rapporteur	Oum El Bouaghi
LAOUACHERIA Fares	MCA	Examineur	Annaba
MOKHTARI El Hadj	MCA	Examineur	M'sila

Remerciements

Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage et de patience pour achever mes études.

Puis, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à mon encadreur Mr HOUICHI LARBI pour avoir contribué à l'élaboration de la présente étude et à sa veille sur le bon déroulement de travail.

Mes remerciements s'adressent également à mon Co-encadreur Mr MAROUF NADIR pour ces conseils et orientation pour mener à bien ce travail de recherche.

Aussi, je me permets d'exprimer tout mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur d'apprécier ce travail.

Mes remerciements les plus intenses à mes parents qui m'ont encouragé et m'ont donné la force nécessaire pour atteindre cet objectif de ma vie.

Je n'oublierai pas de remercier ma famille, mes amies (Khaoula, Aicha, Fadhila), tous ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À ma source d'énergie, ma chère mère à qui je resterai redevable toute ma vie.

À la mémoire de ma sœur que Dieu l'accueille dans son vaste paradis.

المخلص

يُعرف الهطول الأعظمي الممكن على أنه "ارتفاع هطول أعظمي، ممكن فيزيائياً، ذو ديمومة معينة، في منطقة ذات مساحة معلومة، وخلال فترة محددة من السنة". الغرض من تقدير الهطول الأعظمي الممكن (PMP) هو تحويله إلى فيضان أعظمي ممكن (CMP) والذي يعد أمر ضروري لتصميم المنشأة المائية كمفيضات السدود مثلاً. في هذه الدراسة تم اعتماد تقدير PMP بالطريقة الإحصائية لـ Hershfield مطبقة على 140 محطة مطرية، تستجيب 112 منها للإختبارات الفرضية لتحليل التردد، داخل الأحواض الثلاثة للساحل الجزائري (Côtiers Algérois, Côtiers Constantinois, Côtiers Oranais). تتضمن هذه الطريقة مقاربتين: 1. المبسطة أو التقليدية، التي اقترحها Hershfield، بناءً على الحساب المناسب لمعامل التردد (K_m) المستمد من دراسات Chow باستخدام منحنى الغلاف المناسب. 2. المعدلة، التي تعتمد على تصحيح المتوسط والانحراف المعياري للسلاسل الزمنية المطرية التي يقل طولها عن 50 سنة.

تركز هذه الأطروحة على تطبيق المقاربتين ومقارنتها عبر معطيات حوض Côtiers Oranais كدراسة حالة. بينت نتائج تطبيق طريقة Hershfield المبسطة على جميع الأحواض أن قيم $PMP\ max(24H)$ عالية ومتوسطة في مركز منطقة الدراسة على مستوى حوض Côtiers Algérois وتتناقص عند النهايتين الشرقية والغربية في حوضي Côtiers Constantinois و Côtiers Oranais. أظهرت المقارنة بين مقاربتي Hershfield في حوض Côtiers Oranais أن لا فرق ملحوظ بين قيم $PMP\ max(24H)$ المقدرة، ومن ذلك ينصح باستعمال المقاربة المبسطة بدلاً من المعدلة كنتيجة أولية مُستفادة من هذه الدراسة.

لفهم التوزيع المكاني لـ $PMP\ max(24H)$ في أحواض الساحل الجزائري تم اعتماد الاستيفاء المكاني بطريقة "الوزن العكسي للمسافة" (IDW).

كما تم حساب زمن التردد لقيم $PMP\ max(24H)$ المقدرة من خلال توزيع القيم المتطرفة المعمم (GEV) والذي يعد الأنسب للظواهر الهيدرولوجية الأعظمية، مع استخدام أفضل طريقة لتقدير معاملاته وذلك في كل محطة قياس ضمن الأحواض المدروسة، حيث أظهرت النتائج أن زمن التردد يؤول إلى ما لا نهاية.

طريقة بديلة أخرى تم تطبيقها لتقدير $PMP\ max(24H)$ ، والمتمثلة في البحث عن الارتباطات بين قيم الهطول الأعظمي السنوي ($Pj\ max$) في فترات عودة مختلفة من خلال توزيع القيم المتطرفة المعمم (GEV) وقيم $PMP\ max(24H)$ المقدرة بواسطة الطريقة الإحصائية المبسطة لـ Hershfield، حيث تبين أن قيمها مرتبطة خطياً بالقيم ذات التردد المنوي. ومما سلف يمكن اعتبار العلاقة الخطية بديلاً يستعاض به عن الطريقة الإحصائية المبسطة لـ Hershfield لتقدير سريع ومباشر لقيم PMP.

الكلمات المفتاحية: الهطول الأعظمي الممكن PMP، الطريقة الإحصائية Hershfield، توزيع GEV، الاستيفاء المكاني، قيم دورية، أحواض الساحل الجزائري.

Abstract

Probable maximum precipitation PMP is defined as the greatest depth of precipitation for a certain duration, meteorologically possible, for a given size storm area at a specific time of year. The purpose of estimating PMPs is to convert them into probable maximum floods (PMF), which are necessary for the design of hydraulic structures such as spillways of dams.

The estimation of PMPs by the statistical method of Hershfield was adopted in this study for 140 rainfall stations, among them 112 stations responding to the hypothesis tests required by the frequency analysis, within the three basins of the Algerian coast (Côtiers Algérois, Côtiers Constantinois, Côtiers Oranais). This method has two approaches; 1. The simplified (traditional) approach proposed by Hershfield, based on the adequate calculation of the frequency factor (K_m), which is initiated by Chow using the appropriate envelope curve. 2. The modified approach, based on the correction of the mean and the standard deviation of the series of precipitations, with a size of fewer than 50 years.

This thesis focuses on the application of these two approaches and establishes a comparison between them for the Côtiers Oranais basin taken as a case study. The results of the application of the simplified Hershfield method for all the basins show that the at-site $PMP_{max}(24H)$ are high and average in the center of the area of study at the Côtiers Algérois basin and they decrease at the eastern and western limits in the two basins: Côtiers Constantinois and Côtiers Oranais. The comparison between the two approaches of Hershfield, within the Côtiers Oranais basin, shows that there is no significant difference between the estimated values of $PMP_{max}(24H)$. Therefore, it is recommended to use the simplified approach instead of the modified approach as a preliminary result of this study.

The spatial interpolation by "Inverse Distance Weighting" method (IDW) was adopted to understand the spatial distribution of $PMP_{max}(24H)$ in the Algerian coast basins.

The calculation of the return periods of the $PMP_{max}(24H)$ estimated values was carried out by the generalized extreme values distribution (GEV), which is the most suitable for extreme hydrological values while using the best method for estimating its parameters for each rainfall station. The results revealed that the return period tends to have infinite values.

Another alternative method was applied for the estimation of $PMP_{max}(24H)$, which consists in looking for correlations between the quantiles of the annual maximum daily precipitation (P_{jmax}) at different return periods through the generalized extreme value distribution (GEV) and the $PMP_{max}(24H)$ estimated by the simplified statistical method of Hershfield. To this end, it was found that the $PMP_{max}(24H)$ estimated by the simplified approach show a

better linear correlation with the centennial quantiles. This linear relationship can replace the simplified Hershfield method for a fast and explicit estimation of PMP.

Keywords: Probable maximum precipitation (PMP), Hershfield statistical method, GEV distribution, spatial interpolation, quantiles, Algerian coastal basins.

Résumé

Les pluies maximales probables (PMP) sont définies comme étant la hauteur maximale de la lame d'eau qui peut météorologiquement s'accumuler, en un temps donné, dans un bassin versant. La finalité de l'estimation des PMP est de les convertir en crues maximales probables (CMP), laquelle est nécessaire pour la conception des structures hydrauliques telles que les évacuateurs des barrages.

L'estimation des PMP par la méthode statistique de Hershfield a été adoptée dans cette étude pour 140 stations pluviométriques, parmi elles 112 stations répondant aux tests d'hypothèse requis par l'analyse fréquentielle, au sein des trois bassins du littoral Algérien (Côtiers Algérois, Côtiers Constantinois, Côtiers Oranais). Cette méthode comporte deux approches ; 1. L'approche simplifiée (traditionnelle) proposée par Hershfield, basée sur le calcul adéquat du facteur de fréquence (K_m) initié par Chow à l'aide de la courbe enveloppe appropriée. 2. L'approche modifiée, basée sur la correction de la moyenne et de l'écart type des séries de précipitations de taille inférieure à 50 ans.

Cette thèse se focalise sur l'application de ces deux approches et établit une comparaison entre elles pour le bassin du Côtiers Oranais pris comme un cas d'étude. Les résultats de l'application de la méthode simplifiée de Hershfield pour l'ensemble des bassins montrent que les valeurs des $PMP_{max}(24H)$ ponctuelles sont élevées et moyennes au centre de la zone d'étude au niveau du bassin du Côtiers Algérois et elles décroissent à l'extrémité Est et Ouest dans les deux bassins Côtiers Constantinois et Côtiers Oranais. La comparaison entre les deux approches de Hershfield, au sein du bassin Côtiers Oranais, montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les valeurs des $PMP_{max}(24H)$ estimées. Par conséquent, il est recommandé d'utiliser l'approche simplifiée au lieu de l'approche modifiée comme résultat préliminaire tiré de cette étude.

L'interpolation spatiale par la méthode « Inverse Distance Weighting » (IDW) a été adoptée pour comprendre la distribution spatiale des $PMP_{max}(24H)$ dans les bassins du littoral Algérien.

Le calcul des périodes de retour des valeurs $PMP_{max}(24H)$ estimées a été réalisée par la distribution généralisée des valeurs extrêmes (GEV), la plus adéquate pour les valeurs hydrologiques extrêmes, tout en utilisant la meilleure méthode d'estimation de ses paramètres pour chaque station pluviométrique. Les résultats ont révélé que la période de retour tend vers des valeurs infinies.

Une autre méthode alternative a été appliquée pour l'estimation des $PMP_{max}(24H)$, qui consiste à chercher des corrélations entre les quantiles des précipitations maximales journalières

annuelles (P_{jmax}) à différentes périodes de retour à travers la distribution généralisée des valeurs extrêmes (GEV) et les $PMPmax(24H)$ estimées par la méthode statistique simplifiée de Hershfield. A cet effet, il a été aperçu que les $PMPmax(24H)$ estimées par l'approche simplifiée affichent une meilleure corrélation linéaire avec les quantiles centennaux. Cette relation linéaire peut remplacer la méthode simplifiée de Hershfield pour une estimation rapide et explicite des PMP.

Mots clés : Précipitation maximal probable (PMP), méthode statistique de Hershfield, GEV, interpolation spatiale, méthode alternative, quantiles, bassins du littoral Algérien.

Sommaire

Remerciements.....	I
Dédicace.....	II
المخلص.....	III
Abstract.....	IV
Résumé.....	VI
Sommaire.....	VIII
Liste des tableaux.....	XII
Liste des figures.....	XIV
Liste des abréviations et acronymes.....	XVI
Introduction Générale.....	1
CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE	
I.1. Introduction.....	4
I.2. Pluies Maximales Probables (PMP).....	4
I.3. Crue Maximale Probable (CMP).....	5
I.4. Approches et méthodes d'estimation des PMP.....	5
I.4.1. L'approche directe.....	5
I.4.1.1. La méthode locale (maximisation locale de tempête ou modèle local).....	6
I.4.1.2. La méthode de transposition (transposition des tempêtes ou modèle de transposition).....	6
I.4.1.3. La méthode de combinaison des tempêtes observées.....	7
I.4.1.4. La méthode inférentielle (modèle théorique).....	7
I.4.1.5. La méthode de combinaison temporelle et spatiale.....	7
I.4.1.6. La méthode de simulation de tempête basée sur des crues historiques.....	8
I.4.2. L'approche indirecte.....	8
I.4.2.1. La méthode généralisée.....	8
I.4.2.2. La méthode statistique.....	9
I.5. Avantages et inconvénients des deux méthodes : météorologique et statistique.....	9
I.6. Etudes comparatives entre la méthode météorologique et la méthode statistique.....	10
I.7. L'application de la méthode statistique de Hershfield.....	11
I.8. Etude bibliométrique.....	13
I.9. Conclusion.....	14

CHAPITRE II : PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE ET LA BASE DE DONNÉES UTILISÉE

II.1. Introduction	15
II.2. Description de la zone d'étude	17
II.2.1. Côtiers Algérois (BV02)	18
II.2.1.1. Situation géographique du BV02	18
II.2.1.2. Topographie du BV02	19
II.2.1.3. Climatologie du BV02	19
II.2.1.4. Hydrographie du BV02	20
II.2.2. Côtiers Constantinois (BV03).....	22
II.2.2.1. Situation géographique du BV03	22
II.2.2.2. Topographie du BV03	22
II.2.2.3. Climatologie du BV03	22
II.2.2.4. Hydrographie du BV03	23
II.2.2.5 Couvert végétal du BV03	25
II.2.3. Côtiers Oranais (BV04)	25
II.2.3.1. Situation géographique du BV04	25
II.2.3.2. Topographie du BV04	25
II.2.3.3. Climatologie du BV04	26
II.2.3.4. Hydrographie du BV04	26
II.2.3.5. Couvert végétal du BV04.....	27
II.3. La base de données pluviométriques.....	27
II.3.1. Traitement des données pluviométriques.....	28
II.3.1.1. Hypothèse d'homogénéité : <i>test de Wilcoxon-Mann-Whitney et test de rupture de Pettit</i>	29
II.3.1.2. Hypothèse du caractère aléatoire : <i>Test de Wald -Wolfowitz</i>	31
II.3.1.3. Hypothèse de tendance (stationnarité) : <i>Test de Mann-Kendall</i>	32
II.3.1.4. Détection des valeurs aberrantes : <i>Méthode de Tukey</i>	33
II.3.2. Résultats des traitements des données pluviométriques	34
II.3.2.1. Vérification de l'homogénéité, le caractère aléatoire et la tendance pour les séries pluviométriques Pjmax	34
II.3.2.2. Vérification des valeurs aberrantes	36
II.4. Conclusion.....	39

CHAPITRE III : LA MÉTHODE DE HERSHFIELD POUR L'ESTIMATION DE LA PLUIE MAXIMALE PROBABLE

III.1. Introduction.....	40
III.2. La méthode statistique de Hershfield.....	40
III.2.1. L'approche statistique simplifiée.....	41
III.2.2. L'approche statistique modifiée	46
III.3. Calcul des Pluies Maximales Probable au sein des trois bassins du littoral Algérien par la méthode statistique de Hershfield : approche simplifiée	49
III.4. Carte de prédiction spatiale des <i>PMP max24H</i>	51
III.5. Calcul des Pluies Maximales Probable par la méthode statistique de Hershfield : approche modifiée.....	52
III.6. Comparaison entre les <i>PMPmax 24H</i> estimées par les deux approches de la méthode statistique de Hershfield au sein du bassin Côtiers Oranais.....	55
III.7. Conclusion	59

CHAPITRE IV: ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES

IV.1. Introduction.....	60
IV.2. Détermination de la distribution de probabilité appropriée.....	60
IV.2.1. Distributions de probabilités appliquées	61
IV.2.2. Critère d'information.....	63
IV.2.2.1. Critère d'information d'Akaike (AIC).....	63
IV.2.2.2. Critère d'information d'Akaike corrigé (AICc).....	63
IV.2.2.3. Critère d'information bayésien (BIC)	63
IV.2.3. Test d'adéquation	64
IV.2.3.1. Critère d'Anderson-Darling (ADC).....	64
IV.2.4. La distribution généralisée des valeurs extrêmes (GEV)	67
IV.2.4.1. La distribution de Gumbel (EV1)	67
IV.2.4.2. La distribution de Fréchet (EV2).....	68
IV.2.4.3. La distribution de Weibull	68
IV.2.5. Détermination des paramètres de la distribution théorique choisie	68
IV.2.5.1. La méthode des moments conventionnels (MME).....	68
IV.2.5.2. La méthode des L-moments (LME)	69
IV.2.5.3. La méthode du maximum de vraisemblance (MLE)	70
IV.3. Application de la distribution GEV aux précipitations maximales journalières	71
IV.3.1. Procédé d'Ajustement de la distribution GEV	71

IV.3.2. Calcul des paramètres (μ , σ et k) de la distribution GEV par les trois méthodes adoptées	71
IV.3.3. Recherche de la meilleure méthode d'estimation des paramètres de la distribution GEV.....	72
IV.3.3.1. L'erreur quadratique moyenne (<i>RMSE</i>)	72
IV.3.3.2. L'erreur absolue moyenne (<i>MAE</i>)	72
IV.3.3.3. Le coefficient de détermination (R^2).....	73
IV.3.4. Pourcentage de mérite pour chaque méthode d'estimation.....	75
IV.4. Estimation des périodes de retour des PMP	76
IV.5. La méthode alternative pour l'estimation des PMP.....	76
IV.6. Conclusion	81
Conclusion générale et Recommandations	82
Références bibliographiques.....	84
Annexes.....	94

Liste des tableaux

CHAPITRE II

Tableau II.1. Les régions hydrographiques et leurs bassins versants.....	17
Tableau II.2. Stations hydrométriques existantes dans le bassin Côtiers Algérois.....	20
Tableau II.3. Informations relatives aux barrages existant dans le bassin Côtiers Algérois.....	21
Tableau II.4. Stations hydrométriques existantes dans le bassin Côtiers Constantinois.....	23
Tableau II.5. Informations relatives aux barrages existant dans le bassin Côtiers Constantinois.....	24
Tableau II.6. Stations hydrométriques existantes dans le bassin Côtiers Oranais.....	26
Tableau II.7. Les stations pluviométriques et leurs caractéristiques associées dans les trois bassins versant du littoral Algérien.....	28
Tableau II.8. Résultats des tests d'homogénéité, aléatoire et tendance pour les séries pluviométriques P_{jmax} au sein du trois bassins du littoral Algérien.....	35
Tableau II.9. Résultats des tests de Tukey d'existence des valeurs aberrantes des séries P_{jmax} au sein du trois bassins du littoral Algérien.....	37

CHAPITRE III

Tableau III.1. Résultats des pluies maximales probables (PMP) des 112 stations au sein des trois bassins de littoral Algérien.....	50
Tableau III.2. Résultats de la correction de la moyenne et l'écart type pour chaque station au sein du bassin (BV04).....	53
Tableau III.3. Résultats des $PMP_{max} 24H$ estimées par la méthode modifiée pour chaque station au sein du bassin (BV04).....	54
Tableau III.4. Résultats des $PMP_{max} 24H$ estimées par la méthode simplifiée pour chaque station au sein du bassin (BV04).....	56
Tableau III.5. Résultats des tests statistiques de comparaison des $PMP_{max} 24H$ estimées par les deux approches de la méthode statistique de Hershfield	59

CHAPITRE IV

Tableau IV.1. Les fonctions de distributions de probabilité utilisées.....	62
Tableau IV.2. Les critères de choix de la distribution optimal pour la station S1 du bassin Côtiers Algérois.....	64
Tableau IV.3. Les meilleures distributions de probabilité pour les bassins de littoral Algérien.....	65
Tableau IV.4. Pourcentage de la meilleure distribution de probabilité	66
Tableau IV.5. Paramètres de la distribution GEV pour les 112 stations des bassins du littoral Algérien.....	71
Tableau IV.6. Performances des méthodes d'estimation des paramètres de la distribution GEV pour la station (S1) du bassin BV02.....	73

Tableau IV.7. Les meilleures méthodes d'estimation des paramètres de la distribution GEV pour les stations analysées des trois bassins de littoral Algérien.....	74
Tableau IV.8. Pourcentage de mérite pour chaque méthode dans les trois bassins.....	75
Tableau IV.9. Les périodes de retour (GEV) des PMP pour les 112 stations.....	76
Tableau IV.10. Quantiles des P_{jmax} pour différentes périodes de retour.....	77
Tableau IV.11. Comparaison entre les PMP_{max24H} et les $PMP_{max24HQ}$	79
Tableau IV.12. Résultats des tests statistiques.....	80

Liste des figures

CHAPITRE I

Figure I.1. Réseau et distribution des pays liés à la production scientifique sur le thème de recherche..... 14

CHAPITRE II

Figure II.1. Carte des précipitations moyennes annuelles de l'Algérie..... 15

Figure II.2. Les régions hydrographiques d'Algérie selon l'ABH..... 16

Figure II.3. Les bassins versants de l'Algérie selon l'ANRH..... 16

Figure II.4. Situation géographique du trois bassins de littoral Algérien..... 18

Figure II.5. Découpage du bassin hydrographique BV02 en sous bassins..... 19

Figure II.6. Localisation des barrages au sein du bassin Côtiers Algérois..... 21

Figure II.7. Localisation des barrages au sein du bassin Côtiers Constantinois..... 24

Figure II.8. La répartition des stations pluviométriques au sein des bassins du littoral Algérien 27

Figure II.9. Exemple d'une boîte à moustaches..... 34

Figure II.10. Les résultats des tests d'autocorrélation des quelques séries Pjmax au sein du bassin du Côtiers Algérois..... 36

Figure II.11. Boîtes à moustaches pour les stations du bassin Côtiers Algérois..... 38

Figure II.12. Boîte à moustaches pour les stations du bassin Côtiers Constantinois..... 38

Figure II.13. Boîtes à moustaches pour les stations du bassin Côtiers Oranais..... 39

CHAPITRE III

Figure III.1. Les principales étapes de l'estimation des PMP par la méthode statistique..... 41

Figure III.2. Schéma décrivant l'équation générale de fréquence de Chow (1951)..... 42

Figure III.3. Le facteur de fréquence (K_m) en fonction de la durée des pluies et de la moyenne des séries annuelles..... 43

Figure III.4. La courbe enveloppe composite proposée par Sarkar et Maity..... 45

Figure III.5. La procédure de calcul de la PMP par la méthode statistique simplifiée de Hershfield 46

Figure III.6(a, b, c). Correction de la moyenne et de l'écart type d'une série de précipitation maximal annuelle de taille N inférieure à 50 ans..... 48

Figure III.7. La procédure de calcul de la PMP par la méthode modifiée de Hershfield..... 49

Figure III.8. La courbe enveloppe « linéaire proposée » pour les trois bassins de littoral Algérien..... 50

Figure III.9. Carte d'interpolation spatiale des PMPmax (24H) au sein des trois bassins de littoral Algérien par la méthode IDW.....	52
Figure III.10. La courbe enveloppe « linéaire proposée » pour la méthode modifiée du bassin Côtiers Oranais.....	53
Figure III.11. La courbe enveloppe « linéaire proposée » pour la méthode simplifiée du bassin Côtiers Oranais (BV04).....	55
Figure III.12. La distribution spatiale des <i>PMPmax24H</i> élaboré par la méthode IDW pour les deux méthodes statistiques au sein du bassin Côtiers Oranais.....	57
Figure III.13. Comparaison entre les <i>PMPmax24H</i> estimées par les deux méthodes statistiques simplifiée et modifiée au sein du bassin Côtiers Oranais.....	58

CHAPITRE IV

Figure IV.1. Comparaison graphique et choix de la distribution optimale pour la station S1 du bassin BV02.....	65
Figure IV.2. Comparaison graphique et choix de la méthode optimale d'estimation des paramètres de la distribution GEV pour la station S1 du BV02.....	74
Figure IV.3. La relation linéaire entre les <i>PMPmax24H</i> et les différents quantiles.....	78
Figure IV.4. Comparaison graphique entre les <i>PMPmax24H</i> et <i>PMPmax24HQ</i> issus de la méthode statistique simplifiée de Hershfield et la méthode alternative.....	80

Liste des abréviations et acronymes

ABH :	Agence des Bassins Hydrographiques
ADC :	Critère d'Anderson-Darling
AIC :	Critère d'information d'Akaike
AICc:	Critère d'information d'Akaike corrigé
ANBT :	Agence Nationale des Barrages et Transferts
ANRH :	Agence National des Ressources Hydrauliques
BIC :	Critère d'information bayésien
CMP :	Crue Maximale Probable
EV1 :	Distribution de Gumbel
EV2 :	Distribution de Fréchet
GEV :	Distribution Généralisée des Valeurs Extrêmes
IDW :	Méthode Inverse Distance Weighting
LME :	Méthode des L-moments
LN :	Distribution Log normale
LP3 :	Distribution Log-Pearson 3
MAE :	Mean Absolute Error : Erreur absolue moyenne
MLE :	Méthode du maximum de vraisemblance
MME :	Méthode des moments conventionnels
OMM :	Organisation Météorologique Mondiale
P3 :	Distribution Pearson 3
Pjmax :	Pluies maximales journalières annuelles
PMP :	Pluie Maximale Probable
PNE :	Plan National de l'Eau
R :	Coefficient de corrélation
R² :	Coefficient de détermination
RMSE :	Root Mean Square Error : Erreur moyenne quadratique

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction Générale

L'Algérie connaît de nombreux phénomènes naturels catastrophiques, plus fréquentes et plus destructives, tels que les inondations. Ce phénomène est une catastrophe naturelle provoquée par des précipitations extrêmes de courte durée (Boucefiane & Meddi, 2022), ainsi que par l'intervention humaine lors de la mauvaise estimation des crues de conception des diverses structures hydrauliques en cas de défaillance ou de débordement. Ces inondations entraînent des dommages importants sur la vie humaine, l'économie, l'écologie ...etc.

En Algérie 1972 des précipitations extrêmes d'une durée de 72 heures, s'étend sur une largeur Nord-Sud de 150 km de Cherchell à Bejaia, ont provoqué des inondations catastrophiques entraînant des dégâts humains (52 morts) et matériels (4570 maisons détruites, 130 villages isolés, 13 ponts détruits et plus de 18000 sinistrés...) (Secrétariat d'état à l'hydraulique, service hydrologie, 1974).

La protection contre les inondations, ainsi que l'élaboration des plans de gestion des risques de ces dernières requièrent l'estimation des Crues Maximales Probables (CMP) basées sur l'estimation fiable des Pluies Maximales Probables (PMP). La méthode dite PMP est recommandée par l'organisation mondiale de météorologie (OMM) lors de la conception et la planification des structures hydrauliques telle que les barrages, les centrales nucléaires, les ponts, les déversoirs (évacuateurs de crue) ...etc., afin d'atténuer les inondations (WOM, 2009 ; Prasad et al., 2011). Elle est également considérée comme une approche alternative pour représenter les précipitations millénaires dans le cas où l'analyse fréquentielle conventionnelle des précipitations extrêmes peut sous-estimer ses quantiles (Alias, 2014).

Dans la littérature il existe deux approches pour estimer les PMP, l'approche directe et l'approche indirecte qui sont basées respectivement sur la zone de bassin versant et la zone de tempête. Ces approches englobent des méthodes issues de la technique météorologique, à l'exception d'une seule méthode dite méthode statistique (WOM, 2009). Cette dernière est recommandée dans le cas d'absence de certaines données météorologiques telles que la température du point de rosée, la vitesse du vent et l'humidité de l'air. Elle ne nécessite que des données de précipitations suffisamment longues. La méthode de Hershfield, initialement énoncée par Chow (1951), est l'une des méthodes statistiques les plus connues et utilisées dans le monde entier, elle englobe deux autres approches : l'approche simplifiée (traditionnelle) et l'approche modifiée. La première est basée sur le calcul du facteur de fréquence appropriée et la deuxième basée, quant à elle sur des corrections liées à la longueur des séries de précipitation (WMO, 2009).

En Algérie, l'estimation des PMP est rarement appliquée sauf, à notre connaissance, pour un cas rare et unique, réalisé en 1990, pour le dimensionnement de l'évacuateur du barrage de Sidi Ben Taiba sur l'Oued Ebda (MacDonald & Partners, 1990).

Dans ce contexte, la présente contribution vise à estimer des pluies maximales probables (PMP) par la méthode statistique de Hershfield pour 140 stations pluviométriques, au sein des trois bassins du littoral Algérien (Côtiers Algérois, Côtiers Constantinois, Côtiers Oranais), ayant une superficie totale de 29369 Km². Les deux approches de la méthode statistique de Hershfield seront appliquées pour un cas d'étude en vue d'une comparaison devant aboutir à une ou plusieurs recommandations.

Pour permettre une estimation spatiale par interpolation de la variable d'intérêt (PMP), une cartographie basée sur la méthode géostatistique déterministe dite « Inverse Distance Weighting » (distances inverse pondérée), sera réalisée.

En vue de la connaissance de la fréquence des événements extrêmes tels que les PMP, des analyses fréquentielles seront en fin effectuées au niveau de chaque station pluviométrique dans la zone d'étude, ainsi que l'application d'une méthode alternative pour l'estimation des PMP en fonction des quantiles.

Problématique et objectifs de la thèse

L'estimation de la pluie maximale probable (PMP) conduit à l'estimation de la crue maximale probable (CMP) à travers un processus de passage pluie-débit à définir selon le contexte de chaque étude (non traité dans la présente thèse). Ce processus de passage pluie-débit aboutit souvent à la définition palpable de la crue de projet en contribuant ainsi à la résolution de la problématique des ruptures de barrages et les inondations urbaines et rurales.

La présente recherche se propose pour combler la rareté de la littérature dans le domaine et contribuer par des exemples d'application issus du nord Algérien à la valorisation de ladite méthode (PMP) et arriver à des conseils et recommandations exploitables et bénéfiques aux profits de la zone d'étude (littoral Algérien).

Cette étude a été planifiée avec les objectifs suivants :

- Calculer le facteur de fréquence adéquat à l'aide de la courbe enveloppe approprié ;
- Estimer les PMP ponctuelles journalières de la zone d'étude avec les deux approches de la méthode statistique de Hershfield ;
- Etablir une comparaison entre ces méthodes pour montrer quelle est la méthode la plus recommandée ;
- Élaborer la carte de prédiction spatiale des PMP pour l'aire d'étude ;

- Choisir la fonction de distribution de probabilité la mieux adaptée pour la zone d'étude et estimer la période de retour pour chaque station selon la méthode préconisée.
- Chercher la meilleure corrélation entre les PMP et les quantiles des précipitations maximales journalières annuelles (P_{jmax}) à différentes périodes de retour à travers la distribution généralisée des valeurs extrêmes (GEV) afin d'appliquer une méthode alternative.

Structure de la thèse

Cette thèse est organisée en quatre chapitres comme suit : Après une introduction générale, le premier chapitre décrira, à travers une revue bibliographique, la méthode dite PMP, son objectif, ses approches, ses méthodes d'estimation et leurs conditions d'application ainsi que l'application de la méthode statistique de Hershfield adoptée et les travaux de recherche relatifs.

Le second chapitre présentera les informations détaillées sous forme de description des trois bassins versants du littoral Algérien objet d'étude ainsi que le traitement statistique de la base de données utilisées dans l'élaboration de ce travail.

Le troisième chapitre est la partie principale de cette recherche, il se focalisera sur les démarches de l'application des deux approches de la méthode statistique de Hershfield qualifiée de « simplifiée » et « modifiée » où une comparaison sera achevée pour savoir dans quelle mesure la précision et les corrections par l'approche modifiée seront significatifs et importants. Dans ce même chapitre les résultats des PMP ponctuelles seront transformés en carte de prédiction spatiale à l'aide d'un logiciel dédié.

Le quatrième chapitre sera consacré à la détermination de la distribution de probabilité appropriée ainsi que la meilleure méthode d'estimation de ses paramètres afin d'évaluer les périodes de retours des valeurs des PMP pour chaque station.

Enfin, une conclusion générale pour ce travail de thèse, avec des recommandations, sera exprimée et émise dans le sens de guider des éventuelles futures recherches.

CHAPITRE I

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Introduction

Les précipitations extrêmes jouent un rôle très important dans les pratiques d'ingénierie, de la conception hydrologique et de la gestion des ressources en eau. Elles sont considérées comme données d'entrée pour différentes méthodes, utilisées pour l'estimation des crues de conception de plusieurs structures hydrauliques telles que les évacuateurs de barrages, les ponts, les ponceaux...etc., afin d'évaluer les risques et les impacts socio-économiques de leur défaillance.

Ces extrêmes pluviométriques peuvent être définis comme toutes quantités de pluies précipitées à une échelle de temps continue pouvant aller de quelques minutes à vingt-quatre heures (étendue dans certains cas jusqu'à 48 ou 72 heures) et présentant des cumuls élevés comparativement aux mesures courantes ([Boukhelifa, 2021](#)).

Les pluies maximales probables (PMP) sont des précipitations extrêmes prédites, elles représentent les valeurs les plus élevées et raisonnablement possibles. L'objectif de l'estimation des PMP est de les convertir en crues maximales probables (CMP) à travers un processus de transfert pluie-débit approprié, qui est considéré comme une information nécessaire utilisé dans la conception d'un projet donné à un emplacement géographique particulier dans un bassin versant lieu d'un projet ([WOM, 2009](#)).

Les notions PMP et CMP ont été créées aux États-Unis au milieu du vingtième siècle, suite à l'insatisfaction suscitée par la conception empirique ou statistique des crues de conception pour les structures majeures ([Endale, 2016](#)).

La méthode dite PMP est recommandée par l'organisation mondiale de météorologie (OMM) ([WMO, 2009](#)) et non appliquée en Algérie à notre connaissance sauf pour un cas unique réalisé en 1990 par le bureau d'étude MacDONALD pour le dimensionnement de l'évacuateur du barrage de Sidi Ben Taiba sur l'Oued Ebda ([MacDonald & Partners , 1990](#)).

I.2. Pluies Maximales Probables (PMP)

Au début, la PMP était définie comme la précipitation maximale possible, la valeur de la précipitation qui ne pouvait pas être dépassée. Cependant, les valeurs des précipitations maximales possible ont été dépassées et en raison des interactions atmosphériques complexes qui contribuent aux précipitations extrêmes, son nom a été changé en précipitation maximale probable (PMP) ([Singh, 2016](#)).

En 1959 la Société Américaine de Météorologie définit théoriquement la PMP comme étant la plus haute précipitation d'une certaine durée, théoriquement possible au-dessus d'un bassin particulier et à une certaine période de l'année. Cette définition a été révisé par ([Hansen](#)

et al., 1982), les auteurs ont ajoutés la spécificité du site d'averse dans la définition comme suit : « la plus haute précipitation d'une certaine durée, théoriquement possible par une averse de taille donnée, au-dessus d'un lieu géographique particulier et à une certaine période de l'année ».

Myers (1967) a donné une autre définition à la PMP de nature opérationnelle, indique que : « la PMP est l'ampleur des précipitations sur un bassin particulier qui produira le débit de crue dont le risque de dépassement est théoriquement nul » c'est-à-dire une probabilité de dépassement des valeurs PMP, qui produit un danger de débordement des barrages et de défaillance des structures hydrauliques, est proche de zéro au cours de leurs existences utiles.

L'Organisation Mondiale de Météorologie (OMM) a considéré la pluie maximale probable (PMP) comme une limite physique supérieure à la tempête, elle est définie comme « la hauteur maximale de la lame d'eau qui peut, météorologiquement s'accumuler en un temps donné dans un bassin versant ou une zone de perturbations déterminés, en un endroit particulier et à une certaine époque de l'année, sans qu'il soit tenu compte des tendances climatiques à long terme », i.e. (dans l'hypothèse d'une stabilité climatique) » (WMO, 2009).

I.3. Crue Maximale Probable (CMP)

La crue maximale probable (CMP) est la plus grande crue théorique possible résultant des conditions météorologiques et hydrologiques, qui engendre des menaces extrêmement graves pour le contrôle des crues d'un projet dans un bassin versant donné (WMO, 2009). Elle est considérée comme « le plus fort débit qu'il soit raisonnable d'avoir lieu à un endroit particulier du réseau hydrographique » (Beauchamp, 2010). Endale (2016) décrit la CMP comme étant la limite supérieure estimée du potentiel de ruissellement maximal pour un bassin versant délimité.

I.4. Approches et méthodes d'estimation des PMP

Les approches et les méthodes d'estimation des PMP et leurs conditions d'application sont bien présentées dans la dernière édition du manuel d'estimation des précipitations maximales probables publiée en 2009 (WMO, 2009). Le manuel décrit deux approches ; (i). Directe axée sur la zone du bassin versant et (ii) Indirecte axée sur la zone du tempête (zone entourée par des isohyètes).

I.4.1. L'approche directe

Dans cette approche les PMP sont estimées directement avec une durée donnée pour un projet spécifique dans le bassin versant considéré. Les étapes principales de cette approche sont :

- La détermination d'un modèle de tempête ;
- La maximisation de ce modèle ;
- La dérivation du PMP ;
- La conversion du PMP en CMP.

Le modèle de tempête est une tempête typique ou un modèle idéal qui reflète les caractéristiques des tempêtes extrêmes du bassin versant de conception, qui constituent des menaces sérieuses pour le contrôle des inondations dans le projet. La maximisation consiste à maximiser l'ampleur de la tempête. La PMP sur un bassin versant de conception est alors dérivée de la maximisation du modèle de tempête (WOM, 2009). Ensuite, la PMP peut être converti en CMP. Les méthodes impliquées dans cette approche pour la détermination du modèle de tempête sont les suivantes :

I.4.1.1. La méthode locale (maximisation locale de tempête ou modèle local)

Dans cette méthode la PMP est estimée en fonction de la tempête maximale des données observées dans le bassin versant de conception ou localisation spécifique. Elle est applicable lorsqu'il y a un long historique de données pluviométriques pour sélectionner une tempête significative individuelle pour représenter un mécanisme dynamique efficace qui pourrait alors être maximisé pour estimer la PMP. Cette méthode n'est pas appropriée lorsque les données sont limitées, car la probabilité d'identifier une tempête représentant la plus forte pluie possible est faible (WOM, 2009). L'application de la méthode locale nécessite la disponibilité des informations suivantes : (Hafidh Mohamed, 2018)

- Forte précipitation résultant de la plus grande tempête enregistrée (mm) ;
- Durée de la tempête (jour ou heure) ;
- La hauteur d'enregistrement de la plus grande tempête (mm) ;
- Connaissance de la température en (°C), l'humidité de l'air en (%) et la vitesse du vent en (m/s), liées au point de rosée.

I.4.1.2. La méthode de transposition (transposition des tempêtes ou modèle de transposition)

Dans cette méthode, une tempête extraordinairement importante dans la zone adjacente est transposée dans la zone étudiée. Le travail se concentre sur la détermination de la probabilité de transposition de la tempête, ce qui peut être fait de manières différentes :

- En déterminant la zone météorologiquement homogène, en étudiant la plage de transposition possible de la tempête et en effectuant une analyse détaillée des conditions de conception du bassin versant ;

- En faisant une variété de rectification et d'adaptation pour la tempête transposée, en fonction des différences conditions géographiques et topographiques entre la zone d'occurrence de la tempête originale et la zone de conception. Cette méthode, largement appliquée, est utilisée pour les zones de conception où les grandes tempêtes sont rares (WOM, 2009).

I.4.1.3. La méthode de combinaison des tempêtes observées

Cette méthode combine raisonnablement deux ou plusieurs tempêtes dans une zone locale, sur la base des principes de la climatologie synoptique et l'expérience des prévisions météorologiques, afin de former une séquence de tempêtes artificielles de longue durée, qui sont ensuite utilisées comme tempêtes typiques pour déterminer la PMP. Le travail se concentre sur la sélection des combinaisons, la détermination des schémas de combinaison et la démonstration raisonnable des séquences de combinaison. Cette méthode est applicable pour dériver PMP/CMP dans des grands bassins versants avec de longues durées, et nécessite de bonnes connaissances météorologiques (WOM, 2009).

I.4.1.4. La méthode inférentielle (modèle théorique)

La méthode inférentielle généralise la structure spatiale d'un système météorologique de tempête dans la zone étudiée pour créer une équation physique simplifiée qui génère des tempêtes et d'effectuer une maximisation appropriée pour estimer les précipitations maximales probables. Cette méthode, qui nécessite de bonnes données d'observation de météorologie disponibles dans la zone d'étude, est applicable aux bassins versants d'une superficie de centaines à des milliers de kilomètres carrés (WOM, 2009).

Pour les bassins versants extrêmement grands deux autres méthodes sont également appliquées pour dériver la PMP/CMP :

I.4.1.5. La méthode de combinaison temporelle et spatiale

Dans cette méthode, la partie du PMP qui a la plus grande influence sur la CMP dans le temps (hydrogramme de crue) et dans l'espace (zone de source de crue) au niveau de la section de conception est traitée avec des méthodes météorologiques, et la partie du PMP qui a la plus petite influence est traitée avec la méthode de corrélation commune et la méthode de distribution de crue typique avec des méthodes hydrologiques. Évidemment, cette méthode, qui peut être considérée comme une méthode de combinaison des tempêtes, combine à la fois les conditions temporelles et spatiales. Cette méthode est principalement utilisée pour les bassins versants supérieurs à la section de conception et pour les grands cours d'eau ayant une grande

superficie avec une grande différence entre les conditions météorologiques en amont et en aval (WOM, 2009).

I.4.1.6. La méthode de simulation de tempête basée sur des crues historiques

Cette méthode produit une tempête qui aurait pu potentiellement créer la crue historique. Ceci est réalisé grâce à des modèles hydrologiques de bassins versants. Cette méthode est intrinsèquement basée sur l'information incomplète de la distribution temporelle et spatiale de la crue extraordinaire connue. Elle repose également sur l'hypothèse que les conditions météorologiques synoptiques actuelles et l'expérience en matière de prévisions synoptiques sont applicables à la période historique. Ensuite, avec la tempête extraordinaire comme une tempête à haute efficacité, la PMP est dérivée après la connaissance des conditions météorologiques. Cette méthode est applicable lorsque les informations sur l'hydrogramme de crue au niveau de la section de conception et la connaissance des précipitations, des situations hydrologiques et des crues dans certaines parties des cours d'eau principaux et des affluents en amont, ont été obtenues par des recherches et des analyses de la littérature historique (livres, journaux et autres documents) (WOM, 2009).

I.4.2. L'Approche indirecte

Cette approche consiste à déterminer tout d'abord les précipitations maximales probables pour la zone délimitée par des isohyètes à l'aide des différentes méthodes géostatistiques. Elle se concentre sur l'estimation d'un groupe de PMP de durées et de superficies diverses dans une large région (une zone présentant des conditions météorologiques homogènes). Par la suite, elle est convertie en CMP pour le bassin versant de conception aux fins de l'estimation des crues des projets (WOM, 2009).

Les deux méthodes basées sur la zone de tempête et couramment utilisées sont :

I.4.2.1. La méthode généralisée

La méthode généralisée est utilisée pour estimer la PMP pour une grande zone météorologiquement homogène. La procédure consiste à regrouper les précipitations observées lors de la tempête dues aux conditions météorologiques qui aboutissent à un type de précipitations orographiques et non orographiques.

Cette méthode nécessite une grande série de données à long terme. Il s'agit d'un processus long et coûteux. Cependant, la méthode peut conduire à une grande précision et à une application facile des résultats du PMP. Cette méthode est applicable aux bassins versants de moins de 13000 Km² dans les régions orographiques et de 52000 Km² dans les régions non orographiques, et à des durées de précipitations de 72 heures ou moins (WOM, 2009).

I.4.2.2. La méthode statistique

La méthode statistique la plus reconnue pour l'estimation de la PMP a été proposée par Hershfield (1961, 1965), elle est recommandée par l'OMM dans ces diverses éditions (1969, 1970, 1986, 2009), dans le cas de la non disponibilité de certaines données météorologiques et lorsqu'elle ne nécessite que des données de précipitations suffisamment longues au niveau des stations pluviométriques. Elle permet d'estimer une PMP d'une durée de 24 heures et moins. Elle est surtout utilisée pour faire des estimations rapides pour des bassins d'environ 1000 Km², mais elle a été utilisée pour des zones beaucoup plus grandes (WOM, 2009).

Remarque :

Toutes les méthodes impliquées jusqu'ici peuvent être classées comme des méthodes météorologiques à l'exception de la méthode statistique souvent appelé la méthode de Hershfield (WOM, 2009).

I.5. Avantages et inconvénients des deux méthodes : météorologique et statistique

La méthode météorologique, (connue par fois par la méthode physique (Perrier, 1968)), donne des résultats plus fiables pour les grands bassins versants, elle prend en compte la majorité des facteurs atmosphériques, tels que la température du point de rosée, la température de l'air, la vitesse du vent, l'humidité de l'air (Trubetskova et al., 2019). Il est possible d'utiliser des images satellites et d'exécuter des modèles atmosphériques avec cette méthode (Soltani et al., 2014). En revanche elle présente plusieurs inconvénients comme la complexité des calculs, la nécessité de disposer des grandes séries d'observation et des informations météorologiques spécifiques (Bolgov et al., 2019). Cette méthode nécessite une étroite collaboration entre les hydrologues et les météorologues (WOM, 2009 ; Afzali-Gorouh et al., 2018).

La méthode statistique est très pratique et simple car elle ne nécessite qu'un temps d'application plus court que la méthode météorologique, elle donne aussi des estimations rapides dans les situations d'urgence ou en l'absence de données météorologiques, elle ne nécessite pas un météorologue pour l'utiliser (WOM, 2009 ; Afzali-Gorouh et al., 2018). Un inconvénient majeur de la méthode statistique est qu'elle ne dépend que des données ponctuelles de précipitations qui résultent des valeurs des PMP ponctuelles. Un autre inconvénient consiste en l'incertitude de la détermination de la valeur appropriée du facteur de fréquence qui présente une variable statistique non certaine avec les différentes distributions de fréquence s'adaptant aux données hydrologiques des valeurs extrêmes (WOM, 2009).

I.6. Etudes comparatives entre la méthode météorologique et la méthode statistique

Des estimations des PMP par les deux méthodes ont été réalisées dans plusieurs études, à titre d'exemple des études anciennes réalisées au Canada et aux États-Unis ont montré que les estimations des PMP obtenues par la méthode statistique sont comparables à celles obtenues par la méthode météorologique (Deshpande et al., 2008 ; Bari, 2021). D'autres études menées en Espagne (Casas et al., 2011) et la République Tchèque (Rezacova et al., 2005) ont montré aussi que les deux méthodes donnent des résultats similaires. Dans d'autres cas en Inde (Chavan & Srinivas, 2015; Agarwal et Alam, 2018), l'Iran (Fattahi et al., 2010 ; Afzali-Gorouh et al., 2018), la Malaisie (Desa et al., 2001), le Saint-Vincent (Gordon, 2019), des études ont montré que les valeurs des PMP obtenues par la méthode statistique sont plus importantes que celles obtenues par la méthode météorologique. Par contre en Russie (Bolgov et al., 2019) et en Thaïlande (Wangwongwiroj & Khemngoen, 2019), la méthode statistique a donné des estimations des PMP plus faibles par rapport à celles obtenues par la méthode météorologique. Une étude récente effectuée en Algérie (Boucefiane & Meddi, 2022) au bassin Chélif a révélé que les valeurs PMP (24H) obtenues sont environ le double de celles déterminées par la méthode statistique.

Les études mentionnées montrent clairement que les estimations des PMP par les deux méthodes, météorologique et statistique, produisent des résultats différents d'un pays à l'autre, donc le choix de la meilleure méthode qui donne les PMP les plus fiables est requis afin d'estimer la CMP.

D'une autre manière et sur la base des critères de performance, une étude comparative entre les deux méthodes précitées appliquées dans la partie nord de l'Iran au sein du bassin de Qareh-Su, a montré que la méthode météorologique a donné de meilleurs résultats que la méthode statistique (Afzali-Gorouh et al., 2018), par contre la méthode statistique est la plus fiable au sein du bassin de Punjab en Inde (Agarwal et Alam, 2018).

Brièvement, les meilleures valeurs des PMP estimées par certaines méthodes varient d'une région à l'autre en fonction de la topographie, de la disponibilité des données (Singh, 2016), et les caractéristiques géographiques et météorologiques de la région (Afzali-Gorouh et al., 2018), Il faut donc les tester pour choisir celle qui donne le résultat le plus vraisemblable pour l'estimation des PMP afin de cerner les incertitudes dans l'estimation de la CMP.

Dans le présent travail et compte tenu de la disponibilité uniquement des données pluviométriques et de l'absence des données météorologiques requises, la méthode statistique de Hershfield sera la seule à adopter.

I.7. L'application de la méthode statistique de Hershfield

Dans le contexte de l'application de la méthode statistique de Hershfield à l'échelle mondiale, des études antérieures dans nombreuses pays ont été effectuées, nous citerons à titre indicatif :

- En Algérie : une étude récente en 2022 sur l'estimation des PMP 24H par la voie statistique de Hershfield a été réalisée au sein du grand bassin « Cheliff » sur 43 stations pluviométriques. Le facteur de fréquence maximal est estimé à 14.7 à l'aide de la technique enveloppe. Tandis que les valeurs PMP 24H obtenues varie de 151 mm à 369 mm, correspond à une période de retour comprise entre 1000 et $28 \cdot 10^6$ ans, où le rapport entre la PMP 24H et la pluie la plus élevée atteint une valeur de 5.18 (Boucefiane & Meddi, 2022). Une autre étude a présentée l'application des méthodes de précipitations maximales probables (PMP) par la voie statistique de Hershfield et de crues maximales probables (CMP) au bassin du Hodna dans la région du nord-est de l'Algérie à travers 23 stations météorologiques où le facteur de fréquence atteint une valeur maximal de 6.89 (Zeroual et al., 2022).

- En Malaisie plusieurs études ont été réalisé pour estimer la PMP, deux études menées en 2001 et en 2007 sur la région de « Selangor » pour la première fois et sur « l'État de Johor » dans 33 et 39 stations pluviométriques avec des facteurs de fréquence appropriés de 8.7 et 7.5 , respectivement, pour estimer les PMP 24H par la méthode de Hershfield afin d'élaborer leurs cartes de distribution spatiale (Desa et al., 2001; Desa & Rakhecha, 2007). En 2010, la méthode de Hershfield a été appliquée aux données pluviométriques des 69 stations au sein du bassin du Klang situé sur la côte ouest de la Malaisie péninsulaire pour déterminer les PMP correspondantes au facteur de fréquence qui varie entre 5.5 et 13.7 (Mamun et al., 2010). Au sein du bassin versant du Cameron Highlands-Batang Padang (CHBP) situé sur la principale chaîne de montagnes de la Malaisie péninsulaire la méthode de Hershfield a également été utilisé pour estimer les PMP des trois durées de 1, 3 et 5 jours sur 24 stations, leurs valeurs maximales des facteur de fréquences obtenues pour les différentes durées sont respectivement de 8.0, 6.3 et 5.9 avec des PMP de 730.08 mm, 966.17 mm et 969 mm, ce qui correspond à une période de retour de plus de 10^5 ans (Sidek et al., 2013). Différents bassins comme le bassin de Temengor dans l'État de Perak (Sammen et al., 2018) et le bassin de Sungai Perak (Razali et al., 2020), l'estimation des PMP a été aussi réalisée statistiquement par la méthode de Hershfield.

- En Iran, 30 stations dans la région du bassin versant d'Atrak, dans le nord-est de l'Iran, ont été analysées pour une estimation statistique des PMP de 24H par la méthode de Hershfield basée sur le facteur de fréquence approprié et le plus élevé qui est égal à 9.63, les PMP de 24H

sur ce bassin varie de 97 à 295 mm, et le rapport moyen de la PMP 24H à la plus forte pluie en un jour observée était d'environ 2.51 (Ghahraman, 2008). Une autre étude sur 23 stations météorologiques et climatologiques au sein de quatre provinces centrales de l'Iran a été réalisée pour estimer leurs PMP de 24H, par l'utilisation de la méthode de Hershfield au moyen d'un facteur de fréquence approprié pour chaque station. Les valeurs des PMP obtenues varient de 44.1 mm à 101.2 mm avec un rapport moyen entre la PMP 24H et l'observation la plus élevée de 1.3 (Moghaddam et al., 2009).

- En Inde, une étude d'estimation des PMP par la méthode de Hershfield a été réalisée sur 210 stations dans le bassin de l'Indus pour des durées de 1, 2 et 3 jours afin de les reporter sur des cartes de distribution spatiale. Les PMP obtenues ont une période de retour de l'ordre de 1000 ans (Deshpande et al., 2008). Aux stations de Devarapalle et Visakhapatnam, la méthode de Hershfield a été utilisée pour comparer leurs résultats avec les précipitations extrêmes adoptées par la distribution de la valeur extrême de type 1 (EV1) (Vivekanandan, 2015).

- En Russie la méthode de Hershfield a été choisie pour déterminer les précipitations extrêmes sur le territoire de l'Oural au niveau des 233 stations météorologiques dans le but d'estimer la crue maximale probable (Klimenko, 2019).

- Au Japon dans le bassin de la rivière Yodo, une étude présente la distribution spatiale des PMP estimées par la méthode statistique sur 62 stations (31 stations à l'intérieur du bassin et 31 stations à son extérieur) (Alias et al., 2013a). Dans le même bassin les PMP ont été estimées par la méthode de Hershfield pour développer la PMP spatiale des durées de 1, 2, 3,5, et 7 jours (Alias et al., 2013b).

- Au Pakistan une étude a été menée pour calculer la PMP dans les zones de haute altitude (Murree). La valeur de la PMP obtenue était 302.10 avec un facteur de fréquence 3.5 (Boota et al., 2015). Au sein du bassin du barrage de Bakhtiari, la PMP des durées de 1 à 7 jours a été calculé selon la méthode statistique où les résultats ont montré que le facteur de fréquence appropriée est d'environ 6.1 (Nouri G & Telvari, 2016).

- En Ethiopie, 22 séries de pluies extrêmes journalières annuelles dans la région de Tigré ont été soumises à une analyse statistique par la formule de Hershfield lors d'une tentative d'élaboration d'une carte PMP. Les PMP estimées varient de 70.06 mm à 144.51 mm où la valeur maximale du facteur de fréquence atteint 5.91 ainsi que le rapport entre la PMP estimée et la plus forte pluie observée est variable entre 1.04 et 1.42 (Gebremedhin et al., 2017). Une estimation des PMP pour des durées de 1, 2 et 3 jours par la méthode statistique de Hershfield

a été réalisé au sein du bassin du Nil Bleu supérieur qui contient 16 sous bassins avec un total de 104 stations pluviométriques. Le facteur de fréquence maximal déterminé pour chaque durée était 10.55, 8.33 et 9, respectivement (Endale, 2016). Par la même méthode statistique et pour les mêmes durées au sein du bassin de Dedessa, les PMP ont été prédites pour six séries des précipitations maximales où le facteur de fréquence maximal obtenu était égal à 4.34, 5.1 et 4.89 pour chaque durée, respectivement (Daba et al., 2021).

- En Espagne, une étude d'estimation statistique des PMP d'un jour sur le territoire de la Catalogne a été réalisée pour 145 stations pluviométriques sur la base d'une courbe enveloppe de facteur de fréquence qui atteint une valeur maximale de 8.7 avec une PMP de 567 mm et une période de retour entre 10^4 et 10^8 ans (Casas et al., 2008).

- Au Bangladesh les PMP d'un jour a été estimées pour 29 stations afin de générer une carte de prédiction spatiale. Le facteur de fréquence varie de 2.03 à 8.03 où la PMP maximale estimée ne dépasse pas 811 mm (Bari, 2021).

- Au Royaume d'Arabie Saoudite la méthode de Hershfield est présentée pour estimer les PMP provenant de 12 stations météorologiques dans et autour de la ville de Djeddah. Le facteur de fréquence était égal à 6.5 qui résulte d'une PMP de 280.6 mm (Şen et al., 2017).

I.8. Etude bibliométrique

De ce que précède, une analyse bibliométrique extraite de la base de données Scopus, téléchargée par le site du « Système National de Documentation en Ligne » (SNDL), a été menée à l'aide du logiciel VOSviewer (Van Eck & Waltman, 2020), pour monter les pays liés à la production scientifique sur l'estimation statistique des PMP par la méthode de Hershfield et les tendances enregistrées selon les années. Les résultats de cette analyse bibliométrique ont été cartographiés sur la [figure I.1](#).

VOSviewer 1.6.16 est un logiciel permettant de créer des cartes des réseaux de publications scientifiques, revues scientifiques, chercheurs, organismes de recherche, pays, ou mots-clés pour visualiser et analyser les tendances de la forme bibliométrique (Van Eck & Waltman, 2020).

Dans la [figure I.1](#) les cercles représentent les pays, les lignes représentent les relations entre eux et les couleurs représentent la production du pays selon l'échelle chronologique.

On constate que les États-Unis ont fait une grande recherche scientifique sur l'estimation statistique des PMP par la méthode de Hershfield, suivis par l'Inde et le Royaume Unis. Elles représentent un centre de référence dont la quasi-totalité des études sur le thème de recherche ont un réseau avec elle. Les résultats de la cartographie réalisée confirment que l'étude du thème de recherche en Algérie est considérée comme récente (couleur jaune).

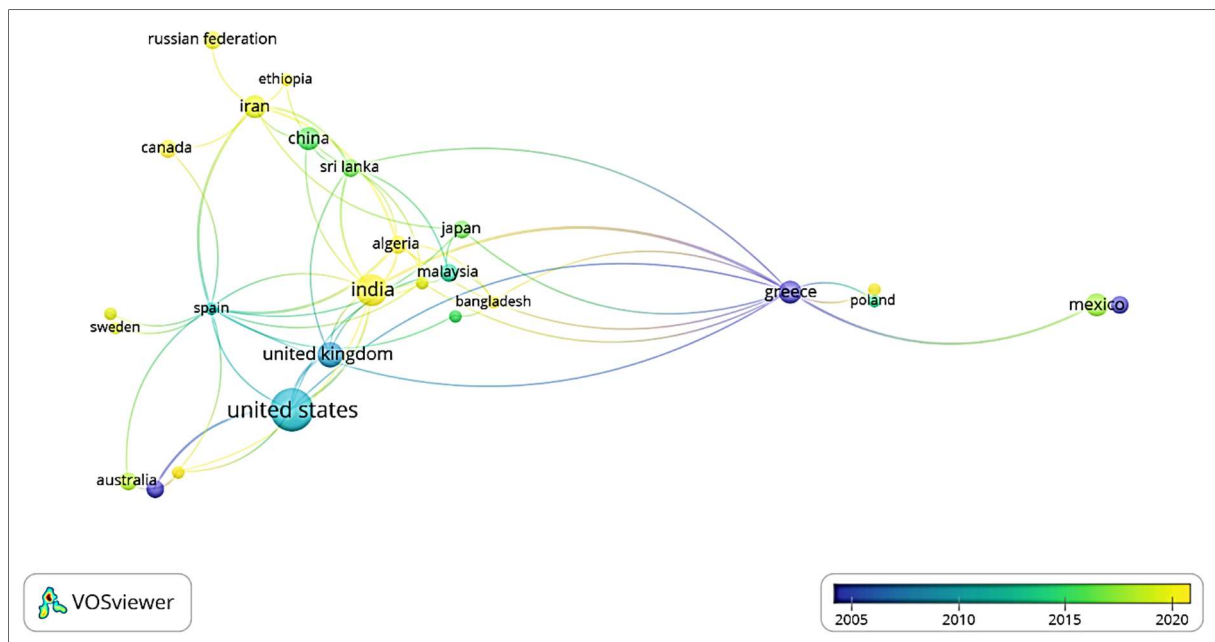


Figure I.1. Réseau et distribution des pays liés à la production scientifique sur le thème de recherche

I.9. Conclusion

Cette revue bibliographique a permis de donner un aperçu général sur les différentes approches et méthodes d'estimation de la pluie maximale probable (PMP) et leur application à travers le monde. L'estimation des pluies maximales probables (PMP) conduit à l'estimation des crues maximales probables (CMP) à travers un processus de passage pluie-débit à définir. La méthode dite PMP est recommandée par l'organisation mondiale de météorologie (OMM), elle contribue à la résolution de la problématique liée au choix de la crue des projets hydrotechniques.

Dans ce travail la méthode statistique de Hershfield a été adoptée à cause de la non disponibilité des données météorologiques. En revanche, la disponibilité des données des précipitations à l'échelle journalière annuelle, justifie le choix de ladite méthode qui sera expliquée et appliquée en détail dans le troisième chapitre. Les résultats de bibliométrie qui confirment que l'étude du thème sur les PMP en Algérie est récente, incite aussi à prendre en charge les difficultés de l'implémentation de la méthode adoptée sur une zone assez large qui sera décrite dans le deuxième chapitre.

CHAPITRE II

PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE ET LA
BASE DE DONNÉES UTILISÉE

II.1. Introduction

L'Algérie est le plus vaste pays d'Afrique avec une superficie de 2 381 741 Km², sa population atteint près de 45.4 millions d'habitants en 2022 selon l'Office National des Statistiques (ONS). Elle est localisée dans la partie centrale du Maghreb au Nord-Ouest de l'Afrique, entre les degrés de latitude 18° et 38° Nord et entre les degrés de longitude 9° Ouest et 12° Est. Elle est limitée à l'Est par la Tunisie et la Libye, au Sud par le Niger et le Mali, au Sud-Ouest par la Mauritanie et à l'Ouest par le Maroc. Le territoire Algérien s'étend du Nord au Sud sur une distance environ 2000 Km, de la côte méditerranéenne au massif du Hoggar, il est constitué par une bande large de 200 à 300 Km et plus de 2 millions de Km² de l'immense Algérie saharienne. Il s'étend de l'Est à l'Ouest sur une distance de 1800 Km, d'In Amenas jusqu' à Tindouf (Touazi et al., 2011 ; Rezak, 2014).

Le climat de l'Algérie est classé comme un climat de transition entre le climat méditerranéen et semi-aride au nord et le climat désertique au Sahara (Rassoul, 2013).

Les précipitations décroissent rapidement du Nord vers le Sud, elles varient de 400 mm en moyenne dans la région Ouest à plus 1200 mm à l'Est, parfois atteindre les 2000 mm sur les reliefs élevés. Au sud à la lisière du Sahara, la moyenne devient inférieure à 100 mm (Haouchine et al., 2015).

La figure II.1 représente la variabilité des précipitations moyennes annuelles au nord de l'Algérie.

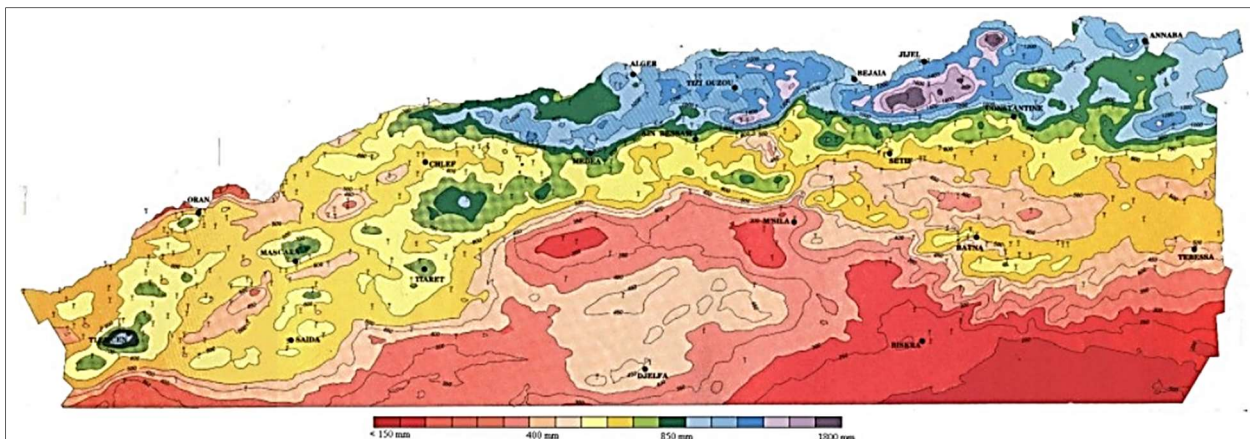


Figure II.1. Carte des précipitations moyennes annuelles de l'Algérie (extrait) (Haouchine et al., 2015)

Hydrographiquement l'Algérie est divisé en cinq régions depuis 1996 selon l'agence des bassins hydrographiques (ABH, 2007) (Figure II.3), regroupant 17 bassins versants (Figure II.4) et 226 sous bassins selon l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH, 2008).

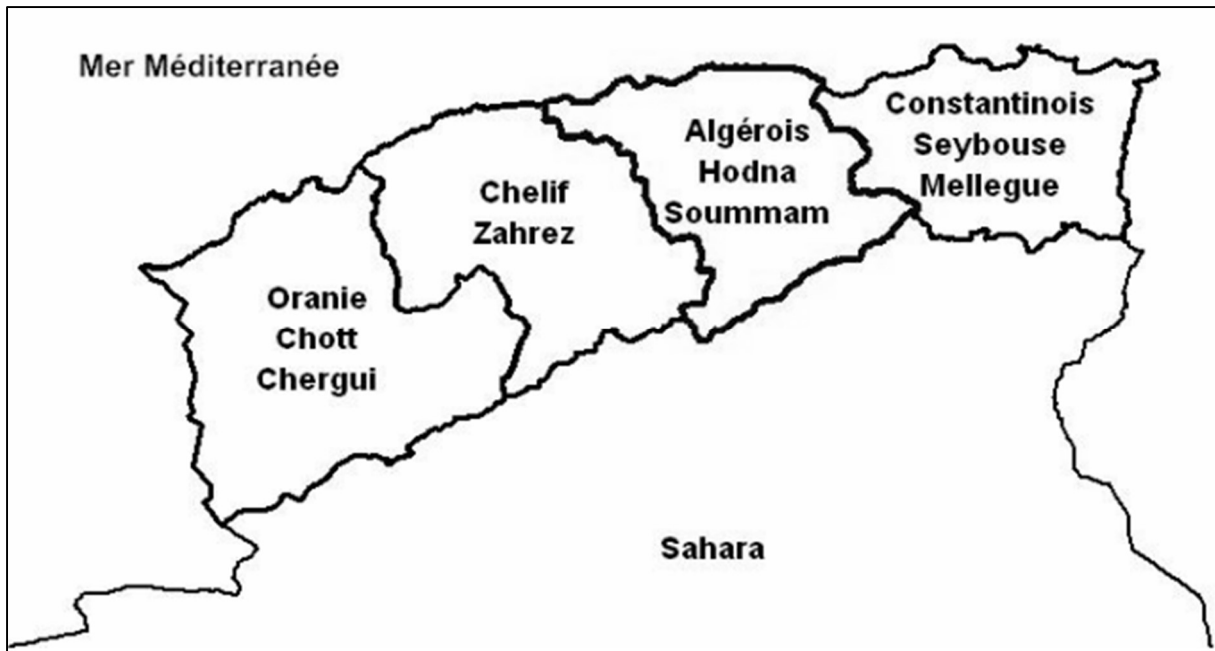


Figure II.2. Les régions hydrographiques d'Algérie selon l'ABH (ABH, 2007)

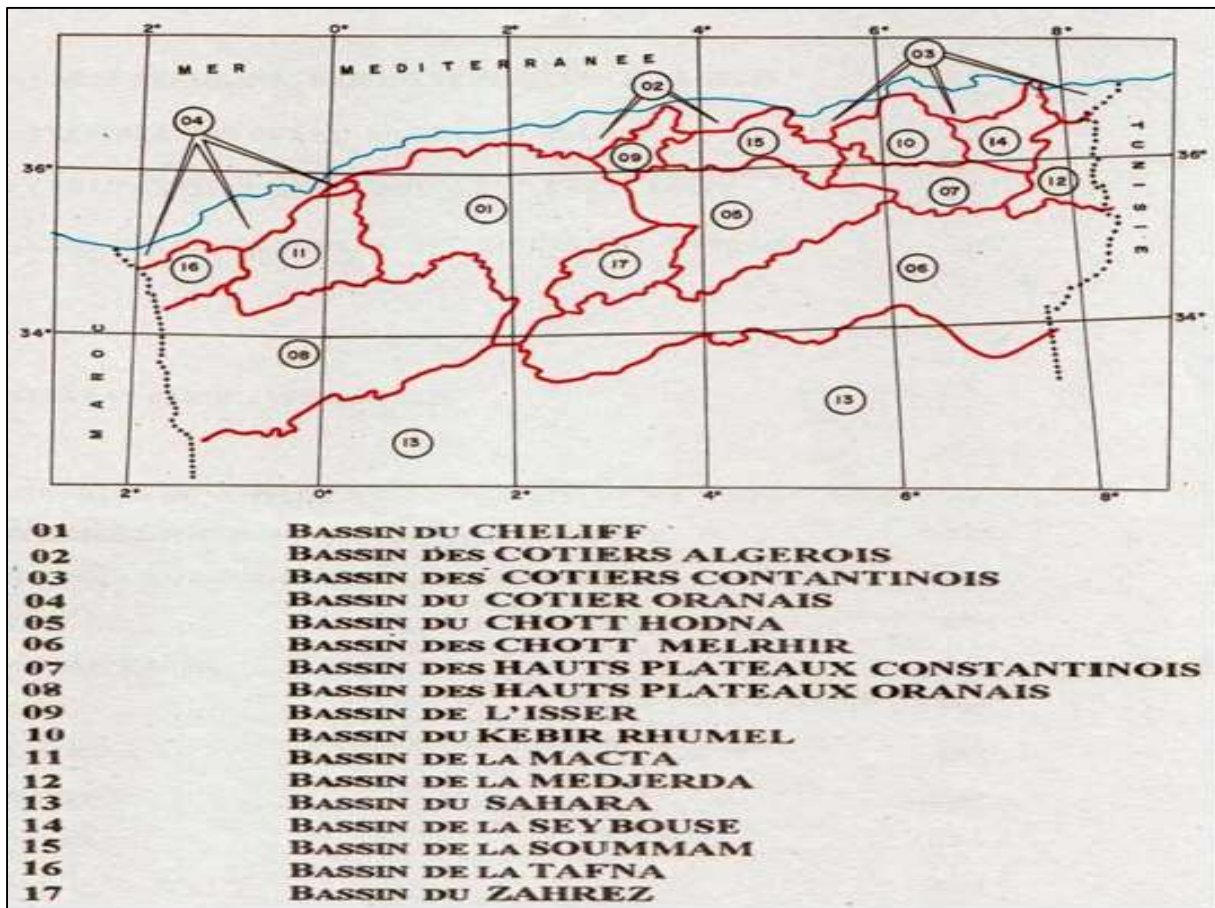


Figure II.3. Les bassins versants de l'Algérie selon l'ANRH (ANRH, 1988)

Le tableau suivant récapitule certaines données concernant les cinq régions hydrographiques et leurs bassins versants (BV) (Rezak, 2014 ; Abdeddaim, 2018 ; ABH-CSM, 2004-2007; ANRH, 1988).

Tableau II.1. Les régions hydrographiques et leurs bassins versants

Région hydrographique	Surface (Km ²)	Nom du bassin Versant (BV)	Code BV	Surface BV (Km ²)	Nombre de sous BV
Constantinois-Seybous-Mellègue (CSM)	44 348	Côtiers Constantinois	BV 03	11566	18
		Hauts Plateaux Constantinois	BV 07	9578	07
		Kébir –Rhumel	BV 10	8815	07
		Medjerda	BV 12	7785	05
		Seybouse	BV 14	6475	06
Algérois-Hodna-Soummam (AHS)	47 431	Côtiers Algérois (02a,02b)	BV 02	8471	18
		Chott Hodna	BV 05	25843	24
		Isser	BV 09	4149	05
		Soummam	BV 15	9125	10
Chélif-Zahrez (CZ)	56 22	Côtiers Algérois (Dahra)	BV 02	3501	02
		Chélif	BV 01	43750	36
		Zahrez	BV 17	9102	06
Oranie-Chott Chergui (OCC)	77 169	Côtier Oranais	BV 04	5831	06
		Hauts Plateaux Oranais	BV 08	49370	18
		Macta	BV 11	14389	16
		Tafna	BV 16	7245	08
Sahara	2 018 054	Chott Melrhir	BV 06	68750	30
		Sahara	BV 13	-----	04

II.2. Description de la zone d'étude

Le présent chapitre a pour but de donner une bonne description de la zone d'étude qui représente une importante partie du pays déjà introduite sommairement, et ce pour se mettre dans le contexte géographique où les résultats du thème traité sont à développer.

La zone d'étude fait alors une partie des cinq régions hydrographiques, elle s'étend géographiquement le long de la frange littorale méditerranéenne au nord de l'Algérie sur une longueur de 1200 Km environ, elle se limite à trois bassins versant arrangés de l'est à l'ouest : Côtiers Constantinois (BV03), Côtiers Algérois (BV02) et Côtiers Oranais (BV04) (Figure II.5), avec une superficie totale de 29369 Km² (ANRH, 1988). Cette zone d'étude se trouve entre la latitude 34.89°S et 37.15°N et la longitude 8.75°E et 2.25°O, caractérisée par un climat méditerranéen (un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec).

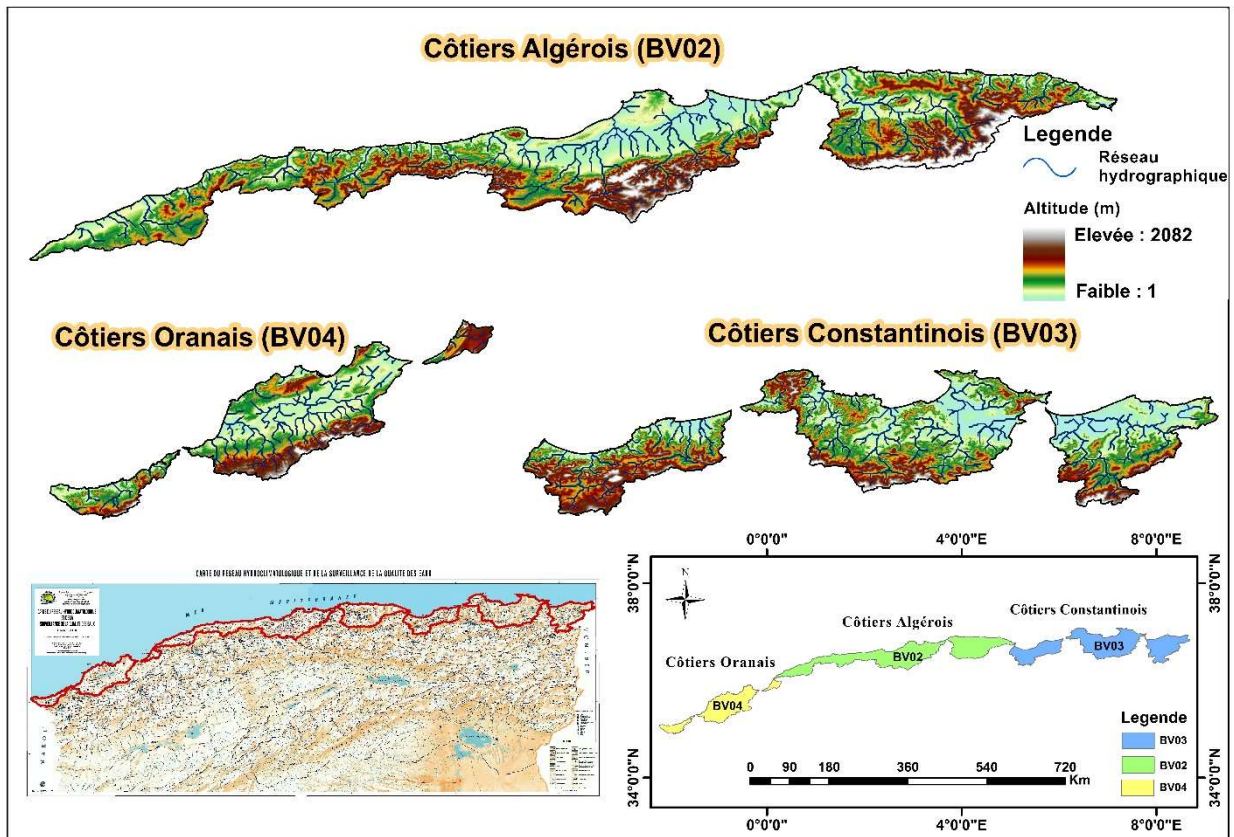


Figure II.4. Situation géographique du trois bassins de littoral Algérien

II.2.1. Côtiers Algérois (BV02)

Le bassin des Côtiers Algérois (BV02) représente 0.5% de la superficie totale de l'Algérie, il s'allonge sur 500 Km de Béjaïa jusqu'à Mostaganem avec une largeur moyenne de 24 Km, d'où il tient sa grande diversité climatique, géomorphologique, géologique, pédologique, topographique, ...etc. (Ammari, 2012).

II.2.1.1. Situation géographique du BV02

Le bassin des Côtiers Algérois (BV02) occupe une grande partie du centre du littoral Algérien avec une superficie de 11972 Km² (ANRH, 1988). Il s'inscrit entre les longitudes 0°07'48"- 5°06'54"E et les latitudes 36°01'48"- 36°55'30"N. Ce bassin est borné au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par le bassin des Côtiers Constantinois, au Sud par le bassin de la Soummam, Isser et le Chélif qui le limite également à l'Ouest (Figure II.3). Il est découpé par l'(ANRH, 2008) en 20 sous-bassins comme l'illustre la figure suivante :

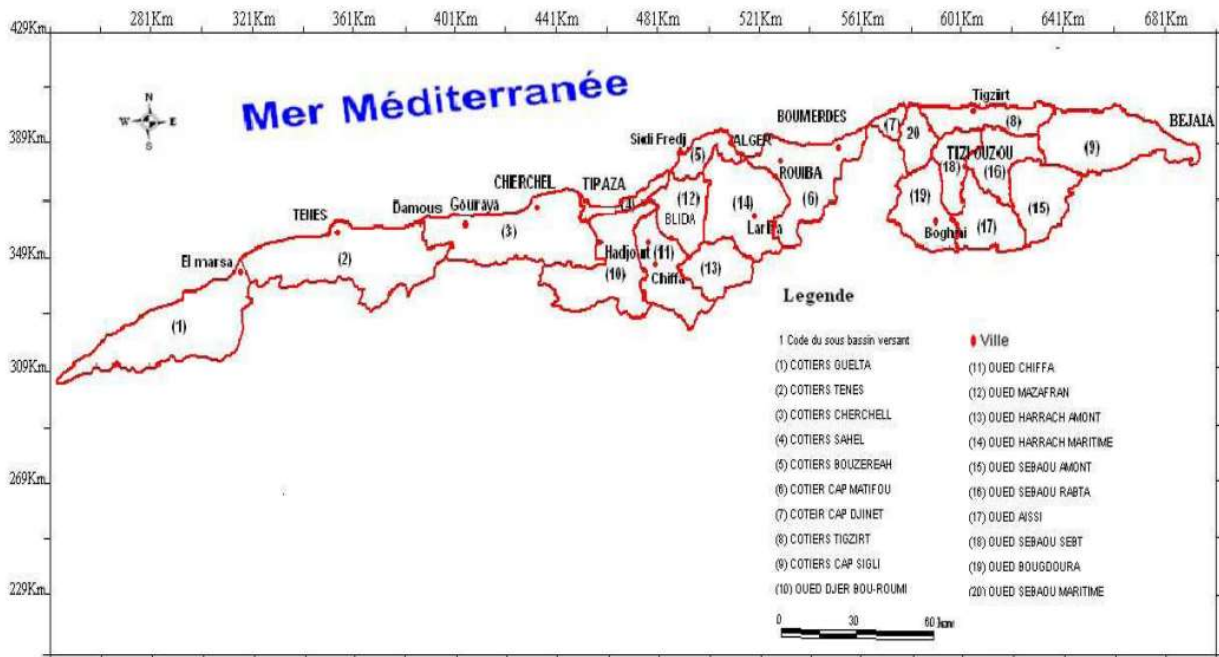


Figure II.5. Découpage du bassin hydrographique BV02 en sous bassins (extrait) (Ammari, 2012)

II.2.1.2. Topographie du BV02

La topographie du bassin versant (BV02) est caractérisée par une importante chaîne montagneuse qui sont considérées comme une frontière sud, appelée Atlas Tellien où les altitudes dépassent 1000 m, comme le Chréa (le refuge 1550 m) et le Djurdjura (2308 m à Lalla Khedidja) (Ammari, 2012). Les altitudes à l'Ouest sont plus faibles qu'à l'Est avec des Altitude de plus de 700 m pour les hauteurs du Côtier Cherchell, ou 400 m pour les montagnes du Côtier Ténès. Ces chaînes montagneuses occupent la quasi-totalité de la surface où les plaines couvrent moins de 20% de cette superficie et certainement la plus importante est la Mitidja avec ces 1400 Km² de moins de 100 m d'Altitude. Le reste des plaines forme une mince bande le long de la côte (Ammari, 2012).

II.2.1.3. Climatologie du BV02

Le climat de ce bassin est un climat de type méditerranéen, pluvieux en hiver, sec en été avec une pluviométrie moyenne interannuelle d'une durée de 25 ans varie de 532 mm à 950 mm (Meddi & Meddi, 2007), sauf que l'Est est plus pluvieux que l'Ouest qui tend vers d'un climat semi-aride (Ammari, 2012). Cette variabilité climatique spéciale par rapport aux autres régions de l'Algérie est à cause des plusieurs effets comme la distance à la mer, la forme du relief montagneux très accidenté et l'effet d'altitude.

La direction dominante des vents humides est le nord-ouest, donc les stations coïncidant avec cette direction sont les plus arrosées (Meddi & Meddi, 2007).

Pour la température, le bassin est caractérisé par un climat assez doux. En raison de la présence des plans d'eau des barrages, l'humidité de la région augmente considérablement, elle est plutôt moyenne à élevée dans les zones montagneuses où le couvert végétal est assez dense (dans le Sébaou surtout sur les maquis assez hauts, la densité diminue en se dirigeant vers l'Ouest) (Ammari, 2012).

II.2.1.4. Hydrographie du BV02

Le réseau hydrographique du bassin Côtiers Algérois offre une importante potentialité en eau de surface. Il compte 22 Oueds principaux tel que le grand Sebaou, El Harrach, le Mazafran, el Hachem, Damous...etc , totalisant une longueur de 818 Km, variant entre 13 et 97 Km (Rezak, 2014 ; Ammari, 2012).

Le tableau ci-dessous décrit les 22 stations hydrométriques existantes dans le bassin BV02 avec les caractéristiques de forme des sous bassins drainés par les oueds qui les traversent et ce d'après l'ANRH.

Tableau II.2. Stations hydrométriques existantes dans le bassin Côtiers Algérois

Stations hydrométriques	Code	Date mis en service	X (Km)	Y (Km)	Oued	Surface (Km ²)	Périmètre (Km)	Coefficient de compacité	Pente
Sidi Akacha	20207	1905	371.24	347.17	Allalah	295.00	89.59	1.46	0.02
B. Ghobrini	20301	1905	459.44	356.61	EL Hachem	218.00	80.00	1.52	0.03
Hdjout	20318	1905	477.36	352.57	Bourkika	79.00	52.32	1.65	0.02
Keddara II.	20609	1905	565.69	366.86	Boudouaou	93.00	40.47	1.18	0.03
Pont D9	20629	1905	0.00	0.00	Hamiz	0.00	0.00	0.00	0.00
Azzefoun RN	20808	1905	649.37	395.34	M'Létat	33.00	28.45	1.39	0.06
Berkhessa	21001	/	492.59	334.20	Djer	152.00	62.20	1.41	0.02
Tarzoult	21002	/	492.59	337.33	Bouroumi	219.00	74.00	1.40	0.02
Bouroumi	21005	1905	492.59	339.83	Bouroumi	240.00	83.00	1.50	0.02
Boumedfaa	21006	1905	471.43	338.09	Djer	339.00	88.09	1.34	0.02
EL Afroun	21007	1905	474.61	339.83	Djer	388.00	108.00	1.54	0.02
Attatba	21011	1905	487.67	347.28	Bouroumi	680.00	157.00	1.69	0.01
Les Gorges	21126	1905	512.48	333.77	Chiffa	312.00	88.52	1.40	0.02
Fer a Cheva	21201	1905	492.18	349.61	Mazafran	1899.00	281.00	1.81	0.01
R. Des Pige	21301	1905	527.25	343.99	EL Harrach	388.00	91.94	1.31	0.02
Baraki Pont	21418	1905	532.54	359.59	EL Harrach	966.00	174.00	1.57	0.02
Freha	21605	1905	648.02	386.51	Dis	104.00	50.22	1.38	0.03
RN 30	21715	1905	633.89	362.45	Aissi	431.00	95.47	1.29	0.03
Belloua	21803	1905	645.39	373.11	Sebaou	1496.00	192.00	1.39	0.02
Ain Zaouia	21905	1905	605.40	357.35	EL Hammam	68.00	36.96	1.25	0.04
RN 25	21909	1905	611.56	363.00	Bougourdura	291.00	83.00	1.36	0.03
Baghlia	22001	1905	632.75	372.68	Sebaou	2401.00	242.00	1.38	0.02

Dans ce bassin (BV02), six barrages sont en exploitation : Taksebt, Keddara, Hamiz, Bouroumi, Meurad, Boukourdane (Figure II.7), avec une capacité de 626 Hm³ (d'après l'ANBT). Les informations disponibles sur ces barrages sont consignées dans le tableau II.3.

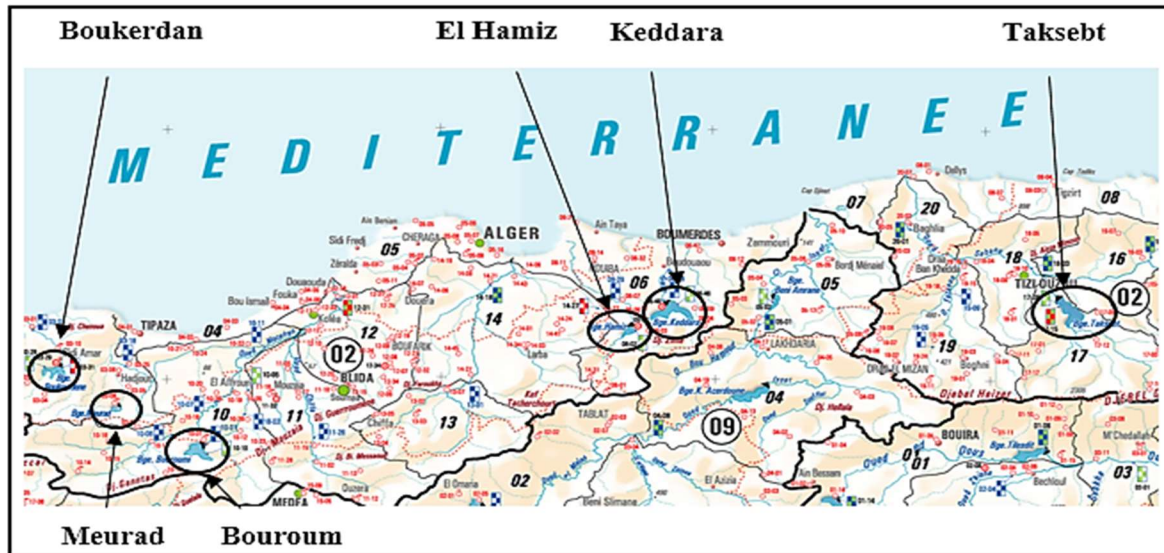


Figure II.6. Localisation des barrages au sein du bassin Côtiers Algérois

Tableau II.3. Informations relatives aux barrages existant dans le bassin Côtiers Algérois (Source ANBT)

Barrage	Wilaya	Oued	Capacité (Hm ³)	Volume Régularisé (Hm ³)	Destination
Taksebt	Tizi Ouzou	Aissi	181.02	180	L'alimentation en eau potable (AEP) et industrielle de la région de Tizi-Ouzou, et assure également un transfert vers la région d'Alger.
Keddara	Boumerdes	Keddara et El Haad	142.39	165	L'AEP de l'agglomération algéroise.
Hamiz	Boumerdes	Reghaïa	15.53	17	Créer un réservoir permettant la régularisation des crues du Hamiz et l'irrigation de la Mitidja orientale.
Bouroumi	Blida /Ain Defla	Bouroumi	181.86	98	L'AEP de Hammam Regha et Boumedfa, à l'irrigation de l'Ouest de la Mitidja et, depuis peu, au transfert des eaux du barrage Ghib pour l'alimentation complémentaire d'Alger.
Meurad	Tipaza	Boudjabroun	0.2	1	L'irrigation des régions de Hadjout.
Boukourdane	Tipaza	El Hachem	105	49	L'AEP de Cherchell, Tipasa et Nador, ainsi qu'à l'irrigation de la vallée de l'Oued el Hachem et des régions de Hadjout et du Sahel.

II.2.2. Côtiers Constantinois (BV03)

II.2.2.1. Situation géographique du BV03

Le bassin versant Côtiers Constantinois (BV03) est situé dans le Nord Est du littoral Algérien, entre les longitudes 4°58'12"- 8°41'24" E et les latitudes 36°18'18"- 37°05'24" N, limité au Nord par la Méditerranée, à l'Est par la frontière Tunisienne, à l'Ouest par la région hydrographique Algérois-Hodna-Soummam et au Sud par les bassins Kebir Rhumel, Seybouse et Medjerda (Figure II.3). Il s'étend sur une superficie totale de 11509 Km² (ANRH, 1988) avec une population de plus d'un million et demi d'habitants selon le recensement 2008, répartie en 132 communes, et dix (10) wilayas, Quatre-vingt-huit (88) commune sont entièrement incluses dans le bassin et quarante-quatre (44) partiellement. Les agglomérations de Jijel, Skikda et El Kala sont les principales villes du bassin (ABH-CSM, 2004-2007).

Ce bassin compte dix-huit sous bassins incluses dans trois zones qui sont :

- Côtiers Constantinois Ouest (2424 Km²) ;
- Côtiers Constantinois Centre (5582 Km²) ;
- Côtiers Constantinois Est (3203 Km²).

II.2.2.2. Topographie du BV03

Le territoire de ce bassin est situé dans une zone à faible altitude qui ne dépasse pas 400 m avec une pente inférieur ou égal à 5% dans la partie Est et supérieure à 35% dans la partie centre et Ouest où se trouvent les fortes déclivités. Ce bassin comprend les plaines de Tichy et l'extension des Babors au niveau du bassin des Côtiers Constantinois Ouest, et les massifs de Cap Bougaroune et de Skikda, Jijel et de l'Edough, ainsi que les plaines du Collo et d'Azzaba au niveau des Côtiers Constantinois Centre. On distingue sur le côté Est de ce bassin les plaines d'Annaba d'Oum Tboul et celles d'El Tarf (Abdeddaim, 2018).

II.2.2.3. Climatologie du BV03

Ce bassin est caractérisé par un climat humide notamment à l'Ouest (de Bejaia jusqu'à Skikda) et la wilaya de Tarf, et un climat Sub-humide sur la chaîne intérieure de l'Atlas Tellien, et les plaines de Gerbez et Annaba (Abdeddaim, 2018).

La pluviométrie croit du Sud au Nord et de l'Ouest vers l'Est, elle varie en moyenne interannuelle de 650 mm à 1200 mm. Le bassin des Côtiers Constantinois Centre est le plus arrosé, les précipitations atteignent parfois 1800 mm. Pour l'ensemble du bassin des Côtiers Constantinois, il existe quarante-cinq (45) stations pluviométriques et douze (12) stations hydrométriques suivies par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (l'ANRH).

L'évapotranspiration moyenne annuelle selon la méthode de Thornthwaite, sur la période 1910-1993 est de 1370 mm à Jijel et de 1369 mm à Skikda et sur la période 1962-1990 est de 1370 mm à El Kala (Selon P.N.E) (ABH-CSM, 2004-2007).

II.2.2.4. Hydrographie du BV03

Le bassin des Côtiers Constantinois comprend dix-huit sous bassins versants dont cinq sont situés au niveau du Côtiers Constantinois Est, neuf font partie du Centre et le reste dans la partie Ouest. Le réseau hydrographique est très ramifié et très dense (Abdeddaim, 2018) sur une longueur totale de plus de 2000 Km dont le plus important est celui de Djendjen ayant une longueur d'environ 70 Km (Rezak, 2014).

Les principaux oueds existants sont : Oued Mafragh, Oued Kebir, Oued Bounamoussa, l'Oued Saf-Saf, Oued Guebli, Oued Djendjen et Oued Agrioun. L'exutoire de ces oueds est la mer méditerranée (Abdeddaim, 2018).

Le tableau suivant présente neuf stations hydrométriques avec les caractéristiques de forme de leurs sous bassins drainés par les oueds y passant, selon l'ANRH.

Tableau II.4. Stations hydrométriques existantes dans le bassin Côtiers Constantinois

Stations hydrométriques	Code	Date mis en service	X (Km)	Y (Km)	Oued	Surface (Km ²)	Périmètre (Km)	Coefficient de compacité	Pente
EL M'kaceb	30310	1905	772.97	389.32	EL Kantara	21.00	19.72	1.20	0.03
Chedia	30334	1905	777.61	381.12	EL Agrème	40.00	28.07	1.24	0.04
Oued Missa	30408	1905	763.70	367.81	Djendjen	317.00	96.00	1.51	0.02
Guenitra	30701	1905	846.69	379.77	Fessa	202.00	64.17	1.26	0.04
S. Mezrich	30702	1905	857.04	377.78	Khenga	100.00	50.82	1.42	0.02
Khemakhem	30901	1905	874.93	363.62	Saf - Saf	321.00	100.28	1.57	0.03
Ain Charcha	31101	1905	905.78	384.69	Kebir – Ouest	1128.00	180.00	1.50	0.02
Zit Emba	31102	1905	909.26	374.00	Hammam	486.00	113.49	1.44	0.02
Ain El Asse	31601	1905	1014.67	390.27	Kebir Est	656.00	137.40	1.50	0.02

Le bassin des Côtiers Constantinois possède neuf barrages en exploitation qui sont : Ighil Emda, Agrem, Erraguene, Guenitra, BeniZid, Zardezas, Zit Emba, Cheffia et Mexa avec une capacité de 798.8 Hm³ selon l'ANRH. Il compte vingt-six retenues collinaires avec une capacité de 2.752 Hm³ (Rezak, 2014).

La figure II.7 représente la situation des barrages en exploitation.

Les informations disponibles sur ces barrages sont consignées dans le tableau II.5.

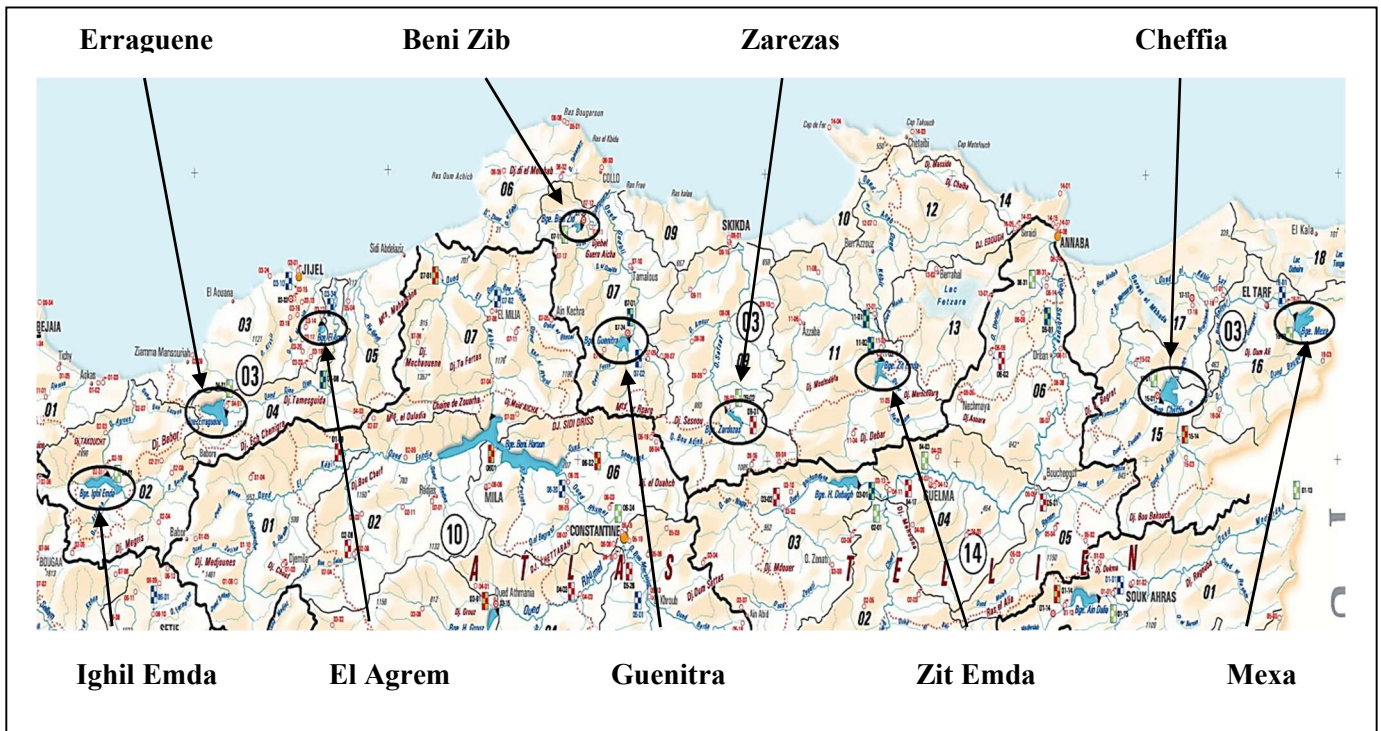


Figure II.7. Localisation des barrages au sein du bassin Côtiers Constantinois

Tableau II.5. Informations relatives aux barrages existant dans le bassin Côtiers Constantinois (Source ANBT)

Barrage	Wilaya	Oued	Capacité (Hm ³)	Volume Régularisé (Hm ³)	Destination
Mexa	El Tarf	Bougous	30.27	37	L'alimentation en eau potable (AEP) des villes de Annaba, El-Tarf et El Kalaâ.
Cheffia	El Tarf	Bouamoussa	158.83	95	(AEP) et industrielle de la région de Annaba, ainsi que l'irrigation du périmètre de Bouamoussa.
Zit Emba	Skikda	Hamman	116.59	43,4	(AEP) de Skikda et l'irrigation des plaines de Ben-Azzouz, Azzaba et des zones avoisinantes.
Zardezas	Skikda	Saf-Saf	16.86	32	(AEP) et industrielle de la région de Skikda, ainsi qu'à l'irrigation des terres situées à l'aval du barrage.
Guenitra	Skikda	Fessa	117.82	48	(AEP) et en eau industrielle de la ville de Skikda et l'irrigation de 5.650 Ha de périmètre agricoles dans la vallée de Saf-saf et dans la plaine de Medjez-Edchich.
Beni Zid	Skikda	Beni Zid	39.39	20	(AEP) de la population de Collo et l'irrigation des terres de la plaine de Collo.
El Agrem	Jijel	El Agrem	33.04	21	(AEP) et industrielle de la ville de Jijel et l'irrigation d'environ 6.500 Ha de périmètres agricoles situés à l'aval.
Erraguene	Jijel	Djendjen	184	110	Production d'énergie électrique.
Ighil Emda	Béjaia	Agrioun	102	180	Production d'énergie électrique.

Les ressources potentielles superficielles du Côtier Constantinois selon le Plan National de l'Eau atteignent 1291.96 Hm³/an dont le Côtier Ouest présente 574.55 Hm³ /an. Quant aux potentialités en eau souterraine, elles sont totalisées à 103.7 Hm³ /an et 174 Hm³/an. Les différentes nappes constituant cette potentialité sont les nappes côtières (Jijel, Guerbez et Bouteldja) et la vallée de Safsaf (Rezak, 2014).

II.2.2.5 Couvert végétal du BV03

La région est couverte par des maquis arborés au niveau de l'Atlas Tellien. Le reboisement se disperse sur quelques surfaces forestières (Chêne, liège) localisées dans la bande des monts côtiers de Bejaia, Jijel, Skikda, Annaba et El-Kala (Abdeddaim, 2018).

Les cultures maraîchères, cultures industrielles et arboriculture, sont les principales spéculations des secteurs irrigués. L'irrigation est de type mixte (gravitaire et aspersion) selon le type de culture (ABH-CSM, 2004-2007).

II.2.3. Côtiers Oranais (BV04)

II.2.3.1. Situation géographique du BV04

Le bassin hydrographique Côtiers Oranais (BV04) est situé dans le Nord-Ouest de littoral Algérien entre les longitudes 0°18'18"E -2°12'54"O et les latitudes 34°53'42"-36°01'48"N sur une superficie de 5831 Km² (ANRH, 1986), soit 8% de la superficie totale de la région hydrographique Oranie-Chott Chergui. Il est limité au Nord par la mer Méditerranée, au sud par les bassins de la Tafna et la Macta, à l'Ouest par le Maroc et à l'Est par le grand Bassin Chélif (Figure II.3). Ce bassin est réparti sur six (06) wilayas (Oran et Ain Timouchent sont entièrement incluses dans le bassin et Mascara, Tlemcen, Mostaganem, Sidi Bel Abbas partiellement incluses) avec une population de 2.247.832 habitants selon le recensement général 2008. Il regroupe trois bassins (source ABH) :

- Côtiers Oranais Est ;
- Côtiers Oranais Centre ;
- Côtiers Oranais Ouest.

Ces derniers sont composés de cinq sous bassins : Côtiers Ghazaouet, Côtiers Ain Temouchent, Côtiers les Andalouses, Sebkhia d'Oran, Sebkhia d'Arzew, Côtiers Mostaganem (Mehaiguene, 2017).

II.2.3.2. Topographie du BV04

Le bassin versant des Côtier Oranais a une topographie moins accidentée par rapport aux deux autres bassins où l'altitude ne dépasse pas 100 m au niveau de la plaine d'Oran (Meddi, 2014) dont l'altitude maximale varie de 1061 m (Monte de Tessala) à 1021m (Monte de Traras) et une altitude minimale de 15 m (au niveau de la frange côtière) (source ABH).

II.2.3.3. Climatologie du BV04

Le Bassin des Côtiers Oranais est caractérisé par un climat avec deux saisons prédominantes. Du mois d'octobre à mai, une saison humide règne des précipitations relativement irrégulières, l'autre saison sèche s'étale du mois de juin à septembre avec de faibles précipitations. Les vents généralement peu humides caractérisent le régime climatique de ce bassin (Baghli & Bouanani, 2016).

Ce bassin est caractérisé par une faible pluviométrie qui varie de 302 mm (enregistré à la station de Marsa Ben Mhidi, littoral extrême Ouest) à 398 mm (enregistré à la station de Hammam Bouhadjar) (Meddi, 2014).

La température moyenne mensuelle varie de 12 à 26.6 °C (Baghli & Bouanani, 2016).

II.2.3.4. Hydrographie du BV04

Le réseau hydrographique de ce bassin présente plusieurs Oueds dont les principaux sont :

- Oued Tine qui prend son origine de l'oued Sirat dans un terrain argileux jusqu'aux marais de la Macta et Oued Ain Sefra qui prend sa source dans la zone Est de la ville de Mostaganem.
- Oued d'El Maleh qui prend sa naissance des hauteurs des monts des Tessala avec deux principaux affluents : Oued Meteguer et Oued Senane.
- Oued Marsa qui dévale des monts des Traras (1021 m d'altitude) et débouchent directement dans la mer.

Le bassin Côtier Oranais Centre abrite la sebkha d'Oran qui est une dépression salée de type sublittoral endoréique et les salines d'Arzew (5.778 ha) (Rezak, 2014).

Le bassin des Côtiers Oranais possède trois stations hydrométriques présentées dans le tableau suivant selon l'ANRH :

Tableau II.6. Stations hydrométriques existantes dans le bassin Côtiers Oranais

Stations hydrométriques	Code	Date mis en service	X (Km)	Y (Km)	Oued	Surface (Km ²)	Périmètre (Km)	Coefficient de compacité	Pente
Ghazaouet	40101	1969	93.77	201.23	Tlata	95.00	45.09	1.30	0.08
Turgo Nord	40220	1974	159.62	230.97	Mellah	715.00	159.83	1.67	0.01
CW 18	40403	1972	179.17	225.42	Besbes	107.00	63.24	1.71	0.02

II.2.3.5. Couvert végétal du BV04

Le couvert végétal de ce bassin est lié aux principaux paramètres naturels qui sont : le relief, la géologie du terrain, le climat et le facteur humain. Il englobe les forêts, les maquis, les maquis arborés et les zones de reboisement (Felih, 2014).

II.3. La base de données pluviométriques

Plusieurs méthodes statistiques sont fortement liées à la disponibilité et à la qualité des données. Dans cette étude, les données pluviométriques recueillies comprennent les pluies maximales journalières annuelles (P_{jmax}) des 140 stations pluviométriques au sein des trois bassins du littoral Algérien réparties en : 81 stations au sein du bassin Côtiers Algérois (BV02), 34 stations au sein du bassin Côtiers Constantinois (BV03) et 25 stations au sein du bassin Côtiers Oranais (BV04) (Figure II.9). Ces données pluviométriques ont été recueillies sur une période de 21 ans à 101 ans, avec une moyenne de 45 ans. Elles ont été recueillies auprès de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), sous forme de tableaux de séries de valeurs des pluies maximales journalières en mm par station pluviométrique.

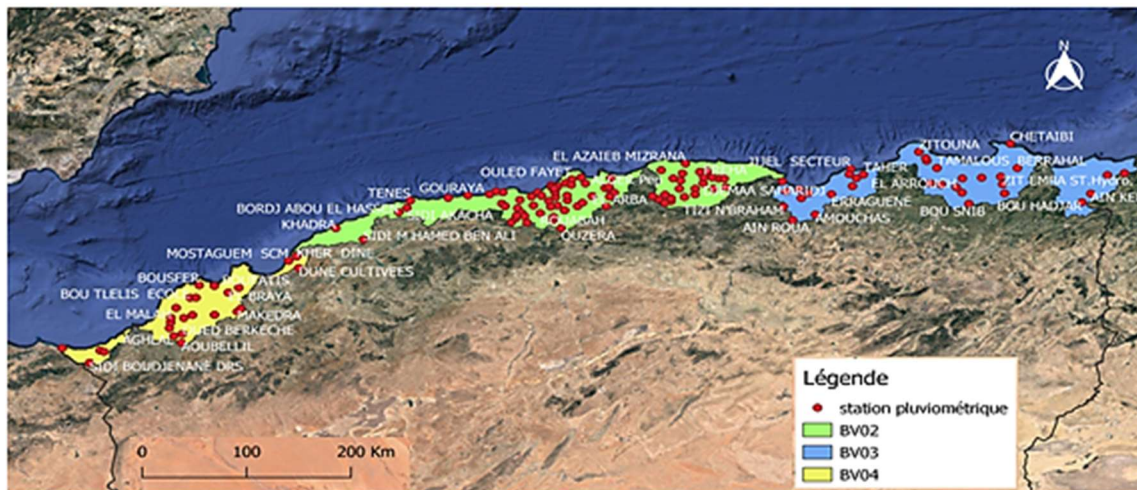


Figure II.8. La répartition des stations pluviométriques au sein des bassins du littoral Algérien

Le tableau suivant récapitule à titre d'exemple la liste des stations pluviométriques et leurs caractéristiques associées à savoir les noms des stations, leurs codes (St), leurs emplacements (latitudes, longitudes et altitudes), les années de mesures, les tailles des séries (N) ainsi que leurs moyennes arithmétiques (\bar{P}_N) qui oscillent entre 37.75 et 113.27 mm.

Tableau II.7. Les stations pluviométriques et leurs caractéristiques associées dans les trois bassins versant du littoral Algérien

Bassin	Noms des Stations	St	Longitude (°)	Latitude (°)	Altitude (m)	\bar{P}_N (mm)	Années de mesures	N
Côtiers Algérois	KHADRA	S1	0.57	36.25	117.80	47.05	1967-2010	36
	SIDI M'HAMED	S2	0.85	36.14	402.40	43.76	1950-2010	33
	BORDJ ABOU EL	S3	1.21	36.41	240.24	61.91	1954-2012	34
	DAMOUS	S4	1.70	36.55	70.23	54.55	1954-2012	44
	TENES	S5	1.32	36.52	108.00	58.83	1937-2012	63

Côtiers Constantinois	BOU KHELIFA	S67	5.12	36.61	401.74	70.76	1969-2011	39
	CAP AOKAS	S68	5.25	36.63	94.59	75.54	1969-2011	39
	DOMAINE DEHAS	S69	5.08	36.71	33.94	61.92	1969-2011	39
	BORDJ MIRA	S70	5.27	36.55	490.58	113.27	1964-2010	23
	AMOUCAS	S71	5.41	36.39	859.74	49.49	1915-2011	74

Côtiers Oranais	GHAZAOUET EL	S95	-1.81	35.06	165.64	56.27	1971-2011	39
	SIDI BOUDJENANE	S96	-1.92	34.94	521.71	56.73	1952-2011	46
	MARSA BEN	S97	-2.20	35.08	76.96	49.75	1947-2011	55
	DAR BENCHERKI	S98	-1.77	35.05	209.22	47.68	1974-2011	34
	AOUBELLIL	S99	-0.99	35.14	611.50	48.16	1952-2008	37

La suite du tableau est représentée dans l'annexe N°1.

II.3.1. Traitement des données pluviométriques

L'analyse fréquentielle repose sur la validité de certaines hypothèses statistiques pour lesquelles les données au niveau des stations sont considérées comme des variables aléatoires, indépendantes (sans tendances ni autocorrélations) et identiquement distribuées (homogènes et stationnaires).

L'hypothèse d'homogénéité des séries P_{jmax} aux différentes stations sera réalisée par les tests non paramétriques de Wilcoxon-Mann-Whitney (Wilcoxon, 1945 ; Mann and Whitney, 1947) en outre les dates de rupture probables seront détectées par le test de Pettitt (Pettitt, 1979). Pour vérifier le caractère aléatoire des séries de données, le test non paramétrique de Wald-Wolfowitz (Wald and Wolfowitz, 1940) sera adopté. Ce test sera suivi d'un examen ou d'une vérification d'autocorrélation pour se rassurer de l'indépendance. La stationnarité (la tendance) sera vérifiée à l'aide du test non paramétrique Mann-Kendall (MK) (Mann, 1945 ; Kendall, 1975) tel qu'il est recommandé par l'Organisation Météorologique Mondiale (WMO, 1988). En plus de ce qui précède, le test de Tukey (1977) sera appliqué pour détecter les valeurs aberrantes.

Ces tests ont été effectués au niveau significatif de $\alpha = 0.05$ pour toutes les séries de P_{jmax} aux différentes stations.

II.3.1.1. Hypothèse d'homogénéité : test de Wilcoxon-Mann-Whitney et test de rupture de Pettit

On parle d'homogénéité d'une série de données statistique lorsque les éléments qui la constitue proviennent de la même population. En autre terme, les données sont toujours acquises dans les mêmes conditions, il n'y a pas un phénomène extraordinaire qui les modifier.

- **Le test de Wilcoxon-Mann-Whitney**

Le test de Wilcoxon-Mann-Whitney est le plus courant des tests non paramétriques, qui permet de tester l'hypothèse selon laquelle la distribution des données est identiques dans deux groupes (même forme, même variabilité). Il repose sur la notion de rangs, c.-à-d. il est substitué aux valeurs leur numéro d'ordre dans l'ensemble des données. Ce teste recouvre deux formulations, le test de Mann-Whitney (ou test U de Mann-Whitney) d'une part et le test de Wilcoxon (ou la somme des rangs de Wilcoxon) d'autre part, ils sont totalement équivalents (Rakotomalala, 2008 ; Rousson, 2013).

Historiquement, Frank Wilcoxon a été le premier à publier une version de ce test en 1945 pour deux échantillons de même taille, avant l'article conjoint de Henry Berthold Mann et Donald Ransom Whitney publié en 1947, qui généralisèrent le test aux cas de deux échantillons de tailles différentes (Rousson, 2013).

Le test U de Mann-Whitney calcule une p-value qui se base non pas sur les données brutes, mais sur leurs rangs. Les rangs en question correspondent à l'emplacement de chaque donnée au sein de la série lorsque cette série est ordonnée par ordre croissant. Les distributions des rangs sont beaucoup moins affectées par l'existence de valeurs extrêmes que ne le sont les distributions des valeurs brutes.

Le test de Mann-Whitney peut se baser sur une métrique W (en lien avec la dénomination « test de Wilcoxon ») qui correspond à :

$$W = W_A = \sum_{i=1}^n 1_A R_i - n_A(n_A + 1)/2 \quad (2.1)$$

On peut aussi définir W_B :

$$W = W_B = \sum_{i=1}^n 1_B R_i - n_B(n_B + 1)/2 \quad (2.2)$$

La notation $\sum_{i=1}^n 1_A R_i$ correspond simplement à la somme des rangs des individus du groupe A.

La notation $\sum_{i=1}^n 1_B R_i$ correspond simplement à la somme des rangs des individus du groupe B.

Les nombres $n_A(n_A + 1)/2$ et $n_B(n_B + 1)/2$ correspondent en fait à ce que serait la somme des rangs si tous les individus du groupe A (respectivement B) avaient les rangs $1, 2, 3, \dots, n_A$ (respectivement $1, 2, 3, \dots, n_B$).

Alternativement, on pourrait considérer la métrique U (en lien avec la dénomination « test U de Mann-Whitney ») qui correspond à :

$$U = \min(W_A, W_B) \quad (2.3)$$

Cette métrique est quant à elle d'autant plus faible que l'un ou l'autre des groupes présente des rangs bas.

En l'occurrence, par construction on a toujours :

$$W_A + W_B = n_A n_B \quad (2.4)$$

La distribution empirique de W nous permet de calculer la p-value correspondant au test de l'hypothèse si les deux groupes A et B proviennent ou non de la même population, c'est-à-dire vérifier au seuil de 5% si l'échantillon (la série) formé par A et B est homogène ou non. Si la p-value est supérieure à 0,05, la série est homogène et vice versa.

- **Test de rupture de Pettitt**

Une « rupture » peut être définie par un changement dans la distribution de probabilité, à un instant donné le plus souvent inconnu, des variables aléatoires dont les réalisations successives définissent les séries chronologiques étudiées. Les méthodes de détection de ruptures permettent de détecter un changement dans la moyenne de la variable traitée dans la série (Lubes et al., 1994). A l'exception de l'approche de Pettitt, elles supposent un non-changement de la variance de la série étudiée (Paturel et al., 1996).

Le test de Pettitt (Pettitt, 1979), est un test non paramétrique couramment appliquée pour détecter un seul point de changement dans les séries hydrologiques ou climatiques avec des données continues (Pohlert, 2015). Ce test est aussi basé sur la notion de rangs, dérive du test de Mann & Whitney, il est souvent utilisé pour détecter des changements dans les extrêmes en raison du manque d'hypothèses de répartition.

Les rangs r_1, \dots, r_n des individus x_1, \dots, x_n sont utilisés dans la statistique :

$$U_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n+1); k = 1, \dots, n \quad (2.5)$$

La statistique du test est le maximum de la valeur absolue du vecteur :

$$U^* = \max |U_k| \quad (2.6)$$

Une p-value correspondante est calculée, si elle est supérieure à 0,05, l'absence de rupture dans la série donc elle est homogène et vice versa. L'estimation de la date de rupture est donnée par le rang k définissant le maximum en valeur absolue de la variable U_k (Paturel et al., 1996).

II.3.1.2. Hypothèse du caractère aléatoire : Test de Wald-Wolfowitz

Le test de Wald-Wolfowitz (Wald & Wolfowitz, 1940), nommé d'après Abraham Wald et Jacob Wolfowitz, tous deux des statisticiens connus. C'est un test statistique non paramétrique qui vérifie l'hypothèse aléatoire ou non aléatoire pour une séquence de données (séries chronologiques par exemple).

Soit x_1, x_2, \dots, x_n dénote les données échantillonnées, puis la statistique du test de Wald-Wolfowitz est calculée comme suit :

$$R = \sum_{i=1}^{n-1} x_i x_{i+1} + x_1 x_n \quad (2.7)$$

La valeur attendue de R est :

$$E(R) = \frac{s_1^2 - s_2}{n-1} \quad (2.8)$$

La variance attendue est :

$$V(R) = \frac{s_2^2 - s_4}{n-1} - E(R)^2 + \frac{s_1^4 - 4s_1^2 s_2 + 4s_1 s_3 + s_2^2 - 2s_4}{(n-1)(n-2)} \quad (2.9)$$

Avec :

$$S_t = \sum_{i=1}^n x_i^t, t = 1, 2, 3, 4 \quad (2.10)$$

Pour $n > 10$, la statistique du test est normalement distribuée, avec :

$$Z = \frac{R - E(R)}{\sqrt{V(R)}} \quad (2.11)$$

Si la statistique est inférieure à **1.96**, les séries sont aléatoires au seuil de 5%.

II.3.1.3. Hypothèse de tendance (stationnarité) : Test de Mann-Kendall

On dit que les observations composant une série sont "stationnaires" si leurs caractéristiques statistiques (Moyenne, variance etc.) ne change pas au cours du temps.

- **Test de Mann-Kendall**

Le test non-paramétrique de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) permet d'étudier la présence ou l'absence de tendance dans une série chronologique donnée (Fossou et al., 2015). Il est très répandu dans l'analyse climatologique et hydrologique des séries temporelles ; comme il est simple et robuste, il peut faire face aux valeurs manquantes et des valeurs inférieures à la limite de détection (Gavrilov et al., 2016).

En vue de la détermination de la présence d'une tendance dans une série chronologique, l'hypothèse nulle (H_0) du test de Mann-Kendall consiste à supposer que les données proviennent d'une population où les variables aléatoires sont indépendantes et identiquement distribuées. L'hypothèse alternative (H_a) est que les données suivent une tendance monotone dans le temps. La statistique du test de Mann-Kendall est donnée comme suit (Timea et al., 2017) :

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (2.12)$$

Où $j > k$ et $k = 1, 2, \dots, n-1, j = 2, 3, \dots, n$ et n est le nombre de données.

$\text{sgn}(x_j - x_k)$ est calculé comme suit :

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{si } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{si } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{si } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2.13)$$

Selon Kendall (1975), la statistique S est asymptotiquement distribuée suivant une distribution normale de moyenne zéro et de variance $\text{var}(s)$:

$$var(s) = \frac{\{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5)\}}{18} \quad (2.14)$$

Où g est le nombre de groupes liés dans l'ensemble de données, t_p est le nombre de données dans le p ième groupe lié, n est le nombre de données dans la série chronologique.

Une valeur positive de S signifie qu'il y a une tendance à la hausse, mais s'elle est négatif, alors la tendance est à la baisse. Il a été prouvé que sur un nombre de données $n > 10$, la variante normale standard Z peut être utilisée comme pour test d'hypothèse :

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{var(s)}} & \text{si } S > 0 \\ 0 & \text{si } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{var(s)}} & \text{si } S < 0 \end{cases} \quad (2.15)$$

Le niveau de signification $\alpha = 5 \%$ a été utilisé dans un test unilatéral pour le test d'hypothèse. La règle de décision pour effectuer ce test est : si $Z < 1.96$ on rejette H_0 , la série ne présente plus de tendance et vice versa.

II.3.1.4. Détection des valeurs aberrantes : *Méthode de Tukey*

Une valeur aberrante ou extrême est une observation qui s'écarte de manière significative de l'ensemble des données, qui peut être due à des erreurs de collecte ou d'enregistrement des données ou à des causes naturelles. Les valeurs aberrantes basses et hautes sont toutes deux possibles (Endale, 2016). Leur présence provoque un effet négatif sur l'analyse des données ainsi qu'elles peuvent fournir des informations utiles sur les données quand une observation inhabituelle (valeurs atypiques), à une étude donnée, est considérée.

Dans le présent travail les valeurs aberrantes sont détectées en utilisant la méthode de Tukey, connue souvent par la méthode des boites à moustaches.

- *Méthode de Tukey*

La boîte à moustaches où boxplot en anglais qui a été développé par Tukey (1977) est une méthode très utile car elle ne fait aucune hypothèse de répartition et ne dépend pas d'une moyenne ou d'un écart type. Elle est parfois appelée « résumé à cinq valeurs ». Les cinq caractéristiques numériques suivantes sont représentées dans un boxplot :

- le minimum (sans les valeurs extrêmes) ;
- le quantile 25 % : appelé aussi le 1^{er} quartile (Q_1) qui représente le 25^{ème} percentile ;
- le quantile 50 % : appelé aussi le 2^{ème} quartile ou la médiane ;
- le quantile 75 % : appelé aussi le 3^{ème} quartile (Q_3) qui représente le 75^{ème} percentile ;
- le maximum (sans les valeurs extrêmes) (Rousson, 2013).

La gamme interquartile (IQR) est définie comme l'intervalle entre Q_1 et Q_3 .

Tukey (1977) définit :

$$Q_1 - 1.5 * IQR \quad (2.16)$$

$$Q_3 + 1.5 * IQR \quad (2.17)$$

Comme « clôtures ou balises inférieures et supérieures ». Toutes les observations sont alors entre ces clôtures et au-delà ce ne sont que des valeurs considérées aberrantes ou à la limite extrême.

La figure suivante représente un exemple d'une boîte à moustaches.

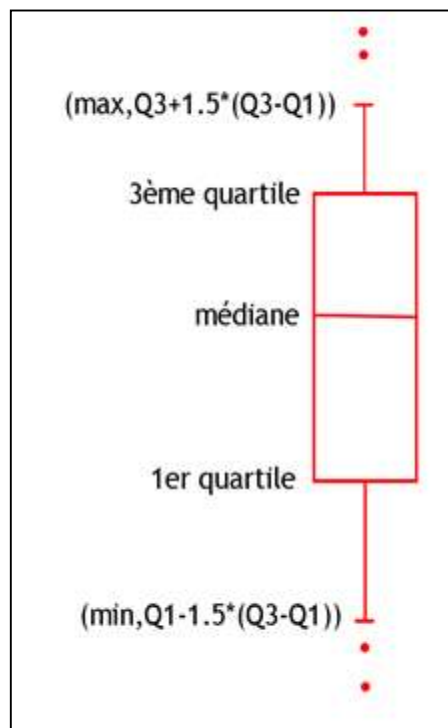


Figure II.9. Exemple d'une boîte à moustaches

II.3.2. Résultats des traitements des données pluviométriques

II.3.2.1. Vérification de l'homogénéité, le caractère aléatoire et la tendance pour les séries pluviométriques Pjmax

Les statistiques de base pour toutes les stations (140 stations), dans les trois bassins versant du littoral, ont été réalisées au seuil de signifiante de 5%. Ces statistiques englobaient la vérification de l'homogénéité des séries pluviométriques par le test de Wilcoxon-Mann-Whitney et Pettitt, le caractère aléatoire des séries est examiné par le test de Wald-Wolfwitz et la tendance dans les données a été vérifiée par le test de Mann-Kendall. Les résultats

numériques et les jugements liés sont consignés dans le [tableau II.8](#) (quelques stations à titre d'exemple et la suite en annexe 2).

Vingt-huit stations doivent être écartées à ce stade d'étude, quinze pour le bassin Côtiers Algérois, six pour les Côtiers constantinois et sept pour les Côtiers Oranais, il s'agit des stations qui ne répondent au moins à une exigence des hypothèses d'analyse fréquentielle par exemple S4 pour la raison de la tendance, S87 non aléatoire, S125 non homogène ...etc. De plus, les valeurs absolues des coefficients d'autocorrélation pour les lag-1 jusqu'au lag-5 n'étaient pas significatives au seuil de 5% (les lignes horizontales en pointillés sont destinées à fournir des valeurs critiques pour tester si les coefficients d'autocorrélation sont significativement différents de zéro mis à part S12, S24...etc). Les résultats sont illustrés par la [figure II.10](#) pour les 140 stations (à titre d'exemple, voir la suite en annexe 3), ainsi on pourrait considérer que les séries des précipitations journalières maximales sont indépendantes du temps. Mis à part les vingt-huit stations écartées, les 112 stations se prêtent bien à une analyse fréquentielle avec les hypothèses requises et sans violations statistiques.

Remarque

Les résultats des tests statistiques sont effectués à l'aide du logiciel R. Son succès provient du fait qu'il est gratuit, compatible avec les systèmes d'exploitation les plus utilisés (Windows, Mac Os, Linux), très puissant, et des documentations sont disponibles en ligne ([Millot, 2018](#)).

Tableau II.8. Résultats des tests d'homogénéité, aléatoire et tendance pour les séries pluviométriques Pjmax au sein du trois bassins du littoral Algérien (à titre d'exemple, voir la suite en annexe 2)

Bassin	Nom de la station	Wilcoxon-Mann-Whitney et Pettitt	Décision	Wald-Wolfwitz	Décision	Man-Kendall	Décision
Côtiers Algérois (BV02)	S1	Wilcoxon-Mann-Whitney W = 189.5, p-value = 0.3928>0.05 Pettitt U* = 105, p-value = 0.5034>0.05	Homogène	ww= 0.3382<1.96	Aléatoire	Z= -0.8856<1.96	Pas de Tendance
	S2	W = 181.5, p-value 0.7697>0.05 U* = 152, p-value = 0.04732<0.05	Homogène	ww=-1.0782<1.96	Aléatoire	Z= -1.6583<1.96	Pas de Tendance
	S4	W 333, p-value 0.03364<0.05 U* = 217, p-value =0.07809>0.05	Homogène au sens de Pettitt	ww= -0.3050<1.96	Aléatoire	Z= -2.3466 >1.96	Tendance
	S5	W= 629, p-value 0.06849>0.05 U* = 344, p-value = 0.1222>0.05	Homogène	ww= 0.5122<1.96	Aléatoire	Z= - 1.5897<1.96	Pas de Tendance

Côtiers Constantinois (BV03)	S82	W = 217.5, p-value = 0.448>0.05 U* = 157, p-value = 0.1759>0.05	Homogène	ww= -0.65784<1.96	Aléatoire	Z= -1.6938<1.96	Pas de Tendance
	S83	W = 189.5, p-value = 1>0.05 U* = 110, p-value = 0.6064>0.05	Homogène	ww=-0.98675<1.96	Aléatoire	Z= 0.1209<1.96	Pas de Tendance
	S85	W = 78, p-value = 0.4865>0.05 U* = 48, p-value = 0.6732>0.05	Homogène	ww= 0.87386 <1.96	Aléatoire	Z= -0.4753 <1.96	Pas de Tendance
	S86	W = 596, p-value = 0.3414>0.05 U* = 377, p-value = 0.2508>0.05	Homogène	ww= -1.1705 <1.96	Aléatoire	Z= 0.84015<1.96	Pas de Tendance

Côtiers Oranais (BV04)	S116	W = 231.5, p-value = 0.2493 > 0.05 U* = 95, p-value = 0.8213 > 0.05	Homogène	ww = 0 < 1.96	Aléatoire	Z = -0.7259 < 1.96	Pas de Tendance
	S117	W = 244, p-value = 0.6604 > 0.05 U* = 129, p-value = 0.7328 > 0.05	Homogène	ww = 0.59643 < 1.96	Aléatoire	Z = 0.0473 < 1.96	Pas de Tendance
	S119	W = 172.5, p-value = 0.3434 > 0.05 U* = 57, p-value = 1.235 > 0.05	Homogène	ww = -1.0449 < 1.96	Aléatoire	Z = -0.1631 < 1.96	Pas de Tendance
	S120	W = 169, p-value = 0.9636 > 0.05 U* = 102, p-value = 0.6024 > 0.05	Homogène	ww = 0 < 1.96	Aléatoire	Z = -0.6801 < 1.96	Pas de Tendance

La figure II.10 suivante illustre les résultats des tests d'autocorrélation des séries Pjmax au sein du bassin du Côtiers Algérois (à titre d'exemple, voir la suite en annexe 3).

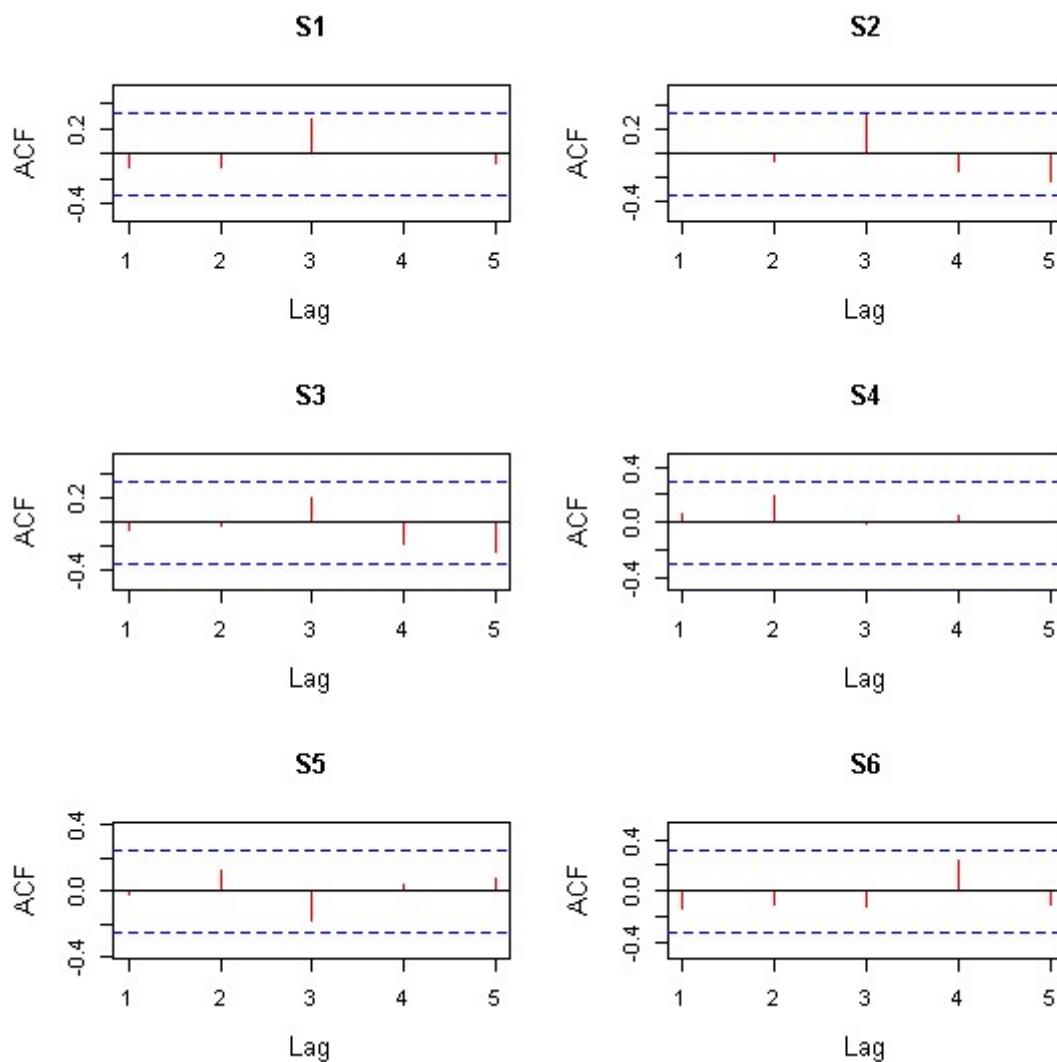


Figure II.10. Les résultats des tests d'autocorrélation des quelques séries Pjmax au sein du bassin du Côtiers Algérois (à titre d'exemple)

II.3.2.2. Vérification des valeurs aberrantes

La vérification des valeurs aberrantes, en anglais (Outliers), pour toutes les séries des pluies maximales journalières a été élaborée par la méthode de Tukey, les résultats sont

consignés dans le [tableau II.9](#) et les figures suivantes ([figure II.11](#), [II.12](#), et [II.13](#)). Ces valeurs aberrantes seront notées pour la suite de cette étude par « Out_Tukey ».

Tableau II.9. Résultats des tests de Tukey d'existence des valeurs aberrantes des séries Pjmax au sein du trois bassins du littoral Algérien (à titre d'exemple, voir la suite en annexe 04)

Bassin	Stations	St	Out_Tukey
Côtier Algérois	KHADRA	S1	3
	SIDI M'HAMED BEN ALI	S2	3
	BORDJ ABOU EL HASSEN	S3	1
	DAMOUS	S4	4
	TENES	S5	4

Côtier Constantinois	BOU KHELIFA	S82	0
	CAP AOKAS COMMUNE	S83	0
	DOMAINE DEHAS TICHI	S84	0
	BORDJ MIRA	S85	0
	AMOUCHAS	S86	4

Côtier Oranais	GHAZAOUET EL BOR	S116	2
	SIDI BOUDJENANE DRS	S117	1
	MARSA BEN M'HIDI	S118	4
	DAR BENCHERKI	S119	1
	AOUBELLIL	S120	0

Malgré la présence de quelque valeur aberrante dans les 140 séries, d'après le test de Tukey, on préfère garder ces valeurs tout en acceptant que ce sont des réalités physiques pour rester dans le contexte de la pluie maximale probable.

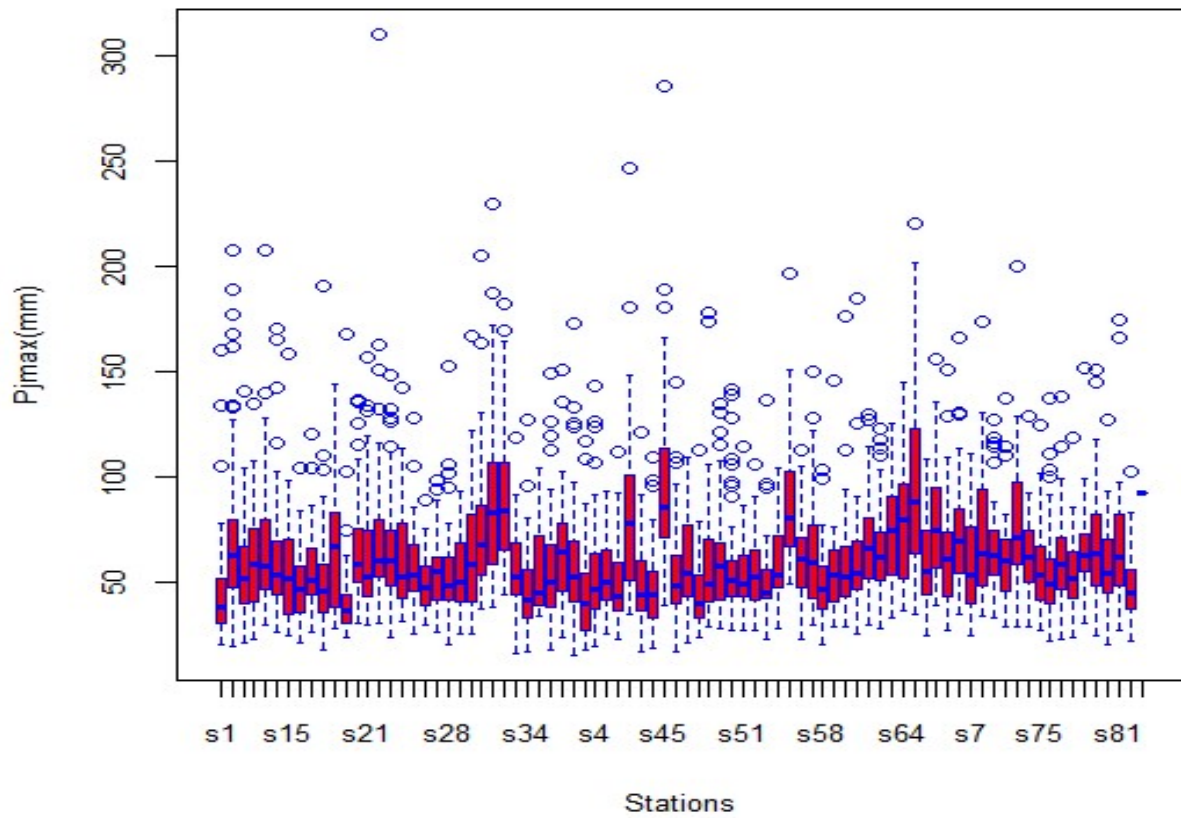


Figure II.11. Boites à moustaches pour les stations du bassin Côtier Algérois

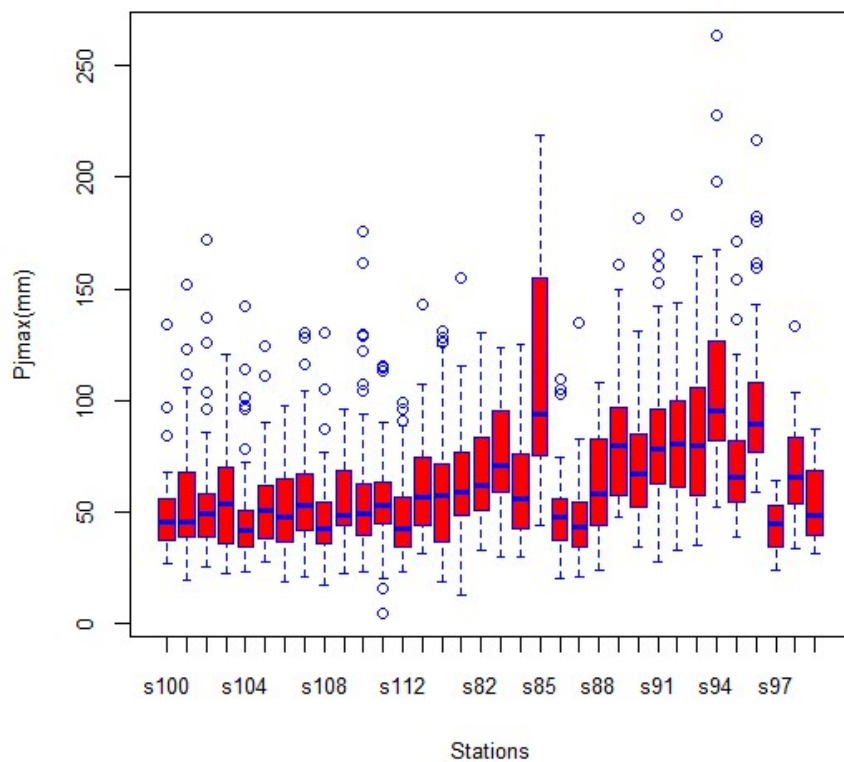


Figure II.12. Boite à moustaches pour les stations du bassin Côtier Constantinois

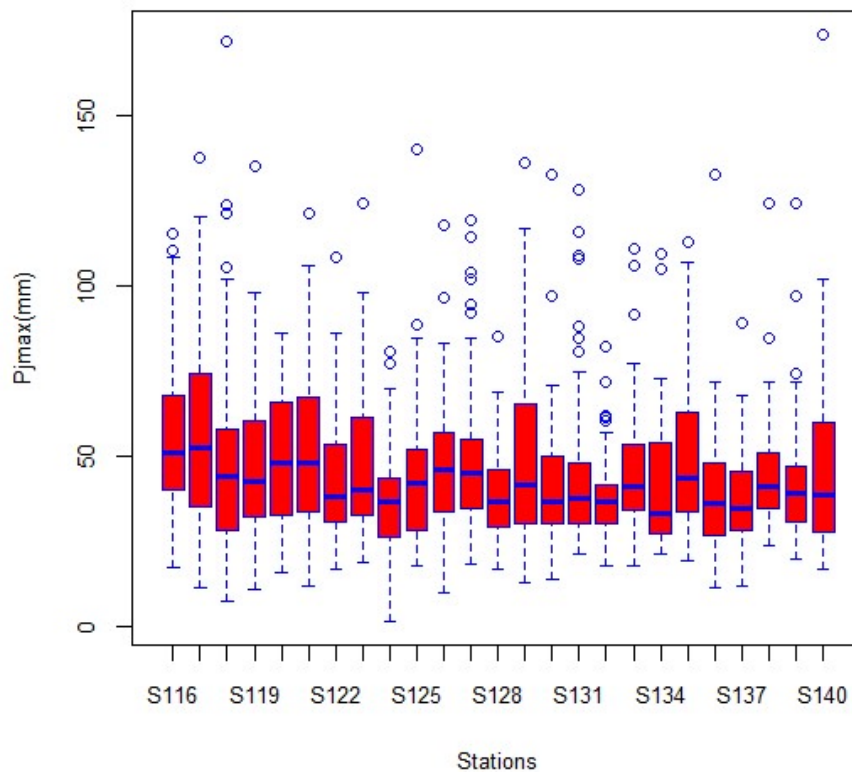


Figure II.13. Boîtes à moustaches pour les stations du bassin Côtier Oranais

II.4. Conclusion

Le présent chapitre a décrit les différentes caractéristiques géographiques, hydrographiques, et climatiques des bassins versants objet de cette étude, les bassins sont nommés : Côtiers Algérois (BV02), Côtiers Constantinois (BV03) et Côtiers Oranais (BV04).

Les données pluviométriques sous forme de pluies maximales journalières annuelles (P_{jmax}) de 140 stations ont été recueillies sur une période de 21 ans à 101 ans, avec une moyenne de 45 ans.

Seules 112 stations sont retenues pour l'analyse fréquentielle après des examens statistiques à l'aide des tests d'hypothèses : d'homogénéité, du caractère aléatoire et de tendance. Le test de Tukey a été appliquée afin de détecter les valeurs aberrantes (outliers) dans les séries de données. Cependant, dans le contexte des PMP, ces valeurs aberrantes sont considérées comme des réalités physiques et jugées traitables telles qu'elles.

CHAPITRE III

LA MÉTHODE DE HERSHFIELD POUR
L'ESTIMATION DE LA PLUIE MAXIMALE
PROBABLE

III.1. Introduction

L'estimation fiable des PMP joue un rôle important dans la conception des structures hydrauliques, pour cela de nombreuses méthodes sont utilisées, parmi elles et en raison du manque des données météorologiques, l'adoption de la méthode statistique de Hershfield est privilégiée. Cette dernière est basée sur une approche probabiliste où les données historiques passées sont analysées par une approche statistique (Agarwal et Alam, 2018 ; Afzali-Gorouh et al., 2018).

Cette méthode a reçu l'acceptation la plus large dans le monde entier et elle est recommandée par l'Organisation météorologique mondiale (OMM). C'est une méthode rapide, son application nécessite moins de temps et aussi ne n'exige pas de faire appel à un météorologue, seules les données des précipitations sont requises. Elle permet d'estimer une PMP d'une durée de 24 heures et moins (WOM, 2009 ; Bari, 2021). Elle comporte deux approches : (i) simplifiée (traditionnelle) proposée par Hershfield (1961,1965), et (ii) modifiée qui permet de faire des corrections liées à la longueur des séries des précipitations (WMO, 2009).

Dans ce chapitre la méthode statistique simplifiée de Hershfield a été appliquée pour 112 stations pluviométriques, au sein des trois bassins du littoral Algérien (Côtiers Constantinois, Côtiers Algérois, Côtiers Oranais), afin d'estimer les pluies maximales probables.

Cette estimation est basée sur le calcul précis et approprié du facteur de fréquence K_m par la courbe linéaire proposée la plus performante pour le littoral Algérien (Batout et al., 2021). La deuxième approche statistique de Hershfield dite modifiée a été appliquée pour le bassin Côtiers Oranais pris pour un cas d'étude dans le but de faire une comparaison avec l'approche simplifiée afin de savoir dans quelle mesure la précision et les corrections menues dans l'approche modifiée sont significatifs et importants. D'après la littérature cette dernière est peu appliquée.

III.2. La méthode statistique de Hershfield

Cette méthode est basée essentiellement sur l'analyse fréquentielle, elle se distingue des méthodes traditionnelles d'analyse fréquentielle par deux points importants. Premièrement, elle se concentre sur une vaste région, plutôt que sur une seule station ou un seul bassin versant, afin de rechercher une tempête qui se rapproche de la limite physique supérieure des précipitations (la précipitation maximale observée). Deuxièmement, des méthodes d'analyse fréquentielle sont utilisées pour déterminer les statistiques des extrêmes et cette méthode implique l'application du processus de l'enveloppe (WMO, 2009).

L'essence de la méthode est la transposition des tempêtes, mais au lieu de transposer la quantité de pluie spécifique d'une tempête, une statistique abstraite K_m est transposée (WMO, 2009).

Les principales étapes de l'estimation du PMP via cette méthode comprennent (WMO, 2009) :

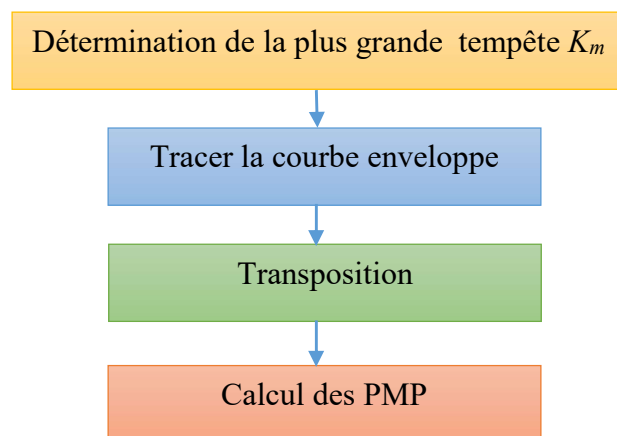


Figure III.1. Les principales étapes de l'estimation des PMP par la méthode statistique
Les détails de ces étapes seront expliqués ci-après.

Comme convenu, la méthode statistique de Hershfield comporte deux approches décrites dans ce qui suit :

III.2.1. L'approche statistique simplifiée

L'approche statistique simplifiée ou traditionnelle développée par Hershfield en 1961, modifiée en 1965, est issue de l'équation générale de fréquence proposée par Chow (1951). Sa formulation mathématique a été adaptée comme suit :

$$X_T = \bar{x} + \sigma K_T \quad (3.1)$$

Où X_T est la précipitation correspondante à la période de retour T , \bar{x} et σ sont respectivement la moyenne et l'écart type d'une série de N maxima annuels, K_T est le facteur de fréquence, qui dépend de la période de retour T et qui varie avec les différentes lois de distributions s'adaptant aux données hydrologiques des valeurs extrêmes (WMO, 2009). Il est analogue à la variable normale standard dans le cas de l'analyse de données normalement distribuées ou à la variable centrée et réduite de séries de valeurs extrêmes. Ce facteur est égal à la pluie maximale résiduelle (précipitations maximales moins la moyenne des maxima annuels) divisée par l'écart type (Endale, 2016 ; Sarkar & Maity 2020a). La figure III.2 décrit l'équation générale de fréquence de Chow (1951).

Hershfield (1961, 1965) a utilisé l'équation de Chow sous une formulation modifiée, il a considéré que pour l'estimation du PMP, il existe une valeur de K qui ne doit pas être dépassée, dite K_m (Desa et al., 2001) où l'équation qui a été adaptée par Hershfield s'écrit :

$$PMP = \bar{P}_N + K_m \sigma_N \quad (3.2)$$

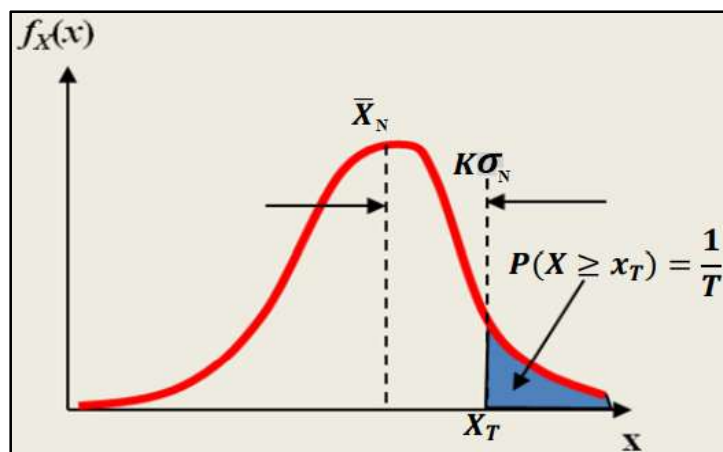


Figure II.2. Schéma décrivant l'équation générale de fréquence de Chow (1951) (Alias, 2014)

Où PMP est la valeur de la précipitation maximale probable pour une station spécifique, \bar{P}_N et σ_N sont, respectivement, la moyenne et l'écart type des précipitations annuelles maximales provenant de la même station, K_m le facteur de fréquence qui représente le nombre d'écart types qui doivent être rajoutés à la moyenne pour déterminer la PMP . Il se calcule pour chaque station par la formule suivante :

$$K_m = \frac{P_m - \bar{P}_{N-1}}{\sigma_{N-1}} \quad (3.3)$$

Où P_m est la valeur maximale des précipitations annuelles maximales pour une station spécifique, \bar{P}_{N-1} et σ_{N-1} sont, respectivement, la moyenne et l'écart type, calculés en excluant la valeur maximale P_m de l'échantillon de taille N .

La précision de ce facteur joue un rôle très important pour obtenir des valeurs fiables et correcte des PMP ponctuelles tout en évitant la surestimation ou la sous-estimation et par conséquence, une conception adéquate ou du moins raisonnable des ouvrages hydrotechniques en concordance au compromis technico-économique.

En 1961 Hershfield a effectué une analyse des données provenant de 2700 stations pluviométriques dans le monde entier (environ 90% des stations aux États-Unis et 10% dans certaines autres parties du monde) (WMO, 2009), pour calculer le facteur de fréquence K_m qui varie de 3 à une valeur maximale de 14.5. Il a utilisé la valeur la plus élevée de ce facteur de

fréquence arrondis à $K_{mmax} = 15$ comme un point d'enveloppe unique pour la transposition afin d'estimer la $PMPmax$ quel que soit la situation géographique des stations pluviométriques et sans tenir compte de la climatologie qui influence les précipitations de chaque pays, où l'équation (3.2) est devenue :

$$PMPmax = \bar{P}_N + K_{mmax} \sigma_N \tag{3.4}$$

En 1965 Hershfield a noté que l'utilisation du $K_{mmax} = 15$ peut conduire à des surestimations des valeurs des PMP pour les zones à fortes précipitations, ou sous-estimation pour les zones arides (WMO, 2009). Par la suite, des études réalisées aux Etats-Unis, au Canada, en Inde et en Malaisie ont confirmé que la valeur maximale et universelle de 15 utilisée pour l'estimation des PMP, est trop élevée pour les régions humides et faible pour les régions arides. Certains chercheurs utilisent la valeur maximale de K_m dans la zone d'étude pour la transposition (Desa et al., 2001 ; Desa et Rakhecha, 2007).

Hershfield (1965) a élaboré des courbes enveloppes exponentielles (à plusieurs points) pour réaliser la transposition. Ces courbes représentent la corrélation inverse entre le facteur de fréquence K_m et la moyenne des précipitations annuelles maximales \bar{P}_N pour différentes durées (C'est-à-dire, le K_m diminue lorsque le \bar{P}_N augmente). La figure III.3 illustre les courbes enveloppes à allure exponentielle de Hershfield (1965) pour le facteur de fréquence K_m qui varie dans une fourchette de 5 à 20 en fonction de la moyenne des précipitations annuelles maximales \bar{P}_N selon les durées de précipitations de 5 minutes, 1, 6 et 24 heures (WMO, 2009).

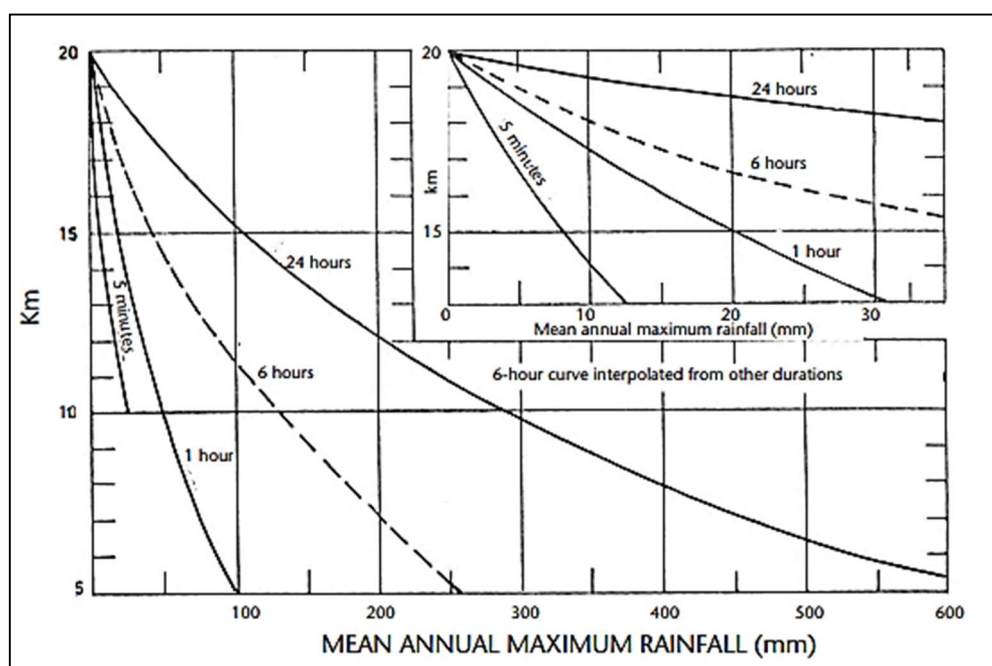


Figure III.3. Le facteur de fréquence (K_m) en fonction de la durée des pluies et de la moyenne des séries annuelles (WMO, 2009)

Les courbes de la [figure III.3](#) permettent de donner à chaque station sa propre valeur du facteur de fréquence transposé ($K_{\text{enveloppe}}$) en fonction de sa valeur moyenne de précipitations annuelles maximales \bar{P}_N pour différentes durées. Alors la valeur de la *PMPmax* est calculée par le remplacement du K_{mmax} par $K_{\text{enveloppe}}$ dans l'équation (3.4), qui devient :

$$PMPmax = \bar{P}_N + K_{\text{enveloppe}}\sigma_N \quad (3.5)$$

Ce graphique de Hershfield peut ne pas donner des estimations fiables du facteur de fréquence pour le monde entier, il ne convient pas à certaines régions, de sorte que l'estimation d'une valeur $K_{\text{enveloppe}}$ appropriée basée sur les données historiques dans les régions ciblées elles-mêmes peut donner de meilleures estimations de la PMP que le graphique de Hershfield ([Endale, 2016](#)). Plusieurs chercheurs ont établi des courbes enveloppes de différentes formes et durées appropriées pour leurs zones d'étude telles que :

- En Malaisie : l'Institut national de recherche hydraulique de Malaisie (NAHRIM) a réalisé des courbes enveloppes de type polynomial du second degré couvrants toutes les stations de la Malaisie afin d'estimer le facteur de fréquence pour différentes durées ([Al Mamun et al., 2010](#) ; [Sammen et al., 2018](#)). Ces courbes ont été utilisé par plusieurs auteurs dans divers bassins, comme : le bassin du Klang situé sur la côte ouest de la Malaisie péninsulaire ([Al Mamun et al., 2010](#)), le bassin de Temengor dans l'État de Perak ([Sammen et al., 2018](#)), et le bassin de Sungai Perak ([Razali et al., 2020](#)). Les courbes de type exponentiel et polynomial du second degré, d'une durée de 1 et 3 jours respectivement, ont également été utilisé pour 24 stations au sein du bassin versant du Cameron Highlands-Batang Padang (CHBP) ([Sidek et al., 2013](#)).
- Au Japon : pour le bassin de la rivière Yodo, deux enveloppes de type linéaire sont comparées : l'une inclut toutes les valeurs de K_m et l'autre exclut les deux valeurs extrêmes de K_m afin d'estimer leur PMP ([Alias et al., 2013a](#)). Pour le même bassin et le même type linéaire, cinq courbes ont été utilisé pour des durées de 1, 2, 3, 5 et 7 jours en vue d'une comparaison spatiale de la PMP ([Alias et al., 2013b](#)).
- En Iran : pour le bassin Qareh-Su situé dans la partie nord, une équation polynomiale de troisième degré a été utilisé pour calculer le K_m pour une durée de 24 h ([Afzali-Gorouh et al., 2018](#)).
- En Thaïlande : la courbe enveloppe de type exponentiel a été utilisé pour des durées de 1, 2 et 3 jours afin d'estimer les PMP dans 217 stations météorologiques et les comparer avec la méthode généralisée ([Wangwongwiroj & Khemngoen, 2019](#)).

Une nouvelle technique proposée par Sarkar et Maity (2020a, b ; 2021) applicable au changement climatique et basé sur l'amélioration de la courbe de Hershfield (1965). Dans leur proposition, les auteurs ont constaté que pour des valeurs faibles des précipitations moyennes les valeurs de $K_{enveloppe}$ sont trop élevées ce qui conduit, selon eux, à une estimation incorrecte de la PMP pour les régions ayant des précipitations faibles. Cette technique considère une courbe enveloppe composite de deux parties : une ligne droite parallèle à l'axe des \bar{P}_N dont la valeur du facteur de fréquence est égale à la valeur K_{mmax} , considéré comme une courbe enveloppe à un point dans la première partie. Une courbe exponentielle décroissante suit la courbe de Hershfield considéré comme une courbe enveloppe à plusieurs points dans la deuxième partie. Ces deux parties se croisent au niveau du point correspondant à la limite supérieure estimée de K_{mmax} . L'objectif de cette nouvelle technique est d'éviter les valeurs exceptionnellement élevées du facteur de fréquence $K_{enveloppe}$ correspondantes aux points dont la moyenne est plus faible, qui conduisent à une surestimation des PMP sur des régions à faibles précipitations. La figure III.4 représente le principe de la nouvelle technique enveloppe composite proposée par Sarkar et Maity (2020a, b).

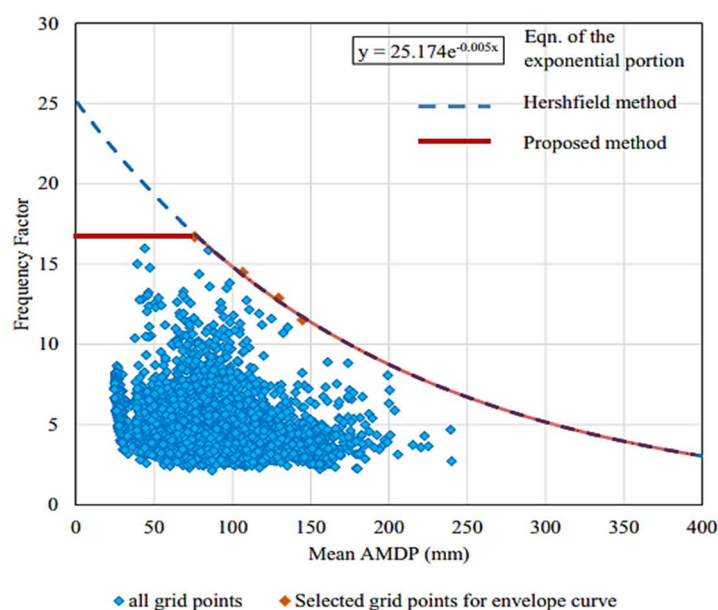


Figure III.4. La courbe enveloppe composite proposée par Sarkar et Maity (2020a, b)

Après la détermination de la courbe enveloppe convenable, les PMP_{max} journalières sont converties en $PMP_{max}(24H)$ par un facteur de conversion de 1.13 comme suit (Tomlinson, 1980 ; WMO, 2009) :

$$PMP_{max}(24H) = 1.13 * PMP_{max} \tag{3.6}$$

Cette conversion basée sur une étude de milliers de stations pluviométriques réalisée par Hershfield indique que « la multiplication des résultats d'une analyse fréquentielle des précipitations maximales annuelles pour un seul intervalle de temps fixe de n'importe quelle durée comprise entre 1 et 24 heures par 1.13 donnera des valeurs très proches de celles qui seraient obtenues d'une analyse basée sur les maximas réels. Il est très probable que la valeur maximale annuelle par jour d'observation soit sensiblement inférieure à la valeur maximale annuelle sur 24 heures » (WMO, 2009).

La figure III.5 représente l'organigramme qui résume la procédure de calcul de la PMP par la méthode statistique simplifiée de Hershfield.

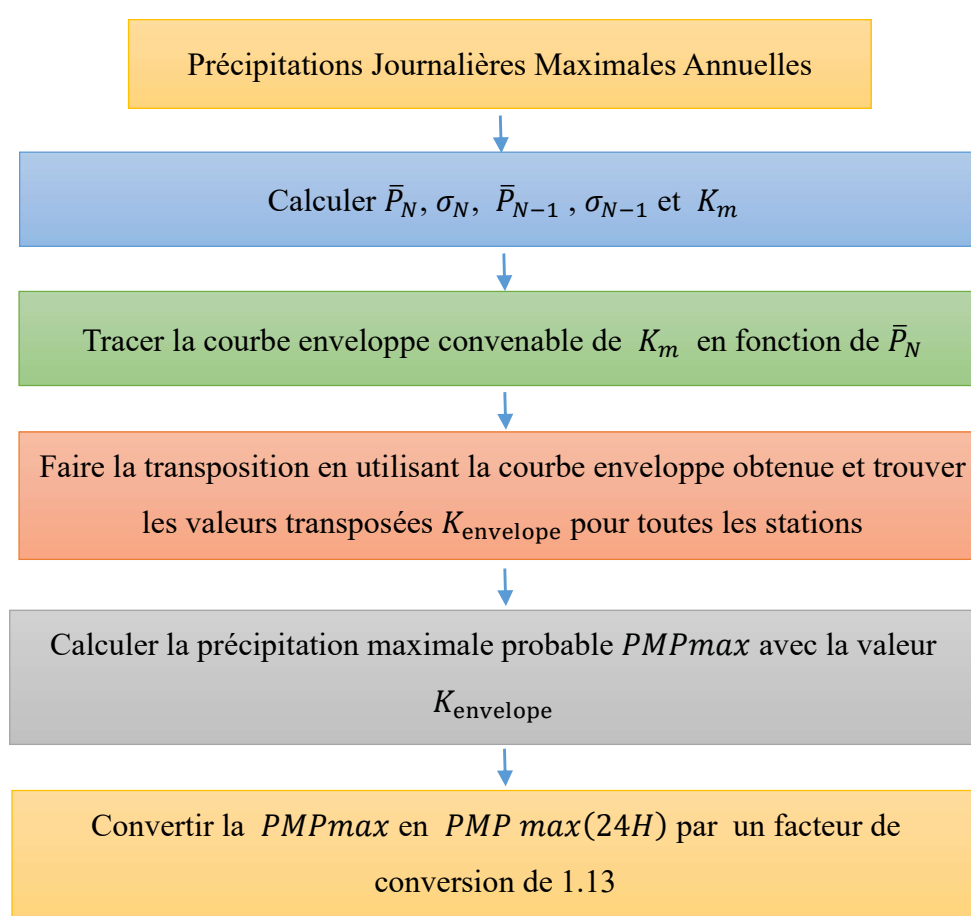


Figure III.5. La procédure de calcul de la PMP par la méthode statistique à approche simplifiée de Hershfield

III.2.2. L'approche statistique modifiée

Dans cette méthode, Hershfield (1961) a étudié l'effet appréciable d'un événement rare sur la moyenne et l'écart type des séries hypothétiques de longueur variable, où l'effet de ces événements rares est plus faible pour les séries longues que pour les séries courtes. Des études ont montré que l'effet des valeurs atypiques est faible pour les séries de taille plus de 50 ans. À

partir de ce qui précède, des corrections de la moyenne et de l'écart-type sont effectués selon des facteurs de correction f_1, f_2, f_3 et f_4 , déduits par des graphiques proposés par Hershfield (Figure III.6) (WOM, 2009).

Les corrections se déroulent comme suit :

- a- Calcul des rapports $\left(\frac{\bar{P}_{N-1}}{\bar{P}_N}\right)$ et $\left(\frac{\sigma_{N-1}}{\sigma_N}\right)$, où \bar{P}_N et σ_N sont, respectivement, la moyenne et l'écart type des séries des précipitations maximales annuelles. \bar{P}_{N-1} et σ_{N-1} sont, respectivement, la moyenne et l'écart type des séries des précipitations maximales annuelles après l'exclusion de la valeur maximale des séries initiales.
- b- Correction de la moyenne par les facteurs f_1 et f_2 . Le facteur f_1 déduit par le graphique (III.6.a) à l'aide de la relation entre le rapport $\left(\frac{\bar{P}_{N-1}}{\bar{P}_N}\right)$ et la taille N de la série, le facteur f_2 déduit par le graphique (III.6.c) à l'aide de la relation entre la taille de la série et la courbe de la moyenne. Ensuite la moyenne est corrigée comme suit :

$$\bar{P}'_N = f_1 * f_2 * \bar{P}_N \quad (3.7)$$

- c- Correction de l'écart type par les facteurs f_3 et f_4 . Le facteur f_3 déduit par le graphique (III.6.b) à l'aide de la relation entre le rapport $\left(\frac{\sigma_{N-1}}{\sigma_N}\right)$ et la taille N de la série, le facteur f_4 déduit par le graphique (III.6.c) à l'aide de la relation entre la taille de la série et la courbe de l'écart type. L'écart type est corrigée comme suit :

$$\sigma'_N = f_3 * f_4 * \sigma_N \quad (3.8)$$

Après la correction de la moyenne et l'écart type, la PMP_{max} et PMP_{max24h} sont estimées par les équations (3.5) et (3.6), respectivement, en utilisant les moyennes et les écarts types corrigés.

La figure III.7 représente l'organigramme qui résume la procédure de calcul de la PMP par la méthode statistique avec l'approche modifiée de Hershfield.

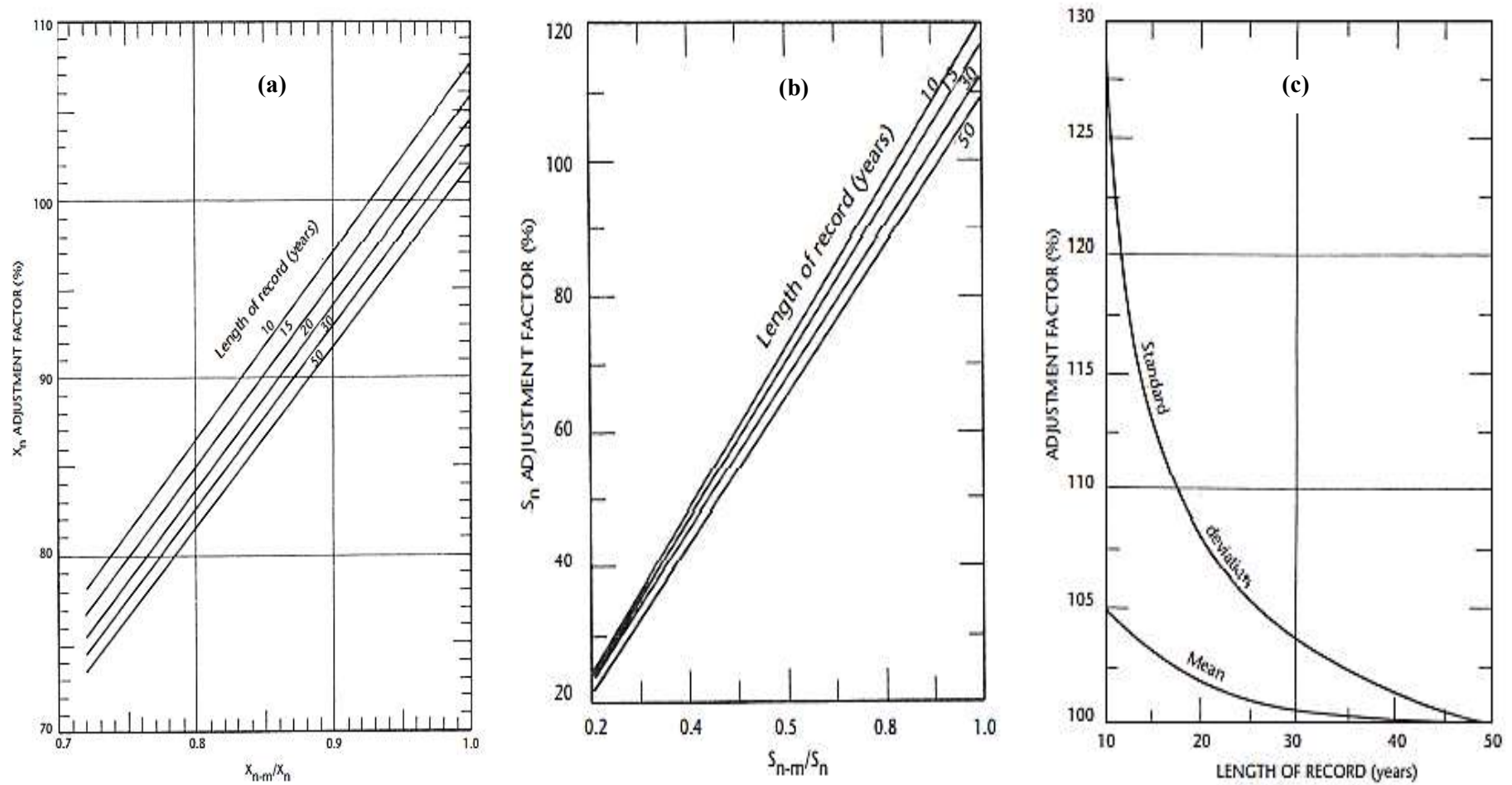


Figure III.6 (a, b, c). Correction de la moyenne et de l'écart type d'une série de précipitation maximal annuelle de taille N inférieure à 50 ans (WOM, 2009)

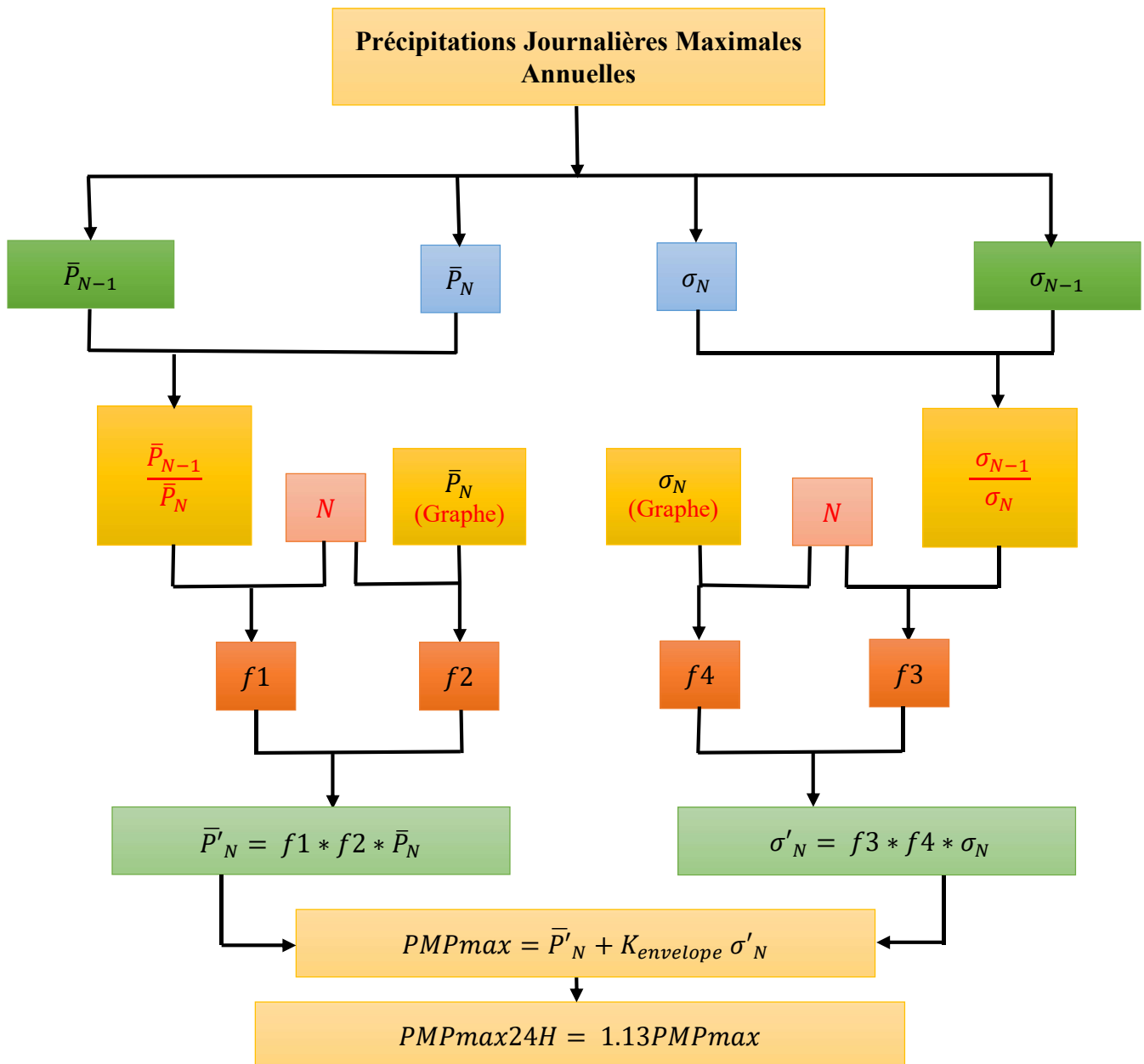


Figure III.7. La procédure de calcul de la PMP par l'approche modifiée de Hershfield

III.3. Calcul des Pluies Maximales Probable au sein des trois bassins du littoral Algérien par la méthode statistique de Hershfield : approche simplifiée

Selon la procédure expliquée au-dessus et au moyen des propriétés statistiques des 112 stations au sein des trois bassins du littoral Algérien, les pluies maximales probables ont été calculées en utilisant la courbe enveloppe dite ici « linéaire proposée » adoptée pour ce travail basée sur le principe de la nouvelle technique enveloppe présentée par Sarkar et Maity (2020a, b), cette courbe est composée d'une ligne droite parallèle à l'axe des \bar{P}_N dont la valeur de $K_{enveloppe} = K_{mmax}$ (pour la présente étude le $K_{mmax} = 7.79$ correspond à $\bar{P}_N = 72.78$ mm), et une autre courbe linéaire décroissante (Figure III.8).

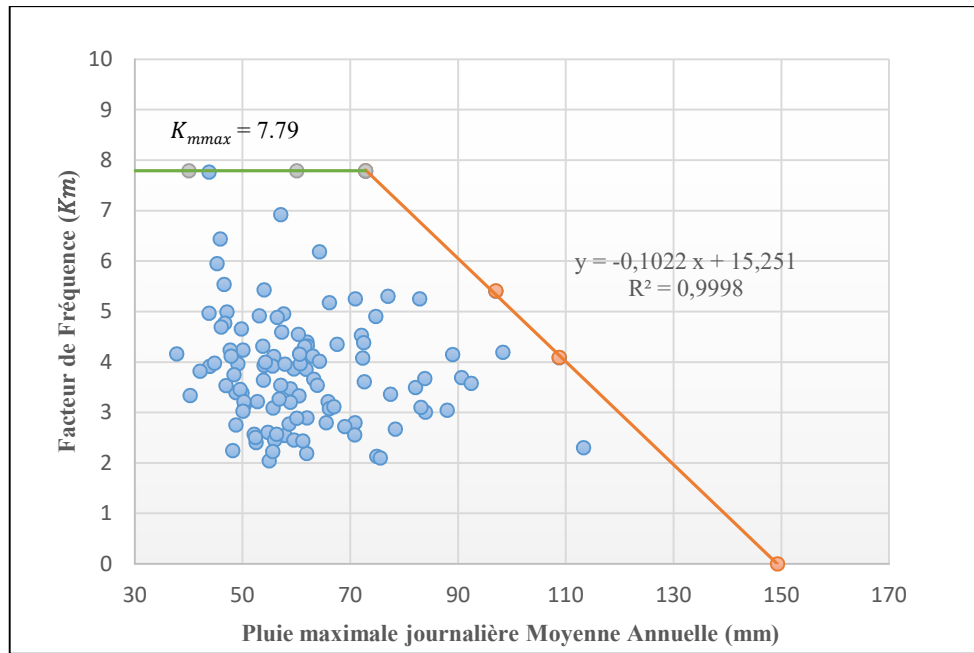


Figure III.8. La courbe enveloppe « linéaire proposée » pour les trois bassins de littoral Algérien (Batout et al.2021)

À titre indicatif, les résultats des pluies maximales probables (PMP) sont consignés dans le tableau III.1.

Tableau III.1. Résultats des pluies maximales probables (PMP) des 112 stations au sein des trois bassins de littoral Algérien

Bassin	St	N	\bar{P}_N	σ_N	K_m	$K_{enveloppe}$	PMPmax	PMP max (24H)	P_m	PMP max (24H)/ P_m
BV02	S1	36	47.05	30.02	4.99	7.79	280.89	317.40	160.00	1.76
	S2	33	43.76	27.50	7.76	7.79	257.99	291.53	167.60	1.54
	S3	34	61.91	30.40	4.40	7.79	298.73	337.56	166.50	1.79
	S4	63	58.83	24.19	3.47	7.79	247.23	279.37	135.00	1.83

BV03	S67	39	70.76	25.57	2.56	7.79	269.92	305.01	130.40	2.07
	S68	39	75.54	24.55	2.10	7.53	260.46	294.32	123.70	2.11
	S69	39	61.92	24.41	2.89	7.79	252.04	284.81	125.00	2.02
	S70	23	113.2	52.19	2.31	3.67	305.07	344.73	219.00	1.39

BV04	S95	39	56.27	25.19	2.57	7.79	252.49	285.32	115.30	2.19
	S96	46	56.73	27.77	3.27	7.79	273.09	308.60	137.50	1.99
	S97	55	49.75	31.37	4.66	7.79	294.12	332.35	172.00	1.71
	S98	34	47.68	25.97	4.24	7.79	250.01	282.51	135.00	1.85
	S99	37	48.16	18.44	2.24	7.79	191.80	216.74	86.40	2.22

La suite des résultats numériques sont représentés dans l'annexe N°5.

L'analyse de ce tableau montre que le facteur de fréquence ($K_{enveloppe}$) se range entre 3.67 à 7.79, tandis que les $PMP_{max}(24H)$ ponctuelles varient d'une valeur minimale de 172.94 mm à une valeur maximale de 492.85mm au niveau des stations BOUFATIS (S109-BV04) et COL DES 2 BASSINS (S19-BV02) respectivement, avec une valeur moyenne de 286.25 mm.

Selon (Hershfield, 1962) la valeur de la $PMP_{max}(24H)$ estimées ne doit pas dépasser trois fois la valeur de la plus forte pluie journalière annuelle observée (P_m) pour avoir des $PMP_{max} 24H$ raisonnables à la conception des ouvrages hydrauliques. Le même résultat a été également confirmé dans la présente étude où le rapport entre la $PMP_{max}(24H)$ estimées et la (P_m) est inférieure à 3 pour toutes les stations. Il est dans la gamme de 1.12 à 2.36 , cette variation peut être due à la variabilité de la durée des enregistrements et à la variation des conditions micro climatiques des stations (Ghahraman, 2008 ; Gebremedhin et al., 2017).

III.4. Carte de prédiction spatiale des $PMP_{max}(24H)$

L'élaboration d'une carte de distribution spatiale des PMP est considérée comme une information qui peut fournir une base de données préliminaire pour la planification, la gestion et la conception adéquate de divers projets dans le domaine relatif aux ressources en eaux (Gebremedhin et al., 2017).

Les résultats des $PMP_{max}(24H)$ ponctuelles ainsi obtenus et présentés dans le [tableau III.1](#) sont transformés en carte de prédiction spatiale par la méthode d'interpolation déterministe IDW « Inverse Distance Weighting » (distances inverses pondérées) à l'aide du logiciel ArcGIS 10.5. Cette méthode d'interpolation est délibérément choisie dans ce stade d'étude, car cette méthode est usuelle dans le contexte. Néanmoins, et en perspective, le choix de la méthode déterministe nécessite d'être fondée par d'autres méthodes d'interpolation homologues.

En effet, cette méthode est utilisée par plusieurs auteurs dans leurs récentes études relatives aux PMP, dans diverses zones comme l'Inde (Sarkar & Maity, 2020b), l'Ethiopie (Gebremedhin et al., 2017; Daba et al., 2021) et la Syrie (Hafidh Mohamed, 2018).

La [figure III.9](#) illustre la variation spatiale des $PMP_{max}(24H)$ estimées par la méthode statistique simplifiée de Hershfield en utilisant la méthode IDW.

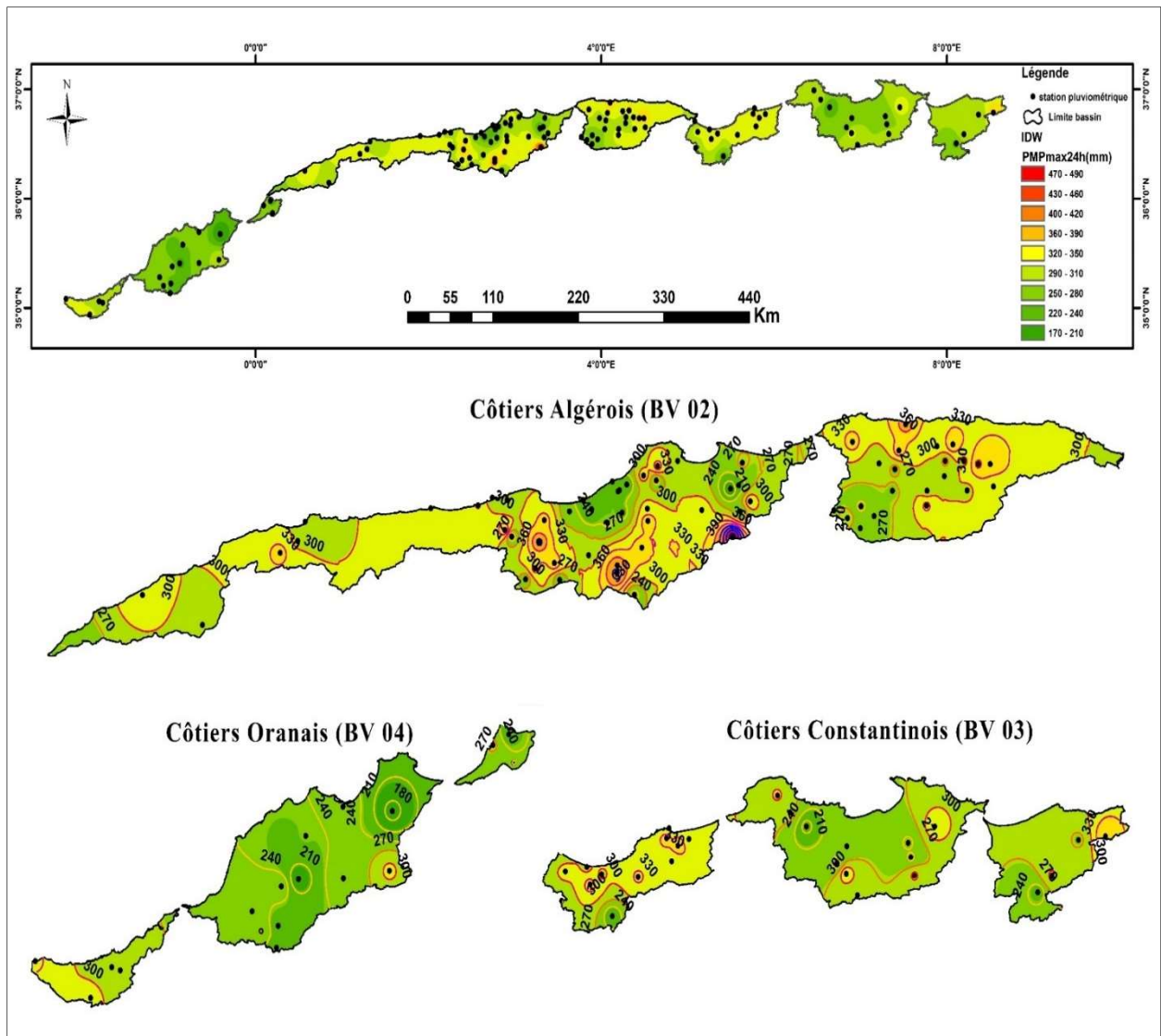


Figure III.9. Carte d'interpolation spatiale des $PMP_{max}(24H)$ au sein des trois bassins du littoral Algérien par la méthode IDW

Cette carte illustre que les $PMP_{max}(24H)$ élevées se localisent dans la partie centrale de la zone d'étude, qui sont presque au sein du bassin du Côtiers Algérois (BV02). En revanche, elles décroissent à l'extrémité Est et Ouest dans les deux bassins du Côtiers Constantinois (BV03) et Côtiers Oranais (BV04).

III.5. Calcul des Pluies Maximales Probable par la méthode statistique de Hershfield : approche modifiée

Pour l'application de la méthode statistique de Hershfield avec l'approche modifiée, le bassin Côtiers Oranais (BV04) est pris comme un cas d'étude pour l'estimation des $PMP_{max} 24H$ ponctuelles au niveau de 18 stations pluviométriques. Les moyennes et les écarts types corrigés au sein du bassin Côtiers Oranais sont consignés dans le [tableau III.2](#).

Tableau III.2. Résultats de la correction de la moyenne et l'écart type pour chaque station au sein du bassin Côtiers Oranais (BV04)

St	N	\bar{P}_N	σ_N	\bar{P}_{N-1}	σ_{N-1}	$\frac{\bar{P}_{N-1}}{\bar{P}_N}$	$\frac{\sigma_{N-1}}{\sigma_N}$	f1	f2	\bar{P}'_N	f3	f4	σ'_N
S95	39	56.27	25.19	54.72	23.56	0.97	0.94	0.991	1.003	55.94	1.040	1.015	26.59
S96	46	56.73	27.77	54.94	25.25	0.97	0.91	0.988	1.001	56.11	0.990	1.003	27.58
S97	55	49.75	31.37	47.49	26.75	/	/	1	1	49.75	1	1	31.37
S98	34	47.68	25.97	45.04	21.22	0.94	0.82	0.996	1.004	47.68	0.920	1.026	24.52
S99	37	48.16	18.44	47.10	17.52	0.98	0.95	1.005	1.003	48.55	1.060	1.024	20.01
S100	44	52.68	23.96	51.09	21.77	0.97	0.91	0.989	1.001	52.16	1.020	1.005	24.56
S101	43	43.83	19.49	42.29	16.88	0.96	0.87	0.980	1.001	43.00	0.970	1.006	19.02
S102	43	47.84	22.29	46.02	19.04	0.96	0.85	0.980	1.001	46.93	0.930	1.006	20.85
S103	69	50.20	23.18	49.18	21.75	/	/	1	1.002	50.20	1.020	1.014	23.18
S104	41	40.24	15.34	39.13	13.74	0.97	0.90	0.991	1.005	39.96	0.820	1.031	15.37
S105	33	48.39	28.47	45.65	24.11	0.94	0.85	0.967	1.000	46.98	0.960	1	28.07
S106	66	44.72	23.52	43.44	21.26	/	/	1	1	44.72	1	1	23.52
S107	34	42.07	21.48	40.03	18.16	0.95	0.85	0.978	1.002	41.31	0.990	1.012	20.93
S108	57	50.05	22.63	48.93	21.17	/	/	1	1.004	50.05	0.960	1.027	22.63
S109	47	37.75	14.69	36.63	12.66	0.97	0.86	0.988	1.004	37.34	0.820	1.026	13.99
S110	33	45.24	19.53	42.77	13.67	0.95	0.70	0.979	1	44.46	1	1	15.64
S111	35	43.71	21.64	41.34	16.71	0.95	0.77	0.978	1	42.88	1	1	19.08
S112	70	45.81	25.31	43.96	20.15	/	/	1	1.001	45.81	0.980	1.012	25.31

L'estimation des $PMP_{max}(24H)$ du bassin en question a été élaboré par l'utilisation d'une courbe enveloppe dite « linéaire proposée » du facteur de fréquence K_m de chaque station en fonction de sa moyenne corrigée. Cette courbe enveloppe est présentée dans la figure suivante :

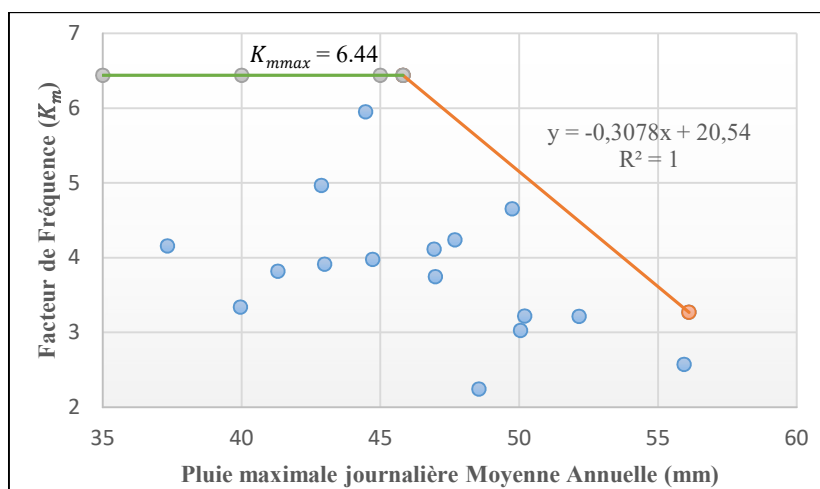


Figure III.10. La courbe enveloppe « linéaire proposée » pour la méthode modifiée du bassin Côtiers Oranais (BV04)

Les *PMPmax* (24H) estimées par la méthode modifiée sont montrées dans le tableau suivant :

Tableau III.3. Résultats des *PMPmax* (24H) estimées par la méthode modifiée pour chaque station au sein du bassin (BV04)

St	N	\bar{P}'_N	σ'_N	$K_{enveloppe}$	<i>PMPmax</i>	<i>PMP max</i> (24H)	P_m	<i>PMP max</i> (24H)/ P_m
S95	39	55.94	26.59	3.32	144.29	163.05	115.3	1.41
S96	46	56.11	27.58	3.27	146.29	165.31	137.5	1.20
S97	55	49.75	31.37	5.23	213.72	241.51	172	1.40
S98	34	47.68	24.52	5.86	191.44	216.32	135	1.60
S99	37	48.55	20.01	5.60	160.57	181.44	86.4	2.10
S100	44	52.16	24.56	4.49	162.35	183.46	121.1	1.51
S101	43	43.00	19.02	6.44	165.46	186.98	108.4	1.72
S102	43	46.93	20.85	6.09	174.01	196.63	124.4	1.58
S103	69	50.20	23.18	5.09	168.17	190.03	119.2	1.59
S104	41	39.96	15.37	6.44	138.95	157.01	85	1.85
S105	33	46.98	28.07	6.08	217.66	245.95	136	1.81
S106	66	44.72	23.52	6.44	196.20	221.71	128	1.73
S107	34	41.31	20.93	6.44	176.12	199.01	109.4	1.82
S108	57	50.05	22.63	5.13	166.24	187.85	113	1.66
S109	47	37.34	13.99	6.44	127.40	143.97	89.3	1.61
S110	33	44.46	15.64	6.44	145.20	164.08	124.1	1.32
S111	35	42.88	19.08	6.44	165.72	187.26	124.4	1.51
S112	70	45.81	25.31	6.44	208.78	235.92	173.7	1.36

Le [tableau III.3](#) permet de noter que les valeurs des *PMPmax* (24H) se situent autour d'une moyenne de 192.64 mm avec une variation d'un minimum de 143.97 mm dans la station « BOUFATIS » (S109) à un maximum de 245.95mm dans la station « MAKEDRA » (S105). On constate aussi que les valeurs des *PMPmax* (24H) prévues ne dépassent pas trois fois les valeurs de P_m . On peut conclure que les *PMPmax* (24H) estimées sont raisonnables pour la conception des ouvrages hydrauliques.

Afin de savoir dans quelle mesure la précision et les ajustements de la méthode modifiée seront significatifs et importants pour ce bassin, une comparaison avec les *PMPmax* 24H estimées par l'approche simplifiée sera effectuée.

III.6. Comparaison entre les PMP_{max} 24H estimées par les deux approches de la méthode statistique de Hershfield au sein du bassin Côtiers Oranais

Tout d'abord une estimation des PMP_{max} (24H) par l'approche simplifiée a été réalisée pour le bassin Côtiers Oranais à l'aide de sa propre courbe enveloppe « linéaire proposée ». Cette courbe enveloppe est présentée dans la figure suivante :

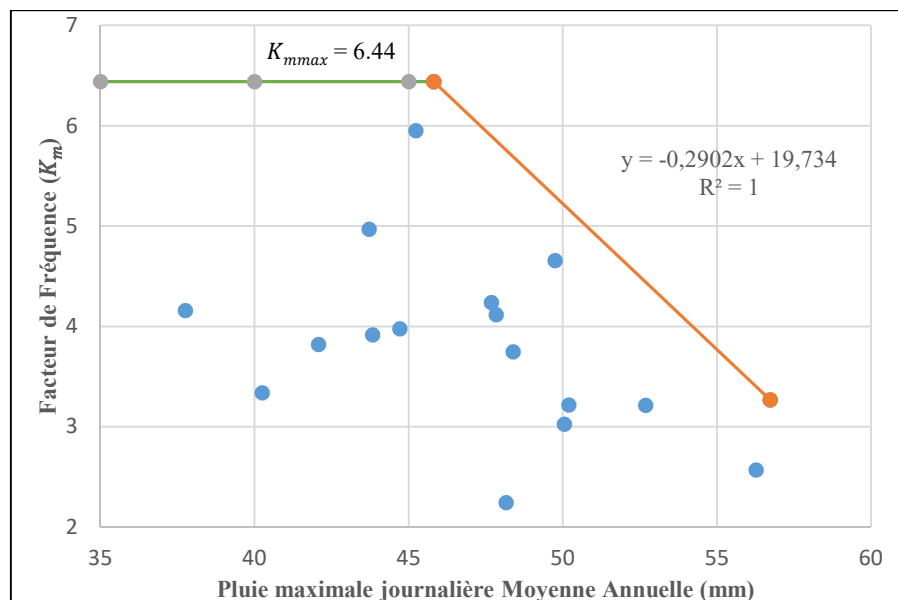


Figure III.11. La courbe enveloppe « linéaire proposée » pour l'approche simplifiée du bassin Côtiers Oranais (BV04)

Les PMP_{max} (24H) estimées par l'approche simplifiée sont consignés dans le [tableau III.4](#). Les résultats de calcul des $PMP_{max}(24H)$ par les deux méthodes statistiques simplifiée et modifiée au sein du bassin Côtiers Oranais ont été reportées sur une carte de distribution spatiale par la méthode déterministe « Inverse Distance Weighting » (IDW) avec des courbes isohyètes dessinés au moyen du logiciel ArcGIS 10.5 ([Figure III.12](#)). La comparaison entre eux est résumée dans la [figure III.13](#).

La [figure III.12](#) montre une distribution spatiale plus proche des $PMP_{max}(24H)$ estimées par les deux méthodes avec une légère différence localisée à l'extrémité Est du bassin BV04. Les valeurs élevées des $PMP_{max}(24H)$ sont observées sur les deux extrémités Est et Ouest autour les stations S112, S97 ainsi qu' autour les stations S105, S106 situées au centre du bassin. En revanche les valeurs faibles sont diminuées à partir de ces dernières.

Visuellement la [figure III.13](#) montre clairement que les $PMP_{max}(24H)$ issu des deux méthodes sont presque similaires pour la majorité des stations.

Tableau.III.4 Résultats des *PMPmax* (24H) estimées par la méthode simplifiée pour chaque station au sein du bassin (BV04)

St	N	\bar{P}_N	σ_N	$K_{envelope}$	<i>PMPmax</i>	<i>PMP max(24H)</i>	P_m	<i>PMP max (24H)/P_m</i>
S95	39	56.27	25.19	3.40	142.00	160.45	115.3	1.39
S96	46	56.73	27.77	3.27	147.56	166.74	137.5	1.21
S97	55	49.75	31.37	5.30	215.91	243.97	172	1.42
S98	34	47.68	25.97	5.90	200.84	226.94	135	1.68
S99	37	48.16	18.44	5.76	154.32	174.38	86.4	2.02
S100	44	52.68	23.96	4.45	159.20	179.89	121.1	1.49
S101	43	43.83	19.49	6.44	169.33	191.35	108.4	1.77
S102	43	47.84	22.29	5.85	178.23	201.40	124.4	1.62
S103	69	50.20	23.18	5.17	169.96	192.06	119.2	1.61
S104	41	40.24	15.34	6.44	139.05	157.12	85	1.85
S105	33	48.39	28.47	5.69	210.45	237.81	136	1.75
S106	66	44.72	23.52	6.44	196.20	221.71	128	1.73
S107	34	42.07	21.48	6.44	180.38	203.82	109.4	1.86
S108	57	50.05	22.63	5.21	167.94	189.77	113	1.68
S109	47	37.75	14.69	6.44	132.37	149.58	89.3	1.68
S110	33	45.24	19.53	6.44	170.99	193.22	124.1	1.56
S111	35	43.71	21.64	6.44	183.06	206.86	124.4	1.66
S112	70	45.81	25.31	6.44	208.79	235.93	173.7	1.36

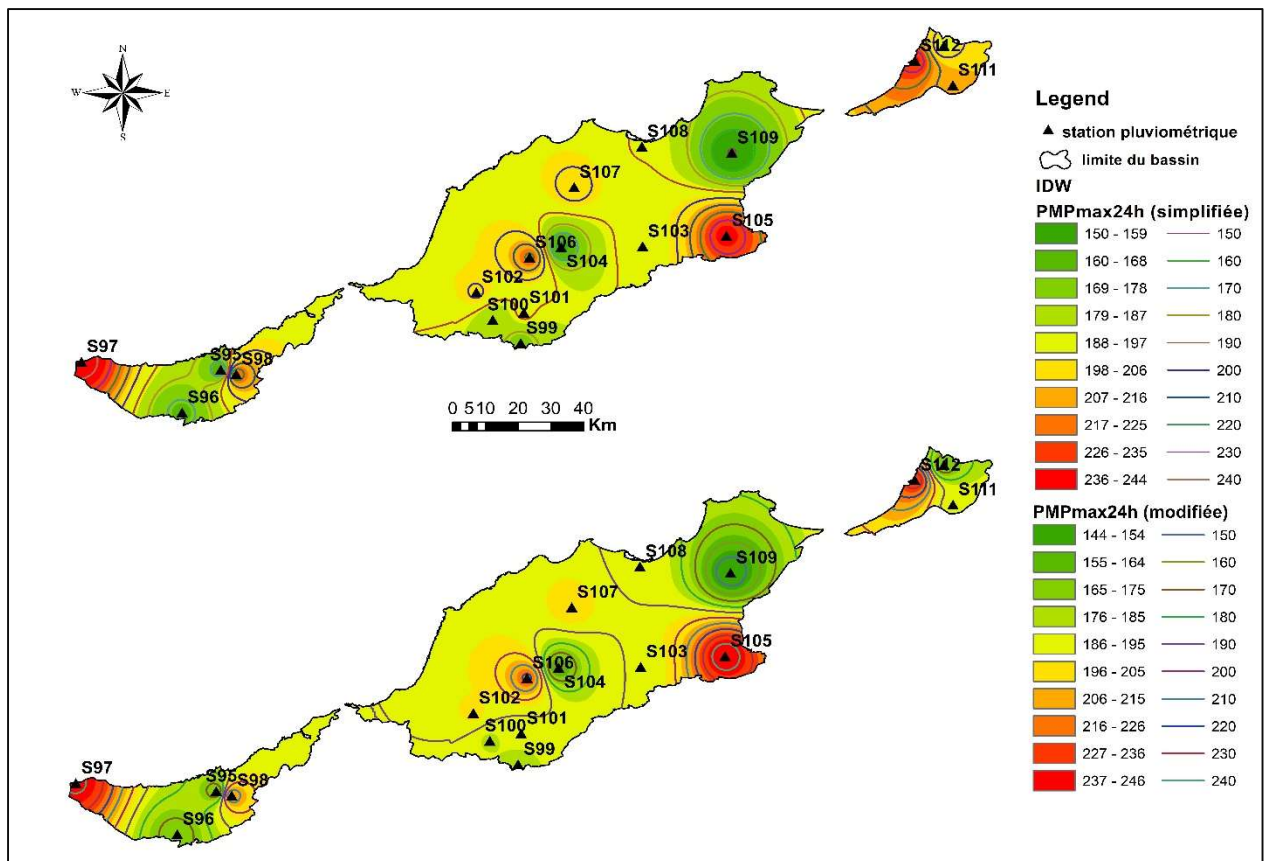


Figure III.12. La distribution spatiale des $PMP_{max}(24H)$ élaborée par la méthode IDW pour les deux approches de la méthode statistique de Hershfield au sein du bassin Côtiers Oranais (BV04)

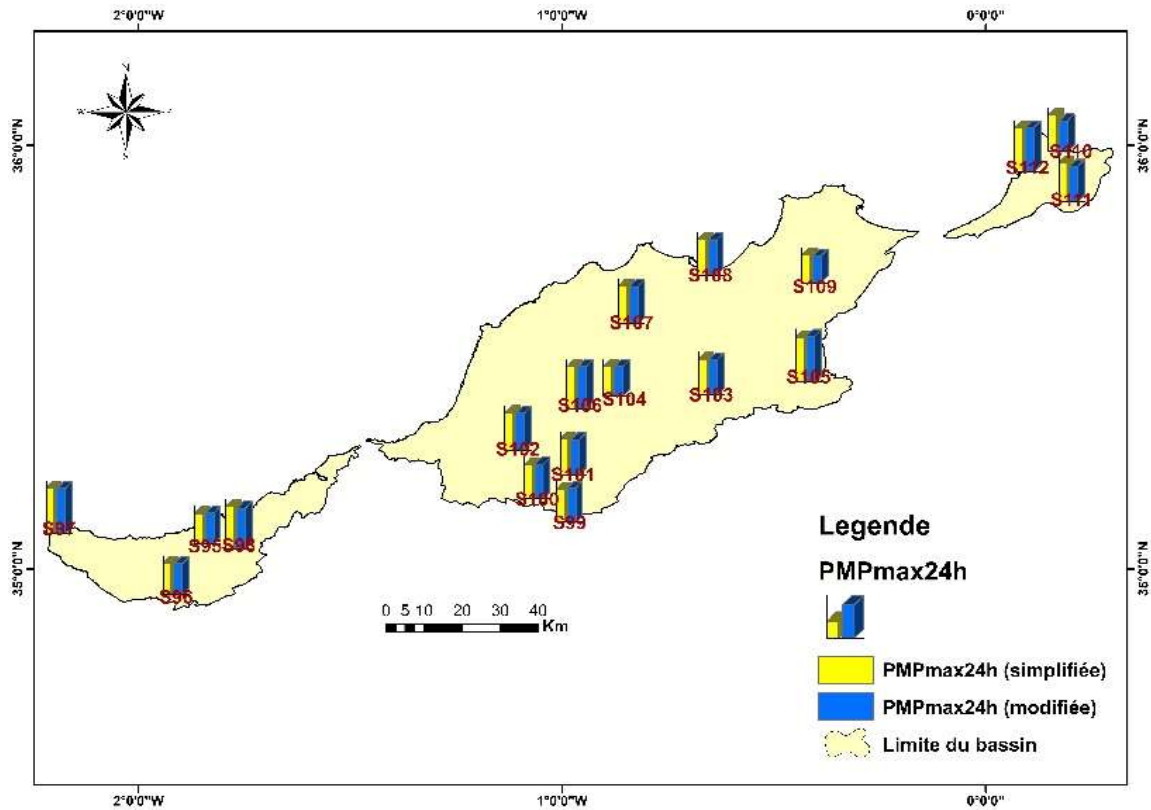


Figure III.13. Comparaison entre les $PMP_{max}(24H)$ estimées par les deux approches de la méthode statistiques de Hershfield : simplifiée et modifiée au sein du bassin Côtiers Oranais (BV04)

Ces résultats visuels demeurent insuffisants pour confirmer que les deux méthodes donnent des résultats presque similaires et la différence entre eux n'est pas significative. En revanche, les résultats des tests statistiques peuvent faire le remède à la situation de doute.

Le test-t apparié et le test F pour l'égalité de la moyenne et de la variance, respectivement, sont appliqués dans cette étude car les deux échantillons apparentés des $PMP_{max}(24H)$ estimées par les deux approches de la méthode statistique de Hershfield ; simplifiée et modifiée, suivent les deux à la fois la normalité prouvée par l'application du test de normalité de Shapiro-Wilk. À l'aide du logiciel R, les résultats de tests (tableau III.5) indiquent que les deux échantillons possèdent des moyennes et des variances semblables au seuil de 5%.

Du tableau III.5, on peut confirmer que la différence n'est pas significative entre les valeurs des $PMP_{max}(24H)$ estimées par les deux méthodes et les ajustements de la méthode modifiée ne sont pas vraiment importants, où l'effet de la taille des séries s'avère insignifiant. Par conséquent, la méthode modifiée n'est pas recommandée pour le bassin Côtiers Oranais et la méthode statistique simplifiée de Hershfield est préférable et généralisable à la zone d'étude entière, tout en évitant un processus laborieux et imprécis qui mènent à des résultats semblables.

Table.III.5. Résultats des tests statistiques de comparaison des $PMP_{max}(24H)$ estimées par les deux approches de la méthode statistique de Hershfield

Test statistique	P-value	Décision (au seuil d'erreur 5%)
Shapiro-Wilk	0.6186	Echantillon de $PMP_{max}(24H)$ simplifiée suit la normalité
	0.4012	Echantillon de $PMP_{max}(24H)$ modifiée suit la normalité
t-test	0.1018	Pas de différence significative entre les moyennes des deux échantillons
F test	0.9021	La variance des deux échantillons est semblable

III.7. Conclusion

Le présent chapitre décrit la méthode statistique de Hershfield qui a été adoptée pour estimer les pluies maximales probables ponctuelles de 24 heures ($PMP_{max}(24H)$) pour 112 stations pluviométriques au sein des trois bassins du littoral Algérien. Cette estimation est basée sur le calcul précis et approprié du coefficient K_m par une courbe enveloppe « linéaire proposé ». Cette méthode comporte deux approches dites : l'approche simplifiée ou traditionnelle basée sur le calcul du facteur de fréquence initié par Chow et l'approche modifiée basée sur la correction de la moyenne et l'écart type des séries de précipitations de taille inférieure à 50 ans. La première approche a été appliquée pour toute la zone d'étude, les valeurs $PMP_{max}(24H)$ élevées ont été observées au centre dans le bassin Côtiers Algérois et les valeurs décroissantes sont repérées le long des bassins Côtiers Constantinois et Côtiers Oranais. L'approche modifiée a été appliquée pour le bassin Côtiers Oranais afin de faire une comparaison avec l'approche simplifiée. Les résultats obtenus montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les valeurs des $PMP_{max}(24H)$ estimées par les deux approches où l'effet de la taille de la série semble peu sensible pour le bassin en question.

La principale conclusion de ce chapitre suggère que la méthode statistique de Hershfield sous la forme simplifiée est recommandée pour toute la zone d'étude grâce à son utilisation simple et plus ou moins certaine rapide et rapide en implémentation. Cependant l'approche modifiée nécessite des corrections laborieuses sans aucun effet significative sur la similarité des résultats des estimations des valeurs des $PMP_{max}(24H)$ issues de l'approche simplifiée.

CHAPITRE IV

ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES

IV.1. Introduction

L'analyse fréquentielle des valeurs extrêmes est un outil privilégié en hydrologie statistique (Meylan et al., 2008). Son premier objectif est la prédiction des quantiles et les probabilités d'apparition future des événements extrêmes à l'aide des distributions de probabilités afin de connaître les risques associés à ces événements et d'évaluer la capacité des structures à dimensionner.

Elle est considérée comme une méthode statistique de prédiction qui comprend les trois étapes suivantes :

- Le traitement statistique de séries de données en vérifiant les critères statistiques d'homogénéité, du caractère aléatoire et de stationnarité (tests d'hypothèse) ;
- La détermination de la meilleure distribution de probabilité et la meilleure méthode d'estimation de ses paramètres ;
- Le calcul des quantiles de précipitations pour différentes durées (prédiction).

Dans ce chapitre on commence par la détermination de la distribution de probabilité appropriée après le traitement statistique qui a été effectué à travers le deuxième chapitre pour les 140 séries de précipitations maximales journalières issues des stations pluviométriques des trois bassins du littoral Algérien, où seules 112 stations ont été retenues pour l'analyse fréquentielle et se prêtent à des ajustements des distributions de probabilités. Ensuite, une autre méthode alternative a été appliquée pour l'estimation des $PMP_{max}(24H)$, cette dernière consiste à faire recours aux estimations des quantiles des précipitations maximales journalières annuelles (P_{jmax}) associés aux différentes périodes de retour (P10, P20, P50, P100, P200, P500) à travers la distribution généralisée des valeurs extrêmes (GEV) basée sur la méthode des L-moment pour l'estimation de ses trois paramètres dans le but de trouver la meilleure relation linéaire liant les $PMP_{max}24H$ estimées par la méthode statistique de Hershfield et lesdits quantiles.

IV.2. Détermination de la distribution de probabilité appropriée

De nombreuses distributions de probabilité peuvent être utilisées en hydrologie pour calculer les périodes de retour approximatif des extrêmes hydrologiques. Le choix de la distribution de probabilité appropriée joue un rôle clé dans l'estimation des événements hydrologiques extrêmes. Ces derniers varient considérablement en fonction de la distribution de probabilité sélectionnée ce qui influe sur la conception des structures hydraulique (Flowers-Cano & Ortiz-Gómez, 2021).

Environ 15 fonctions de distribution de probabilité ont été recommandées par l'OMM pour les séries de données maximales annuelles. Ces fonction sont indiqués ci-dessous ([Endale, 2016](#)).

- Distribution Normale (NOR) ;
- Distribution Log-Normale à deux paramètres (LN2) ;
- Distribution Log-Normale à trois paramètres (LN3) ;
- Distribution Exponentielle (EX) ;
- Distribution Gamma à deux paramètres (G2) ;
- Distribution Pearson type III (PIII) ;
- Distribution Log Pearson type III (LP3) ;
- Distribution des Valeurs Extrêmes Généralisées (GEV) ;
- Distribution des valeurs extrêmes type I (Gumbel) (EVI) ;
- Distribution Weibull (W) ;
- Distribution Wakeby à cinq paramètres (WAK5) ;
- Distribution Wakeby à quatre paramètres (WAK4) ;
- Distribution Pareto généralisée (GP) ;
- Distribution Logistic Logistic (LLg) ;
- Distribution Logistic Généralisée (GLg).

IV.2.1. Distributions de probabilités appliquées

Parmi les distributions de probabilités citées ci-dessus six distributions autres que la distribution normale à deux et à trois paramètres seront appliquées dans le présent chapitre pour calculer les périodes de retour des valeurs PMP associées à chaque série de précipitations maximales annuelles. Pour les distributions à deux paramètres on cite : Log normale (LN), Gumbel (EV1), et pour les distributions à trois paramètres ; on cite : Fréchet (EV2), la distribution Généralisée des Valeurs Extrêmes (GEV), Pearson 3 (P3) et Log-Pearson 3 (LP3).

Plusieurs études ont montré que LN, EV1, EV2, GEV, P3 et LP3 sont les distributions couramment utilisées en hydrologie ([El Adlouni et al., 2008](#) ; [Yuan et al., 2018](#) ; [Flowers-Cano & Ortiz-Gómez, 2021](#)).

Les formulations mathématiques des distributions sus-citées sont présentées dans le [tableau IV.1](#).

Tableau IV.1. Les fonctions de distributions de probabilité utilisées (El Adlouni et al., 2007 ; Grimaldi et al., 2011 ; Souanef, 2015;Viglione et al., 2020;)

Distribution	Densité de Probabilité	Domaine de définition
Normale	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}[\frac{x-\mu}{\sigma}]^2}$	$-\infty < x < +\infty$
Log-Normale (LN)	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}[\frac{\ln x - \mu}{\sigma}]^2}$	$x > 0$
Gumbel (EV1)	$f(x) = \frac{1}{\sigma} \exp\left[-\frac{x-\mu}{\sigma} - \exp\left(-\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right]$	$-\infty < x < +\infty$
Fréchet (EV2)	$f(x) = \frac{\sigma}{\mu} \left(\frac{\mu}{x}\right)^{\sigma+1} \exp\left[-\left(\frac{\mu}{x}\right)^\sigma\right]$	$x > 0; \mu, \sigma > 0$
Distributions Généralisée des Valeurs Extrêmes (GEV)	$f(x) = \frac{1}{\sigma} \left[1 - \frac{k}{\sigma}(x - \mu)\right]^{\frac{1}{k}-1} \exp\left\{-\left[1 - \frac{k}{\sigma}(x - \mu)\right]^{\frac{1}{k}}\right\}$	$x > \frac{\mu + \sigma}{k}$ si $k < 0$ $x < \frac{\mu + \sigma}{k}$ si $k > 0$
Pearson 3 (P3)	$f(x) = \frac{1}{\lambda\Gamma\beta} \left(\frac{x-\gamma}{\lambda}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x-\gamma}{\lambda}\right)}$	$\gamma < x < +\infty$ si $\lambda > 0$ $-\infty < x < \gamma$ si $\lambda < 0$ $\beta > 0$
Log-Pearson 3 (LP3)	$f(x) = \frac{1}{x\lambda\Gamma\beta} \left(\frac{\log(x) - \gamma}{\lambda}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{\log(x) - \gamma}{\lambda}\right)}$	$\exp(\gamma) < x < +\infty$ si $\lambda > 0$ $0 < x < \exp(\gamma)$ si $\lambda < 0$ $\beta > 0$

μ : paramètre de position, σ : paramètre d'échelle, k : paramètre de forme, Γ : la fonction gamma, λ : deuxième paramètre de forme, β : troisième paramètre de forme, γ : paramètre de la limite inférieure.

La distribution de probabilité la mieux adaptée est sélectionnée sur la base des deux méthodes principales qui sont les critères de performance basés sur la théorie de l'information et les tests d'adéquation. Plusieurs études ont été réalisées dans lesquelles l'efficacité des différents critères d'information a été évaluée et comparée entre eux ainsi qu'avec des tests d'hypothèse.

Dans le monde entier, les critères d'information sont de plus en plus appliqués dans le domaine de l'hydrologie statistique. Ces critères présentent certains avantages par rapport aux tests d'adéquation, tels que l'utilisation de plus d'informations provenant des séries de données, la pénalisation de paramètres supplémentaires et l'absence de niveaux de signification subjectifs. En outre, ils sont plus faciles à appliquer que d'ajustement lorsque les paramètres du modèle varient dans le temps. Ils sont fonctionnés mieux lorsque la distribution a deux paramètres, mais moins lorsque la distribution a trois paramètres. De plus, il a été observé que lorsque la distribution parente est une distribution à deux paramètres, le BIC a un pourcentage légèrement plus élevé que l'AIC pour la sélection de la bonne distribution. (Flowers-Cano & Ortiz-Gómez, 2021).

Dans cette étude, la sélection est faite sur la base des quatre critères dits : le critère d'information d'Akaike (AIC), le critère d'information d'Akaike corrigé (AICc), le critère d'information bayésien (BIC), et le critère d'Anderson-Darling (ADC).

IV.2.2. Critère d'information

IV.2.2.1. Critère d'information d'Akaike (AIC)

Le critère de qualité le plus reconnu dit le critère d'information de Akaike (AIC) (Akaike, 1974). Ce critère aboutit au choix du modèle ayant la plus petite erreur quadratique moyenne en lui appliquant une pénalité qui est fonction du nombre de paramètres inconnus qui doivent être estimés. Ce critère favorise donc les modèles parcimonieux et il est calculé par la relation suivante :

$$AIC = 2k - 2 \log(L) \quad (4.1)$$

Où k est le nombre de paramètres estimés dans le modèle et L désigne la valeur maximale de la fonction de vraisemblance pour le modèle.

IV.2.2.2. Critère d'information d'Akaike corrigé (AICc)

Lorsque la taille de l'échantillon n est petite par rapport au nombre de paramètres estimés k , l'AIC peut être inadéquat. Dans ce cas, une variante de second ordre de l'AIC appelée AICc doit être utilisée (Laio et al., 2009 ; Viglione et al., 2020) :

$$AICc = 2k \left(\frac{n}{n-k-1} \right) - 2 \log(L) \quad (4.2)$$

IV.2.2.3. Critère d'information bayésien (BIC)

Le critère d'information bayésien a été proposé par Schwarz en 1978. Le BIC pour le modèle à ajuster est le suivant (Laio et al., 2009) :

$$BIC = k \log(n) - 2 \log(L) \quad (4.3)$$

IV.2.3. Test d'adéquation

IV.2.3.1. Critère d'Anderson-Darling (ADC)

C'est un autre critère de sélection du modèle qui est basé sur l'utilisation de la statistique de test d'Anderson-Darling. Le critère ADC a la forme suivante :

$$ADC = 0.0403 + 0.116((\Delta_{AD} - \xi)|\beta)^{\eta/0.861} \quad \text{Si } \Delta_{AD} \geq 1.2\xi \quad (4.4)$$

$$ADC = [0.0403 + 0.116((0.2\xi)|\beta)^{\eta/0.861}] (\Delta_{AD} - 0.2\xi |\xi) \quad \text{Si } \Delta_{AD} < 1.2\xi \quad (4.5)$$

où : Δ_{AD} est la mesure de divergence caractérisant le critère et ξ , β , η sont des coefficients dépendant de la distribution qui sont présentés par « Laio Francesco » en 2004 pour un ensemble de sept distributions couramment utilisées pour l'analyse fréquentielle des événements extrêmes (Laio et al., 2009).

Dans le présent chapitre, ces critères ont été calculés à l'aide du code R à partir de l'ajustement des sept distributions aux précipitations maximales journalières annuelles observées à chaque station. À titre d'exemple, les résultats numérique et graphique de l'application dudit logiciel sont récapitulés dans le [tableau IV.2](#) et visualisés par la [figure IV.1](#), et ce pour la 1^{ère} station (KHADRA codé S1) du bassin Côtiers Algérois (BV02).

Tableau IV.2. Les critères de choix de la distribution optimal pour la station S1 du bassin Côtiers Algérois

S1 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	350.079	319.700	324.029	312.129	314.012	315.881	313.946
AICc	350.443	320.064	324.392	312.492	314.762	316.631	314.696
BIC	353.246	322.867	327.196	315.296	318.762	320.632	318.696
ADC	4.411	0.537	0.845	0.036	0.043	0.364	0.052

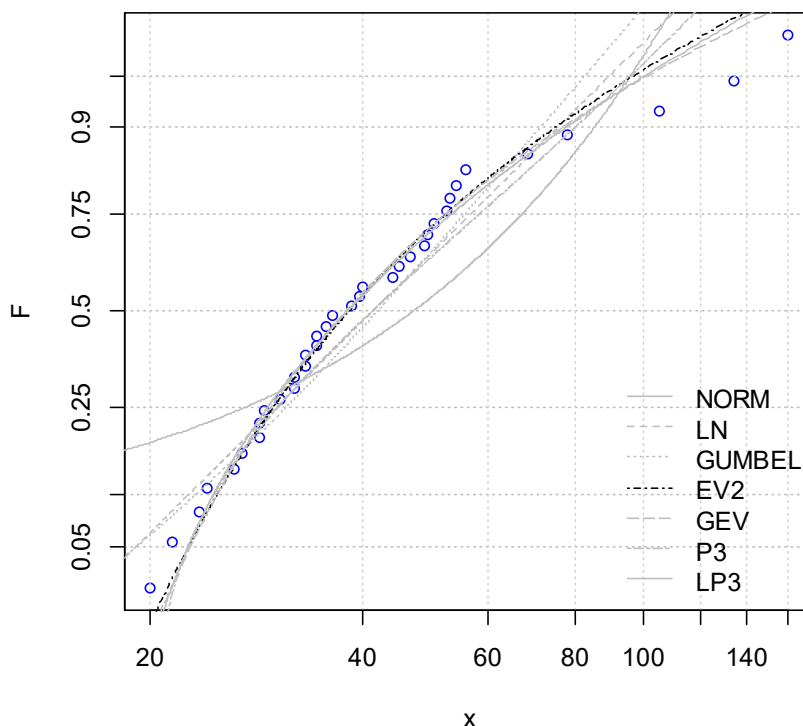


Figure IV.1. Comparaison graphique et choix de la distribution optimale pour la station S1 du bassin BV02

La comparaison graphique et numérique selon les critères de choix (tableau IV.2, figure IV.1) a fait ressortir la distribution de Fréchet (EV2) comme la meilleure distribution pour la première station (KHADRA codé S1) du bassin Côtiers Algérois (BV02).

La suite des résultats numériques et graphiques de choix de la distribution optimale pour les stations analysées des trois bassins sont représentés dans l'annexe N°6 et N°7, respectivement.

À titre indicatif, les distributions de probabilité optimales pour chaque station des trois bassins du littoral Algérien sont récapitulées dans le tableau IV.3.

Tableau IV.3. Les meilleures distributions de probabilité pour les bassins de littoral Algérien

Bassin	Station	St	La distribution de probabilité optimale
Côtiers Algérois	KHADRA	S1	Fréchet (EV2)
	SIDI M'HAMED BEN ALI	S2	Fréchet (EV2)
	BORDJ ABOU EL HASSEN	S3	Pearson 3 (P3)
	TENES	S4	Pearson 3 (P3)
	SIDI AKACHA	S5	Fréchet (EV2)

Côtiers Constantinois	BOU KHELIFA	S67	Lognormale (LN)
	CAP AOKAS COMMUNE	S68	Normale
	DOMAINE DEHAS TICHI	S69	Pearson 3 (P3)
	BORDJ MIRA	S70	Pearson 3 (P3)
	AMOUCHAS	S71	Gumbel

Côtiers Oranais	GHAZAOUET EL BOR	S95	Gumbel
	SIDI BOUDJENANE DRS	S96	Gumbel
	MARSA BEN M'HIDI	S97	Lognormale (LN)
	DAR BENCHERKI	S98	Lognormale (LN)
	AOUBELLIL	S99	Gumbel

La suite de résultats sont représentés dans l'annexe N°8.

Le tableau ci-dessous récapitule les pourcentages des stations ajustées par chaque distribution pour les trois bassins.

Tableau IV.4. Pourcentage de la meilleure distribution de probabilité

Bassin	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
BV02 (%)	/	36.36	22.73	18.18	1.25	21.21	/
BV03 (%)	3.57	35.71	17.86	25	/	17.86	/
BV04 (%)	/	44.44	27.78	11.11	/	11.11	5.56
BV Littoral (%)	0.89	37.5	22.32	18.75	0.89	18.75	0.89

Les résultats des distributions de probabilité optimale des trois bassins du littoral Algérien montrent que la distribution Log normale (LN) est la meilleure distribution pour 37.5 % des stations, en termes des quatre critères utilisés, puis la distribution de Gumbel (22.32%), la distribution EV2 et P3 (18.75%) et en fin la distribution de GEV, LP3 et NORM (0.89%).

Selon la littérature dans le contexte Algérien, la distribution généralisée des valeurs extrêmes (GEV) a été adoptée par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) dans ses études antérieures de régionalisation des précipitations extrêmes (ANRH 2008 ; ANRH-GTZ 2003). Au nord de l'Algérie, les maxima annuels des précipitations journalières de 1936 à 2009 ont été modélisés à l'aide de la distribution généralisée des valeurs extrêmes (GEV) afin de contrôler et prévoir le comportement des précipitations (Boudrissa et al., 2017).

Pour le bassin hydrographique du Cheliff, la distribution GEV a été retenue comme distribution régionale pour l'estimation des pluies journalières de fréquence rare (Benhattab et

al., 2014). Une autre étude au Nord-Est de l'Algérie s'est concentrée sur la régionalisation des précipitations journalières maximales annuelles ayant sélectionnée la distribution GEV comme la plus robuste (Kondratieva & Amarchi, 2015).

A l'échelle mondial, une enquête a été faite par l'OMM en 1989 pour l'analyse théorique des distributions utilisées dans l'analyse fréquentielle des précipitations journalières maximales, auprès de 55 agences de 28 pays révèle que 52% de ces derniers ont l'habitude d'utiliser, comme référence principale, la distribution généralisée des valeurs extrêmes (GEV) (Habibi et al., 2013). Plusieurs auteurs ont appliqué et accepté la distribution GEV comme un meilleur modèle pour modéliser les précipitations maximales annuelles telle que Johnson and Smithers (2020) en Afrique du Sud, Ngongondo et al (2011) au Malawi, Bolgov et al. (Bolgov et al., 2019) en Russie, Deidda et al. (2021) en Italie, Afzali-Gorouh et al. (2018) en Iran, Hossain et al. (2021a,b) en Australie, etc...

Bien que le choix de la distribution GEV soit motivé par l'ANRH et même par plusieurs auteurs et chercheurs, comme indiqué ci-dessus. La distribution GEV a également l'avantage de s'adapter aux échantillons courts, même en présence de valeurs aberrantes. Donc sur la base de ces études, la distribution GEV a été sélectionnée pour calculer la période de retour (approximative) des valeurs dérivées des PMP de la zone d'étude.

IV.2.4. La distribution généralisée des valeurs extrêmes (GEV)

Jenkison (1955) a montré que la distribution généralisée des valeurs extrêmes (GEV) a l'avantage de combiner les trois types de distribution des valeurs extrêmes développées par Fisher et Tippett (1928).

Ces distributions des valeurs extrêmes pouvaient se mettre sous une forme unique qui peut s'écrire (Adlouni & Ouarda, 2008) :

$$F(x) = \exp \left[- \left(1 - \frac{k(x - \mu)}{\sigma} \right)^{\frac{1}{k}} \right] \quad (4.6)$$

Où : μ est un paramètre de position, σ un paramètre d'échelle et k un paramètre de forme.

La distribution des valeurs extrêmes permet d'extrapoler le comportement de la queue de distribution des données à partir des plus importantes valeurs observées sur cette distribution (Souanef, 2015). La distribution GEV admet comme cas particuliers les distributions suivantes (Grimaldi et al., 2011) :

IV.2.4.1. La distribution de Gumbel (EV1)

La distribution de Gumbel est une distribution à deux paramètres, définie sur $]-\infty, +\infty [$

lorsque k tend vers 0. La fonction de répartition est donnée par :

$$F(x) = \exp \left[-\exp - \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right] \quad (4.7)$$

IV.2.4.2. La distribution de Fréchet (EV2)

La distribution de Fréchet est une distribution à trois paramètres connue aussi sous le nom de distribution Log-Gumbel définie sur $\left] \frac{\mu + \sigma}{k}, +\infty \right[$, obtenue lorsque $k < 0$. La fonction de répartition est donnée par :

$$F(x) = \exp \left(- \left(\frac{\mu}{x} \right)^\sigma \right) \quad (4.8)$$

IV.2.4.3. La distribution de Weibull

La distribution de Weibull est une distribution à trois paramètres définie sur $\left] -\infty, \frac{\mu + \sigma}{k} \right[$, obtenue lorsque $k > 0$. La fonction de répartition est donnée par :

$$F(x) = 1 - \exp \left(- \left(\frac{x}{\mu} \right)^\sigma \right) \quad (4.9)$$

IV.2.5. Détermination des paramètres de la distribution théorique choisie

En analyse fréquentielle plusieurs méthodes ont été développées pour l'estimation des paramètres de la distribution en question. Parmi elles, on peut citer les trois méthodes les plus courantes :

- La méthode des moments conventionnels (MME) ;
- La méthode des moments pondérés ou L-moments (LME) ;
- La méthode du maximum de vraisemblance (MLE).

IV.2.5.1. La méthode des moments conventionnels (MME)

La méthode des moments a été développée pour la première fois par [Karl Pearson \(1936\)](#). Il considérait que les meilleures estimations des paramètres d'une distribution de probabilité sont celles pour lesquelles les moments de la fonction de densité de probabilité autour de l'origine sont égaux aux moments correspondants des données de l'échantillon. Pearson ne considérait à l'origine que les moments autour de l'origine, mais par la suite, il est devenu habituel d'utiliser la variance comme deuxième moment central et le coefficient d'asymétrie comme troisième moment central normalisé, afin de déterminer le deuxième et troisième paramètre de la distribution si nécessaire.

À partir d'un ensemble d'observations (x_1, \dots, x_n) , les estimateurs non biaisés de la moyenne (μ) , de la variance (σ^2) et du coefficient d'asymétrie (γ) sont les suivants : (Grimaldi et al., 2011)

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N x_i \quad (4.10)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \quad (4.11)$$

$$\gamma = \frac{n}{(n-1)(n-2)\sigma^3} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^3 \quad (4.12)$$

IV.2.5.2. La méthode des L-moments (LME)

Les L-moments sont une autre façon de résumer les propriétés statistiques des données hydrologiques. Ils ont été introduits par Sillitto (1969) et formalisés par Hosking (1990). Ils sont des combinaisons linéaires des moments de probabilité pondérée (PWM : Probability-weighted Moments) définis par (Greenwood et al., 1979 ; Grimaldi et al., 2011).

Les PWM d'ordre r ont été correctement décrits comme suit :

$$M_{p,r,s} = E[x^p \{F(x)\}^r \{1 - F(x)\}^s] \quad (4.13)$$

Où r, s et p sont des nombres réels et $F(x)$ est la fonction de distribution cumulative de x .

Un cas fonctionnel est :

$$\beta_r = M_{1,r,0} \quad (4.14)$$

Donc :

$$\beta_r = \int_0^1 x(F)F^r dF \quad (4.15)$$

Où $F = F(x)$ est la fonction de distribution cumulative d'une variable aléatoire x et r est un entier non négatif réel qui prend les valeurs $r = 0, 1, 2, 3, \dots$

Par conséquent, les quatre premiers L-moments, qui sont les combinaisons linéaires des PWM, sont :

$$\lambda_1 = \beta_0 \quad (4.16)$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0 \quad (4.17)$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 - \beta_0 \quad (4.18)$$

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \quad (4.19)$$

Les L-moments en forme adimensionnelle, appelés rapports des L-moments, ont été proposés par (Hosking, 1990) sous la forme :

$$\tau = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}, \tau_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_2} \text{ et } \tau_4 = \frac{\lambda_4}{\lambda_2} \quad (4.20)$$

Où :

τ : représente le L-coefficient de variation (L-Cv).

τ_3 : représente le L-coefficient d'asymétrie (L-Cs).

τ_4 : représente le L-coefficient d'aplatissement (Kurtosis) (L-Ks)

L'échantillon ordonné est $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$; prouve que la statistique b_r est l'estimateur de β_r :

$$b_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(i-1)(i-2) \dots (i-r)}{(n-1)(n-2) \dots (n-r)} x_i \quad (4.21)$$

Donc :

$$l_1 = b_0 \quad (4.22)$$

$$l_2 = 2b_1 - b_0 \quad (4.23)$$

$$l_3 = 6b_2 - 6b_1 - b_0 \quad (4.24)$$

$$l_4 = 20b_3 - 30b_2 + 12b_1 - b_0 \quad (4.25)$$

Où :

$l_1 ; l_2 ; l_3$ et l_4 sont les quatre premiers L-moments de l'échantillon.

De même on écrit les rapports des L-moments de l'échantillon comme suit :

$$t = \frac{l_2}{l_1}, t_3 = \frac{l_3}{l_2} \text{ et } t_4 = \frac{l_4}{l_2} \quad (4.26)$$

IV.2.5.3. La méthode du maximum de vraisemblance (MLE)

Les estimateurs de maximum de vraisemblance (MLE) ont de très bonnes propriétés statistiques avec les grands échantillons et l'expérience a montré qu'ils se comportent généralement bien avec les enregistrements disponibles en hydrologie (Grimaldi et al., 2011).

Les MLE sont parfois peu performants lorsque la distribution des observations s'écarte de manière significative de la distribution à ajuster. Les méthodes MLE offrent un moyen pratique sur le plan du calcul d'ajuster les distributions de fréquences en utilisant différentes sources d'information. Dans l'analyse fréquentielle des crues, par exemple, des relevés systématiques peuvent être combinés avec des événements historiques grâce à une formulation correcte de la

fonction de vraisemblance dans laquelle les incertitudes (en particulier les erreurs de mesure) sont prises en compte. La meilleure paramétrisation de la distribution supposée de la fréquence des crues peut alors être obtenue en maximisant la fonction de vraisemblance (Grimaldi et al., 2011).

IV.3. Application de la distribution GEV aux précipitations maximales journalières

IV.3.1. Procédé d'ajustement de la distribution GEV

Le procédé d'ajustement de la distribution GEV se résume en :

- * Classer les observations par ordre croissant en leur attribuant un numéro d'ordre i .
- * Calculer leur fréquence expérimentale (empirique) par la formule de Hazen $F(x) = (i - 0.5) / N$ (i : numéro d'ordre et N : taille de la série).
- * Calculer la variable réduite $y = - [\log (- \log F(x))]$.
- * Calculer les valeurs théoriques de correspondant à la variable y selon la méthode d'estimation voulue des paramètres de la distribution GEV.
- * Tracer la courbe théorique en portant en abscisse la variable y et en ordonnées les valeurs théoriques de x .
- * Estimations des quantiles.

IV.3. 2. Calcul des paramètres (μ , σ et k) de la distribution GEV par les trois méthodes adoptées

Les détails des calculs sont accessibles dans les références (Landwehr et al. 1979 ; Hosking et al. 1985 ; Hosking & Wallis. 1997), pour les trois méthodes très usuelles d'estimation des trois paramètres μ , σ et k de la distribution généralisée des valeurs extrêmes (GEV).

Les trois paramètres (μ , σ et k) de la distribution GEV pour les 112 stations par les trois méthodes adoptées sont donnés, à titre d'exemple, par le tableau suivant :

Tableau IV.5. Paramètres de la distribution GEV pour les 112 stations des bassins du littoral Algérien

Bassin	St	L – moment			Maximum de vraisemblance			Moments conventionnels		
		μ	σ	k	μ	σ	k	μ	σ	k
Côtiers Algérois	S1	32.9427	11.7074	-0.3931	33.1618	11.7693	-0.4077	33.2662	18.9876	-0.1317
	S2	31.7686	8.7234	-0.4518	31.9449	8.9470	-0.4662	31.2915	15.7980	-0.1785
	S3	47.5498	21.9895	-0.0714	47.0852	20.1416	-0.1491	48.1159	23.0294	-0.0214
	S4	47.3010	16.6315	-0.1055	46.9296	15.6173	-0.1695	47.8428	18.2374	-0.0247
	S5	45.2713	13.9144	-0.2168	45.5764	14.1199	-0.1907	44.9782	16.0310	-0.1527

Côtiers Constantinois	S67	58.6142	20.3486	-0.0197	58.8649	19.6588	-0.0221	59.8405	22.1766	0.0927
	S68	65.0966	22.5828	0.1296	66.3113	22.7133	0.2190	65.9888	23.3585	0.2005
	S69	49.9309	18.2966	-0.0734	49.3052	16.4128	-0.1818	51.2530	20.4183	0.0584
	S70	87.0618	38.4975	-0.0954	86.0772	34.2524	-0.2026	90.9119	45.1076	0.0891
	S71	41.1764	13.1208	-0.0543	41.3716	13.4702	-0.0270	41.1710	13.6539	-0.0316

Côtiers Oranais	S95	44.5348	19.9093	-0.0124	45.0113	19.8124	0.0138	45.3504	21.3540	0.0706
	S96	43.2878	20.5669	-0.0722	43.6824	20.2946	-0.0601	44.4606	22.7260	0.0390
	S97	34.7056	19.0742	-0.1779	34.9376	19.0370	-0.1738	35.3552	22.1120	-0.0697
	S98	35.0021	16.9823	-0.1476	35.5032	17.0672	-0.1237	35.8628	19.3893	-0.0318
	S99	40.0946	16.6140	0.1011	40.4648	15.9655	0.1194	40.7181	17.0352	0.1623

La suite des résultats pour les autres stations du trois bassins sont représentés dans l'annexe N°9.

IV.3.3. Recherche de la meilleure méthode d'estimation des paramètres de la distribution GEV

Pour savoir la meilleure méthode d'estimation des trois paramètres de la distribution GEV, pour les 112 stations des trois bassins, une comparaison entre les trois méthodes très usuelles (méthode des moments conventionnels, méthode des L-moments et méthode du maximum de vraisemblance) sera effectuée à l'aide des critères de performances les plus employés tels que : la racine de la moyenne des erreurs quadratiques (*RMSE*), la moyenne des erreurs absolues (*MAE*) et le coefficient de détermination (R^2).

IV.3.3.1. L'erreur quadratique moyenne (*RMSE*)

Root Mean Square Error est une métrique généralement utilisée, elle donne une bonne mesure de la proximité entre les valeurs observées et les valeurs prédites (Carslaw, 2015). Elle est exprimée par la relation suivante :

$$RMSE = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - M_i)^2}{N} \right)^{1/2} \quad (4.27)$$

IV.3.3.2. L'erreur absolue moyenne (*MAE*)

L'erreur absolue moyenne (*MAE*) Mean absolute error est la différence moyenne entre les valeurs prédites et les valeurs observées (Willmott et Matsuura, 2005). Sa formulation est la suivante :

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |P_i - M_i|}{N} \quad (4.28)$$

IV.3.3.3. Le coefficient de détermination (R^2)

Le coefficient de détermination R^2 est défini comme étant le carré du coefficient de corrélation, d'après Bravais-Pearson :

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n [(M_i - M_m) * (P_i - P_m)]^2}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (M_i - M_m)^2 \sum_{i=1}^n (P_i - P_m)^2}} \quad (4.29)$$

Dans toutes les formulations précédentes N est le nombre de points de données (tailles des séries des pluies maximales journalières). M_i les valeurs des quantiles observés des P_{jmax} et P_i est les valeurs estimées ou prédites des quantiles théoriques issus de la méthode de détermination des P_{jmax} correspondantes. M_m et P_m sont les valeurs moyennes des M_i et P_i .

Pour chaque série de pluies maximales journalières ajustée, la meilleure méthode d'estimation des paramètres est sélectionnée sur la base des valeurs les plus proches de l'unité pour le R^2 et des valeurs aussi petites pour les $RMSE$ et les MAE . Le calcul sera réalisé automatiquement par le code R.

À titre d'exemple, le tableau suivant donne les performances de choix de la meilleure méthode d'estimation des paramètres de la distribution GEV, pour la station (S1) du bassin côtiers Algérois (BV02).

Tableau IV.6. Performances des méthodes d'estimation des paramètres de la distribution GEV pour la station (S1) du bassin BV02

S1 BV02	R^2	RMSE	MAE
L-Moments	0.9607815	5.861546	2.433419
Maximum de vraisemblance	0.9643525	5.588314	2.501854
Moments	0.9208549	8.326807	6.339774

D'après le tableau 4.6 on constate que la méthode des Maximum de vraisemblance est la meilleure pour l'estimation des trois paramètres de la distribution GEV de la station (S1) du bassin BV02. La confrontation graphique et le choix de la méthode optimale d'estimation des paramètres de la distribution GEV pour la station S1 du bassin BV02 est illustrée par la [figure IV.2](#).

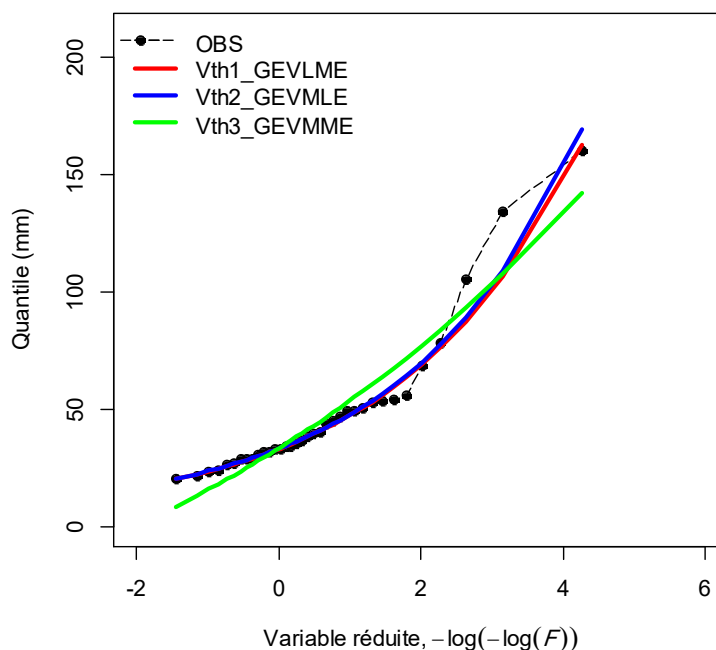


Figure IV.2. Comparaison graphique et choix de la méthode optimale d’estimation des paramètres de la distribution GEV pour la station S1 du BV02

À titre indicatif, les méthodes optimales d’estimation des paramètres de la distribution GEV pour chaque station des trois bassins du littoral Algérien sont récapitulés dans le tableau suivant (La suite des résultats sont représentés dans l’annexe N°12) :

Tableau IV.7. Les meilleures méthodes d’estimation des paramètres de la distribution GEV pour les stations analysées des trois bassins du littoral Algérien

Bassin	Station	St	Meilleure méthode d’estimation des paramètres de la distribution GEV
Côtiers Algérois	KHADRA	S1	Maximum de vraisemblance
	SIDI M’HAMED BEN ALI	S2	Maximum de vraisemblance
	BORDJ ABOU EL HASSEN	S3	Maximum de vraisemblance
	TENES	S4	L-moments
	SIDI AKACHA	S5	L-moments

Côtiers Constantinois	BOU KHELIFA	S67	Moments conventionnels
	CAP AOKAS COMMUNE	S68	Maximum de vraisemblance
	DOMAINE DEHAS TICHI	S69	Moments conventionnels
	BORDJ MIRA	S70	Moments conventionnels
	AMOUCHAS	S71	L-moments

Côtiers Oranais	GHAZAOUET EL BOR	S95	Moments conventionnels
	SIDI BOUDJENANE DRS	S96	Maximum de vraisemblance
	MARSA BEN M'HIDI	S97	L-moments
	DAR BENCHERKI	S98	L-moments
	AOUBELLIL	S99	Moments conventionnels

Le reste des résultats numérique et graphique de choix de la méthode optimale d'estimation des paramètres de la distribution GEV pour les stations analysées des trois bassins sont illustrés dans les annexes N° 10 et N°11, respectivement.

IV.3.4. Pourcentage de mérite pour chaque méthode d'estimation

Après l'estimation des paramètres de la distribution GEV et le choix de la méthode adoptée pour les 112 stations ajustées, le pourcentage de mérite pour chaque méthode sera calculé et montré dans le tableau suivant :

Tableau IV.8. Pourcentage de mérite pour chaque méthode dans les trois bassins

	L-moments		Moments conventionnels		Maximum de vraisemblance	
	Nombre stations	%	Nombre stations	%	Nombre stations	%
Côtiers Algérois	26	39.39	20	30.30	20	30.30
Côtiers Constantinois	12	42.86	10	35.71	6	21.43
Côtiers Oranais	8	44.44	5	27.78	5	27.78
Total	46	41.07	35	31.25	31	27.68

Du [tableau IV.8](#), il ressort que la méthode des L-moments pour la détermination des paramètres de la distribution GEV pour toutes les stations des bassins du littoral Algérien, est favorisée dans 41.07% des cas dans 46 stations analysées. En revanche les deux autres méthodes (la méthode des moments et maximum de vraisemblance) sont favorisées dans 31.25% et 27.68% des cas dans 35 et 31 stations, respectivement.

On déduit de ce qui précède que les études récentes entreprises par l'ANRH ([ANRH, 2008](#)), se justifient et se basent uniquement pour 41% de cas de mérite alloué à la méthode des moments pondérés ou L-moments adoptée pour l'analyse fréquentielle des pluies maximales journalières en Algérie, par la distribution GEV.

IV.4. Estimation des périodes de retour des PMP

L'un des objectifs importants de l'analyse fréquentielle est de calculer la période de retour des événements extrêmes pour déterminer le niveau de risque et les dommages prévues. Après le choix de la méthode optimale d'estimation des paramètres de la distribution GEV on peut estimer les périodes de retour du *PMP max* et du *PMP max(24H)* au sein des stations analysées. Le tableau suivant représente les périodes de retour pour quelques stations de chaque bassin (À titre d'exemple) :

Tableau IV.9. Les périodes de retour (GEV) des PMP pour les 112 stations

Bassin	Noms des stations	Code St	T PMPmax par GEV (ans)	T PMPmax24 par GEV (ans)
Côtiers Algérois	KHADRA	S1	255.9771	346.7887
	SIDI M'HAMED BEN ALI	S2	236.7648	311.5362
	BORDJ ABOU EL HASSEN	S3	1157.407	2197.802
	TENES	S4	2353.495	5321.98

Côtiers Constantinois	BOU KHELIFA	S67	Inf	NaN
	CAP AOKAS COMMUNE	S68	NaN	NaN
	DOMAINE DEHAS TICHI	S69	2500000	Inf
	BORDJ MIRA	S70	479.8464	2466.091

Côtiers Oranais	GHAZAOUET EL BOR	S95	10000000	Inf
	SIDI BOUDJENANE DRS	S96	5571.031	15313.94
	MARSA BEN M'HIDI	S97	1003.11	1751.313
	DAR BENCHERKI	S98	1261.989	2383.79

La suite de résultats sont représentés dans l'annexe N°13.

Ce tableau montre que les périodes de retours des valeurs des *PMP max* et *PMP max(24H)* s'avèrent presque infinies en confirmation avec les postules de la littérature à cet aspect d'étude.

IV.5. La méthode alternative pour l'estimation des PMP

La méthode alternative pour l'estimation des PMP consiste à faire recours aux estimations des quantiles moyennant l'analyse fréquentielle à travers les distributions de

probabilité les mieux adéquates. Les PMP estimées par différentes méthodes directe ou indirecte seront liées et corrélées aux quantiles appropriés issus des lois de distribution maintenues.

Dans le contexte Algérien, la méthode des L-moments a été utilisé pour estimer les paramètres de la distribution GEV adoptée pour calculer les quantiles des $Pjmax$ associés aux différentes périodes de retour de 10, 20, 50, 100, 200 et 500 ans, afin de chercher la meilleure corrélation entre les $PMPmax24H$ estimées par la méthode statistique de Hershfield, dans son approche simplifiée, et les différents quantiles sous contrainte des meilleurs relations linéaires.

Le tableau IV.10 indique, à titre d'exemple, les résultats d'estimation des quantiles des $Pjmax$ par la distribution GEV, associées aux différentes périodes de retour (P10, P20, P50, P100, P200, P500).

Tableau IV.10. Quantiles des $Pjmax$ pour différentes périodes de retour

Bassin	Stations	$PMPmax$ 24H	P10	P20	P50	P100	P200	P500
Côtiers Algérois	S1	317.40	75.29	98.88	141.25	184.90	242.11	346.01
	S2	291.53	65.84	86.35	125.01	166.74	223.70	332.20
	S3	337.56	101.23	120.32	146.53	167.36	189.17	219.67
	S4	279.37	89.54	105.32	127.62	145.84	165.38	193.47
	S5	297.02	85.62	103.30	130.70	155.20	183.61	228.32

Côtiers Constantinois	S67	305.01	105.44	120.86	141.16	156.61	172.23	193.16
	S68	294.32	109.17	120.75	134.22	143.29	151.54	161.35
	S69	284.81	94.70	110.66	132.63	150.11	168.44	194.11
	S70	344.73	183.69	219.27	269.13	309.52	352.54	413.87

Côtiers Oranais	S95	285.32	89.97	104.78	124.14	138.80	153.53	173.16
	S96	308.60	93.54	111.42	136.01	155.55	176.03	204.67
	S97	332.35	87.49	109.37	142.22	170.68	202.80	251.77
	S98	282.51	80.32	98.32	124.66	146.92	171.52	208.10

La suite des résultats sont représentés dans l'annexe N°14.

La figure suivante représente les équations qui définissent la corrélation entre les $PMPmax24H$ estimées par la méthode statistique simplifiée de Hershfield et les quantiles des $Pjmax$ estimés par la distribution GEV, associés aux différentes périodes de retour de 10, 20, 50, 100, 200 et 500 ans.

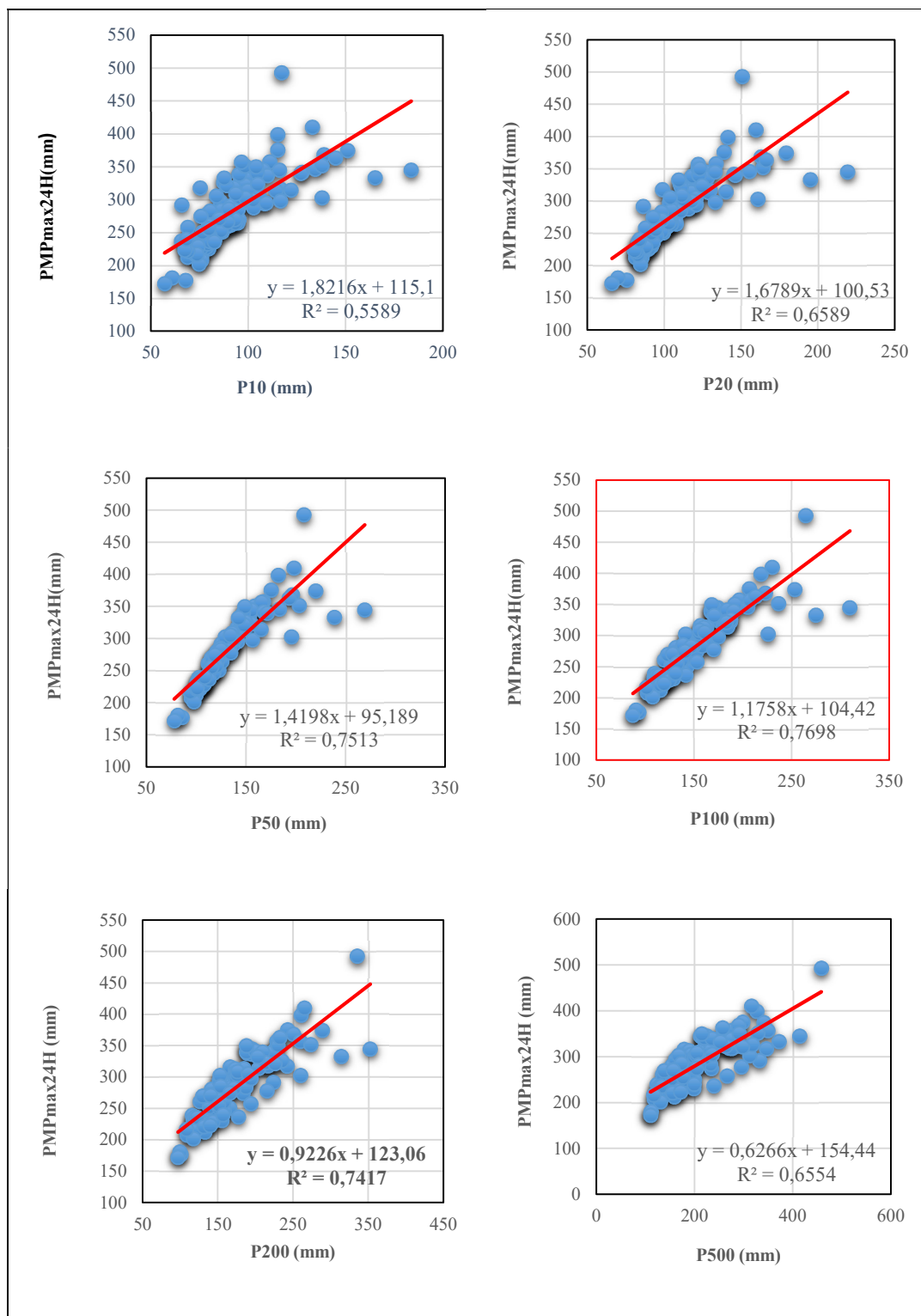


Figure IV.3. La relation linéaire entre les PMP_{max24H} et les différents quantiles

À partir de la figure IV.3, on constate que les PMP_{max24H} évoquent une meilleure corrélation avec les quantiles de période de retour centennale avec un coefficient de détermination $R^2 = 0.7698$, soit un coefficient de corrélation $R = 0.8774$. Les quantiles de période de retour 100 ans peuvent en revanche expliquer la variance des PMP_{max24H} de

76.98%. Par conséquent, on peut estimer les $PMPmax24HQ$ issues des quantiles P100 ans par l'équation linéaire correspondante comme suit :

$$PMPmax24HQ = 1,1758 * P100 + 104,42 \quad (4.30)$$

Le tableau IV.11 indique la comparaison entre les $PMPmax24H$ estimées par la méthode simplifiée de Hershfield et les $PMPmax24HQ$ issues de l'équation 4.30 qui définit la meilleure corrélation de la méthode baptisée alternative.

Pour renforcer cette comparaison les rapports entre les $PMPmax24H$, $PMPmax24HQ$ et les valeurs maximales des précipitations maximales journalières annuelles observées (P_m) pour chaque station ne doivent pas dépasser la valeur de trois. Ces rapports sont présentés aussi dans le tableau IV.11.

Tableau IV.11. Comparaison entre les $PMPmax24H$ et les $PMPmax24HQ$

Bassin	Stations	$PMPmax24H$	$PMPmax24HQ$	P_m	$\frac{PMPmax24H}{P_m}$	$\frac{PMPmax24HQ}{P_m}$
Côtiers Algérois	S1	317.40	321.83	160	1.98	2.01
	S2	291.53	300.48	167.6	1.74	1.79
	S3	337.56	301.20	166.5	2.03	1.81
	S4	279.37	275.90	135	2.07	2.04
	S5	297.02	286.91	176.2	1.69	1.63

Côtiers Constantinois	S67	305.01	288.56	130.4	2.34	2.21
	S68	294.32	272.90	123.7	2.38	2.21
	S69	284.81	280.92	125	2.28	2.25
	S70	344.73	468.35	219	1.57	2.14
	S71	216.89	233.48	109.5	1.98	2.13

Côtiers Oranais	S95	285.32	267.62	115.3	2.47	2.32
	S96	308.60	287.31	137.5	2.24	2.09
	S97	332.35	305.11	172	1.93	1.77
	S98	282.51	277.17	135	2.09	2.05
	S99	216.74	223.38	86.4	2.51	2.59

La suite des résultats sont représentés dans l'annexe N°15.

D'après le tableau IV.11, On constate que les $PMPmax24H$ et $PMPmax24HQ$ issues des deux méthodes sont presque similaires pour la majorité des stations, ainsi que les rapports entre ces dernières et les valeurs (P_m) observées sont proche à une valeur moyenne de 2.

Visuellement, la figure IV.4 montre clairement la comparaison entre les deux méthodes qui produisent des estimations des $PMPmax24H$ proches.

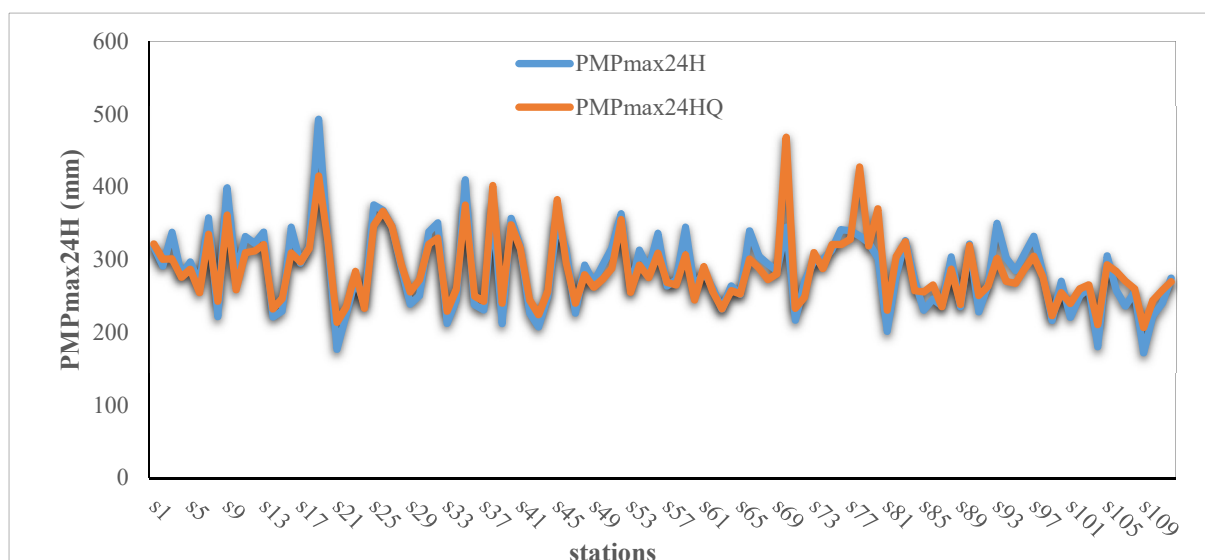


Figure IV.4. Comparaison graphique entre les PMP_{max24H} et $PMP_{max24HQ}$ issus de la méthode statistique simplifiée de Hershfield et la méthode alternative

Ces résultats restent insuffisants pour dire que la méthode alternative est applicable au calcul des PMP_{max24H} alternativement à la méthode statistique simplifiée de Hershfield. Pour prendre cette décision, des tests statistiques sont utilisés pour se rassurer du choix.

Le test de Wilcoxon et Levene pour l'égalité de la médiane et de la variance, respectivement, sont appliqués du fait que les deux échantillons des PMP_{max24H} et $PMP_{max24HQ}$ ne suivent pas tous les deux la normalité. Le tableau suivant résume les résultats de ces tests.

Tableau IV.12. Résultats des tests statistiques

Test statistique	P-value	Décision (au seuil d'erreur 5%)
Wilcoxon	0.5664	Pas de différence significative entre les médian des deux échantillons
Levene	0.0850	La variance des deux échantillons est semblable

Du point de vue statique on remarque que la différence n'est pas significative entre les valeurs des PMP_{max24H} et $PMP_{max24HQ}$ estimées par les deux méthodes (statistique simplifiée de Hershfield et alternative (équation 4.30)). Par conséquent, la méthode statistique simplifiée de Hershfield peut être remplacée par la méthode alternative basée sur la meilleure relation linéaire entre PMP_{max24H} et P100, formulée par l'équation 4.30, pour une estimation rapide et relativement explicite dans les bassins du littoral Algériens.

IV.6. Conclusion

Dans cette étude 112 stations pluviométriques sont retenues pour l'analyse fréquentielle et se prêtent à des ajustements des distributions de probabilités afin de calculer les périodes de retour des valeurs PMP estimées. Une comparaison a été effectuée entre sept distributions de probabilité pour trouver celle qui est la mieux adéquate à la série analysée. Sur la base des critères de choix, la distribution Log normale s'avère la plus avantageuse pour 37.5 % des stations des trois bassins étudiés.

À l'échelle mondiale et nationale, plusieurs études confirment que la distribution GEV est la plus adéquate pour les extrêmes hydrologiques, pour cela elle a été sélectionnée pour calculer la période de retour des valeurs dérivées du PMP de la zone d'étude, il s'agit des pluies maximales journalières annuelles (P_{jmax}). Ensuite l'analyse s'est penché à la meilleure méthode d'estimation des paramètres de la distribution GEV en se basant sur d'autres critères de choix. Trois méthodes d'estimation des paramètres de la distribution GEV ont été appliquées aux séries analysées, dans une vision comparative avec des études antérieures élaborées en Algérie avec le même aspect qui adoptaient la méthode des L- moments pour estimer les paramètres de la distribution GEV. Cependant la présente étude montre que ce choix n'est justifié que pour 41.07 % des séries analysées. Les deux autres méthodes sont à rappeler : la méthode du maximum de vraisemblance et la méthode des moments qui se justifient par des pourcentages de 27.68% et 31.25%, respectivement. Les périodes de retours des valeurs des PMP_{max} et $PMP_{max}(24H)$ s'avèrent presque infinies.

Une méthode alternative pour l'estimation des PMP_{max24H} consiste à faire recours aux estimations des quantiles des précipitations maximales journalières annuelles (P_{jmax}) associés aux différentes périodes de retour (P10, P20, P50, P100, P200, P500) à travers la distribution généralisée des valeurs extrêmes (GEV) basée sur la méthode des L-moment pour l'estimation de ses trois paramètres. Cette méthode montre que les PMP_{max24H} estimées par la méthode statistique simplifiée de Hershfield possède une meilleure corrélation linéaire avec les quantiles de période de retour 100 ans. Une comparaison visuelle et statistique montre et confirme qu'il n'y a pas de différence significative entre les valeurs des PMP_{max24H} estimées par les deux méthodes simplifiées de Hershfield et alternative formulée par l'équation 4.30, pour cela on peut affirmer que la méthode alternative ainsi établie est applicable pour l'estimation des PMP_{max24H} au sein des bassins du littoral Algérien en remplacement de la méthode statistique simplifiée de Hershfield.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale et Recommandations

L'estimation fiable et robuste des précipitations extrêmes tels que les PMP constituera la base des pratiques d'ingénierie pour la conception des structures hydrauliques sur la base d'estimation de la crue maximale probable (CMP) afin de quantifier et gérer les risques d'inondation.

Les données des précipitations maximales journalières annuelles des 140 stations pluviométriques réparties dans les trois bassins de littoral Algérien ont été impliquées dans l'estimation des pluies maximales probables.

Après la vérification des hypothèses de l'analyse fréquentielle (l'homogénéité, la tendance, le caractère aléatoire) seules 112 stations pluviométriques ont été retenues pour l'application de la méthode statistique de Hershfield (1961, 1965), initiée par Chow (1951), qui a été adopté pour l'estimation des $PMP_{max}(24H)$ des trois bassins l'objet de cette étude. La méthode simplifiée et la méthode modifiée sont les deux méthodes statistiques incluses dans la méthode de Hershfield. La première méthode a été appliquée pour calculer les facteurs de fréquence adéquats (K_m) et les valeurs correspondantes des $PMP_{max}(24H)$ pour chaque station de l'ensemble des bassins en question sur la base d'une nouvelle courbe enveloppe inspirée par Sarkar et Maity (Sarkar & Maity, 2020a) et approprié pour la zone d'étude. Les résultats montrent que les valeurs des $PMP_{max}(24H)$ ponctuelles varient du minimum de 172.94mm au maximum de 492.85mm au niveau des station BOUFATIS (BV04) et COL DES 2 BASSINS (BV02), respectivement, avec une valeur moyenne de 286.25mm. Quant au facteur de fréquence, il varie de 3.67 à 7.79.

Une carte de prédiction spatiale a été élaborée par l'application de la méthode d'interpolation déterministes nommée IDW. Par conséquent, les valeurs des PMP élevées et moyennes ont été observées au centre de la zone d'étude au niveau du bassin du Côtiers Algérois (BV02), en revanche elles décroissent à l'extrémité Est et Ouest dans les deux bassins du Côtiers Constantinois (BV03) et Côtiers Oranais (BV04). La deuxième méthode, appliquée juste pour le bassin Côtiers Oranais comme un cas d'étude, est basé sur des corrections de la moyenne et de l'écart type liés à la longueur des séries de précipitation. La comparaison entre ces méthodes montre visuellement et par voie statistique qu'il n'existe pas une différence significative. Par conséquent, la méthode statistique simplifiée de Hershfield s'avère préférable et recommandée pour les trois bassins de la zone d'étude grâce à sa simplicité et rapidité de calcul, où les ajustements de la méthode modifiée ne sont pas vraiment remarquables.

Les valeurs de la période de retour des $PMP_{max}(24H)$ ont été dérivées en utilisant la distribution de probabilité GEV la plus adéquate pour les extrêmes hydrologiques selon la littérature et les études antérieures de l'ANRH. Elles sont comprises entre 274 ans et l'infinité.

Une autre méthode alternative a été déduite pour l'estimation directe et explicite des valeurs des $PMP_{max}24H$. Cette dernière est le résultat de la recherche des différentes corrélations entre les quantiles des précipitations maximales journalières annuelles (P_{jmax}) à différentes périodes de retour issus de la distribution généralisée des valeurs extrêmes (GEV) et les $PMP_{max}24H$ estimées par la méthode statistique simplifiée de Hershfield. Il a été remarqué que les $PMP_{max}24H$ estimées par l'approche simplifiée reflètent une ultime corrélation linéaire avec les quantiles centennaux. Cette formulation linéaire peut contourner la méthode simplifiée de Hershfield pour une estimation rapide et relativement précise des PMP.

Selon les résultats obtenus dans cette étude, les recommandations suivantes sont à noter :

- Poursuivre l'estimation des PMP par la méthode statistique simplifiée de Hershfield pour les autres bassins de l'Algérie.
- L'estimation des crues maximales probables (CMP) à travers un processus de passage pluie-débit pour les bassins en question et les autres bassins.
- Appliquer les méthodes hydrométéorologiques, selon la disponibilité des données, pour déterminer la meilleure méthode recommandée pour l'estimation des PMP dans les bassins de l'étude et de l'Algérie.
- Refaire les mêmes procédures de calcul des PMP avec des échelles de temps plus fines (à l'échelle horaire par exemple), une fois assurée la disponibilité des données.
- Appliquer d'autres méthodes d'interpolations spatiales telles la méthode spline et krigeage.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- Abdeddaim, H. (2018). CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'INFLUENCE DE LA STRUCTURE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE SUR LE RISQUE HYDROLOGIQUE « Cas des bassins de l'Est de l'Algérie » [Doctoral, UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA]. <http://thesis.univ-biskra.dz/3973/>
- Adlouni, S., & Ouarda, T. (2008). Comparaison des méthodes d'estimation des paramètres du modèle GEV non stationnaire. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 21(1), 35-50. <https://doi.org/10.7202/017929ar>
- Afzali-Gorouh, Z., Bakhtiari, B., & Qaderi, K. (2018). Probable maximum precipitation estimation in a humid climate. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(11), 3109-3119.
- Agence de bassin hydrographique Constantinois-Seybous-Mellegue. (2004-2007). Les cahiers de l'Agence ABH-CSM/Qualité des eaux superficielles dans le bassin des Côtiers Constantinois.
- Agence national des ressources hydrauliques. (1987-1988). *Annuaire hydrologique de l'Algérie*.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE transactions on automatic control*. 19(6). pp.716-723. <http://dx.doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>
- Al Mamun, A., Muyibi, S. A., Kabbashi, N. A., Shaaban, A. J., & Ghazali, A. H. (2010). Estimation of 1-Day Extreme Rainfall by Hershfield Method for Klang River Basin in Malaysia.
- Alias, N. E., Luo, P., & Takara, K. (2013a). Probable maximum precipitation using statistical method for the Yodo River basin. *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)*, 69(4), I_157-I_162.
- Alias, N. E., Luo, P., & Takara, K. (2013b). A Basin-scale Spatial Distribution of Probable Maximum Precipitation for the Yodo River Basin, Japan. *京都大学防災研究所年報. B = Disaster Prevention Research Institute Annuals. B*, 56(B), 65-72.
- Alias, B. (2014). IMPROVING EXTREME PRECIPITATION ESTIMATES CONSIDERING REGIONAL FREQUENCY ANALYSIS [Thesis]. Kyoto University (京都大学). <https://doi.org/10.14989/doctor.k18562>

- Ammari, A. (2012). Vulnérabilité à l'Envasement des Barrages (cas du bassin Hydrographique des Côtiers Algérois) [Phd, Université Mohamed Khider – Biskra]. <http://thesis.univ-biskra.dz/68/>
- ANRH. (2008). Etude générale des crues du Nord de l'Algérie, Modélisation des débits de crue. Algeria.
- ANRH-GTZ. (2003). Etude de synthèse sur les ressources en eaux de surface de l'Algérie du Nord. Algeria.
- Baghli, N., & Bouanani, A. (2016). Gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin Côtier Oranais : Diagnostic et outils. <https://dspace.univ-ouargla.dz/handle/123456789/12647>
- Bari, S. H. (2021). Estimating probable maximum precipitation for Bangladesh. *International Journal of Hydrology Science and Technology*, 11(4), 415. <https://doi.org/10.1504/IJHST.2021.115489>
- Batout, S., Houichi, L., & Marouf, N. (2021). Influence of the envelope curve on the estimate of probable maximum precipitation (PMP) in the coastal region of Algeria. *Modeling Earth Systems and Environment*, 8. <https://doi.org/10.1007/s40808-021-01209-1>
- Beauchamp, J. (2010). Estimation d'une PMP et d'une CMP d'un bassin versant septentrional, en contexte de changements climatiques [Masters, École de technologie supérieure]. <https://espace.etsmtl.ca/id/eprint/295/>
- Benhattab, K., Bouvier, C., & Meddi, M. (2014). Analyse fréquentielle régionale des précipitations journalières maximales annuelles dans le bassin hydrographique-Chélif, Algérie. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 27(3), 189-203.
- Bolgov, M. V., Filippova, I. A., Trubetskova, M. D., & Osipova, N. V. (2019). Stochastic Modeling of Extreme Precipitation: A Regional Approach. *Water Resources*, 46(2), S1-S7.
- Boota, M., Nabi, G., Abbas, T., Hussain, F., & Yaseen, M. (2015). AN APPRAISAL OF STATISTICALLY APPROACHES FOR ESTIMATION OF PROBABLE MAXIMUM PRECIPITATION IN HIGHLAND CLIMATIC ZONE OF PAKISTAN. 27, 1995-1999.
- Boucefiane, A., & Meddi, M. (2022). Estimation of the probable maximum precipitation (PMP) in the Cheliff semi-arid region (Algeria). *Meteorology and Atmospheric Physics*, 134(2), 34. <https://doi.org/10.1007/s00703-022-00864-y>

- Boudrissa, N., Cheraitia, H., & Halimi, L. (2017). Modelling maximum daily yearly rainfall in northern Algeria using generalized extreme value distributions from 1936 to 2009. *Meteorological Applications*, 24(1), 114-119.
- Boukhelifa, M. (2021, juin 16). ENSH. <https://www.ensh.dz/boukhelifa-mustapha/>
- Carslaw, D.C. (2015). The openair manual-open-source tools for analysing air pollution data. Manual for version 1.1-4. King's College London. DOI: <http://www.openair-project.org>
- Casas, M. C., Rodríguez, R., Nieto, R., & Redaño, A. (2008). The estimation of probable maximum precipitation: The case of Catalonia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1146, 291-302. <https://doi.org/10.1196/annals.1446.003>
- Casas, M. C., Rodríguez, R., Prohom, M., Gázquez, A., & Redaño, A. (2011). Estimation of the probable maximum precipitation in Barcelona (Spain). *International Journal of Climatology*, 31(9), 1322-1327.
- Chavan, S. R., & Srinivas, V. V. (2015). Probable maximum precipitation estimation for catchments in Mahanadi river basin. *Aquatic Procedia*, 4, 892-899. <https://doi.org/doi:10.1016/j.aqpro.2015.02.112>
- Chow, V.T. (1951) A general formula for hydrologic frequency analysis. *Trans Am Geophys Union*. 32 (2): 231-237. <https://doi.org/10.1029/TR032i002p00231>
- Daba, N. N., Demissie, T. A., & Sime, C. H. (2021). Probable maximum precipitation estimation using Hershfield's statistical method: A case of Dedessa sub-basin, Ethiopia. *Modeling Earth Systems and Environment*, 1-11.
- Desa, M. N., Noriah, A. B., & Rakhecha, P. R. (2001). Probable maximum precipitation for 24 h duration over southeast Asian monsoon region—Selangor, Malaysia. *Atmospheric research*, 58(1), 41-54.
- Desa, M. N., & Rakhecha, P. R. (2007). Probable maximum precipitation for 24-h duration over an equatorial region: Part 2-Johor, Malaysia. *Atmospheric research*, 84(1), 84-90.
- Deshpande, N. R., Kulkarni, B. D., Verma, A. K., & Mandal, B. N. (2008). Extreme rainfall analysis and estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP) by statistical methods over the Indus river basin in India. *Journal of spatial hydrology*, 8(1).
- Deidda, R., Hellies, M., Langousis, A. (2021). A critical analysis of the shortcomings in spatial frequency analysis of rainfall extremes based on homogeneous regions and a comparison with a hierarchical boundaryless approach. *Stoch Environ Res Risk Assess* 35:2605–2628. <https://doi.org/10.1007/s00477-021-02008-x>

- El Adlouni, S., Bobée, B., & Ouarda, T. B. M. J. (2008). On the tails of extreme event distributions in hydrology. *Journal of Hydrology*, 355(1-4), 16-33. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.02.011>
- El Adlouni, S.-E., Bobée, B., & Ouarda, T. B. M. J. (2007). Caractérisation des distributions à queue lourde pour l'analyse des crues. (N° R929 ; Numéro R929). INRS, Centre Eau, Terre et Environnement. <https://espace.inrs.ca/id/eprint/874/>
- Endale, A. (2016). Estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP) Using in-Situ and Reanalysis Global Precipitation Products (A Case Study on Uapper Blue Nile Basin (Ubnb)) [Thesis, Addis Ababa University]. <http://etd.aau.edu.et/handle/123456789/9170>
- Fattahi, E., Noorian, A. M., & Noohi, K. (2010). Comparison of physical and statistical methods for estimating probable maximum precipitation in southwestern basins of Iran. *Desert*, 15(2), 127-132. <https://doi.org/10.22059/jdesert.2011.23009>
- Felih, S. (2014). Evaluation de la vulnérabilité des bassins versants algériens dû à la variabilité climatique[usthb]. <https://www.ccdz.cerist.dz/admin/notice.php?id=00000000000000699276000104>
- Fisher, R.A., & Tippett, L.H.C. (1928). Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample. Dans: *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*. 24. pp. 180-190.
- Flowers-Cano, R. S., & Ortiz-Gómez, R. (2021). Comparison of four methods to select the best probability distribution for frequency analysis of annual maximum precipitation using Monte Carlo simulations. *Theoretical and Applied Climatology*. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03683-0>
- Fossou, R., Lasm, T., Soro, N., Soro, T., Soro, G., De Lasmé, O., Baka, D., Onetie, O., & Orou, R. (2015). VARIABILITE CLIMATIQUE ET SON IMPACT SUR LES RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES: CAS DES STATIONS DE BOCANDA ET DE DIMBOKRO AU CENTREEST DE LA COTE D'IVOIRE (AFRIQUE DE L'OUEST). *LARHYSS Journal*, 12(1), 87-110.
- Gavrilov, M., Tošić, I., Markovic, S., Unkašević, M., & Petrovic, P. (2016). Analysis of annual and seasonal temperature trends using the Mann-Kendall test in Vojvodina, Serbia. *Idojaras (Budapest, 1905)*, 120, 183-198.
- Gebremedhin, Y. G., Quraishi, S., & Itafa, H. (2017). Development of one day probable maximum precipitation (PMP) and isohyetal map for Tigray Region, Ethiopia. *Global Journal of Science Frontier Research: H Environment & Earth Science*, 17(2).

- Ghahraman, B. (2008). The estimation of one day duration probable maximum precipitation over Atrak watershed in Iran. *Iranian Journal of Science and Technology Transaction B-Engineering*, 32(B2), 175-179.
- Gordon, K. (2019). Probable Maximum Flood Estimation Using a Statistical Approach and a Storm Model Approach for a Watershed in Southern St. Vincent. *Civil Engineering Undergraduate Honors Theses*. <https://scholarworks.uark.edu/cveguht/56>
- Greenwood, J., Landwehr, J., Matalas, N., & Wallis, J. (1979). Probability weighted moments: Definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form. *Water Resources Research* 15, 1049-1054.
- Grimaldi, S., Kao, S.-C., Castellarin, A., Papalexiou, S. M., Viglione, A., Laio, F., Aksoy, H., & Gedikli, A. (2011). Statistical Hydrology. In *Treatise on Water Science* (p. 479-517). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53199-5.00046-4>
- Habibi, B., Meddi, M., & Boucefiane, A. (2013). Analyse fréquentielle des pluies journalières maximales Cas du Bassin Chott-Chergui. *Revue Nature et Technologie*, 5(1), 41-48.
- Haché, M., Perreault, L., Rémillard, L., & Bobée, B. (1996). Analyse de fréquence des précipitations maximums saisonnières (N° R485; Numéro R485). INRS-Eau. <https://espace.inrs.ca/id/eprint/959/>
- Haddad, M. (2017). ANALYSE DE L'EVOLUTION DU NIVEAU DE LA MER MEDITERRANEE A PARTIR DES DONNEES HISTORIQUES DE MAREGRAPHES. *LARHYSS Journal*, 14(3), 159-175.
- Hafidh Mohamed ,S .(2018). الهطول الأعظمي الممكن كأساس لتصميم مفيضات السدود في سورية. Dissertation, University of Damascus-Syria
- Hansen, E. M., Schreiner, L. C., & Miller, M. J. F. (1982). Application of Probable Maximum Precipitation Estimates: United States East of the 105th Meridian. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Haouchine, A. al, Haouchine, F. Z., & Labadi, A. (2015). Changements Climatiques Et Activités Anthropiques : Impacts Sur Les Aquifères côtiers En Algérie. *LARHYSS Journal* P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, 24, 227-241.
- Hershfield, D.M. (1961). Estimating the probable maximum precipitation. *J Hydraul Div ASCE* 87(5): 99-116
- Hershfield, D.M. (1962). Rainfall frequency atlas of the United State for durations from 30 mints to 24 hours and return periods from 1 year to 100 years. Tech. Paper no. 40, U.S. Depart. Commerce, Washington, D.C.

- Hershfield, D.M. (1965). Method for estimating probable maximum rainfall. *J Am Water Works Assoc* 57 (8): 965-972
- Hosking, J.R.M., Wallis, J.R. (1997). *Regional Frequency Analysis. An Approach Based On L-Moments*, Cambridge: Cambridge Univer. Press.
- Hossain, I., Imteaz, M.A., Khastagir, A. (2021a). Effects of estimation techniques on generalised extreme value distribution (GEVD) parameters and their spatio-temporal variations. *Stoch Environ Res Risk Assess* 35: 2303–2312. <https://doi.org/10.1007/s00477-021-02024-x>
- Hossain, I., Imteaz, M., Khastagir, A. (2021b). Study of Various Techniques for Estimating the Generalised Extreme Value Distribution Parameters. *IOP Conf Ser: Mater Sci Eng* 1067:012065. <https://doi:10.1088/1757-899X/1067/1/012065>
- Johnson, K.A., Smithers, J.C. (2020). Updating the estimation of 1-day probable maximum precipitation in South Africa. *J of Hydrol: Regional Studies* 32:100736. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100736>
- Jenkinson, A.F. (1955). The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) of meteorological elements. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* 81. 158-171.
- Kendall, M.G. (1975). *Rank correlation methods*. 4th ed. Charles Griffin. London.
- Klimenko, D. E. (2019). The assessment of extremal precipitation as part of flood runoff calculations. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 321(1), 012031.
- Kondratieva, T., & Amarchi, H. (2015). Régionalisation des précipitations journalières extrêmes : Cas de la région située au Nord-Est de l'Algérie. *Hydrological Sciences Journal*, 60(3), 498-507.
- Laio, F., Di Baldassarre, G., & Montanari, A. (2009). Model selection techniques for the frequency analysis of hydrological extremes. *Water Resources Research*, 45(7). <https://doi.org/10.1029/2007WR006666>
- Landwehr, J.M., Matalas, N.C., & Wallis, J.R. (1979). Probability Weighted Moments Compared with Some Traditional Techniques in Estimating Gumbel Parameters and Quantiles, *Water Res. Research*. 15(5), 1055-1064.
- Lubes, H., Masson, J. M., Servat, E., Paturel, J. E., Kouamé. B., & Boyer, J. F. (1994). *Caractérisation de fluctuations dans une série chronologique par applications de tests statistiques. Etude Bibliographique. Rapport no. 3. ORSTOM.. Montpellier. France.*
- MacDonald & Partners. (1990). *Sidi Ben Taiba dam on the Oued Ebda*. Mission report 5, hydrological study, National Dams Agency, Algeria.

- Mamun, A. A., Muyibi, S. A., & Kabbashi, N. A. (2010). Estimation of 1-Day Extreme Rainfall by Hershfield Method for Klang River Basin in Malaysia. *International Journal of Arts and Sciences*, 3, 383-394.
- Mann, H.B. (1945). Nonparametric test against trend. *Econometrica* 13 :245-259.
- Meddi, M., Toumi, S. (2014). Etude de la variabilité inter-annuelle des pluies de l'Algérie septentrionale. *Revue LJEE* 23.
- Meddi, H., Meddi, M. (2007). Variabilité spatiale et temporelle des précipitations du Nord-Ouest de l'Algérie. *Géographia technica*, 2, 49-55.
- Mehaiguene, M. (2013). Etude des étiages et des débits de base au Nord-Ouest de l'Algérie (Doctoral dissertation. Ecole Nationale Supérieure d'hydraulique-Arbaoui Abdellah).
- Mehaiguene, M. (2017). Étude des Étiages et des Débits de Base au Nord-Ouest de l'Algérie.
- Meylan, P., Favre, A. C., & Musy, A. (2008). *Hydrologie fréquentielle : une science prédictive*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 173p.
- Millot, G. (2018). *Comprendre et réaliser les tests statistiques à l'aide de R : Manuel de biostatistique*. De Boeck Supérieur.
- Moghaddam, M. N., Ghazanfari, S., Ghahraman, B., & Davari, K. (2009). Probable Maximum Precipitation for 24 Hour Duration over Four Central Provinces in Iran. *World Environmental and Water Resources Congress 2009: Great Rivers*, 1-6.
- Myers, V.A. (1967). Meteorological estimation of extreme precipitation for spillway design flood. *US Weather Bureau. WBTM Hydro* 5, 20-21.
- Ngongondo, C., S, Xu .CY., Tallaksen, L.M. et al. (2011). Regional frequency analysis of rainfall extremes in Southern Malawi using the index rainfall and L-moments approaches. *Stoch Environ Res Risk Assess* 25:939–955. <https://doi.org/10.1007/s00477-011-0480-x>
- Nouri Gheidari, M. H., & R Telvari, A. (2016). Estimating the Probable Maximum Precipitation in the Bakhtiari Dam Basin Using the Statistical and Synoptical Methods. *Journal of Ferdowsi Civil Engineering*, 27(1), 189-198.
- Paturel, J.-E., Servat, E., Kouamé, B., Boyer, J., Niel, H., & Masson, J. (1996). Procédures d'identification de cc ruptures» dans des séries chronologiques—Modification du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest non sahélienne. Undefined. <https://www.semanticscholar.org/paper/Proc%C3%A9dures-d%27identification-de-ccruptures%C2%BBdansPaturelServat/b1baeb5bb857309bb8f3a15ed12f583fceda87>

d1

- Pearson, K. (1936). Method of moments and method of maximum likelihood. *Biometrika*, 28(1/2), 34-59.
- Perrier, R. (1968). Les pluies maximales probables au Québec, *Cahiers de géographie du Québec*, 12(27), 421-428.
- Pettitt, A.N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics*. 28. 126-135.
- Pohlert, T. (2015). trend: Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection, R package version 0.0.1. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2633.4243>
- Prasad, R., Hibler, L. F., Coleman, A. M., & Ward, D. L. (2011). Design-basis flood estimation for site characterization at nuclear power plants in the United States of America (No. PNNL-20091; NUREG/CR-7046). Pacific Northwest National Lab.(PNNL), Richland, WA (United States).
- Rakotomalala, R. (2008). Comparaison de populations Tests non paramétriques Université Lumière Lyon 2.
- Rassoul, A. (2013). Application de la théorie des valeurs extrêmes pour estimer quelques outils probabilistes dans l'hydrologie et l'actuariat.
- Razali, J., Sidek, L. M., Marufuzzaman, M., Rakhecha, P. R., Radzi, M. R. M., Hossain, M. S., & Zawawi, M. H. (2020). PMP Driven Probable Maximum Flood for 4 Dams in Sungai Perak Hydroelectric Scheme. *ICDSME 2019: Proceedings of the 1st International Conference on Dam Safety Management and Engineering*, 76-89. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1971-0_8
- Rezacova, D., Pesice, P., & Sokol, Z. (2005). An estimation of the probable maximum precipitation for river basins in the Czech Republic. *Atmospheric Research*, 77, 407-421. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2004.10.011>
- Rezak, S. (2014). Hydrologie algérienne : Synthèse des apports de crues sur Sig—Sécheresse info. <http://www.secheresse.info/spip.php?article32788>
- Rousson, V. (2013). *Statistique appliquée aux sciences de la vie*. Springer Verlag France.
- Sammen, S., Mohamed, T., Ghazali, A. A., Sideq, L., & Aziz, A. A. (2018). Estimation of probable maximum precipitation for tropical catchment.
- Sarkar, S., Maity, R. (2020a). Estimation of Probable Maximum Precipitation in the context of climate change. *MethodsX* 7:100904. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.100904>

- Sarkar, S., Maity, R. (2020b). Increase in probable maximum precipitation in a changing climate over India. *J Hydrol* 585:124806. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124806>
- Sarkar, S., & Maity, R. (2021). Global climate shift in 1970s causes a significant worldwide increase in precipitation extremes. *Scientific reports*, 11(1), 1-11.
- Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *Ann Stat* 6 :461–464
- Secrétariat d'état à l'hydraulique, service hydrologie. (1974). Les fortes crues de mars 1974 : Analyse hydropluviométrique. Note technique N° 55/SHYL.
- Şen, Z., As-Sefry, S., & Al-Harithy, S. (2017). Probable maximum precipitation and flood calculations for Jeddah area, Kingdom of Saudi Arabia. *Environmental Earth Sciences*, 76(1), 1-21.
- Sidek, L. M., Nor, M. M., Rakhecha, P. R., Basri, H., Jayothisa, W., Muda, R. S., Ahmad, M. N., & Razad, A. A. (2013). Probable maximum precipitation (PMP) over mountainous region of cameron highlands-batang padang catchment of Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 16(1), 012049.
- Singh, A. (2016). Computation of Probable Maximum Precipitation (PMP) and Its Uncertainty [PhD Thesis].
- Souanef, N. (2015). Analyse fréquentielle des débits max de crues de L'Oued Abiod [Magister, Université Mohamed Khider - Biskra]. <http://thesis.univ-biskra.dz/1556/>
- Tímea, K., Kovács-Székely, I., & Anda, A. (2017). Comparison of parametric and non-parametric time-series analysis methods on a long-term meteorological data set. *Central European Geology*, 60, 1-17. <https://doi.org/10.1556/24.60.2017.011>
- Tomlinson, A. I. (1980). The frequency of high intensity rainfalls in New-Zealand, part 1. *Water and Soil Technical Publication No. 19*, National Water and Soil Conservation, Wellington, New Zealand, 63p.
- Touazi, M., Bhiry, N., Laborde, J.-P., & Achour, F. (2011). Régionalisation des débits moyens mensuels en Algérie du nord. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 24(2), 177-191. <https://doi.org/10.7202/1006110ar>
- Trubetskova, M., Filippova, I., & Osypova, N. (2019). Extreme precipitation in the Amur River basin : Formation factors and methods of estimation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 321, 012010. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/321/1/012010>
- Tukey, J.W. (1977). *Exploratory Data Analysis*. EDA. Reading. MA. (Addison-Wesley).

- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2020). VOSviewer manual. Leiden University's Centre, for Science and Technology Studies (CWTS).
- Viglione, A., Hosking, J. R. M., Laio, F., Miller, A., Gaume, E., Payrastre, O., Salinas, J. L., N'guyen, C. C., & Halbert, K. (2020). nsRFA: Non-Supervised Regional Frequency Analysis (0.7-15) [Computer software]. <https://CRAN.R-project.org/package=nsRFA>
- Vivekanandan, N. (2015). Estimation of probable maximum precipitation using statistical methods. *World Journal of Research and Review*, 1(2), 13-16.
- Wald, A., Wolfowitz, J. (1940). On a test whether two samples are from the same population. *Ann. Math Statist.* 11. 147-162.
- Wangwongwiroj, N., & Khemngoen, C. (2019). Probable maximum precipitation in tropical zone (Thailand) as estimated by generalized method and statistical method. *International Journal of Climatology*, 39(13), 4953-4966.
- Willmott, C.J., Matsuura, K. (2005). Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate research*. 30. 79-82.
- WMO. (1988). Analyzing long time series of hydrological data with respect to climate variability. Project description. WCAP-3. WMOTFD-No. 224. Geneva. Switzerland.
- WMO. (2009). Manual on estimation of probable maximum precipitation. World Meteorological Organization, Geneva
- Yuan, J., Kazuo, E., Craig, F., & Ashraful, A. M. (2018). Frequency analysis of annual maximum hourly precipitation and determination of best fit probability distribution for regions in Japan. *Urban Climate*, 24, 276-286.
- Zeroual, S., Şen, Z., Boutaghane, H., Hasbaia, M., & Zeroual, A. (2022). Probable maximum precipitation (PMP) and flood (PMF) risk charts in Hodna basin, Algeria. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 134, 41. <https://doi.org/10.1007/s00703-022-00879-5>

ANNEXES

Annexe 1

Stations pluviométriques et leurs caractéristiques associées au sein du trois bassins versants

Bassin	Noms des Stations	St	Longitude (°)	Latitude (°)	Altitude (m)	\bar{P}_N (mm)	Années de mesures	N
Côtiers Algérois (BV02)	KHADRA	S1	0.57	36.25	117.80	47.05	1967-2010	36
	SIDI M'HAMED BEN ALI	S2	0.85	36.14	402.40	43.76	1950-2010	33
	BORDJ ABOU EL	S3	1.21	36.41	240.24	61.91	1954-2012	34
	DAMOUS	S4	1.70	36.55	70.23	54.55	1954-2012	44
	TENES	S5	1.32	36.52	108.00	58.83	1937-2012	63
	SIDI AKACHA	S6	1.29	36.45	180.54	57.06	1972-2012	38
	BORDJ GHOBRIINI	S7	2.26	36.60	80.13	57.84	1968-2011	36
	MENACEUR	S8	2.25	36.49	251.20	70.85	1954-2012	40
	IAZABENE	S9	2.28	36.47	372.97	49.06	1968-2011	37
	MEURAD BARRAGE	S10	2.41	36.45	274.62	72.28	1900-2012	10
	DJEBABRA	S11	2.45	36.40	410.43	55.20	1973-2012	38
	CHERCHELL PHARE	S12	2.19	36.61	33.74	60.45	1908-2012	78
	SIDI GHILES	S13	2.12	36.58	56.53	64.24	1934-2012	65
	GOURAYA	S14	1.90	36.57	58.75	61.97	1928-2012	66
	PONT CW 7 (Hadjout)	S15	2.43	36.53	92.71	57.59	1973-2003	21
	AIN TAGOURAIT (Berard)	S16	2.61	36.60	61.26	49.87	1968-2012	37
	FOUKA MARINE	S17	2.74	36.67	46.57	55.73	1970-2012	40
	FOUKA VILLE	S18	2.75	36.65	118.84	52.64	1951-2003	37
	OULED FAYET	S19	2.95	36.73	198.78	65.84	1972-1993	21
	BIRMANDREIS ANRH	S20	3.05	36.75	143.69	66.06	1951-2012	50
	MAHELMA FERME	S21	2.89	36.69	125.55	61.71	1950-2012	54
	COL DES 2 BASSINS	S22	3.30	36.47	729.63	72.78	1934-2012	48
	HAMIZ BARRAGE	S23	3.35	36.61	275.44	65.00	1906-2012	10
	OULED OUALI	S24	3.38	36.60	414.06	63.19	1968-1993	21
	ALGER Pep	S25	3.33	36.65	97.27	57.35	1952-2012	43
	OULED ALI	S26	3.29	36.64	84.91	49.21	1974-2012	34
	PONT D9	S27	3.33	36.66	89.87	54.67	1973-2012	37
	REGHAIA PONT RN05	S28	3.35	36.74	24.48	53.99	1972-2012	40
	TOUAMINE	S29	3.34	36.56	453.26	54.93	1979-2012	30
	EL AZAIEB MIZRANA	S30	4.10	36.88	127.61	74.70	1969-2012	43
	YAKOURENE	S31	4.44	36.73	729.42	88.93	1904-2012	68
	TAGMA PEPINIERE	S32	4.49	36.73	810.77	87.92	1971-2012	41
	ROUABAH	S33	2.63	36.40	308.09	59.46	1969-2009	31
	AIN DEM	S34	2.50	36.31	557.10	46.63	1968-2012	43
	OUED ZEBOUDJ	S35	2.34	36.31	462.72	55.93	1968-2012	43
	AIN BENIAN	S36	2.39	36.35	434.10	57.07	1970-2012	34
	HAMMAM RIGHA	S37	2.40	36.38	436.19	64.01	1972-2012	38
	BOU MEDFA M.F	S38	2.48	36.37	327.81	60.63	1951-2012	46
	AMEUR EL AIN	S39	2.57	36.47	114.61	44.57	1951-2011	43
	ATTATBA CAVE	S40	2.65	36.57	119.61	52.12	1968-2012	42
	SIDI RACHED	S41	2.55	36.56	103.54	48.75	1974-2011	37
	PRISE DE MEDEA	S42	2.77	36.34	609.30	82.84	1970-2012	40
	RN4 CHIFFA	S43	2.72	36.52	55.08	50.06	1971-2012	39
	OUZERA	S44	2.85	36.26	829.33	46.90	1953-2012	44

	EL HAMDANIA	S45	2.77	36.36	702.28	96.96	1941-2012	54
	BLIDA	S46	2.81	36.47	211.79	54.35	1968-2012	42
	CHIFFA	S47	2.74	36.46	115.29	59.94	1952-2011	40
	FER A CHEVAL	S48	2.81	36.66	79.22	45.99	1968-2012	38
	BENI MERED	S49	2.91	36.53	137.07	61.51	1952-2012	44
	BOUFARIK PEPINIÈRE	S50	2.91	36.57	51.06	58.82	1951-2012	50
	OUED EL ALLEUG	S51	2.79	36.56	42.31	53.96	1972-2012	33
	KOLEA PC	S52	2.77	36.63	112.74	53.83	1970-2012	39
	DOMMAINE YMEREZ	S53	2.78	36.60	22.99	51.57	1973-2010	33
	KOLEA SECTEUR	S54	2.78	36.64	114.28	58.58	1981-2012	31
	CHREA COL	S55	2.88	36.43	1134.44	90.60	1931-1994	25
	LA PASSERELLE	S56	3.01	36.47	464.95	61.21	1979-2012	31
	LARBAA	S57	3.16	36.57	145.45	63.81	1952-2012	52
	DOUIRA	S58	2.95	36.67	170.26	50.34	1952-2012	34
	BARAKI P.	S59	3.09	36.69	44.93	54.42	1971-2012	40
	DOUAR MAKLI	S60	3.06	36.50	306.24	60.96	1971-2012	41
	TIGZIRT N'BOUBHIR	S61	4.39	36.64	276.65	68.94	1969-2010	41
	DJEMAA SAHARIDJ	S62	4.28	36.69	337.07	65.50	1949-2011	52
	AZZAZGA ECOLE	S63	4.37	36.74	473.04	74.87	1921-2012	77
	AIT AICHA	S64	4.51	36.65	927.63	78.29	1973-2012	36
	AGHRIBS (Adrar)	S65	4.32	36.81	541.02	92.37	1923-2012	65
	FREHA	S66	4.29	36.75	149.90	59.47	1973-2012	37
	BERBER (ex S. EL HAD)	S67	4.25	36.80	365.27	77.39	1965-2012	36
	OUADHIAS	S68	4.09	36.56	462.80	64.53	1971-2001	29
	LARBAA NATH	S69	4.20	36.64	721.96	72.02	1910-2012	80
	BENI YENNI	S70	4.20	36.58	556.06	72.41	1973-2012	38
	BOUASSEM M. F	S71	4.04	36.64	499.34	66.90	1940-2012	46
	DRAA BEN KHEDDA	S72	3.98	36.74	79.18	60.67	1970-2012	39
	LARBAA MAKOUDA	S73	4.07	36.78	275.16	76.93	1969-2012	40
	TIZI OUZOU ANRH	S74	4.05	36.72	262.87	63.00	1988-2012	24
	TIZI MEDENE	S75	3.95	36.51	435.49	55.92	1971-2012	40
	DRAA EL MIZAN	S76	3.83	36.54	389.77	55.48	1953-2012	38
	BOGHNI	S77	3.96	36.54	341.82	60.54	1946-2012	54
	AIN ZAOUIA	S78	3.90	36.58	339.61	53.71	1970-2002	31
	NEZLIOUA	S79	3.77	36.56	504.56	66.06	1968-2012	41
	TIZI LETNINE	S80	3.89	36.50	555.48	57.84	1970-2012	37
	BAGHLIA VILLAGE	S81	3.86	36.82	95.83	67.52	1968-2012	44
Côtiers Constantinois (BV03)	BOU KHELIFA	S82	5.12	36.61	401.74	70.76	1969-2011	39
	CAP AOKAS COMMUNE	S83	5.25	36.63	94.59	75.54	1969-2011	39
	DOMAINE DEHAS TICHI	S84	5.08	36.71	33.94	61.92	1969-2011	39
	BORDJ MIRA	S85	5.27	36.55	490.58	113.27	1964-2010	23
	AMOUCAS	S86	5.41	36.39	859.74	49.49	1915-2011	74
	AIN ROUA	S87	5.18	36.33	1192.79	46.20	1927-2011	63
	TIZI N'BRAHAM	S88	5.09	36.46	871.13	61.86	1969-2011	38
	SOUK EL TENINE	S89	5.35	36.60	305.93	82.07	1974-2011	36
	JIJEL SECTEUR	S90	5.77	36.83	4.53	70.87	1906-2010	73
	TEXENNA	S91	5.79	36.66	680.77	83.88	1914-2011	65
	CHEDIA	S92	5.83	36.74	141.51	83.80	1973-2011	33
	DAR EL OUED	S93	5.76	36.78	121.08	83.07	1973-2005	23

Côtiers Oranais (BV04)	ERRAGUENE	S94	5.58	36.58	738.74	108.75	1946-2006	45
	TAHER	S95	5.90	36.77	42.70	72.58	1914-2011	49
	ZITOUNA	S96	6.46	36.99	488.31	98.27	1914-2002	57
	BOU HALLOUFA	S97	6.69	36.68	238.10	43.53	1970-2011	32
	OUM TOUB	S98	6.57	36.69	271.83	68.30	1952-2010	35
	TAMALOUS	S99	6.64	36.84	125.44	52.50	1950-2011	30
	BENI ZID GUERGOURA	S100	6.54	36.91	108.57	53.09	1967-1991	22
	AFFLASSANE	S101	6.53	36.93	85.68	56.10	1967-2011	41
	ZARDESAS Bge	S102	6.90	36.60	312.94	56.38	1952-2011	45
	BOU SNIB	S103	6.97	36.49	787.38	55.61	1949-2011	41
	EL ARROUCH	S104	6.84	36.65	142.32	46.56	1909-2011	86
	RAMDANE DJAMEL De	S105	6.90	36.74	79.23	54.17	1954-2011	43
	ZIT EMBA ST.Hydro.	S106	7.30	36.68	125.48	52.35	1970-2011	33
	BOUATI MAHMOUD	S107	7.33	36.59	238.04	60.00	1952-2011	44
	AZZABA PEPINIERE	S108	7.09	36.74	91.66	46.73	1910-2011	71
	AIN CHERCHAR	S109	7.29	36.75	46.04	55.53	1968-2011	37
	BERRAHAL	S110	7.46	36.84	73.87	57.23	1904-2011	83
	CHETAIBI	S111	7.38	37.07	32.33	56.82	1907-1990	59
	BOU HADJAR	S112	8.11	36.51	286.78	48.71	1926-2001	54
	AIN EL ASSEL	S113	8.37	36.77	67.11	60.32	1968-2011	42
	ROUM EL SOUK	S114	8.54	36.79	136.23	61.17	1969-2011	33
	AIN KERMA	S115	8.20	36.59	270.59	64.24	1917-2011	53
	GHAZAOUET EL BOR	S116	-1.81	35.06	165.64	56.27	1971-2011	39
	SIDI BOUDJENANE DRS	S117	-1.92	34.94	521.71	56.73	1952-2011	46
	MARSA BEN M'HIDI	S118	-2.20	35.08	76.96	49.75	1947-2011	55
	DAR BENCHERKI	S119	-1.77	35.05	209.22	47.68	1974-2011	34
	AOUBELLIL	S120	-0.99	35.14	611.50	48.16	1952-2008	37
	AGHLAL	S121	-1.07	35.20	529.86	52.68	1940-2011	44
	OUED BERKECHE	S122	-0.98	35.22	435.42	43.83	1943-2011	43
	AIN TEMOUCHENT ERA	S123	-1.11	35.28	279.46	47.84	1966-2011	43
	CHAABAT EL HAM	S124	-1.10	35.34	176.54	37.94	1942-2011	40
	EL MALAH	S125	-1.10	35.38	84.86	45.44	1943-2011	32
	BOUSFER	S126	-0.81	35.70	197.29	46.63	1940-2011	50
	TAMZOURAH	S127	-0.66	35.41	224.58	50.20	1913-2011	69
	AIN EL ARBA	S128	-0.88	35.41	113.15	40.24	1941-2011	41
	MAKEDRA	S129	-0.43	35.44	436.55	48.39	1973-2011	33
	HASSI EL GHELIA	S130	-1.04	35.48	141.06	43.15	1954-2009	34
	HAMMAM BOU HADJAR	S131	-0.97	35.38	152.77	44.72	1914-2011	66
	TLELAT BARRAGE	S132	-0.39	35.47	320.68	37.99	1911-2007	62
BOU TLELIS ECOLE	S133	-0.90	35.58	165.57	46.69	1941-2011	41	
BREDEAH	S134	-0.84	35.58	145.94	42.07	1974-2011	34	
ORAN PEPINIERE	S135	-0.66	35.69	105.99	50.05	1940-2011	57	
EL BRAYA	S136	-0.52	35.63	141.86	39.16	1925-2011	62	
BOUFATIS	S137	-0.41	35.68	106.20	37.75	1923-2011	47	
KHER DINE	S138	0.17	35.98	239.16	45.24	1969-2010	33	
DUNE CULTIVEES	S139	0.20	35.87	200.70	43.71	1973-2010	35	
MOSTAGUEM SCM	S140	0.09	35.94	104.85	45.81	1907-2011	70	

Annexe 2

Résultats des tests d'homogénéité, le caractère aléatoire et la tendance pour les séries pluviométriques Pjmax au sein du trois bassins du littoral :

Bassin	Nom de la station	Wilcoxon-Mann-Whitney et Pettitt	Décision	Wald-Wolfwitz	Décision	Man-Kendall	Décision
Côtiers Algérois (BV02)	S1	Wilcoxon-Mann-Whitney W = 189.5. p-value = 0.3928>0.05 Pettitt U* = 105. p-value = 0.5034>0.05	Homogène	ww= 0.3382<1.96	Aléatoire	Z= -0.8856<1.96	Pas de Tendance
	S2	W = 181.5. p-value 0.7697>0.05 U* = 152. p-value = 0.04732<0.05	Homogène	ww=-1.0782<1.96	Aléatoire	Z= -1.6583<1.96	Pas de Tendance
	S3	W 135.5. p-value 0.105>0.05 U* = 53. p-value = 1.319>0.05	Homogène	ww= 0.3483<1.96	Aléatoire	Z= 0.2816<1.96	Pas de Tendance
	S4	W 333. p-value 0.03364<0.05 U* = 217. p-value =0.07809>0.05	Homogène au sens de Pettitt	ww= -0.3050<1.96	Aléatoire	Z= -2.3466	Tendance
	S5	W= 629. p-value 0.06849>0.05 U* = 344. p-value = 0.1222>0.05	Homogène	ww= 0.5122<1.96	Aléatoire	Z= - 1.5897<1.96	Pas de Tendance
	S6	W= 174.5. p-value 0.8724>0.05 U* = 59. p-value = 1.38>0.05	Homogène	ww=0.6578<1.96	Aléatoire	Z= -0.0880<1.96	Pas de Tendance
	S7	W= 138.5. p-value 0.4667>0.05 U* = 68. p-value = 1.121>0.05	Homogène	ww= 0.6764 <1.96	Aléatoire	Z= 0.1771<1.96	Pas de Tendance
	S8	W= 210. p-value 0.7972>0.05 U* =108. p-value =0.6882>0.05	Homogène	ww= - 0.9610 <1.96	Aléatoire	Z= - 1.0020<1.96	Pas de Tendance
	S9	W=191.5. p-value=0.5433 >0.05 U* 136=. p-value = 0.2369>0.05	Homogène	ww= 1.0146 <1.96	Aléatoire	Z= - 0.9025<1.96	pas de tendance
	S10	W= 1340. p-value=0.5372>0.05 U* =405. p-value = 0.7548>0.05	Homogène	ww= 1.2061 <1.96	Aléatoire	Z= - 0.5033<1.96	Pas de Tendance
	S11	W=257. p-value=0.02648<0.05 U*=228. p-value=0.007865<0.05	Non Homogène	ww=- 0.6578<1.96	Aléatoire	Z = - 2.678	Tendance
	S12	W= 917. p-value=0.1177>0.05 U* =371. p-value =0.3588>0.05	Homogène	ww=- 0.2279<1.96	Aléatoire	Z= -1.3418<1.96	Pas de Tendance
	S13	W= 708.5. p-value=0.01818<0.05 U* =361. p-value = 0.1211>0.05	Homogène au sens de Pettitt	ww= - 0.7560<1.96	Aléatoire	Z= -1.9589<1.96	Pas de Tendance
	S14	W= 626. p-value=0.2989>0.05 U* = 228. p-value =0.6869>0.05	Homogène	ww=-1.2405<1.96	Aléatoire	Z= -0.1272<1.96	Pas de Tendance
	S15	W= 72. p-value=0.2512>0.05 U* = 70. p-value =0.0966>0.05	Homogène	ww=-0.4594<1.96	Aléatoire	Z= -1.4192<1.96	Pas de Tendance
	S16	W= 170. p-value=0.9879>0.05 U* = 96. p-value = 0.6909>0.05	Homogène	ww=-0.3382<1.96	Aléatoire	Z=-0.6278<1.96	Pas de Tendance
	S17	W= 198.5. p-value=0.9784>0.05 U* = 75. p-value =1.196>0.05	Homogène	ww=-0.3203<1.96	Aléatoire	Z=-0.3146<1.96	Pas de Tendance
	S18	W= 245.5. p-value=0.02453<0.05 U* = 229. p-value = 0.004724<0.05	Non Homogène	ww=-2.7056	Non Aléatoire	Z=-2.825279989	Tendance
	S19	W= 39. p-value=0.2816>0.05 U* = 42. p-value =0.6718>0.05	Homogène	ww=-0.4594<1.96	Aléatoire	Z=0.9361<1.96	Pas de Tendance
	S20	W = 361.5. p-value = 0.3466>0.05 U* = 191. p-value = 0.3593>0.05	Homogène	ww=0.8573<1.96	Aléatoire	Z=-1.4222<1.96	Pas de Tendance
	S21	W = 434.5. p-value = 0.2292>0.05 U* = 186. p-value = 0.5482>0.05	Homogène	ww=-0.5495<1.96	Aléatoire	Z=-0.9624<1.96	Pas de Tendance
	S23	W = 1477.5. p-value = 0.17>0.05 U* = 876. p-value = 0.02395<0.05	Homogène	ww=0.0041<1.96	Aléatoire	Z=2.5590	Tendance
	S24	W = 73. p-value = 0.2172>0.05 U* = 59. p-value = 0.2323>0.05	Homogène	ww=0.9189<1.96	Aléatoire	Z=-1.1798<1.96	Pas de Tendance
	S25	W = 297. p-value = 0.1115>0.05 U* = 200. p-value = 0.1047>0.05	Homogène	ww=-1.2498<1.96	Aléatoire	Z=-2.6797	Tendance
	S26	W = 173. p-value = 0.3348>0.05 U* = 78. p-value = 0.8113>0.05	Homogène	ww=1.0449<1.96	Aléatoire	Z=-0.3855<1.96	Pas de Tendance
	S27	W = 165. p-value = 0.8673>0.05 U* = 76. p-value = 1.027>0.05	Homogène	ww= 0 <1.96	Aléatoire	Z=-0.0392<1.96	Pas de Tendance
	S28	W = 154. p-value = 0.2183>0.05 U* = 103. p-value = 0.7579>0.05	Homogène	ww= 0.9867<1.96	Aléatoire	Z=0.4196<1.96	Pas de Tendance
	S29	W = 162. p-value = 0.04209<0.05 U* = 126. p-value = 0.06581>0.05	Homogène	ww= 0 <1.96	Aléatoire	Z=-1.6951<1.96	Pas de Tendance

S30	W = 170.5. p-value = 0.1449>0.05 U* = 121. p-value = 0.6793>0.05	Homogène	ww= 0.6248<1.96	Aléatoire	Z=0.4605<1.96	Pas de Tendence
S31	W = 540.5. p-value = 0.6672>0.05 U* = 224. p-value = 0.7785>0.05	Homogène	ww=-0.2443<1.96	Aléatoire	Z=0.7305<1.96	Pas de Tendence
S32	W = 178. p-value = 0.4113>0.05 U* = 110. p-value = 0.7152>0.05	Homogène	ww=0.6407<1.96	Aléatoire	Z=0.4605<1.96	Pas de Tendence
S33	W = 111. p-value = 0.8162>0.05 U* = 79. p-value = 0.5918>0.05	Homogène	ww=0.7432<1.96	Aléatoire	Z=0.7311<1.96	Pas de Tendence
S34	W = 263. p-value = 0.444>0.05 U* = 162. p-value = 0.2887>0.05	Homogène	ww=-1.8746<1.96	Aléatoire	Z=-1.3083<1.96	Pas de Tendence
S35	W = 263. p-value = 0.4441>0.05 U* = 164. p-value = 0.2752>0.05	Homogène	ww= -1.2498<1.96	Aléatoire	Z=-1.64316<1.96	Pas de Tendence
S36	W = 190.5. p-value = 0.117>0.05 U* = 122. p-value = 0.22>0.05	Homogène	ww=-0.6966<1.96	Aléatoire	Z=-1.6456<1.96	Pas de Tendence
S37	W = 238. p-value = 0.09607>0.05 U* = 207. p-value = 0.02082<0.05	Homogène	ww=-0.6578<1.96	Aléatoire	Z=-2.2002	Tendence
S38	W = 314. p-value = 0.2816>0.05 U* = 202. p-value = 0.1706>0.05	Homogène	ww=0 <1.96	Aléatoire	Z=-1.8097<1.96	Pas de Tendence
S39	W = 404. p-value = 0.0000276<0.05 U* = 388. p-value = 0.000030<0.05	Non Homogène	ww=-2.4995	Non Aléatoire	Z=-4.9418	Tendence
S40	W = 213. p-value = 0.8602>0.05 U* = 127. p-value = 0.5584>0.05	Homogène	ww=0 <1.96	Aléatoire	Z=-0.6611<1.96	Pas de Tendence
S41	W = 188.5. p-value = 0.6054>0.05 U* = 116. p-value = 0.4237>0.05	Homogène	ww=0.6764<1.96	Aléatoire	Z=-0.7849<1.96	Pas de Tendence
S42	W = 242.5. p-value = 0.2559>0.05 U* = 113. p-value = 0.622>0.05	Homogène	ww=1.9222<1.96	Aléatoire	Z=-0.9205<1.96	Pas de Tendence
S43	W = 130. p-value = 0.09453>0.05 U* = 156. p-value = 0.1814>0.05	Homogène	ww=-0.1623<1.96	Aléatoire	Z=0.8711<1.96	Pas de Tendence
S44	W = 251. p-value = 0.8418>0.05 U* = 93. p-value = 1.102>0.05	Homogène	ww=0<1.96	Aléatoire	Z=-0.3742<1.96	Pas de Tendence
S45	W = 421. p-value = 0.3326>0.05 U* = 203. p-value = 0.428>0.05	Homogène	ww=1.9234<1.96	Aléatoire	Z=-0.9251<1.96	Pas de Tendence
S46	W = 335.5. p-value = 0.00397<0.05 U* = 323. p-value = 0.000521<0.05	Non Homogène	ww=-2.4995	Non Aléatoire	Z=-3.2299	Tendence
S47	W = 313. p-value = 0.002337<0.05 U* = 239. p-value = 0.01077<0.05	Non Homogène	ww=0.32036<1.96	Aléatoire	Z=-3.4846	Tendence
S48	W = 171. p-value = 0.7927>0.05 U* = 67. p-value = 1.24>0.05	Homogène	ww=-0.6578<1.96	Aléatoire	Z=0.00000<1.96	Pas de Tendence
S49	W = 299. p-value = 0.1847>0.05 U* = 228. p-value = 0.05574>0.05	Homogène	ww=-1.8305<1.96	Aléatoire	Z=-1.2558<1.96	Pas de Tendence
S50	W = 344. p-value = 0.5475>0.05 U* = 143. p-value = 0.764>0.05	Homogène	ww=-2.0004	Aléatoire	Z=-0.41827<1.96	Pas de Tendence
S51	W = 184.5. p-value = 0.08377>0.05 U* = 158. p-value = 0.03501<0.05	Homogène	ww=-1.4376<1.96	Aléatoire	Z=-1.7355<1.96	Pas de Tendence
S52	W = 196.5. p-value = 0.8661>0.05 U* = 114. p-value = 0.5552>0.05	Homogène	ww=0 <1.96	Aléatoire	Z=-0.77431<1.96	Pas de Tendence
S53	W = 206.5. p-value = 0.01166<0.05 U* = 161. p-value = 0.02998<0.05	Non Homogène	ww=-1.437<1.96	Aléatoire	Z=-2.5419	Tendence
S54	W = 153. p-value = 0.1836>0.05 U* = 68. p-value = 0.8114>0.05	Homogène	ww=-0.3716<1.96	Aléatoire	Z=-0.1529<1.96	Pas de Tendence
S55	W = 112. p-value = 0.06838>0.05 U* = 102. p-value = 0.04292<0.05	Homogène	ww=-0.6322<1.96	Aléatoire	Z=-1.9623<1.96	Pas de Tendence
S56	W = 187. p-value = 0.008566<0.05 U* = 150. p-value = 0.0248<0.05	Non Homogène	ww=0<1.96	Aléatoire	Z=-1.8528<1.96	Pas de Tendence
S57	W = 408.5. p-value = 0.1966>0.05 U* = 234. p-value = 0.202>0.05	Homogène	ww= -1.9608<1.96	Aléatoire	Z=-1.7838<1.96	Pas de Tendence
S58	W = 131. p-value = 0.6584>0.05 U* = 80. p-value = 0.7742>0.05	Homogène	ww= 0.6966<1.96	Aléatoire	Z=-0.3557<1.96	Pas de Tendence
S59	W = 249.5. p-value = 0.185>0.05 U* = 196. p-value = 0.05958>0.05	Homogène	ww=0<1.96	Aléatoire	Z=-2.4820	Tendence
S60	W = 321. p-value = 0.003948<0.05 U* = 320. p-value = 0.000332<0.05	Non Homogène	ww=-2.2425	Non Aléatoire	Z=-3.6733	Tendence
S61	W = 172. p-value = 0.328>0.05 U* = 120. p-value = 0.5882>0.05	Homogène	ww=0<1.96	Aléatoire	Z=1.1906<1.96	Pas de Tendence
S62	W = 311. p-value = 0.627>0.05 U* =148. p-value = 0.7994>0.05	Homogène	ww=0<1.96	Aléatoire	Z=0.4498<1.96	Pas de Tendence
S63	W = 657. p-value = 0.3949>0.05 U* = 298. p-value = 0.6319>0.05	Homogène	ww=0.3503<1.96	Aléatoire	Z=0.7785<1.96	Pas de Tendence

	S64	W = 129.5. p-value = 0.3113>0.05 U* = 79. p-value = 0.916>0.05	Homogène	ww=0.3382<1.96	Aléatoire	Z=0.3678<1.96	Pas de Tendence
	S65	W = 506. p-value = 0.7877>0.05 U* = 328. p-value = 0.1976>0.05	Homogène	ww=0<1.96	Aléatoire	Z=1.3474<1.96	Pas de Tendence
	S66	W = 137. p-value = 0.3087>0.05 U* = 150. p-value = 0.1493>0.05	Homogène	ww=-0.6764<1.96	Aléatoire	Z=1.2818<1.96	Pas de Tendence
	S67	W = 157. p-value = 0.8868>0.05 U* = 79. p-value = 0.916>0.05	Homogène	ww= -0.3382<1.96	Aléatoire	Z=0.4495<1.96	Pas de Tendence
	S68	W = 172. p-value = 0.002676<0.05 U* = 134. p-value = 0.02796<0.05	Non Homogène	ww= -1.1555<1.96	Aléatoire	Z=-3.0575	Tendance
	S69	W = 777. p-value = 0.8286>0.05 U* = 316. p-value = 0.6296>0.05	Homogène	ww= -1.3676<1.96	Aléatoire	Z=0.8392<1.96	Pas de Tendence
	S70	W = 171. p-value = 0.7927>0.05 U* = 78. p-value = 1.046>0.05	Homogène	ww=0<1.96	Aléatoire	Z=-0.0502<1.96	Pas de Tendence
	S71	W = 273. p-value = 0.8605>0.05 U* = 120. p-value = 0.8389>0.05	Homogène	ww=-0.8946<1.96	Aléatoire	Z=-0.4829<1.96	Pas de Tendence
	S72	W = 138. p-value = 0.1479>0.05 U* = 150. p-value = 0.2174>0.05	Homogène	ww= -0.9867<1.96	Aléatoire	Z= 1.0767<1.96	Pas de Tendence
	S73	W = 194.5. p-value = 0.8924>0.05 U* = 83. p-value = 1.065>0.05	Homogène	ww= 0.9610<1.96	Aléatoire	Z=-0.6758<1.96	Pas de Tendence
	S74	W = 57. p-value = 0.4095>0.05 U* = 58. p-value = 0.4924>0.05	Homogène	ww= 0.4174 <1.96	Aléatoire	Z= 1.6122<1.96	Pas de Tendence
	S75	W = 145. p-value = 0.1403>0.05 U* = 110. p-value = 0.6613>0.05	Homogène	ww=-2.2425	Non Aléatoire	Z= 0.3147<1.96	Pas de Tendence
	S76	W = 198.5. p-value = 0.6093>0.05 U* = 96. p-value = 0.7492>0.05	Homogène	ww=0<1.96	Aléatoire	Z= -0.8553<1.96	Pas de Tendence
	S77	W = 455.5. p-value = 0.1174>0.05 U* = 231. p-value = 0.2717>0.05	Homogène	ww=-0.5495<1.96	Aléatoire	Z= -1.4101<1.96	Pas de Tendence
	S78	W = 101. p-value = 0.4646>0.05 U* = 78. p-value = 0.6102>0.05	Homogène	ww=-0.1828<1.96	Aléatoire	Z=1.0709<1.96	Pas de Tendence
	S79	W = 248.5. p-value = 0.3215>0.05 U* = 198. p-value = 0.07147>0.05	Homogène	ww=-1.4573<1.96	Aléatoire	Z=-1.9214<1.96	Pas de Tendence
	S80	W = 147.5. p-value = 0.4846>0.05 U* = 102. p-value = 0.6024>0.05	Homogène	ww=1.8938<1.96	Aléatoire	Z=0.7194<1.96	Pas de Tendence
	S81	W = 199. p-value = 0.3184>0.05 U* = 213. p-value = 0.08791>0.05	Homogène	ww=-1.2203<1.96	Aléatoire	Z=0.4957<1.96	Pas de Tendence
Côtiers Constantinois (BV03)	S82	W = 217.5. p-value = 0.448>0.05 U* = 157. p-value = 0.1759>0.05	Homogène	ww= -0.65784<1.96	Aléatoire	Z= -1.6938<1.96	Pas de Tendence
	S83	W = 189.5. p-value = 1>0.05 U* = 110. p-value = 0.6064>0.05	Homogène	ww=-0.98675<1.96	Aléatoire	Z= 0.1209<1.96	Pas de Tendence
	S84	W = 175. p-value = 0.6837>0.05 U* = 94. p-value = 0.8367>0.05	Homogène	ww= 0.50508 <1.96	Aléatoire	Z= 0.0846<1.96	Pas de Tendence
	S85	W = 78. p-value = 0.4865>0.05 U* = 48. p-value = 0.6732>0.05	Homogène	ww= 0.87386 <1.96	Aléatoire	Z= -0.4753 <1.96	Pas de Tendence
	S86	W = 596. p-value = 0.3414>0.05 U* = 377. p-value = 0.2508>0.05	Homogène	ww= -1.1705 <1.96	Aléatoire	Z= 0.84015<1.96	Pas de Tendence
	S87	W = 385. p-value = 0.1286>0.05 U* = 312. p-value = 0.2007>0.05	Homogène	ww=-2.305	Non Aléatoire	Z= 0.9612<1.96	Pas de Tendence
	S88	W = 204. p-value = 0.5018>0.05 U* = 94. p-value = 0.7802>0.05	Homogène	ww= 0.65784 <1.96	Aléatoire	Z= -0.3898<1.96	Pas de Tendence
	S89	W = 208. p-value = 0.15>0.05 U* = 101. p-value = 0.5581>0.05	Homogène	ww= 0.3382 <1.96	Aléatoire	Z= - 1.2532<1.96	Pas de Tendence
	S90	W = 708. p-value = 0.647>0.05 U* = 487. p-value = 0.05418>0.05	Homogène	ww= 0.36036 <1.96	Aléatoire	Z= -1.4437<1.96	Pas de tendence
	S91	W = 467. p-value = 0.4273>0.05 U* =405. p-value = 0.02236<0.05	Homogène	ww= - 2.0161	Aléatoire	Z= 1.5584<1.96	Pas de Tendence
	S92	W=113. p-value=0.4228>0.05 U*=92. p-value=0.5074>0.05	Homogène	ww= -0.7188 <1.96	Aléatoire	Z= 0.4183<1.96	Pas de Tendence
	S93	W= 97.5. p-value=0.05628>0.05 U* =71. p-value =0.1847>0.05	Homogène	ww= -0.21374<1.96	Aléatoire	Z= -1.9028<1.96	Pas de Tendence
	S94	W=307. p-value=0.2244>0.05 U* =212. p-value =0.1106 >0.05	Homogène	ww= -1.5254<1.96	Aléatoire	Z= -0.9203<1.96	Pas de Tendence
	S95	W=265.5. p-value=0.4964>0.05 U* =198. p-value =0.2819>0.05	Homogène	ww=-0.2918<1.96	Aléatoire	Z= 0.8535<1.96	Pas de Tendence
	S96	W=372. p-value=0.5928>0.05 U* =152. p-value =0.9584>0.05	Homogène	ww=0<1.96	Aléatoire	Z= -0.1858<1.96	Pas de Tendence
	S97	W=45. p-value=0.001859<0.05 U* =179. p-value =0.006765<0.05	Non Homogène	ww= -1.0782 <1.96	Aléatoire	Z= 3.522987243	Tendance

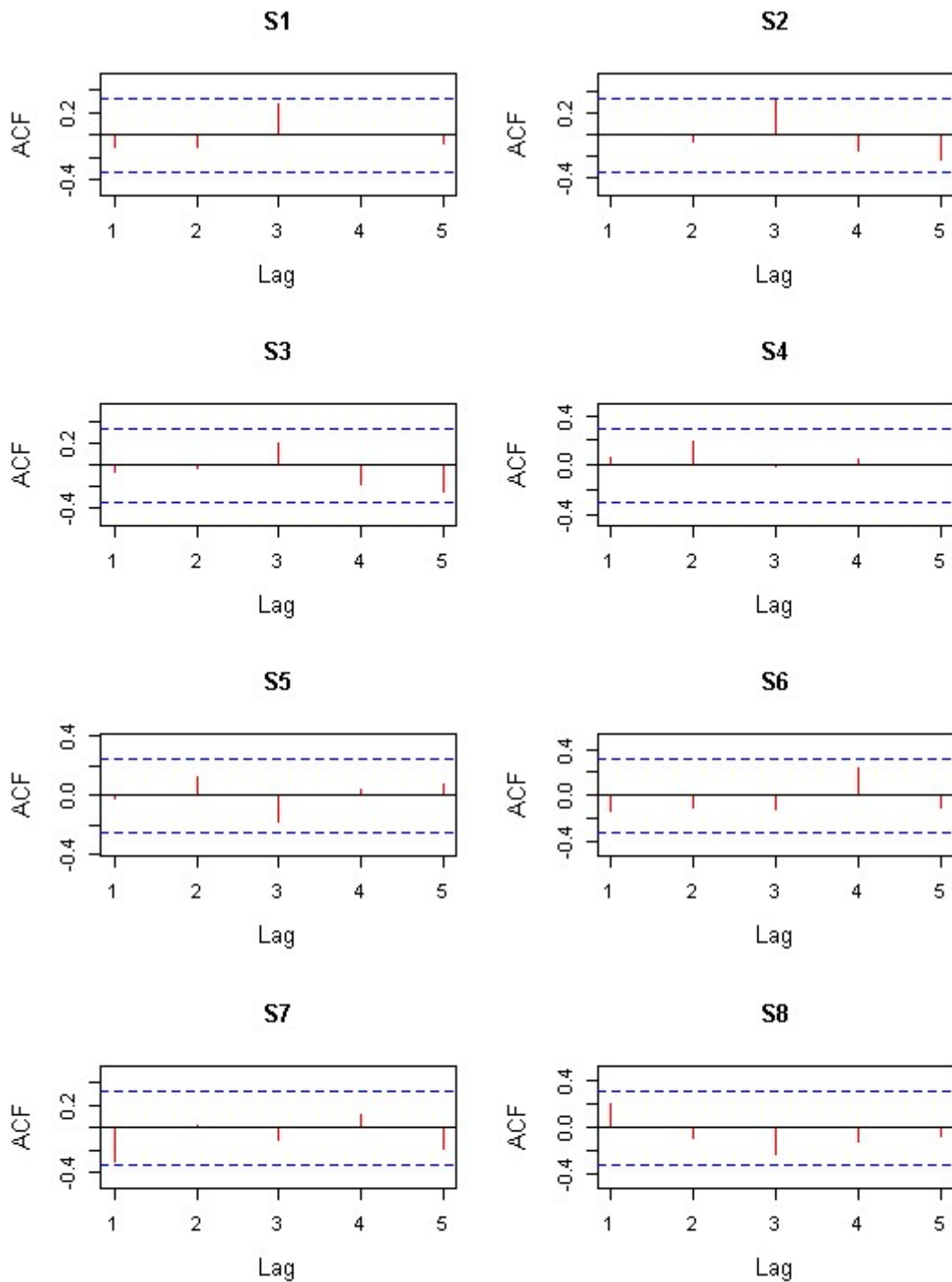
	S98	W=86.5. p-value=0.02936<0.05 U* =167. p-value =0.04499<0.05	Non Homogène	ww= -0.6966< 1.96	Aléatoire	Z= 1.9886016	Pas de Tendence
	S99	W= 106. p-value=0.8034>0.05 U* =77. p-value = 0.5588>0.05	Homogène	ww= 0 <1.96	Aléatoire	Z= 0.8386<1.96	Pas de Tendence
	S100	W=55. p-value=0.7477>0.05 U* = 37. p-value =0.9563>0.05	Homogène	ww= -0.43693<1.96	Aléatoire	Z=0.3383<1.96	Pas de Tendence
	S101	W =105.5 . p-value = 0.0066<0.05 U* = 266. p-value = 0.0048<0.05	Non Homogène	ww= -3.2036	Non Aléatoire	Z= 2.8195	Tendence
	S102	W = 233. p-value = 0.6579 >0.05 U* = 140. p-value = 0.5659 >0.05	Homogène	ww= -1.8305 <1.96	Aléatoire	Z= -0.1956<1.96	Pas de Tendence
	S103	W = 113. p-value = 0.01074<0.05 U* =200. p-value = 0.06679<0.05	Homogène	ww= -0.32036<1.96	Aléatoire	Z=1.9457<1.96	Pas de Tendence
	S104	W =755. p-value = 0.1443>0.05 U* =562. p-value = 0.1052<0.05	Homogène	ww=1.3017<1.96	Aléatoire	Z =2.0181	Pas de Tendence
	S105	W =251.5. p-value =0.627 >0.05 U* =109. p-value =0.8327 >0.05	Homogène	ww=-0.31244<1.96	Aléatoire	Z=-0.5442<1.96	Pas de Tendence
	S106	W =112.5. p-value =0.4073 >0.05 U* =126. p-value = 0.1527>0.05	Homogène	ww=-1.797<1.96	Aléatoire	Z=1.8324<1.96	Pas de Tendence
	S107	W = 155.5. p-value = 0.04351<0.05 U* =184. p-value = 0.1943>0.05	Homogène au sens de Pettitt	ww=-1.2203<1.96	Aléatoire	Z=1.8915<1.96	Pas de Tendence
	S108	W =877.5. p-value = 0.00449<0.05 U* = 495. p-value = 0.03483<0.05	Non Homogène	ww= 0.48159 <1.96	Aléatoire	Z=-2.35295381	Tendence
	S109	W = 157. p-value =0.6815 >0.05 U* =110. p-value = 0.4954>0.05	Homogène	ww= -1.884<1.96	Aléatoire	Z=1.4846<1.96	Pas de Tendence
	S110	W =776.5. p-value =0.4442 >0.05 U* =437. p-value =0.2761 >0.05	Homogène	ww= -2.0002	Aléatoire	Z= 0.7047<1.96	Pas de Tendence
	S111	W =542.5. p-value =0.1047 >0.05 U* =330. p-value =0.08757 >0.05	Homogène	ww= -1.5897<1.96	Aléatoire	Z=-2.609794886	Tendence
	S112	W =405.5. p-value = 0.4835>0.05 U* =176. p-value = 0.6277>0.05	Homogène	ww=1.9234<1.96	Aléatoire	Z=-1.2385<1.96	Pas de Tendence
	S113	W =177. p-value =0.2794 >0.05 U* =133. p-value = 0.4936>0.05	Homogène	ww=0.96108<1.96	Aléatoire	Z=1.2246<1.96	Pas de Tendence
	S114	W =188. p-value =0.06347 >0.05 U* =117. p-value =0.2176 >0.05	Homogène	ww=-1.797<1.96	Aléatoire	Z=-1.3797<1.96	Pas de Tendence
	S115	W =480. p-value = 0.02222<0.05 U* =286. p-value = 0.07868>0.05	Homogène au sens de Pettitt	ww=0.28011<1.96	Aléatoire	Z=-1.1662<1.96	Pas de Tendence
Côtières Oraïnaï (BV04)	S116	W = 231.5. p-value = 0.2493>0.05 U* = 95. p-value = 0.8213>0.05	Homogène	ww= 0<1.96	Aléatoire	Z= -0.7259<1.96	Pas de Tendence
	S117	W = 244. p-value = 0.6604>0.05 U* = 129. p-value = 0.7328>0.05	Homogène	ww=0.59643<1.96	Aléatoire	Z= 0.0473<1.96	Pas de Tendence
	S118	W = 322.5. p-value = 0.3544>0.05 U* = 195. p-value = 0.5201>0.05	Homogène	ww= -1.0991 <1.96	Aléatoire	Z= 1.0092 <1.96	Pas de Tendence
	S119	W = 172.5. p-value = 0.3434>0.05 U* = 57. p-value = 1.235>0.05	Homogène	ww= -1.0449 <1.96	Aléatoire	Z= -0.1631<1.96	Pas de Tendence
	S120	W = 169. p-value = 0.9636>0.05 U* = 102. p-value = 0.6024>0.05	Homogène	ww= 0 <1.96	Aléatoire	Z= -0.6801 <1.96	Pas de Tendence
	S121	W = 278.5. p-value = 0.3981>0.05 U* = 112. p-value = 0.843>0.05	Homogène	ww=0.61016 <1.96	Aléatoire	Z= -0.6271<1.96	Pas de Tendence
	S122	W = 243. p-value = 0.7799>0.05 U* = 83. p-value = 1.203>0.05	Homogène	ww= 0.79516<1.96	Aléatoire	Z= 0.1300<1.96	Pas de Tendence
	S123	W = 261. p-value = 0.4734>0.05 U* = 129. p-value = 0.5862>0.05	Homogène	ww= -0.93732<1.96	Aléatoire	Z= -0.6490<1.96	Pas de Tendence
	S124	W = 345. p-value = 0.0000926<0.05 U* = 290. p-value = 0.000912<0.05	Non Homogène	ww= -2.8833	Non Aléatoire	Z= -3.5806	Tendence
	S125	W = 205. p-value = 0.002984<0.05 U* = 154. p-value = 0.02966<0.05	Non Homogène	ww= -0.3594<1.96	Aléatoire	Z= -3.1946	Tendence
	S126	W = 455.5. p-value = 0.00568<0.05 U* = 412. p-value = 0.000679<0.05	Non Homogène	ww = -2.5051	Non Aléatoire	Z = -2.47389281	Tendence
	S127	W = 738.5. p-value = 0.08608>0.05 U* = 393. p-value = 0.124>0.05	Homogène	ww= 0.61751 <1.96	Aléatoire	Z= -1.8077<1.96	Pas de Tendence
	S128	W = 225. p-value = 0.7052>0.05 U* = 101. p-value = 0.8405>0.05	Homogène	ww= -0.1582<1.96	Aléatoire	Z= 0.0337<1.96	Pas de Tendence
	S129	W = 152. p-value = 0.5814>0.05 U* = 104. p-value = 0.3466>0.05	Homogène	ww=-1.797<1.96	Aléatoire	Z= -1.6579<1.96	Pas de Tendence
	S130	W = 209. p-value = 0.02747<0.05 U* = 169. p-value = 0.02895<0.05	Non Homogène	ww=-0.34832 <1.96	Aléatoire	Z= -3.145365776	Tendence
	S131	W = 678.5. p-value = 0.08687>0.05 U* = 295. p-value = 0.3342>0.05	Homogène	ww= -1.4886<1.96	Aléatoire	Z= -1.1832<1.96	Pas Tendence

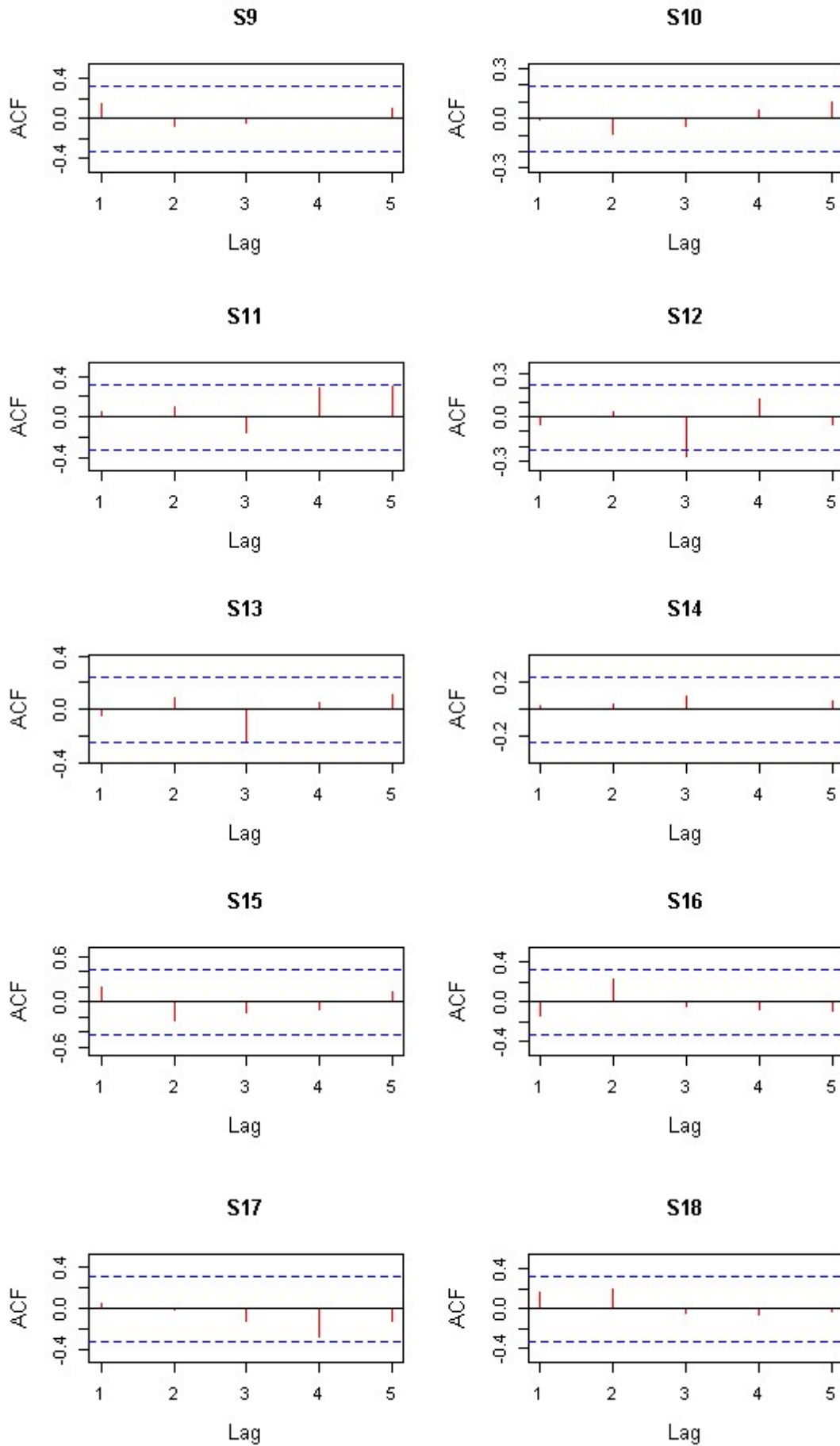
S132	W = 614.5. p-value = 0.06012>0.05 U* = 417. p-value = 0.02691<0.05	Homogène	ww= -0.76832<1.96	Aléatoire	Z=-2.25416363	Tendance
S133	W = 345. p-value = 0.0004509<0.05 U* = 271. p-value = 0.003895<0.05	Non Homogène	ww= -0.96108<1.96	Aléatoire	Z= 3.6733072065	Tendance
S134	W = 178. p-value = 0.2556>0.05 U* = 90. p-value = 0.6017>0.05	Homogène	ww= -0.34832<1.96	Aléatoire	Z=-1.1121<1.96	Pas de Tendance
S135	W = 380.5. p-value = 0.6898>0.05 U* = 145. p-value = 1.024>0.05	Homogène	ww= -0.53945<1.96	Aléatoire	Z=-0.2190<1.96	Pas de Tendance
S136	W = 613.5. p-value = 0.06207>0.05 U* = 372. p-value = 0.06487>0.05	Homogène	ww= 0.76832<1.96	Aléatoire	Z= -2.30880423	Tendance
S137	W = 281.5. p-value = 0.9153 > 0.05 U* = 121. p-value = 0.8734>0.05	Homogène	ww= -0.751<1.96	Aléatoire	Z=-0.9446<1.96	Pas de Tendance
S138	W = 148.5. p-value = 0.6655>0.05 U* = 81. p-value = 0.6907>0.05	Homogène	ww=-0.7188<1.96	Aléatoire	Z =0.2756<1.96	Pas de Tendance
S139	W = 150. p-value = 0.9342>0.05 U* = 66. p-value = 1.106>0.05	Homogène	ww=-1.2339 <1.96	Aléatoire	Z=-0.5442<1.96	Pas de Tendance
S140	W = 516.5. p-value = 0.2619>0.05 U* = 380. p-value = 0.1658>0.05	Homogène	ww=0 <1.96	Aléatoire	Z=1.9368<1.96	Pas de Tendance

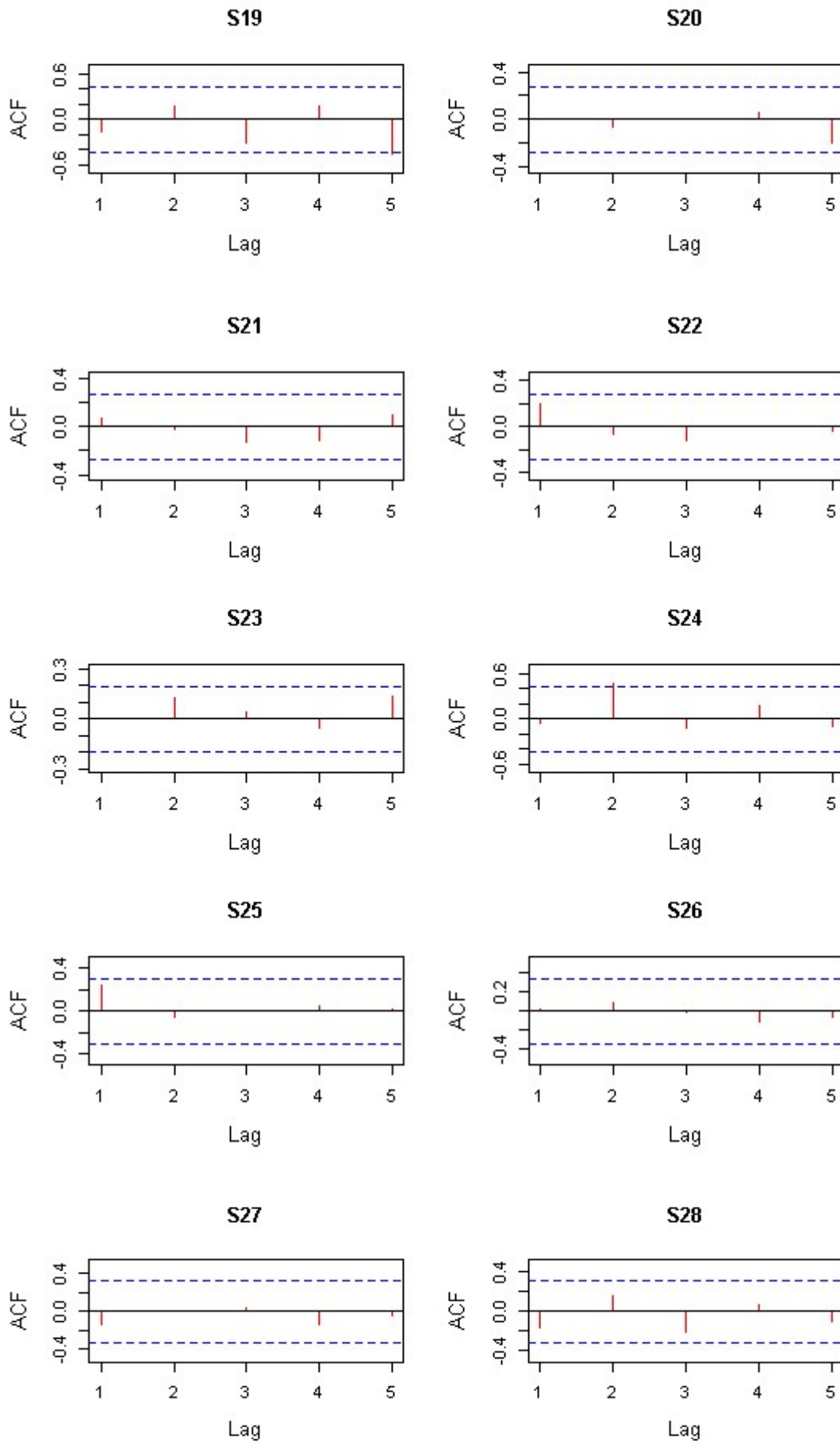
Annexe 3

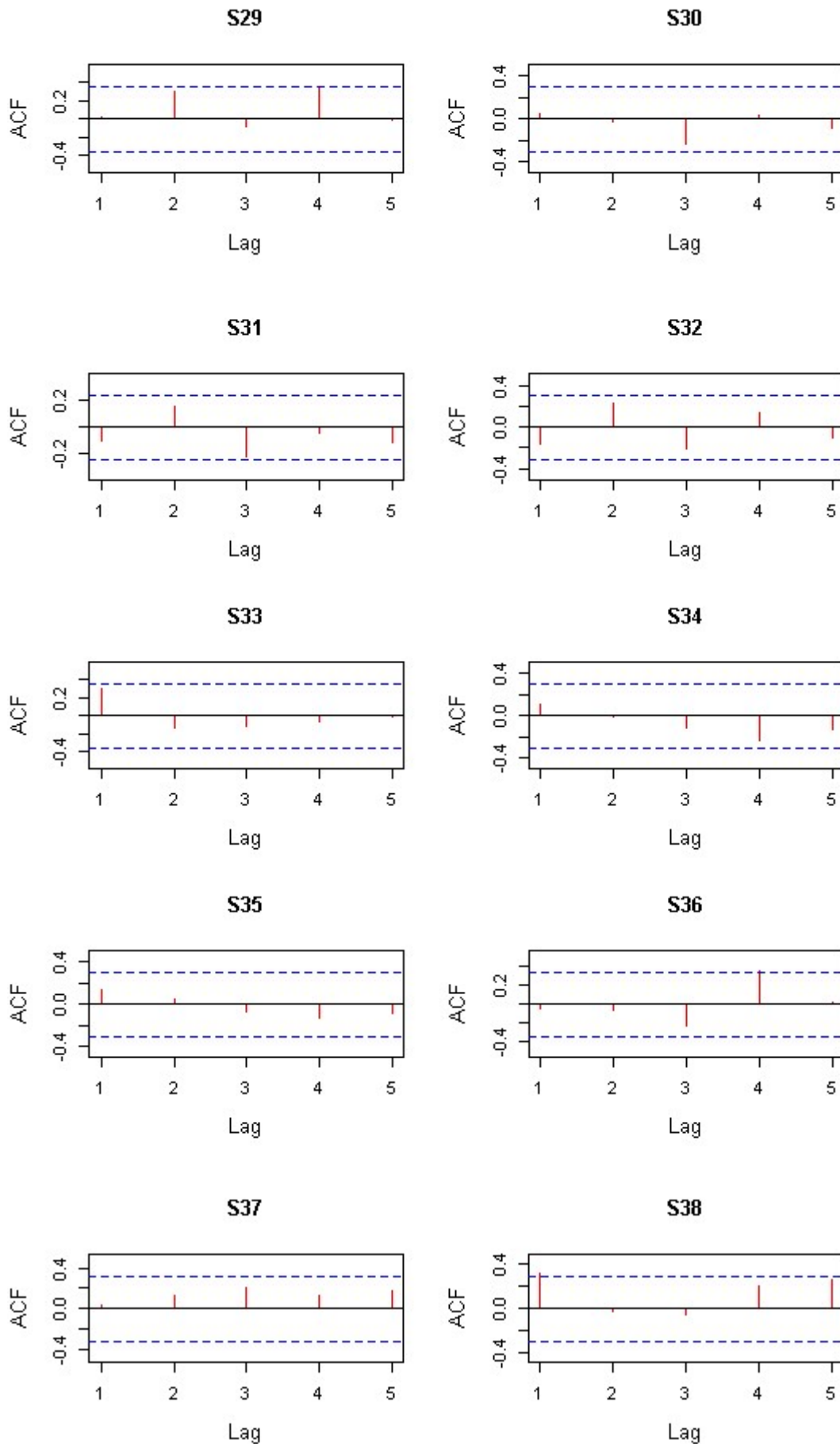
Résultats des tests d'autocorrélation des séries Pjmax au sein du trois bassins :

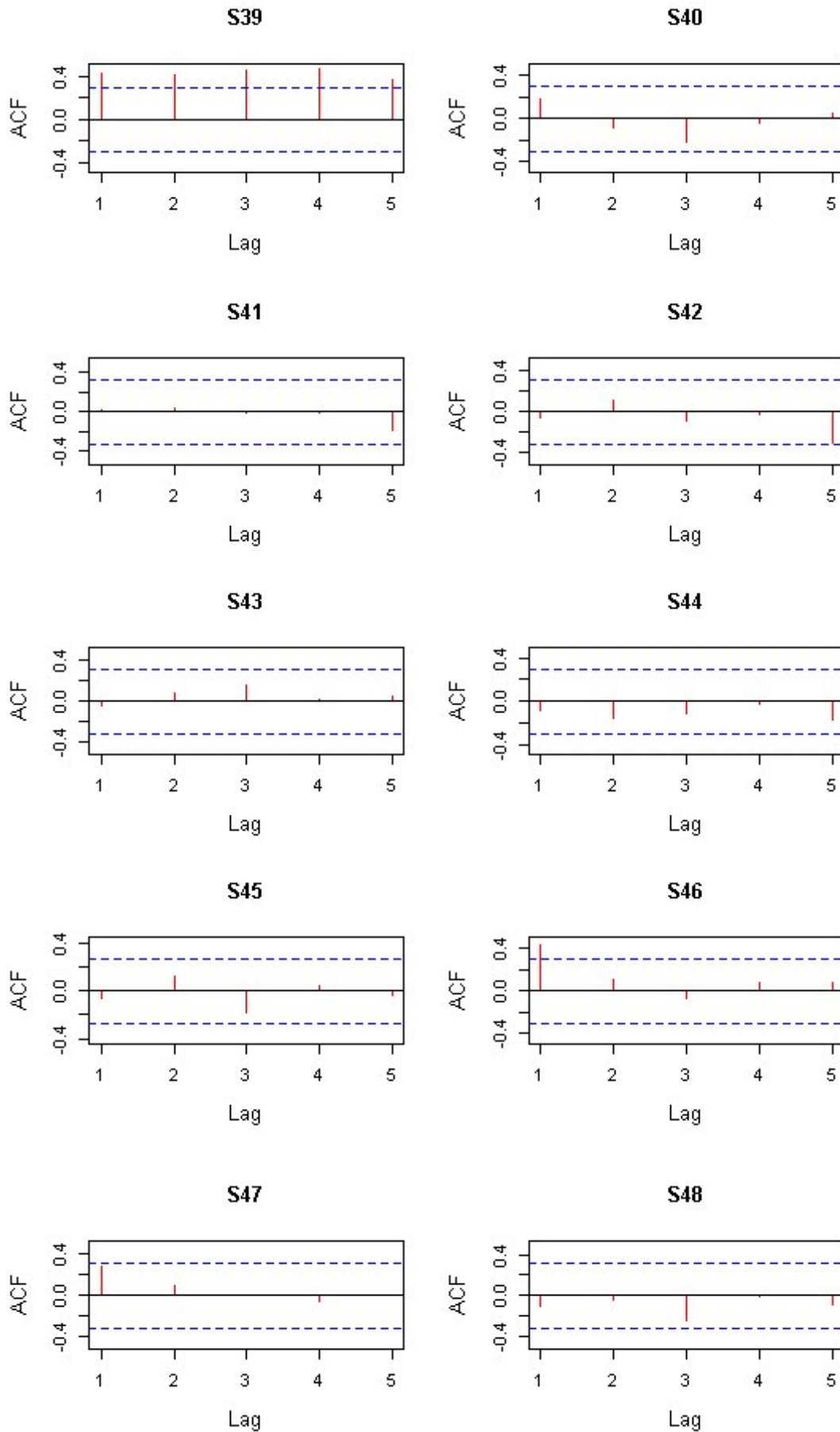
- Côtiers Algérois

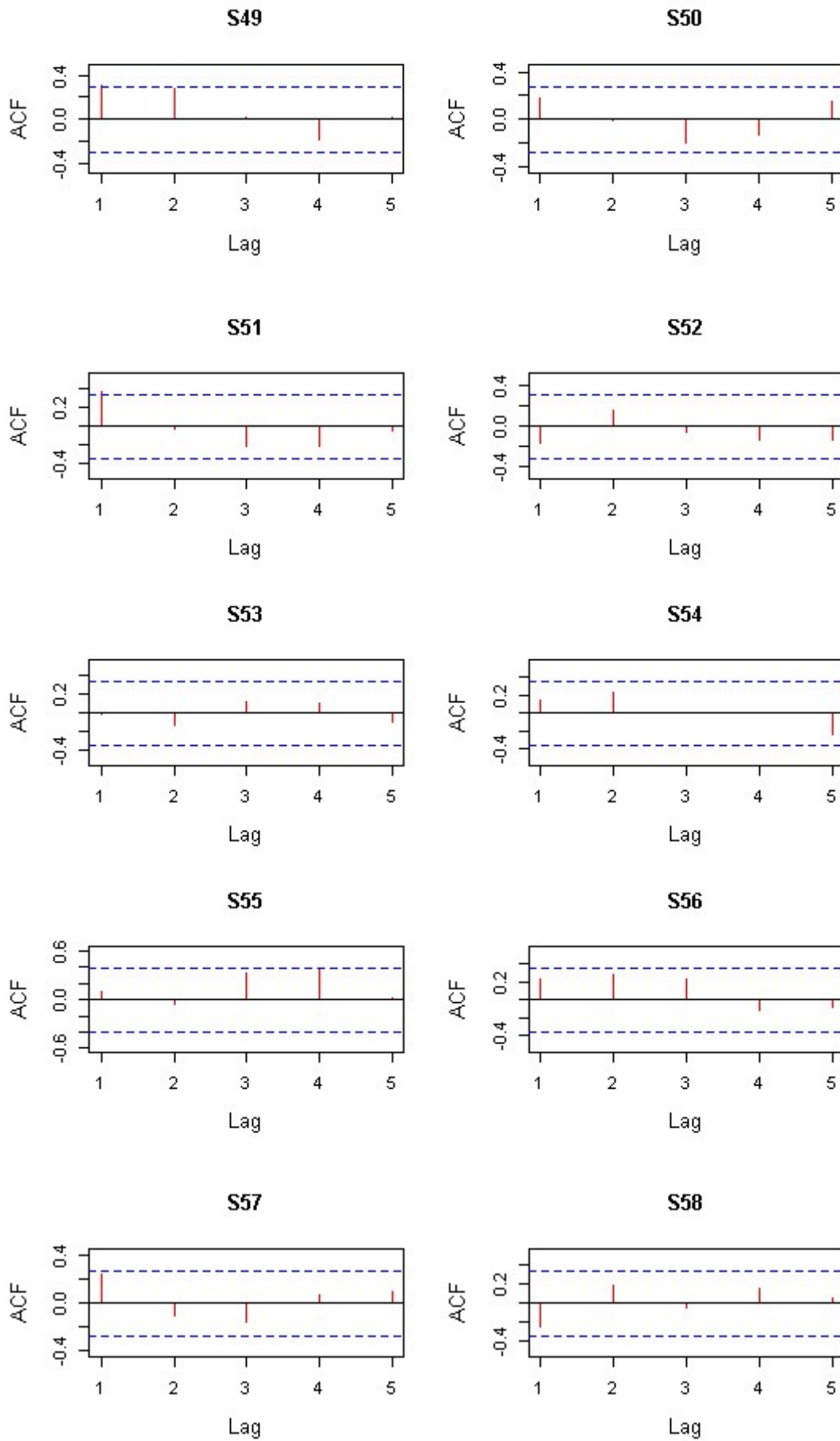


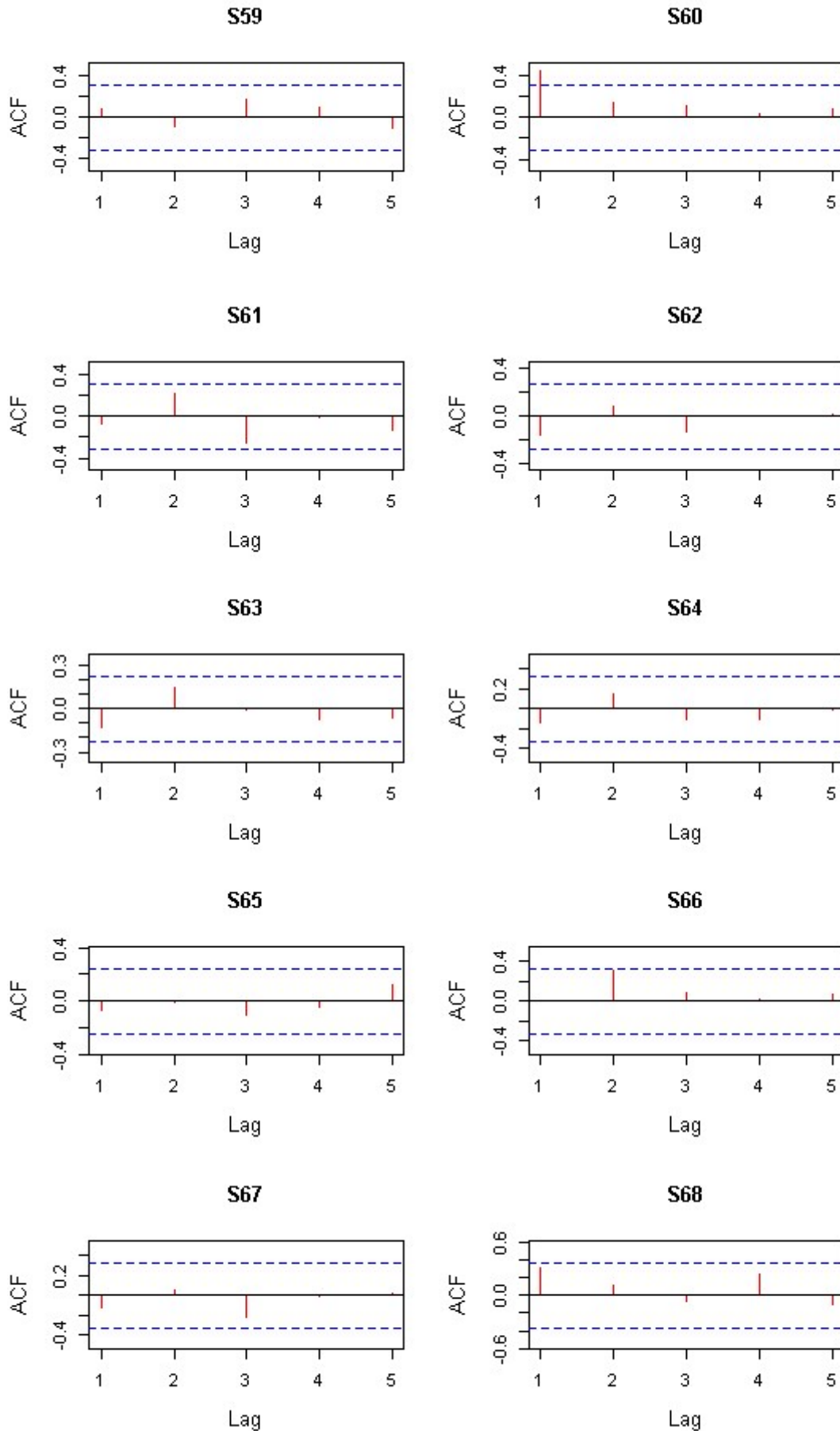


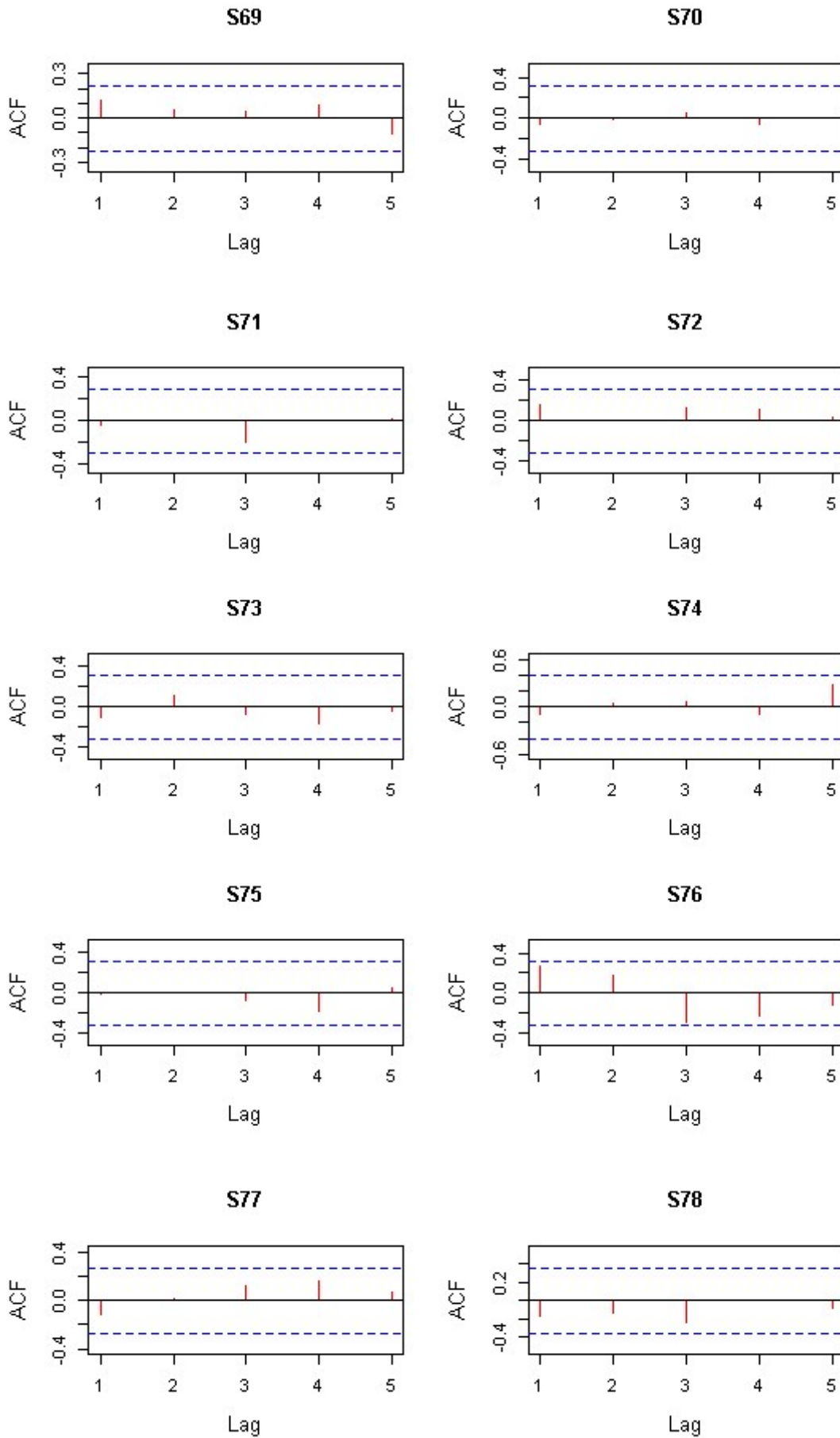




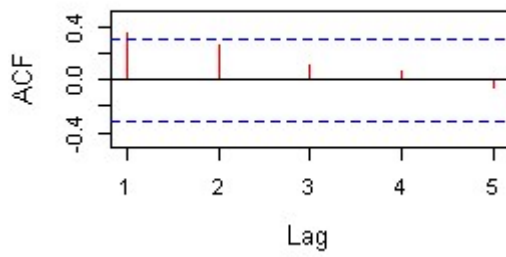




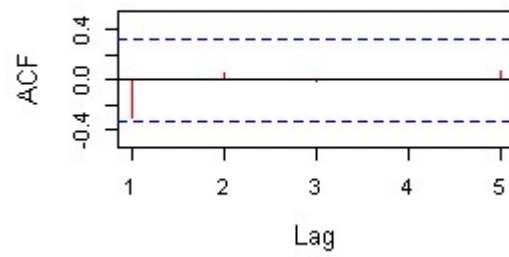




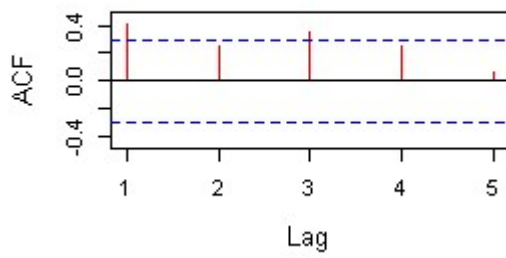
S79



S80

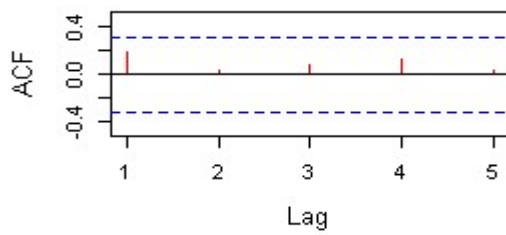


S81

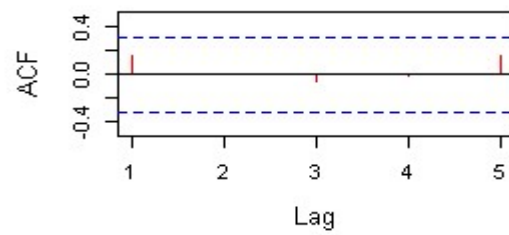


- **Côtiers Constantinois**

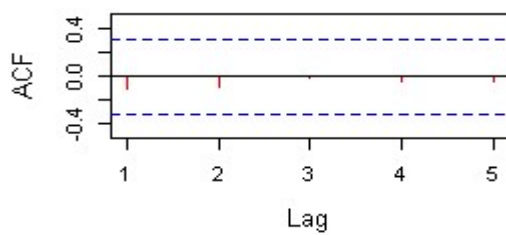
S82



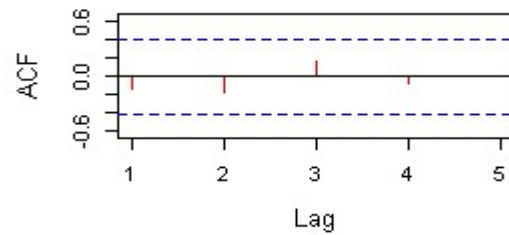
S83



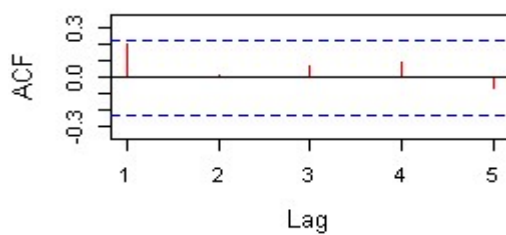
S84



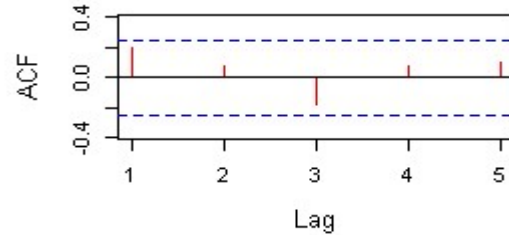
S85

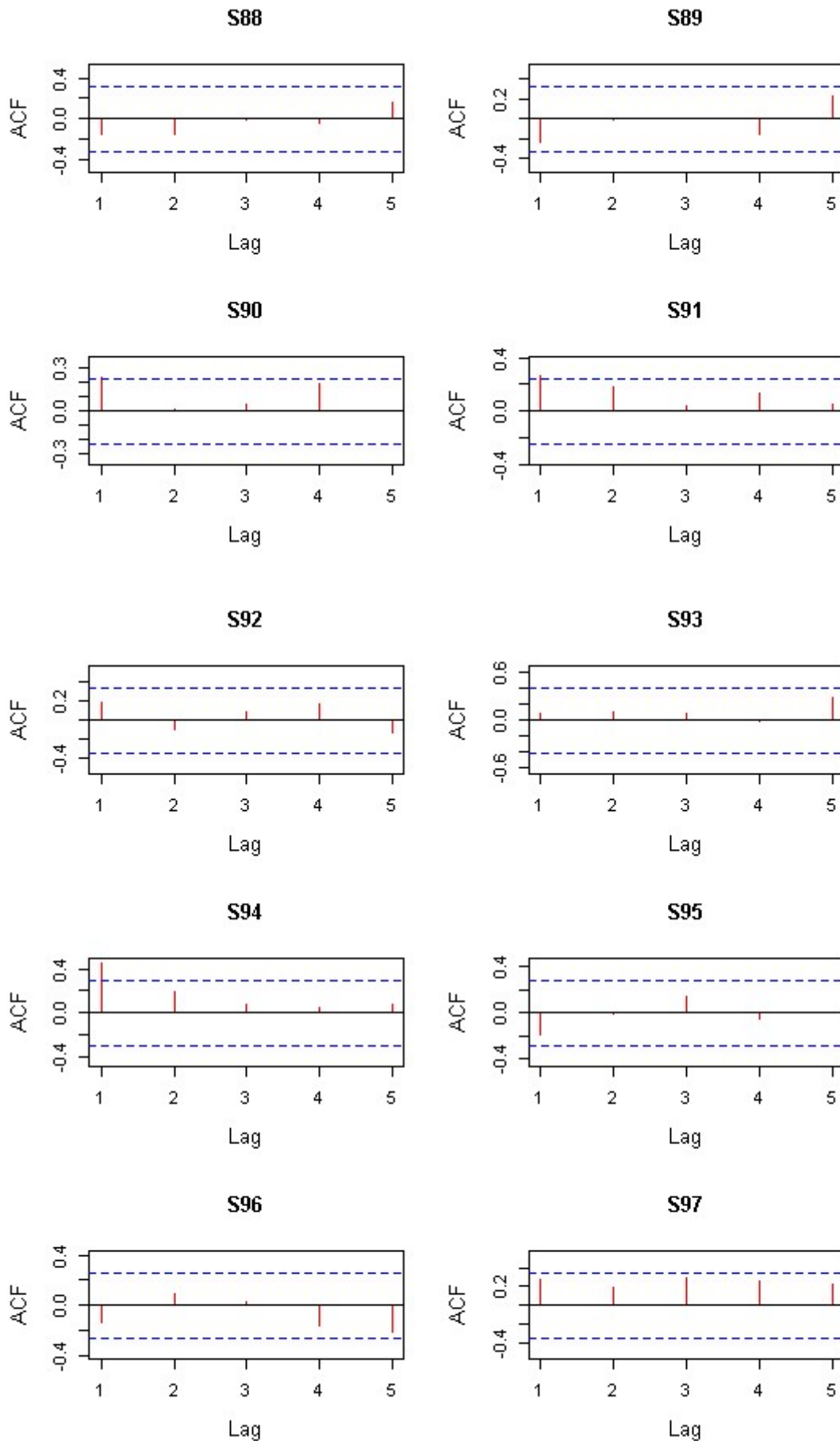


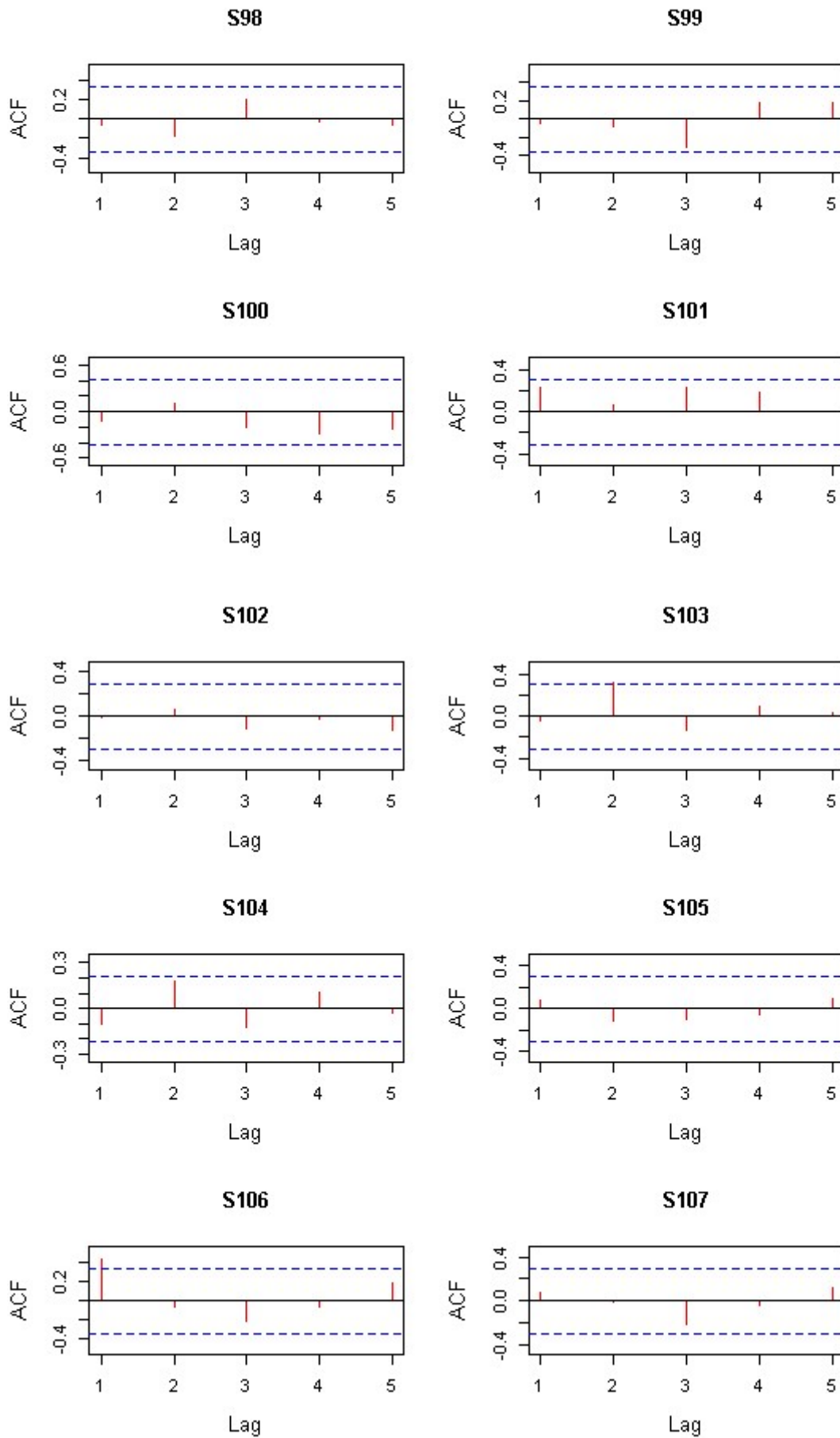
S86

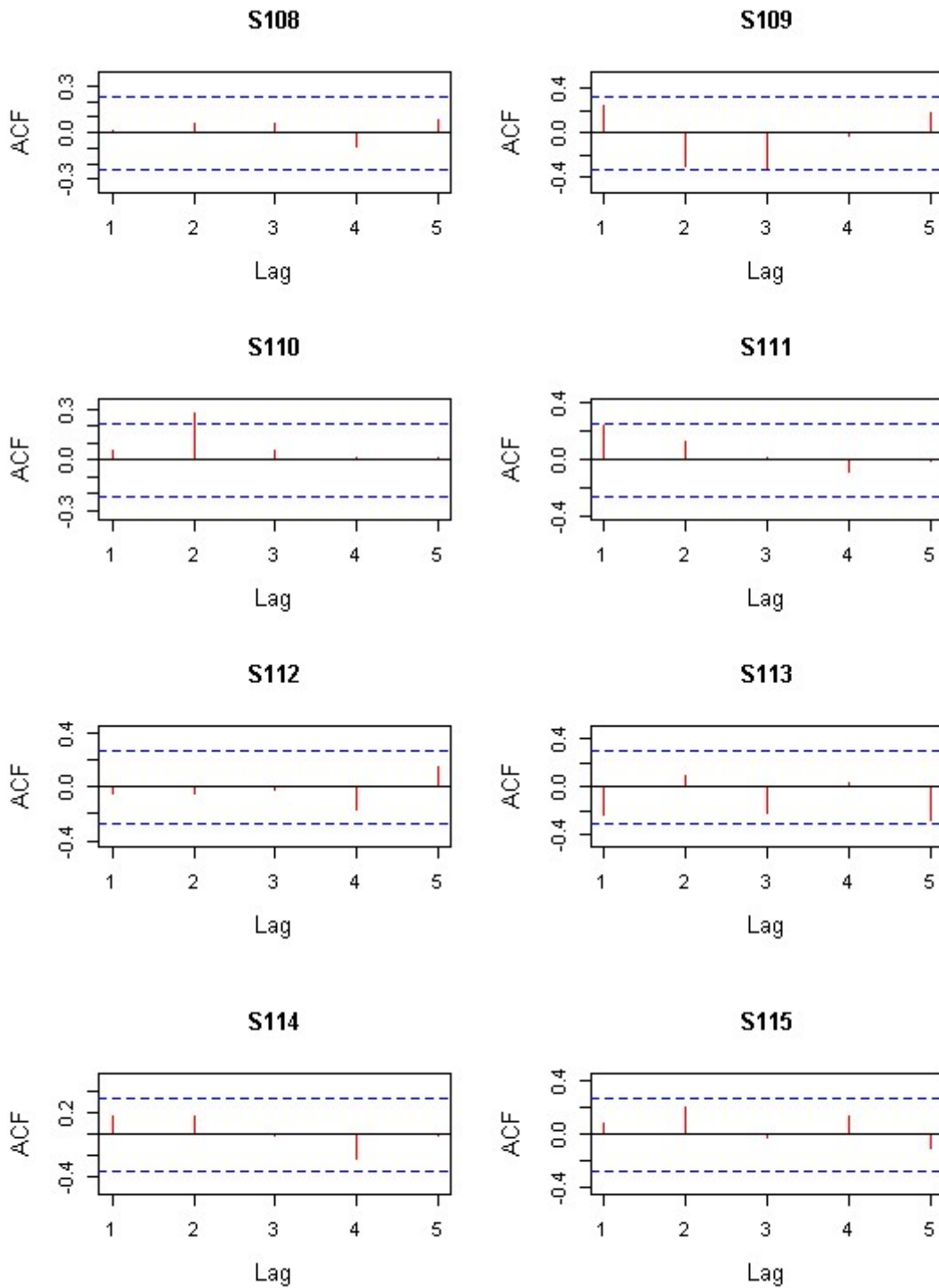


S87

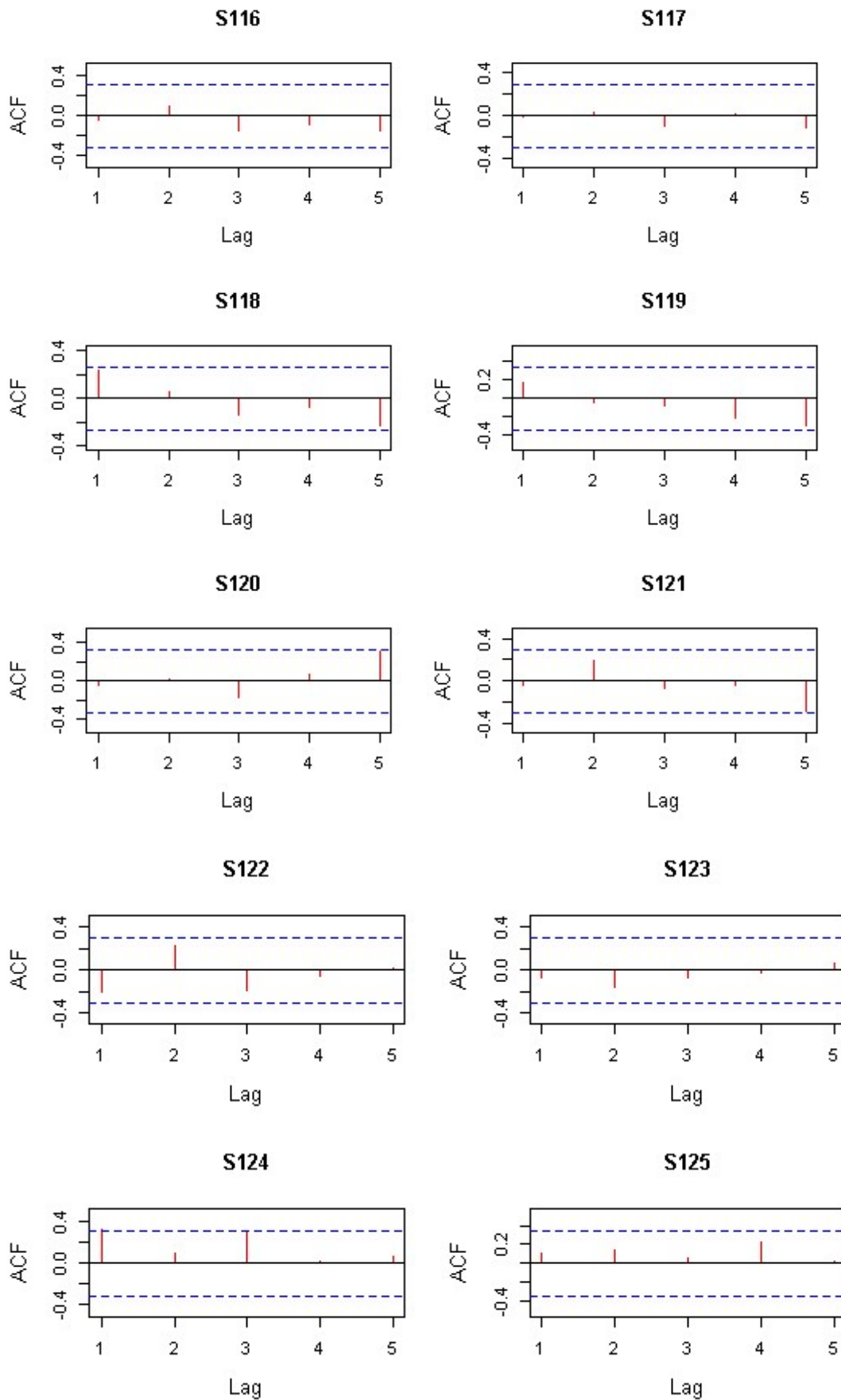


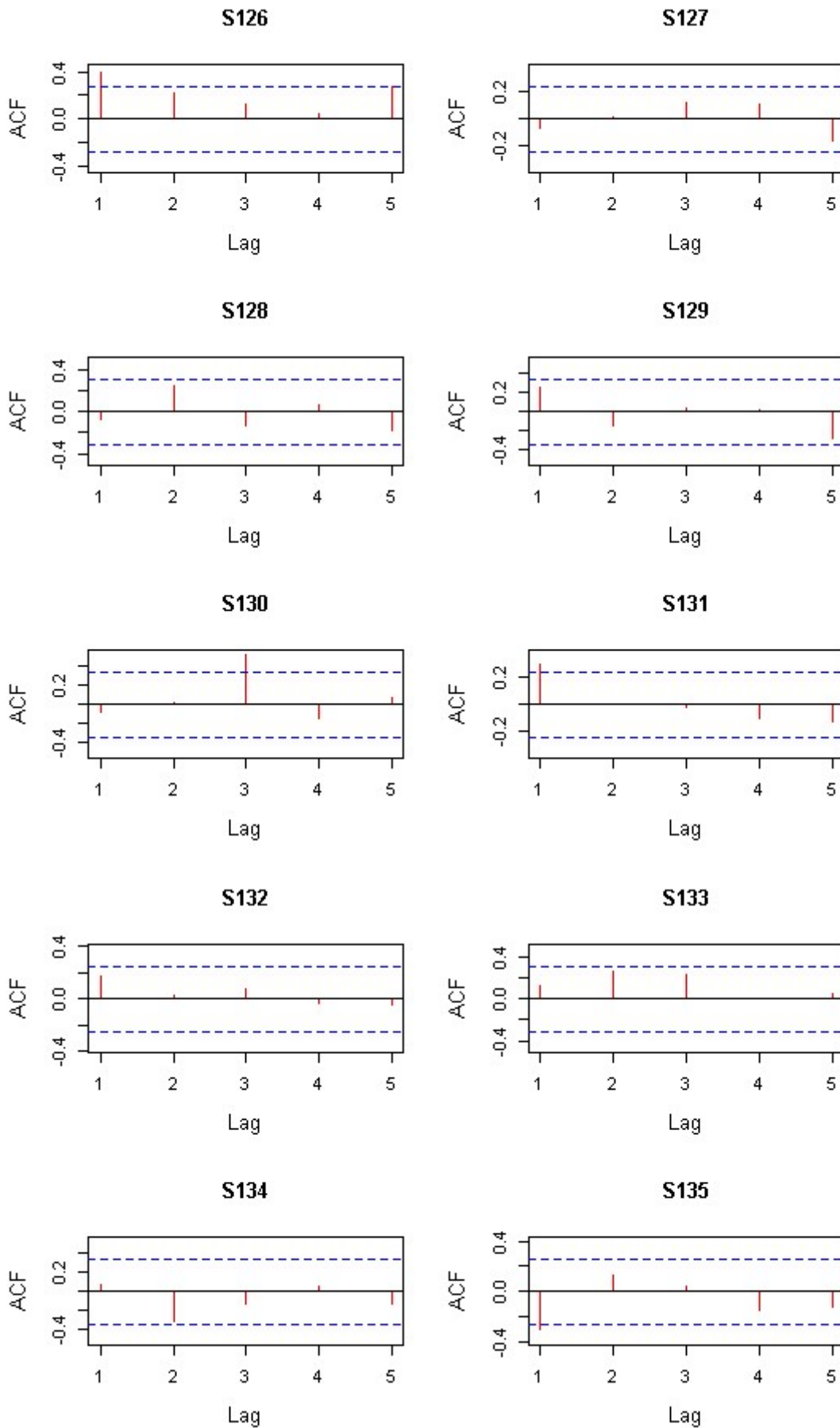


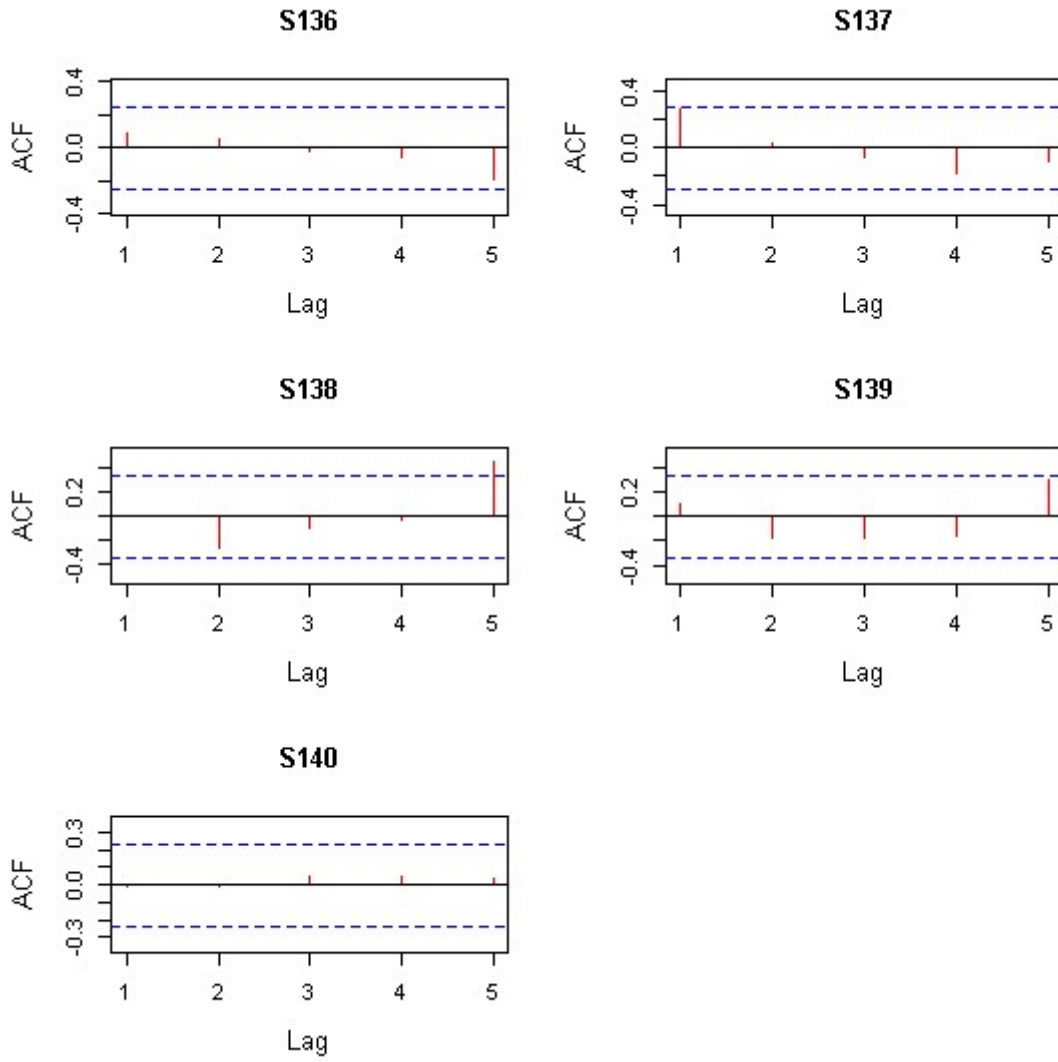




• Côtiers Oranais







Annexe 4

Résultats des tests des valeurs aberrantes par la méthode de Tukey des séries Pjmax au sein du trois bassins

Bassin	Stations	St	Out_Tukey	Stations	St	Out_Tukey
Côtiers Algérois	KHADRA	S1	3	PRISE DE MEDEA	S42	2
	SIDI M'HAMED BEN ALI	S2	3	RN4 CHIFFA	S43	1
	BORDJ ABOU EL HASSEN	S3	1	OUZERA	S44	3
	DAMOUS	S4	4	EL HAMDANIA	S45	3
	TENES	S5	4	BLIDA	S46	3
	SIDI AKACHA	S6	2	CHIFFA	S47	0
	BORDJ GHOBRI	S7	0	FER A CHEVAL	S48	1
	MENACEUR	S8	3	BENI MERED	S49	2
	IAZABENE	S9	2	BOUFARIK PEPINIERE	S50	9
	MEURAD BARRAGE	S10	8	OUED EL ALLEUG	S51	1
	DJEBABRA	S11	1	KOLEA PC	S52	1
	CHERCHELL PHARE	S12	1	DOMMAINE YMEREZ	S53	3
	SIDI GHILES	S13	2	KOLEA SECTEUR	S54	0
	GOURAYA	S14	4	CHREA COL	S55	1
	PONT CW 7 (Hadjout)	S15	1	LA PASSERELLE	S56	1
	AIN TAGOURAIT (Berard Mairie)	S16	1	LARBAA	S57	2
	FOUKA MARINE	S17	2	DOUIRA	S58	2
	FOUKA VILLE	S18	3	BARAKI P.	S59	1
	OULED FAYET	S19	0	DOUAR MAKLI	S60	2
	BIRMANDREIS ANRH	S20	4	TIGZIRT N'BOUBHIR	S61	2
	MAHELMA FERME	S21	3	DJEMAA SAHARIDJ	S62	4
	COL DES 2 BASSINS	S22	5	AZZAZGA ECOLE	S63	0
	HAMIZ BARRAGE	S23	6	AIT AICHA	S64	0
	OULED OUALI	S24	1	AGHRIBS (Adrar)	S65	1
	ALGER Pep	S25	2	FREHA	S66	0
	OULED ALI	S26	1	BERBER (ex S. EL HAD)	S67	1
	PONT D9	S27	2	OUADHIAS	S68	2
	REGHAIA PONT RN05	S28	4	LARBAA NATH IRATHEN	S69	3
	TOUAMINE	S29	0	BENI YENNI	S70	1
	EL AZAIEB MIZRANA	S30	2	BOUASSEM M. F	S71	5
	YAKOURENE	S31	2	DRAA BEN KHEDDA	S72	3
	TAGMA PEPINIERE	S32	2	LARBAA MAKOUDA	S73	1
	ROUABAH	S33	3	TIZI OUZOU ANRH	S74	1
	AIN DEM	S34	2	TIZI MEDENE	S75	2

	OUED ZBOUDJ	S35	0	DRAA EL MIZAN	S76	4
	AIN BENIAN	S36	4	BOGHNI	S77	2
	HAMMAM RIGHA	S37	2	AIN ZAOUIA	S78	1
	BOU MEDFA M.F	S38	5	NEZLIOUA	S79	1
	AMEUR EL AIN	S39	2	TIZI LETNINE	S80	1
	ATTATBA CAVE	S40	0	BAGHLIA VILLAGE	S81	2
	SIDI RACHED	S41	1			
Côtiers Constantinois	BOU KHELIFA	S82	0	TAMALOUS	S99	0
	CAP AOKAS COMMUNE	S83	0	BENI ZID GUERGOURA	S100	3
	DOMAINE DEHAS TICHI	S84	0	AFFLASSANE	S101	3
	BORDJ MIRA	S85	0	ZARDESAS Bge	S102	5
	AMOUCHAS	S86	4	BOU SNIB	S103	0
	AIN ROUA	S87	1	EL ARROUCH	S104	6
	TIZI N'BRAHAM	S88	0	RAMDANE DJAMEL De Berais	S105	2
	SOUK EL TENINE	S89	1	ZIT EMBA ST.Hydro.	S106	0
	JIJEL SECTEUR	S90	1	BOUATI MAHMOUD	S107	3
	TEXENNA	S91	3	AZZABA PEPINIERE	S108	3
	CHEDIA	S92	1	AIN CHERCHAR	S109	0
	DAR EL OUED	S93	0	BERRAHAL	S110	8
	ERRAGUENE	S94	3	CHETAIBI	S111	4
	TAHER	S95	3	BOU HADJAR	S112	3
	ZITOUNA	S96	5	AIN EL ASSEL	S113	1
BOU HALLOUFA	S97	0	ROUM EL SOUK	S114	3	
OUM TOUB	S98	1	AIN KERMA	S115	1	
Côtiers Oranais	GHAZAOUET EL BOR	S116	2	MAKEDRA	S129	1
	SIDI BOUDJENANE DRS	S117	1	HASSI EL GHELIA	S130	2
	MARSA BEN M'HIDI	S118	4	HAMMAM BOU HADJAR	S131	7
	DAR BENCHERKI	S119	1	TLELAT BARRAGE	S132	5
	AOUBELLIL	S120	0	BOU TLELIS ECOLE	S133	3
	AGHLAL	S121	1	BREDEAH	S134	2
	OUED BERKECHE	S122	1	ORAN PEPINIERE	S135	2
	AIN TEMOUCHENT ERA	S123	1	EL BRAYA	S136	1
	CHAABAT EL HAM	S124	2	BOUFATIS	S137	1
	EL MALAH	S125	2	KHER DINE	S138	2
	BOUSFER	S126	2	DUNE CULTIVEES	S139	3
	TAMZOURAH	S127	8	MOSTAGUEM SCM	S140	1
	AIN EL ARBA	S128	1			

Annexe 5

Résultats des pluies maximales probables (PMP) des 112 stations au sein des trois bassins du littoral Algérien

Bassin	St	N	\bar{P}_N	σ_N	K_m	$K_{enveloppe}$	PMP_{max}	PMP_{max} (24H)	P_m	PMP_{max} (24H)/ P_m
BV02	S1	36	47.05	30.02	4.99	7.79	280.89	317.40	160.00	1.98
	S2	33	43.76	27.50	7.76	7.79	257.99	291.53	167.60	1.74
	S3	34	61.91	30.40	4.40	7.79	298.73	337.56	166.50	2.03
	S4	63	58.83	24.19	3.47	7.79	247.23	279.37	135.00	2.07
	S5	38	57.06	26.42	6.92	7.79	262.85	297.02	176.20	1.69
	S6	36	57.84	23.02	2.54	7.79	237.14	267.97	110.9	2.42
	S7	40	70.85	31.51	2.80	7.79	316.29	357.40	150.3	2.38
	S8	37	49.06	18.88	3.97	7.79	196.18	221.68	102.4	2.16
	S9	100	72.28	36.00	4.08	7.79	352.72	398.57	207.5	1.92
	S10	78	60.45	24.11	3.33	7.79	248.28	280.55	135	2.08
	S11	65	64.24	29.45	6.19	7.79	293.67	331.85	207.3	1.60
	S12	66	61.97	28.68	4.32	7.79	285.38	322.48	170.4	1.89
	S13	21	57.59	31.00	4.96	7.79	299.07	337.95	158.1	2.14
	S14	37	49.87	18.74	3.39	7.79	195.82	221.28	104.4	2.12
	S15	40	55.73	18.94	4.11	7.79	203.28	229.71	120	1.91
	S16	21	65.84	30.72	3.22	7.79	305.17	344.84	144.2	2.39
	S17	50	66.06	25.07	3.08	7.79	261.33	295.31	136	2.17
	S18	54	61.71	28.22	3.86	7.79	281.54	318.15	157	2.03
	S19	48	72.78	46.65	7.79	7.79	436.15	492.85	310.3	1.59
	S20	21	63.19	28.49	3.66	7.79	285.15	322.22	142	2.27
	S21	34	49.21	13.79	3.40	7.79	156.60	176.96	89	1.99
	S22	37	54.67	18.52	2.61	7.79	198.98	224.84	98.4	2.29
	S23	40	53.99	24.22	5.43	7.79	242.62	274.16	152	1.80
	S24	30	54.93	20.12	2.04	7.79	211.65	239.17	92.7	2.58
	S25	43	74.70	33.80	4.91	7.62	332.17	375.35	205.4	1.83
	S26	68	88.93	38.43	4.15	6.16	325.76	368.11	230.1	1.60
	S27	41	87.92	34.80	3.05	6.27	305.93	345.71	182.3	1.90
	S28	31	59.46	25.33	3.87	7.79	256.74	290.12	118.5	2.45
	S29	43	46.63	21.15	4.77	7.79	211.40	238.89	127	1.88
	S30	43	55.93	21.31	2.46	7.79	221.93	250.78	104.3	2.40
	S31	34	57.07	31.10	3.54	7.79	299.34	338.26	149.4	2.26
	S32	46	60.63	32.06	4.17	7.79	310.41	350.76	173	2.03
	S33	42	52.12	17.45	2.57	7.79	188.09	212.54	93.3	2.28
	S34	37	48.75	21.71	3.39	7.79	217.88	246.21	112	2.20
	S35	40	82.84	41.25	5.25	6.78	362.73	409.89	246.6	1.66
	S36	39	50.06	20.63	4.24	7.79	210.75	238.14	121.2	1.96
	S37	44	46.90	20.21	3.54	7.79	204.35	230.91	109.1	2.12
	S38	54	96.96	43.84	5.41	5.34	331.16	374.21	285.5	1.31
	S39	38	45.99	18.21	4.69	7.79	187.87	212.29	112.8	1.88
	S40	44	61.51	32.63	4.31	7.79	315.73	356.77	177.7	2.01
	S41	50	58.82	28.55	3.21	7.79	281.22	317.78	141.2	2.25
	S42	33	53.96	18.87	3.94	7.79	200.92	227.04	114	1.99
	S43	39	53.83	16.68	3.64	7.79	183.77	207.66	105.5	1.97
	S44	31	58.58	20.95	2.77	7.79	221.79	250.62	104.3	2.40
	S45	25	90.60	36.80	3.69	5.99	311.10	351.55	197	1.78
	S46	52	63.81	27.44	3.54	7.79	277.60	313.69	150	2.09

	S47	34	50.34	19.31	3.16	7.79	200.79	226.89	103	2.20
	S48	41	68.94	24.38	2.72	7.79	258.89	292.55	129.2	2.26
	S49	52	65.50	22.20	2.80	7.79	238.46	269.46	122.8	2.19
	S50	77	74.87	24.36	2.13	7.60	259.96	293.76	125	2.35
	S51	36	78.29	27.81	2.67	7.25	279.93	316.32	145.1	2.18
	S52	65	92.37	39.38	3.58	5.81	321.21	362.97	220	1.65
	S53	37	59.47	21.85	2.46	7.79	229.64	259.50	108.5	2.39
	S54	36	77.39	27.21	3.36	7.34	277.17	313.20	155.9	2.01
	S55	80	72.02	23.41	4.53	7.79	254.42	287.49	165.9	1.73
	S56	38	72.41	28.92	4.38	7.79	297.65	336.35	173.9	1.93
	S57	46	66.90	21.44	3.11	7.79	233.90	264.31	126.8	2.08
	S58	39	60.67	23.18	3.97	7.79	241.22	272.58	137	1.99
	S59	40	76.93	30.88	5.30	7.39	305.11	344.78	200.2	1.72
	S60	24	63.00	21.56	4.12	7.79	230.98	261.01	129	2.02
	S61	38	55.48	25.09	3.92	7.79	250.94	283.57	137.1	2.07
	S62	54	60.54	21.76	4.16	7.79	230.06	259.97	138.4	1.88
	S63	31	53.71	19.52	4.31	7.79	205.75	232.50	118.8	1.96
	S64	41	66.06	21.54	5.17	7.79	233.89	264.30	151.3	1.75
	S65	37	57.84	21.26	3.96	7.79	223.48	252.53	127.2	1.99
	S66	44	67.52	29.94	4.35	7.79	300.76	339.86	174.9	1.94
	S67	39	70.76	25.57	2.56	7.79	269.92	305.01	130.4	2.34
	S68	39	75.54	24.55	2.10	7.53	260.46	294.32	123.7	2.38
	S69	39	61.92	24.41	2.89	7.79	252.04	284.81	125	2.28
	S70	23	113.27	52.19	2.31	3.67	305.07	344.73	219	1.57
	S71	74	49.49	18.29	3.46	7.79	191.94	216.89	109.5	1.98
	S72	38	61.86	22.68	2.19	7.79	238.56	269.57	108	2.50
	S73	36	82.07	26.44	3.50	6.86	263.57	297.83	160.6	1.85
	S74	73	70.87	24.94	5.25	7.79	265.16	299.63	181.5	1.65
	S75	65	83.88	29.06	3.01	6.68	277.94	314.07	165	1.90
	S76	33	83.80	32.66	3.67	6.69	302.19	341.48	182.9	1.87
	S77	23	83.07	32.17	3.10	6.76	300.56	339.63	164.5	2.06
	S78	45	108.75	44.92	4.09	4.14	294.59	332.88	263.3	1.26
	S79	49	72.58	27.42	3.61	7.79	286.17	323.37	171.6	1.88
	S80	57	98.27	32.54	4.19	5.21	267.72	302.52	216.3	1.40
BV03	S81	30	52.50	16.16	2.40	7.79	178.39	201.58	87.4	2.31
	S82	22	53.09	24.75	4.92	7.79	245.86	277.83	134.2	2.07
	S83	45	56.38	29.80	4.89	7.79	288.50	326.00	172.3	1.89
	S84	41	55.61	23.74	3.09	7.79	240.55	271.82	120.7	2.25
	S85	86	46.56	20.22	5.54	7.79	204.09	230.62	142	1.62
	S86	43	54.17	20.98	3.99	7.79	217.61	245.90	124.7	1.97
	S87	33	52.35	20.11	2.51	7.79	209.02	236.19	97.8	2.42
	S88	44	60.00	26.82	2.89	7.79	268.91	303.87	130.1	2.34
	S89	37	55.53	19.64	2.23	7.79	208.51	235.62	96	2.45
	S90	83	57.23	29.17	4.59	7.79	284.44	321.41	176	1.83
	S91	54	48.71	19.72	2.75	7.79	202.36	228.66	99	2.31
	S92	42	60.32	22.48	4.55	7.79	235.46	266.07	142.7	1.86
	S93	33	61.17	31.88	2.43	7.79	309.53	349.77	131.4	2.66
	S94	53	64.24	26.13	4.02	7.79	267.80	302.62	155.1	1.95
BV04	S95	39	56.27	25.19	2.57	7.79	252.49	285.32	115.3	2.47
	S96	46	56.73	27.77	3.27	7.79	273.09	308.60	137.5	2.24
	S97	55	49.75	31.37	4.66	7.79	294.12	332.35	172	1.93
	S98	34	47.68	25.97	4.24	7.79	250.01	282.51	135	2.09

S99	37	48.16	18.44	2.24	7.79	191.80	216.74	86.4	2.51
S100	44	52.68	23.96	3.22	7.79	239.35	270.46	121.1	2.23
S101	43	43.83	19.49	3.92	7.79	195.65	221.09	108.4	2.04
S102	43	47.84	22.29	4.12	7.79	221.48	250.28	124.4	2.01
S103	69	50.20	23.18	3.22	7.79	230.75	260.75	119.2	2.19
S104	41	40.24	15.34	3.34	7.79	159.77	180.54	85	2.12
S105	33	48.39	28.47	3.75	7.79	270.19	305.32	136	2.24
S106	66	44.72	23.52	3.98	7.79	227.97	257.61	128	2.01
S107	34	42.07	21.48	3.82	7.79	209.38	236.60	109.4	2.16
S108	57	50.05	22.63	3.03	7.79	226.32	255.74	113	2.26
S109	47	37.75	14.69	4.16	7.79	152.21	172.00	89.3	1.93
S110	33	45.24	19.53	5.95	7.79	197.36	223.02	124.1	1.80
S111	35	43.71	21.64	4.97	7.79	212.29	239.89	124.4	1.93
S112	70	45.81	25.31	6.44	7.79	242.97	274.55	173.7	1.58

Annexe 6

Les résultats numériques de choix de la loi optimal pour les stations des trois bassins de littoral Algérien

- Côtiers Algérois

S1 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	350.079	319.700	324.029	312.129	314.012	315.881	313.946
AICc	350.443	320.064	324.392	312.492	314.762	316.631	314.696
BAIC	353.246	322.867	327.196	315.296	318.762	320.632	318.696
ADC	4.411	0.537	0.845	0.036	0.043	0.364	0.052

S2 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	315.372	282.408	284.847	271.366	272.224	272.727	271.686
AICc	315.772	282.808	285.247	271.766	273.051	273.555	272.513
BAIC	318.365	285.401	287.840	274.359	276.713	277.217	276.175
ADC	4.940	0.789	0.834	0.063	0.104	0.299	0.264

S3 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	331.657	320.897	322.240	323.003	323.357	319.050	322.737
AICc	332.044	321.284	322.627	323.390	324.157	319.850	323.537
BAIC	334.710	323.949	325.293	326.056	327.937	323.629	327.316
ADC	0.497	0.084	0.108	0.308	0.170	0.134	0.157

S4 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	583.185	563.004	563.795	562.818	563.429	557.838	562.607
AICc	583.385	563.204	563.995	563.018	563.835	558.245	563.014
BAIC	587.472	567.290	568.081	567.104	569.858	564.267	569.036
ADC	1.868	0.196	0.249	0.314	0.267	0.135	0.243

S5 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	359.652	336.673	336.786	333.940	335.236	334.194	335.241
AICc	359.995	337.016	337.128	334.282	335.942	334.900	335.947
BAIC	362.927	339.948	340.061	337.215	340.148	339.107	340.154
ADC	2.346	0.192	0.152	0.220	0.172	0.231	0.190

S6 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	330.958	327.445	327.773	332.719	329.709	328.412	329.033
AICc	331.321	327.808	328.137	333.083	330.459	329.162	329.783
BAIC	334.125	330.612	330.940	335.886	334.460	333.163	333.784
ADC	0.384	0.119	0.123	0.395	0.192	0.129	0.176

S7 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	392.519	380.528	381.278	384.031	382.021	382.767	382.137
AICc	392.843	380.853	381.602	384.355	382.687	383.434	382.803
BAIC	395.897	383.906	384.655	387.409	387.087	387.834	387.203
ADC	1.674	0.281	0.402	0.236	0.251	0.361	0.276

S8 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	325.427	315.647	315.657	318.499	317.267	317.342	317.268
AICc	325.780	316.000	316.010	318.852	317.994	318.069	317.996
BAIC	328.649	318.869	318.879	321.720	322.100	322.174	322.101
ADC	0.860	0.075	0.071	0.223	0.068	0.099	0.077

S9 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	1003.489	959.622	963.095	968.216	958.784	964.865	959.996
AICc	1003.613	959.745	963.219	968.339	959.034	965.115	960.246
BAIC	1008.700	964.832	968.306	973.426	966.599	972.680	967.811
ADC	6.702	0.659	1.098	0.737	0.364	1.186	0.511

S10 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	720.846	712.705	713.495	723.936	715.371	712.338	713.880
AICc	721.006	712.865	713.655	724.096	715.695	712.662	714.204
BAIC	725.559	717.419	718.209	728.649	722.441	719.408	720.950
ADC	0.500	0.217	0.198	1.097	0.261	0.205	0.185

NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3	
AIC	627.215	595.410	596.724	593.414	593.952	593.820	593.626
AICc	627.409	595.604	596.917	593.607	594.345	594.214	594.019
BAIC	631.564	599.759	601.072	597.762	600.475	600.343	600.149
ADC	2.681	0.161	0.212	0.138	0.073	0.232	0.074

S12 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	633.310	600.467	601.731	596.904	597.631	596.048	597.696
AICc	633.501	600.657	601.922	597.094	598.018	596.436	598.083
BAIC	637.690	604.846	606.111	601.283	604.200	602.617	604.265
ADC	3.810	0.289	0.337	0.070	0.045	0.197	0.053

S13 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	206.796	196.760	198.190	196.104	197.983	195.644	197.513
AICc	207.463	197.427	198.856	196.770	199.395	197.056	198.925
BAIC	208.885	198.849	200.279	198.193	201.116	198.778	200.647
ADC	0.598	0.089	0.149	0.100	0.144	0.088	0.111

S14 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	324.837	319.715	319.992	324.686	321.987	321.131	321.675
AICc	325.190	320.068	320.345	325.039	322.715	321.858	322.402
BAIC	328.059	322.937	323.214	327.908	326.820	325.963	326.507
ADC	0.217	0.041	0.043	0.280	0.052	0.042	0.048

S15 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	351.811	342.069	341.686	345.556	343.522	344.146	343.625
AICc	352.136	342.394	342.010	345.880	344.189	344.812	344.291
BAIC	355.189	345.447	345.063	348.934	348.589	349.212	348.691

ADC	0.822	0.152	0.132	0.331	0.174	0.198	0.182
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

S16 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	467.041	451.410	451.005	450.821	451.131	451.742	451.158
AICc	467.297	451.665	451.260	451.076	451.653	452.263	451.679
BAIC	470.865	455.234	454.829	454.645	456.867	457.478	456.894
ADC	2.128	0.289	0.249	0.100	0.092	0.199	0.108

S17 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	467.041	451.410	451.005	450.821	451.131	451.742	451.158
AICc	467.297	451.665	451.260	451.076	451.653	452.263	451.679
BAIC	470.865	455.234	454.829	454.645	456.867	457.478	456.894
ADC	2.128	0.289	0.249	0.100	0.092	0.199	0.108

S18 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	516.958	493.142	494.540	488.285	490.187	487.257	489.546
AICc	517.194	493.377	494.775	488.520	490.667	487.737	490.026
BAIC	520.936	497.120	498.518	492.263	496.154	493.224	495.513
ADC	3.063	0.395	0.533	0.042	0.052	0.107	0.050

S19 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	508.097	466.370	471.289	461.604	463.140	463.379	463.034
AICc	508.363	466.636	471.555	461.871	463.685	463.925	463.580
BAIC	511.839	470.112	475.031	465.347	468.753	468.993	468.648
ADC	5.417	0.542	0.769	0.417	0.466	0.697	0.492

S20 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	203.257	195.210	195.820	193.014	195.000	192.825	194.597
AICc	203.923	195.876	196.486	193.681	196.412	194.237	196.008
BAIC	205.346	197.299	197.909	195.103	198.134	195.959	197.730
ADC	0.864	0.253	0.347	0.074	0.101	0.181	0.081

S21 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	277.881	272.898	272.588	274.307	274.576	273.600	274.409
AICc	278.268	273.285	272.975	274.694	275.376	274.400	275.209
BAIC	280.934	275.951	275.641	277.360	279.155	278.179	278.988
ADC	0.281	0.068	0.065	0.135	0.089	0.068	0.087

S22 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	324.000	319.222	319.404	323.581	321.379	320.637	321.221
AICc	324.353	319.574	319.757	323.934	322.107	321.365	321.949
BAIC	327.222	322.443	322.626	326.803	326.212	325.470	326.054
ADC	0.498	0.107	0.106	0.358	0.155	0.138	0.156

S23 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	371.461	351.716	351.540	354.488	351.667	355.269	352.526
AICc	371.786	352.041	351.865	354.812	352.334	355.936	353.193

BAIC	374.839	355.094	354.918	357.866	356.734	360.336	357.593
ADC	2.918	0.524	0.450	0.700	0.436	0.821	0.529

S24 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	268.219	267.596	267.800	272.805	268.974	268.680	267.890
AICc	268.663	268.041	268.244	273.250	269.897	269.603	268.813
BAIC	271.021	270.399	270.602	275.608	273.178	272.884	272.094
ADC	0.221	0.194	0.168	0.550	0.238	0.224	0.200

S25 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	427.787	408.245	409.130	405.602	407.367	403.648	406.582
AICc	428.087	408.545	409.430	405.902	407.983	404.264	407.197
BAIC	431.309	411.767	412.652	409.124	412.651	408.932	411.865
ADC	1.516	0.088	0.119	0.076	0.067	0.044	0.076

S26 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	692.223	672.808	674.414	675.458	674.805	668.149	673.861
AICc	692.408	672.992	674.598	675.643	675.180	668.524	674.236
BAIC	696.662	677.247	678.853	679.897	681.464	674.807	680.519
ADC	1.270	0.114	0.180	0.417	0.233	0.097	0.209

S27 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	410.403	401.661	402.255	403.722	403.872	399.861	403.336
AICc	410.719	401.976	402.571	404.038	404.521	400.509	403.985
BAIC	413.830	405.088	405.682	407.149	409.013	405.001	408.477
ADC	0.588	0.100	0.125	0.297	0.174	0.250	0.170

S28 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	291.329	284.540	283.679	294.300	285.621	286.839	286.421
AICc	291.757	284.969	284.108	294.728	286.510	287.728	287.310
BAIC	294.197	287.408	286.547	297.168	289.923	291.141	290.723
ADC	1.666	0.487	0.494	1.365	0.692	0.860	0.765

S29 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	387.465	370.385	371.133	372.749	371.298	372.746	371.489
AICc	387.765	370.685	371.433	373.049	371.913	373.361	372.104
BAIC	390.988	373.907	374.656	376.272	376.582	378.030	376.773
ADC	1.537	0.134	0.180	0.168	0.084	0.175	0.098

S30 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	388.102	376.463	376.640	370.373	369.349	361.885	365.282
AICc	388.402	376.763	376.940	370.673	369.965	362.500	365.898
BAIC	391.625	379.986	380.162	373.895	374.633	367.168	370.566
ADC	2.555	1.480	1.759	0.904	0.632	0.293	0.340

S31 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	333.205	318.829	320.860	321.185	320.574	317.576	320.448
AICc	333.592	319.216	321.247	321.572	321.374	318.376	321.248
BAIC	336.258	321.882	323.913	324.238	325.153	322.155	325.027
ADC	1.484	0.064	0.190	0.120	0.045	0.123	0.050

S32 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	452.562	432.243	433.701	439.388	433.249	435.994	434.044
AICc	452.841	432.522	433.980	439.667	433.820	436.565	434.616
BAIC	456.219	435.900	437.358	443.045	438.735	441.480	439.530
ADC	3.169	0.379	0.577	0.769	0.359	0.718	0.463

S33 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	362.383	357.851	358.156	362.579	360.091	358.934	359.838
AICc	362.690	358.159	358.464	362.887	360.722	359.566	360.469
BAIC	365.858	361.326	361.631	366.055	365.304	364.147	365.051
ADC	0.328	0.066	0.069	0.349	0.097	0.085	0.093

S34 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	335.748	324.391	325.424	324.893	325.903	322.240	325.392
AICc	336.101	324.744	325.777	325.246	326.630	322.968	326.119
BAIC	338.970	327.613	328.645	328.115	330.735	327.073	330.224
ADC	1.041	0.097	0.158	0.129	0.090	0.084	0.089

S35BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	414.080	396.460	398.071	397.549	397.975	395.747	397.534
AICc	414.405	396.784	398.395	397.873	398.642	396.414	398.201
BAIC	417.458	399.838	401.449	400.926	403.042	400.814	402.601
ADC	1.183	0.149	0.195	0.345	0.291	0.228	0.263

S36 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	349.738	339.805	339.715	347.132	341.511	342.413	341.798
AICc	350.071	340.138	340.048	347.465	342.197	343.099	342.484
BAIC	353.065	343.132	343.042	350.459	346.502	347.404	346.789
ADC	0.827	0.108	0.118	0.479	0.135	0.188	0.152

S37 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	392.403	380.246	380.697	385.279	382.236	382.015	382.152
AICc	392.696	380.538	380.990	385.571	382.836	382.615	382.752
BAIC	395.972	383.814	384.265	388.847	387.588	387.368	387.504
ADC	1.001	0.053	0.058	0.380	0.058	0.089	0.068

S38 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	564.543	544.861	545.765	549.644	546.519	546.452	546.448
AICc	564.778	545.096	546.000	549.879	546.999	546.932	546.928
BAIC	568.521	548.839	549.743	553.622	552.486	552.419	552.415
ADC	1.316	0.063	0.074	0.488	0.077	0.138	0.090

S39 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	331.385	318.181	318.200	316.862	318.310	315.598	317.918
AICc	331.728	318.524	318.543	317.205	319.016	316.304	318.624
BAIC	334.660	321.456	321.475	320.137	323.223	320.511	322.831
ADC	1.014	0.133	0.147	0.081	0.085	0.070	0.076

S40 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	434.565	406.791	409.450	398.363	399.786	399.721	399.274
AICc	434.857	407.084	409.743	398.656	400.386	400.321	399.874
BAIC	438.133	410.360	413.019	401.932	405.139	405.073	404.627
ADC	3.426	0.646	0.918	0.086	0.061	0.293	0.051

S41 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	480.045	457.492	459.539	454.517	456.017	453.217	455.635
AICc	480.301	457.747	459.794	454.772	456.539	453.739	456.157
BAIC	483.869	461.316	463.363	458.341	461.753	458.953	461.371
ADC	3.949	0.796	1.058	0.395	0.541	0.689	0.530

S42 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	290.500	283.290	283.144	286.565	285.075	285.134	285.103
AICc	290.900	283.690	283.544	286.965	285.902	285.961	285.931
BAIC	293.493	286.283	286.137	289.558	289.564	289.623	289.593
ADC	0.629	0.089	0.076	0.305	0.099	0.134	0.112

S43 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	333.177	329.107	329.409	335.871	331.110	330.965	331.036
AICc	333.511	329.441	329.742	336.204	331.796	331.650	331.721
BAIC	336.504	332.435	332.736	339.198	336.101	335.955	336.026
ADC	0.190	0.071	0.083	0.615	0.081	0.090	0.087

S44 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	279.572	274.963	275.035	278.930	277.035	276.615	276.963
AICc	280.001	275.392	275.464	279.359	277.924	277.504	277.851
BAIC	282.440	277.831	277.903	281.798	281.337	280.917	281.265
ADC	0.690	0.195	0.189	0.463	0.281	0.255	0.285

S45 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	254.201	246.377	246.632	244.916	246.903	243.214	245.746
AICc	254.747	246.923	247.177	245.461	248.046	244.357	246.888
BAIC	256.639	248.815	249.069	247.353	250.559	246.870	249.402
ADC	0.685	0.150	0.184	0.124	0.182	0.101	0.194

S46 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	495.027	480.356	481.666	481.168	481.941	477.134	481.071
AICc	495.272	480.601	481.911	481.413	482.441	477.634	481.571
BAIC	498.929	484.258	485.569	485.071	487.794	482.987	486.925

ADC	1.156	0.142	0.228	0.210	0.209	0.095	0.172
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

S47 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	300.806	294.379	294.386	299.731	296.372	296.377	296.378
AICc	301.193	294.766	294.773	300.118	297.172	297.177	297.178
BAIC	303.859	297.431	297.438	302.784	300.951	300.956	300.957
ADC	0.452	0.032	0.030	0.296	0.034	0.047	0.040

S48 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	381.244	375.490	375.572	381.480	377.562	377.239	377.483
AICc	381.560	375.805	375.888	381.796	378.211	377.887	378.132
BAIC	384.671	378.917	378.999	384.907	382.703	382.379	382.624
ADC	0.544	0.063	0.061	0.353	0.087	0.085	0.092

S49 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	472.986	467.377	467.369	478.039	469.068	469.132	469.149
AICc	473.231	467.622	467.614	478.284	469.568	469.632	469.649
BAIC	476.889	471.279	471.271	481.942	474.922	474.986	475.003
ADC	0.599	0.086	0.077	0.951	0.104	0.131	0.127

S50 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	713.204	708.189	709.030	718.183	710.345	708.678	709.626
AICc	713.366	708.352	709.192	718.345	710.674	709.007	709.955
BAIC	717.891	712.877	713.718	722.871	717.376	715.710	716.658
ADC	0.673	0.330	0.349	0.829	0.516	0.332	0.454

S51 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	344.585	342.224	342.608	347.403	344.249	343.226	343.722
AICc	344.949	342.588	342.972	347.766	344.999	343.976	344.472
BAIC	347.752	345.391	345.775	350.570	349.000	347.977	348.472
ADC	0.150	0.194	0.183	0.617	0.189	0.244	0.161

S52 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	664.977	654.382	655.036	663.887	657.030	654.572	656.089
AICc	665.170	654.575	655.229	664.080	657.423	654.966	656.483
BAIC	669.326	658.731	659.384	668.235	663.553	661.096	662.613
ADC	0.617	0.239	0.196	1.189	0.287	0.292	0.257

S53 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	336.202	332.130	332.376	337.480	334.330	333.549	334.011
AICc	336.555	332.483	332.729	337.833	335.057	334.277	334.739
BAIC	339.424	335.352	335.598	340.702	339.162	338.382	338.844
ADC	0.286	0.047	0.050	0.256	0.071	0.047	0.064

S54 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	343.014	337.826	338.147	340.868	340.144	338.452	339.807

AICc	343.377	338.190	338.511	341.232	340.894	339.202	340.557
BAIC	346.181	340.993	341.314	344.035	344.894	343.202	344.557
ADC	0.295	0.136	0.154	0.307	0.225	0.146	0.208

S55 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	734.560	718.989	718.862	724.708	720.748	719.664	720.384
AICc	734.716	719.145	719.018	724.864	721.064	719.980	720.700
BAIC	739.324	723.753	723.626	729.472	727.894	726.810	727.531
ADC	0.867	0.138	0.161	0.679	0.248	0.160	0.240

S56 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	366.518	355.475	355.956	355.125	356.533	355.060	355.963
AICc	366.861	355.818	356.298	355.468	357.239	355.766	356.669
BAIC	369.793	358.750	359.231	358.401	361.446	359.973	360.876
ADC	0.850	0.320	0.397	0.256	0.432	0.192	0.340

S57 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	415.529	405.461	404.805	408.073	406.613	406.952	406.675
AICc	415.808	405.740	405.084	408.352	407.184	407.523	407.246
BAIC	419.186	409.118	408.462	411.731	412.099	412.438	412.161
ADC	1.273	0.192	0.136	0.280	0.162	0.218	0.175

S58 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	358.833	349.222	349.403	352.256	351.168	350.226	350.975
AICc	359.167	349.555	349.737	352.589	351.853	350.912	351.660
BAIC	362.160	352.549	352.730	355.583	356.158	355.217	355.965
ADC	0.584	0.066	0.068	0.342	0.103	0.122	0.109

S56 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	390.919	381.377	381.212	389.530	383.198	383.713	383.348
AICc	391.243	381.701	381.537	389.854	383.865	384.380	384.014
BAIC	394.297	384.755	384.590	392.908	388.265	388.780	388.414
ADC	0.556	0.115	0.094	0.857	0.136	0.162	0.159

S60 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	218.497	216.885	216.870	223.201	218.414	218.358	218.417
AICc	219.068	217.456	217.441	223.773	219.614	219.558	219.617
BAIC	220.853	219.241	219.226	225.557	221.949	221.893	221.951
ADC	0.174	0.244	0.222	0.983	0.218	0.204	0.241

S61 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	355.740	340.874	341.608	341.459	341.460	342.515	341.589
AICc	356.083	341.217	341.951	341.801	342.166	343.221	342.295
BAIC	359.015	344.150	344.883	344.734	346.373	347.428	346.502
ADC	1.732	0.172	0.226	0.091	0.063	0.177	0.081

S62 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	488.892	480.445	480.224	492.228	482.138	482.519	482.306
AICc	489.127	480.680	480.459	492.464	482.618	482.999	482.786
BAIC	492.870	484.423	484.202	496.206	488.105	488.486	488.273
ADC	0.504	0.052	0.044	1.071	0.047	0.071	0.060

S63 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	275.179	271.334	271.251	278.384	273.066	273.068	273.061
AICc	275.608	271.762	271.679	278.813	273.955	273.957	273.950
BAIC	278.047	274.202	274.119	281.252	277.368	277.370	277.363
ADC	0.249	0.191	0.165	0.973	0.185	0.191	0.208

S64 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	371.089	363.101	363.070	371.298	365.015	365.602	365.101
AICc	371.405	363.417	363.385	371.614	365.663	366.251	365.750
BAIC	374.516	366.528	366.497	374.725	370.155	370.743	370.242
ADC	0.529	0.131	0.138	0.940	0.179	0.206	0.192

S65 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	334.206	329.277	328.902	339.008	330.805	331.126	331.021
AICc	334.559	329.630	329.255	339.361	331.532	331.853	331.748
BAIC	337.427	332.499	332.124	342.230	335.637	335.958	335.854
ADC	0.333	0.044	0.039	0.681	0.048	0.066	0.059

S66 BV02	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	426.988	410.756	411.467	413.646	412.346	412.293	412.195
AICc	427.281	411.049	411.760	413.938	412.946	412.893	412.795
BAIC	430.557	414.325	415.035	417.214	417.699	417.646	417.548
ADC	1.189	0.122	0.144	0.342	0.180	0.159	0.177

• **Côtiers Constantinois**

S67 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	366.483	360.647	360.893	364.341	362.872	361.640	362.617
AICc	366.816	360.980	361.227	364.675	363.557	362.325	363.303
BAIC	369.810	363.974	364.220	367.668	367.862	366.630	367.608
ADC	0.645	0.117	0.126	0.274	0.167	0.121	0.159

S68 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	363.334	363.814	363.788	374.922	363.844	364.300	363.329
AICc	363.667	364.147	364.121	375.255	364.530	364.986	364.014
BAIC	366.661	367.141	367.115	378.249	368.835	369.291	368.319
ADC	0.455	0.214	0.188	0.999	0.437	0.341	0.506

S69 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	362.861	354.060	354.686	354.160	355.628	350.253	354.777

AICc	363.195	354.393	355.020	354.493	356.314	350.938	355.463
BAIC	366.189	357.387	358.014	357.487	360.619	355.243	359.768
ADC	0.669	0.104	0.153	0.107	0.127	0.047	0.102

S70 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	250.177	244.590	245.495	245.415	246.634	242.878	246.275
AICc	250.777	245.190	246.095	246.015	247.897	244.141	247.539
BAIC	252.448	246.861	247.766	247.686	250.041	246.285	249.682
ADC	0.717	0.165	0.277	0.078	0.162	0.207	0.145

S71 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	643.102	624.729	624.372	635.644	626.240	627.574	626.584
AICc	643.271	624.898	624.541	635.813	626.583	627.917	626.927
BAIC	647.710	629.337	628.980	640.252	633.152	634.487	633.496
ADC	1.948	0.177	0.140	1.243	0.198	0.347	0.246

S72 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	348.070	347.411	347.531	354.931	348.497	348.303	347.263
AICc	348.413	347.754	347.874	355.273	349.203	349.009	347.969
BAIC	351.346	350.686	350.806	358.206	353.409	353.216	352.175
ADC	0.263	0.158	0.144	0.500	0.248	0.170	0.188

S73 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	340.949	332.509	331.878	331.301	333.016	328.165	332.178
AICc	341.313	332.873	332.242	331.665	333.766	328.915	332.928
BAIC	344.117	335.676	335.045	334.468	337.766	332.916	336.929
ADC	0.743	0.280	0.304	0.390	0.507	0.349	0.456

S74 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	679.766	658.212	657.512	658.689	658.021	657.729	657.672
AICc	679.937	658.383	657.684	658.861	658.369	658.077	658.020
BAIC	684.346	662.793	662.093	663.270	664.892	664.601	664.544
ADC	1.529	0.166	0.156	0.227	0.150	0.098	0.130

S75 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	625.456	614.438	613.821	629.089	615.814	617.139	LP4
AICc	625.650	614.631	614.015	629.282	616.208	617.533	LP5
BAIC	629.805	618.786	618.170	633.438	622.337	623.662	LP6
ADC	1.493	0.139	0.109	1.028	0.160	0.330	LP7

S76 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	326.724	322.269	322.342	328.198	324.315	323.905	324.093
AICc	327.124	322.669	322.742	328.598	325.143	324.733	324.921
BAIC	329.717	325.262	325.335	331.191	328.805	328.395	328.583
ADC	0.161	0.043	0.040	0.368	0.046	0.044	0.044

S77 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	227.914	224.334	224.533	227.097	226.524	225.938	LP4
AICc	228.514	224.934	225.133	227.697	227.787	227.201	LP5
BAIC	230.185	226.605	226.804	229.368	229.931	229.344	LP6
ADC	0.196	0.046	0.052	0.127	0.067	0.048	LP7

S78 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3	
AIC	473.138	458.489	458.904	459.732	459.682	456.787	459.409
AICc	473.424	458.775	459.190	460.017	460.267	457.372	459.995
BAIC	476.751	462.103	462.518	463.345	465.102	462.207	464.829
ADC	1.313	0.176	0.188	0.422	0.243	0.355	0.255

S79 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	466.543	446.478	445.079	442.097	443.597	443.254	LP4
AICc	466.804	446.739	445.340	442.358	444.130	443.788	LP5
BAIC	470.327	450.262	448.862	445.881	449.272	448.930	LP6
ADC	2.490	0.369	0.244	0.079	0.079	0.277	LP7

S80 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	561.745	542.419	539.713	536.028	537.947	535.015	537.343
AICc	561.968	542.642	539.935	536.250	538.399	535.468	537.796
BAIC	565.831	546.505	543.799	540.114	544.076	541.144	543.472
ADC	2.411	0.389	0.199	0.040	0.045	0.102	0.052

S81 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	255.076	250.949	250.744	249.867	251.865	246.662	250.246
AICc	255.520	251.394	251.189	250.311	252.788	247.585	251.169
BAIC	257.878	253.752	253.546	252.669	256.069	250.865	254.450
ADC	0.828	0.570	0.615	0.428	0.679	0.342	0.364

S82 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	206.591	194.127	194.126	189.634	191.597	191.203	191.764
AICc	207.223	194.758	194.757	190.266	192.930	192.536	193.097
BAIC	208.773	196.309	196.308	191.816	194.870	194.476	195.037
ADC	1.635	0.372	0.368	0.043	0.050	0.269	0.067

S83 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	436.192	406.826	408.895	400.126	402.067	402.622	LP4
AICc	436.478	407.112	409.181	400.412	402.652	403.207	LP5
BAIC	439.805	410.439	412.508	403.739	407.487	408.042	LP6
ADC	4.636	0.748	0.875	0.140	0.203	0.524	LP7

S84 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	379.050	373.292	373.812	378.916	375.812	373.601	375.033
AICc	379.366	373.608	374.128	379.232	376.461	374.249	375.682

BAIC	382.478	376.719	377.239	382.343	380.953	378.742	380.174
ADC	0.220	0.060	0.053	0.444	0.070	0.245	0.051

S85 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	379.050	373.292	373.812	378.916	375.812	373.601	375.033
AICc	379.366	373.608	374.128	379.232	376.461	374.249	375.682
BAIC	382.478	376.719	377.239	382.343	380.953	378.742	380.174
ADC	0.220	0.060	0.053	0.444	0.070	0.245	0.051

S86 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	386.767	371.583	371.274	368.538	370.349	366.914	369.828
AICc	387.067	371.883	371.574	368.838	370.965	367.529	370.444
BAIC	390.289	375.105	374.796	372.061	375.633	372.197	375.112
ADC	1.408	0.215	0.222	0.079	0.109	0.085	0.083

S87 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	294.720	293.408	293.231	300.876	294.721	294.470	294.140
AICc	295.120	293.808	293.631	301.276	295.549	295.298	294.968
BAIC	297.713	296.401	296.224	303.869	299.211	298.960	298.630
ADC	0.182	0.084	0.066	0.545	0.097	0.078	0.089

S88 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	417.292	407.048	407.752	412.650	409.352	408.489	409.045
AICc	417.585	407.340	408.045	412.943	409.952	409.089	409.645
BAIC	420.860	410.616	411.321	416.218	414.705	413.841	414.398
ADC	0.983	0.071	0.114	0.337	0.093	0.091	0.098

S89 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	328.321	326.000	326.177	332.594	327.832	327.387	LP4
AICc	328.674	326.353	326.530	332.947	328.559	328.114	LP5
BAIC	331.542	329.222	329.399	335.816	332.664	332.219	LP6
ADC	0.693	0.276	0.278	0.524	0.527	0.359	LP7

S90 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	798.457	748.331	751.856	736.687	738.612	741.006	LP4
AICc	798.607	748.481	752.006	736.837	738.915	741.310	LP5
BAIC	803.295	753.168	756.694	741.525	745.868	748.263	LP6
ADC	8.207	1.051	1.320	0.035	0.047	0.765	LP7

S91 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	798.457	748.331	751.856	736.687	738.612	741.006	739.100
AICc	798.607	748.481	752.006	736.837	738.915	741.310	739.404
BAIC	803.295	753.168	756.694	741.525	745.868	748.263	746.356
ADC	8.207	1.051	1.320	0.035	0.047	0.765	0.083

S92 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
----------	------	----	--------	-----	-----	----	-----

AIC	383.645	372.587	372.721	374.162	374.216	372.534	373.860
AICc	383.953	372.895	373.028	374.469	374.847	373.166	374.492
BAIC	387.121	376.062	376.196	377.637	379.429	377.747	379.073
ADC	0.545	0.062	0.071	0.268	0.113	0.330	0.119

S93 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	325.131	318.309	319.075	323.465	320.887	317.858	319.956
AICc	325.531	318.709	319.475	323.865	321.715	318.685	320.784
BAIC	328.124	321.302	322.068	326.458	325.377	322.347	324.446
ADC	0.625	0.109	0.109	0.499	0.134	0.171	0.131

S94 BV03	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	499.291	499.739	495.387	524.086	496.404	496.622	497.667
AICc	499.531	499.979	495.627	524.326	496.893	497.112	498.157
BAIC	503.232	503.680	499.328	528.027	502.315	502.533	503.578
ADC	0.456	0.436	0.179	3.711	0.172	0.199	0.290

- **Côtiers Oranais**

S95 BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	365.322	360.251	359.692	369.685	361.681	361.402	361.444
AICc	365.655	360.585	360.026	370.018	362.366	362.087	362.130
BAIC	368.649	363.579	363.019	373.012	366.671	366.392	366.435
ADC	0.630	0.110	0.072	0.936	0.104	0.124	0.141

S96 BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	439.349	430.227	429.946	443.173	431.693	431.768	431.615
AICc	439.628	430.506	430.225	443.452	432.264	432.340	432.186
BAIC	443.006	433.884	433.604	446.830	437.179	437.254	437.101
ADC	0.816	0.080	0.139	0.824	0.141	0.135	0.136

S97 BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	538.115	513.121	515.951	525.820	514.732	516.103	514.985
AICc	538.346	513.351	516.182	526.051	515.203	516.573	515.456
BAIC	542.130	517.135	519.966	529.835	520.754	522.125	521.007
ADC	2.659	0.103	0.268	0.998	0.113	0.223	0.153

S98 BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	320.953	309.203	310.096	315.968	311.138	311.518	311.170
AICc	321.340	309.591	310.483	316.355	311.938	312.318	311.970
BAIC	324.006	312.256	313.149	319.021	315.717	316.097	315.749
ADC	0.914	0.063	0.104	0.449	0.079	0.104	0.091

S99 BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	323.659	322.136	321.963	330.784	323.440	323.138	322.703
AICc	324.012	322.489	322.316	331.137	324.168	323.865	323.431

BAIC	326.881	325.357	325.185	334.006	328.273	327.971	327.536
ADC	0.307	0.130	0.121	0.524	0.207	0.150	0.189

S100 BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	407.384	403.423	402.028	417.036	403.958	403.711	403.636
AICc	407.677	403.715	402.321	417.329	404.558	404.311	404.236
BAIC	410.953	406.991	405.596	420.605	409.311	409.063	408.988
ADC	0.320	0.075	0.044	1.088	0.057	0.050	0.054

S101 BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	380.426	367.957	368.678	372.191	369.954	369.476	369.795
AICc	380.726	368.257	368.978	372.491	370.569	370.092	370.411
BAIC	383.949	371.479	372.201	375.713	375.237	374.760	375.079
ADC	0.953	0.047	0.068	0.270	0.048	0.066	0.052

S102 BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	391.973	377.461	378.951	378.738	379.073	375.054	378.598
AICc	392.273	377.761	379.251	379.038	379.689	375.669	379.214
BAIC	395.495	380.983	382.473	382.260	384.357	380.337	383.882
ADC	1.015	0.077	0.164	0.091	0.069	0.045	0.057

S103 BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	632.570	609.506	611.302	613.870	610.938	610.351	610.679
AICc	632.752	609.688	611.484	614.052	611.307	610.720	611.048
BAIC	637.039	613.974	615.770	618.339	617.640	617.053	617.381
ADC	3.139	0.202	0.336	0.390	0.147	0.227	0.167

S104 BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	343.256	336.980	337.166	342.971	339.165	338.573	338.955
AICc	343.572	337.296	337.482	343.287	339.814	339.222	339.604
BAIC	346.683	340.407	340.593	346.398	344.306	343.714	344.096
ADC	0.474	0.049	0.052	0.333	0.067	0.061	0.069

S105 BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	317.666	304.589	306.261	309.656	306.792	305.160	306.583
AICc	318.066	304.989	306.661	310.056	307.620	305.988	307.411
BAIC	320.659	307.582	309.254	312.649	311.282	309.650	311.073
ADC	1.310	0.126	0.216	0.540	0.161	0.217	0.186

S106 BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	317.666	304.589	306.261	309.656	306.792	305.160	306.583
AICc	318.066	304.989	306.661	310.056	307.620	305.988	307.411
BAIC	320.659	307.582	309.254	312.649	311.282	309.650	311.073
ADC	1.310	0.126	0.216	0.540	0.161	0.217	0.186

S107 BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	308.028	288.752	290.624	281.318	281.448	280.786	278.762
AICc	308.415	289.139	291.011	281.706	282.248	281.586	279.562
BAIC	311.081	291.804	293.677	284.371	286.027	285.365	283.341
ADC	2.550	0.764	1.045	0.226	0.098	0.282	0.118

S108BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	520.339	504.470	505.943	508.755	506.678	504.805	506.155
AICc	520.561	504.692	506.166	508.977	507.131	505.258	506.608
BAIC	524.425	508.556	510.029	512.841	512.807	510.934	512.284
ADC	1.310	0.057	0.134	0.213	0.060	0.050	0.053

S109 BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	388.985	380.026	379.762	390.306	381.752	382.330	381.978
AICc	389.258	380.299	380.034	390.578	382.310	382.888	382.536
BAIC	392.686	383.726	383.462	394.006	387.302	387.880	387.528
ADC	0.645	0.060	0.060	0.637	0.076	0.107	0.088

S110 BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	292.778	276.299	276.181	275.060	276.116	275.418	276.108
AICc	293.178	276.699	276.581	275.460	276.943	276.245	276.935
BAIC	295.771	279.293	279.174	278.053	280.605	279.907	280.597
ADC	1.641	0.206	0.173	0.328	0.250	0.578	0.275

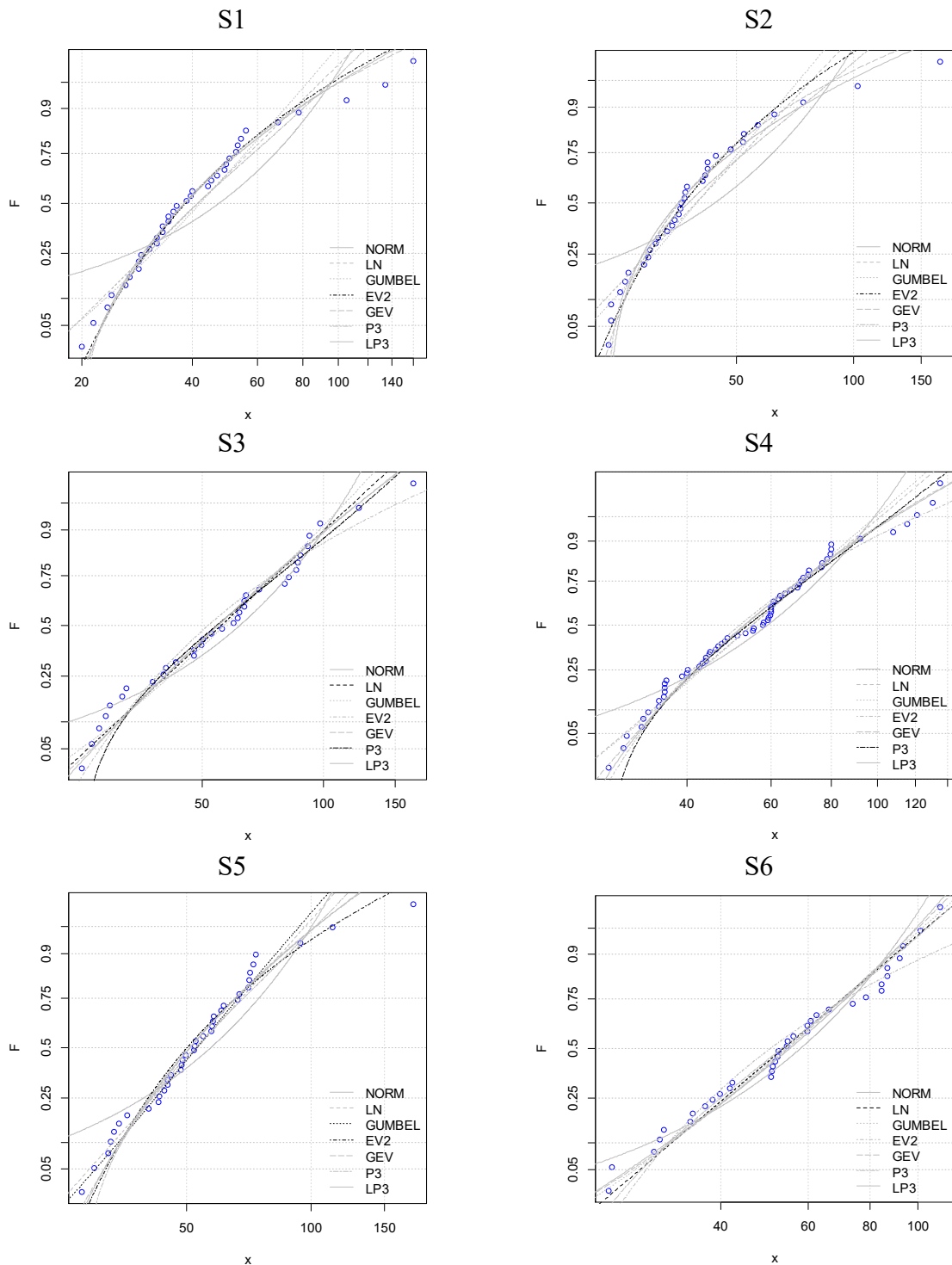
S111 BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	317.528	299.064	300.186	297.781	298.941	298.314	298.855
AICc	317.903	299.439	300.561	298.156	299.716	299.088	299.629
BAIC	320.639	302.174	303.296	300.892	303.607	302.980	303.521
ADC	2.159	0.285	0.327	0.287	0.277	0.445	0.283

S112 BV04	NORM	LN	GUMBEL	EV2	GEV	P3	LP3
AIC	654.004	615.989	621.397	613.722	615.320	610.243	613.833
AICc	654.183	616.168	621.576	613.901	615.684	610.607	614.197
BAIC	658.501	620.486	625.894	618.219	622.066	616.989	620.578
ADC	2.762	0.305	0.628	0.284	0.417	0.144	0.283

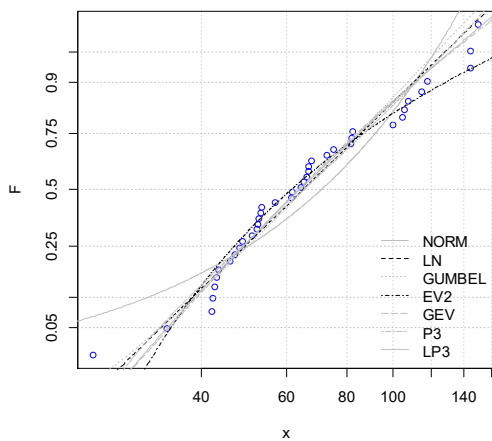
Annexe7

Les résultats graphiques de choix de la loi optimal pour les stations des trois bassins de littoral Algérien

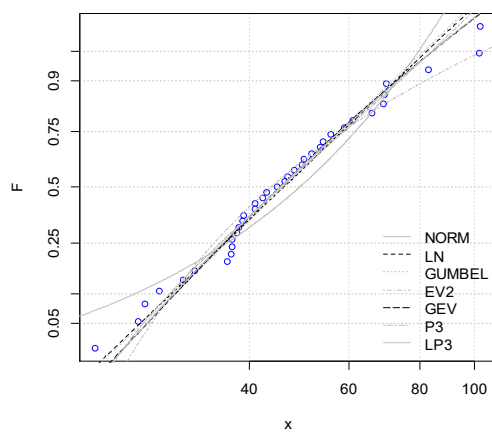
• Côtiers Algérois



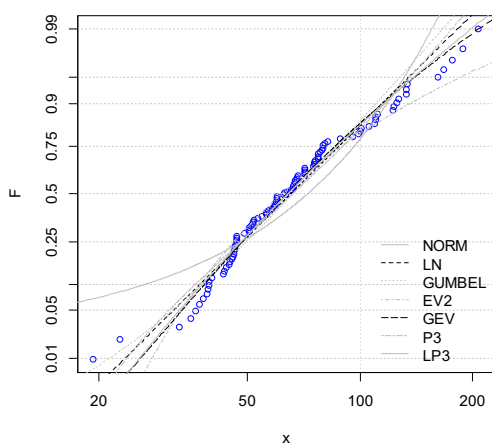
S7



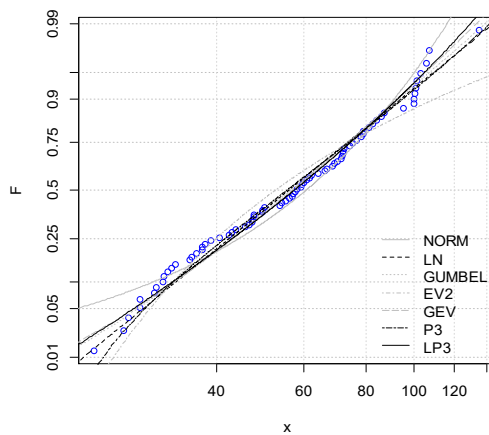
S8



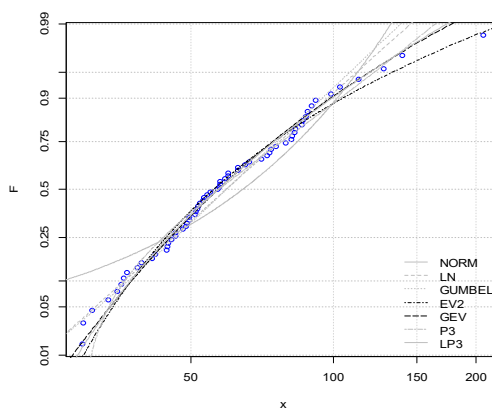
S9



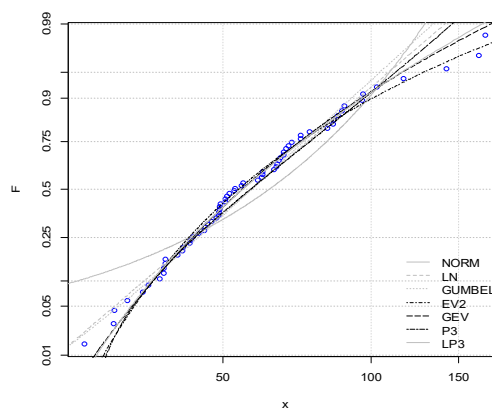
S10



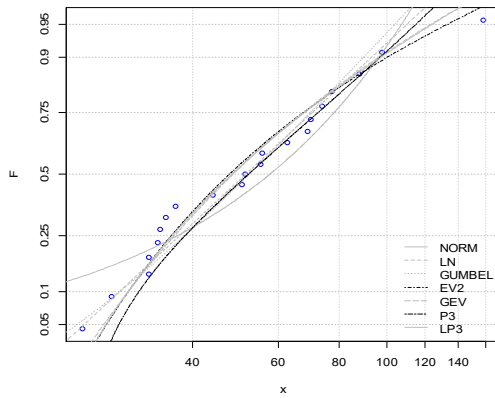
S11



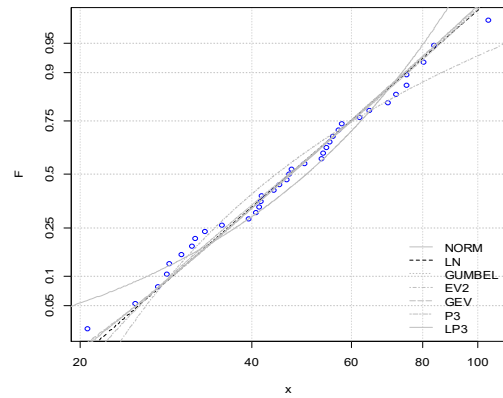
S12



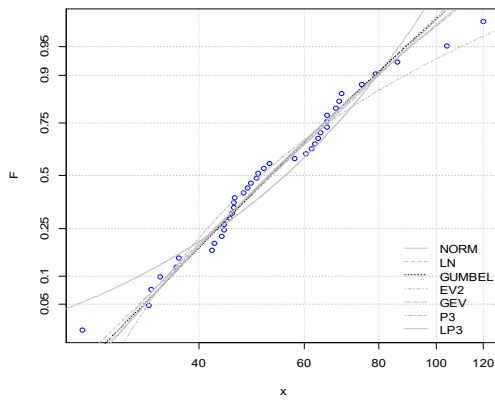
S13



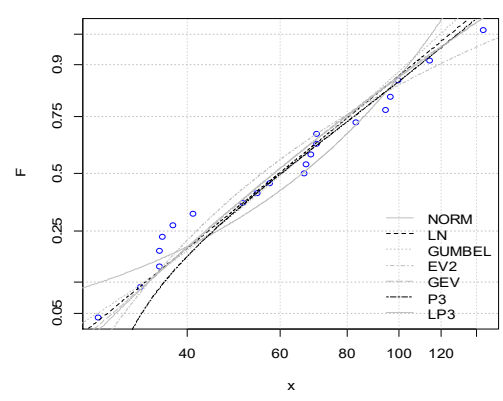
S14



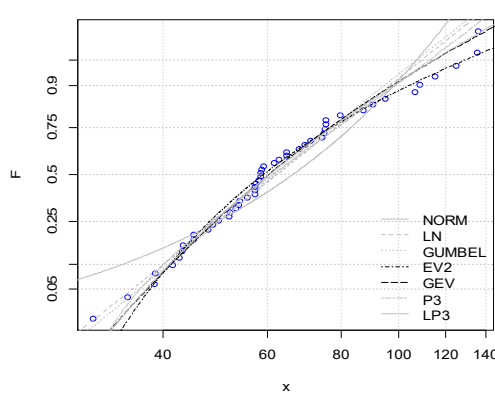
S15



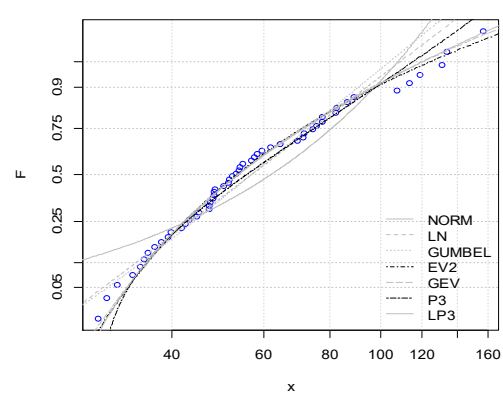
S16



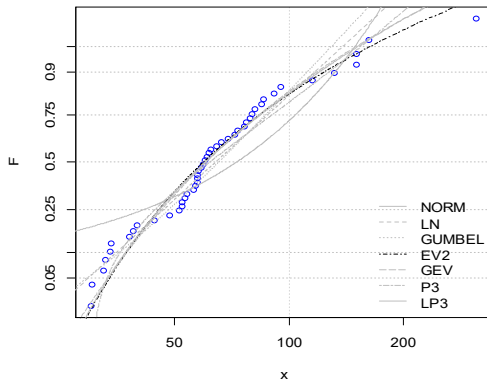
S17



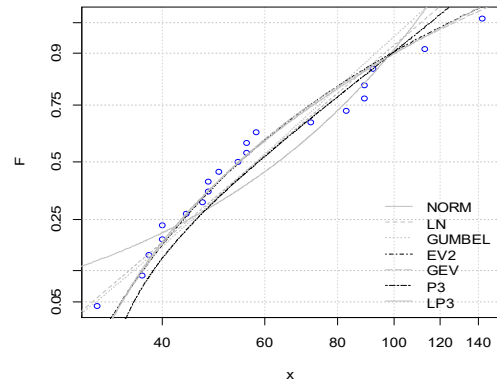
S18



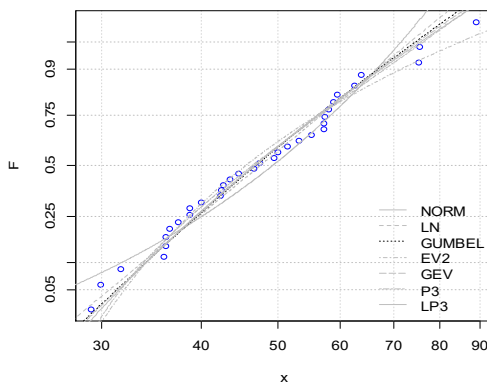
S19



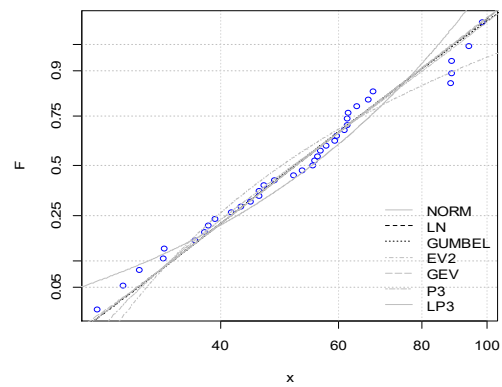
S20



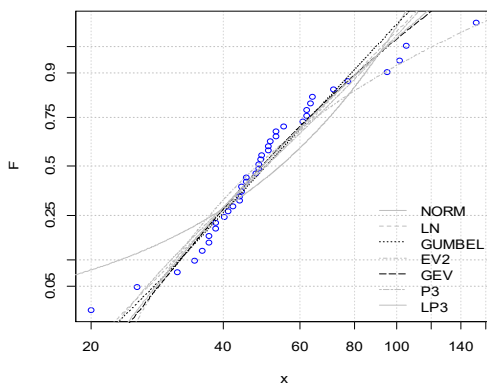
S21



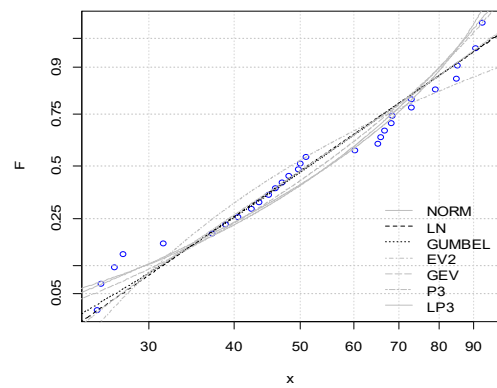
S22



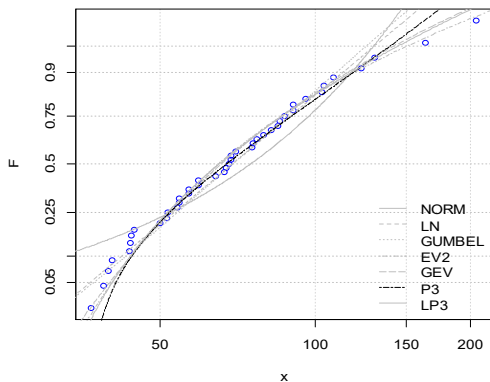
S23



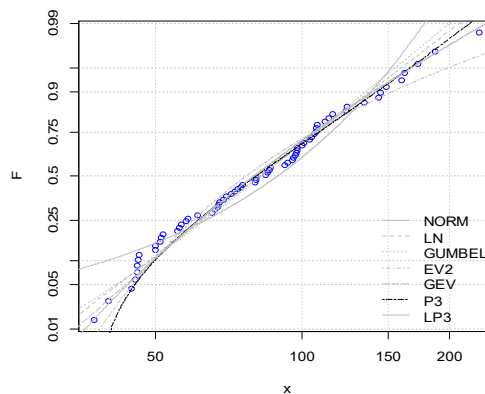
S24



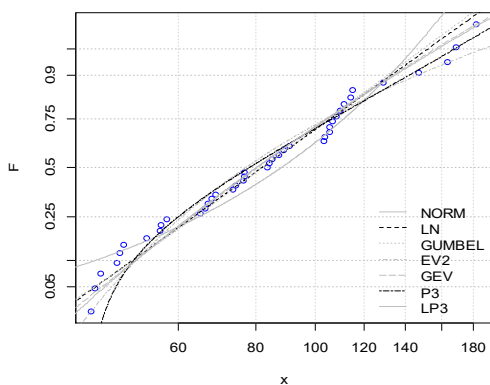
S25



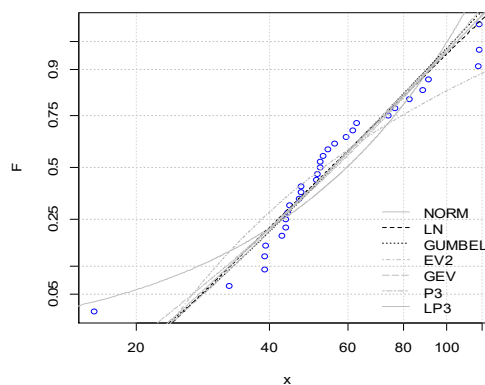
S26



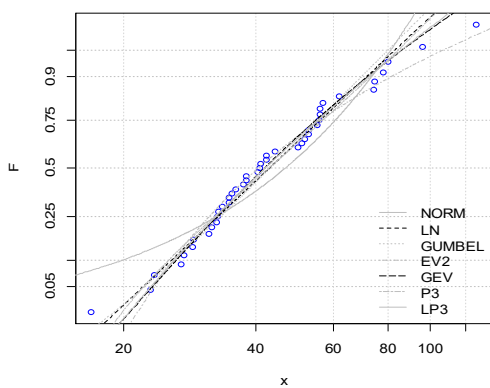
S27



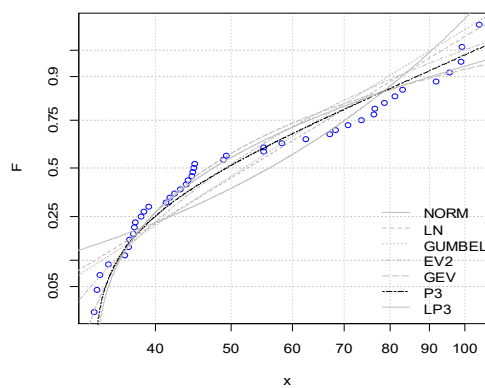
S28



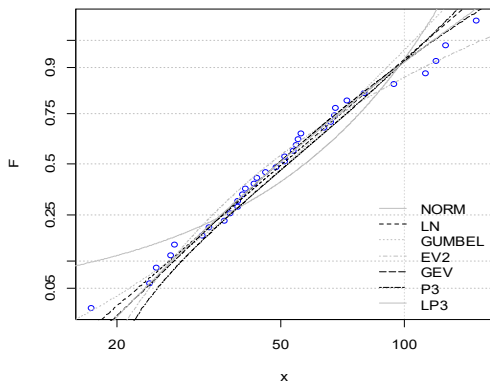
S29



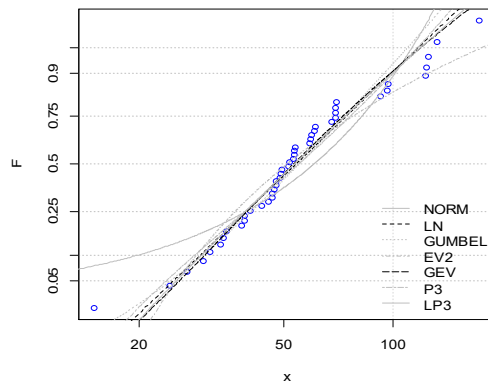
S30



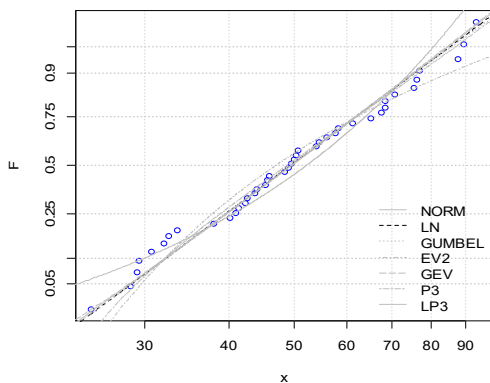
S31



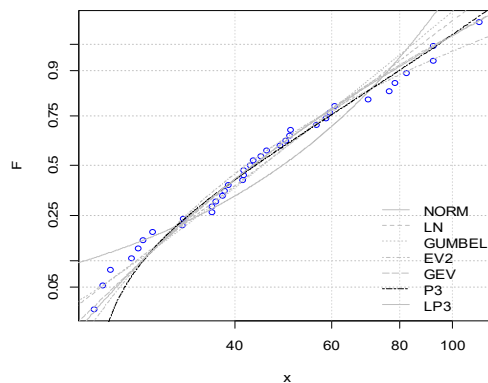
S32



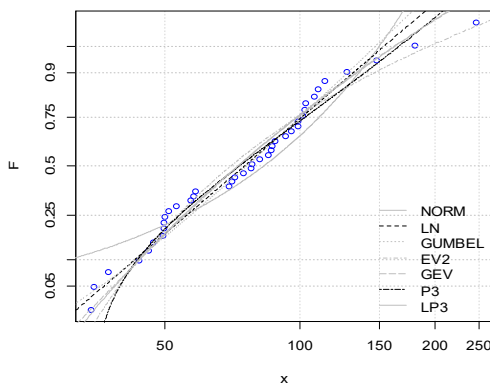
S33



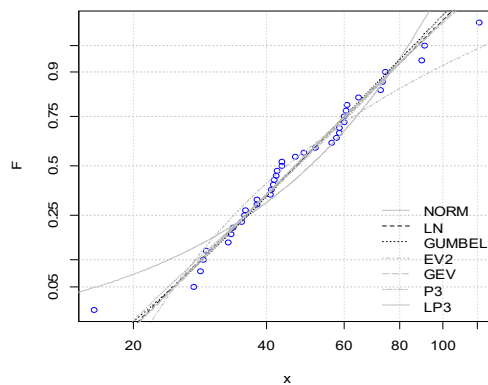
S34



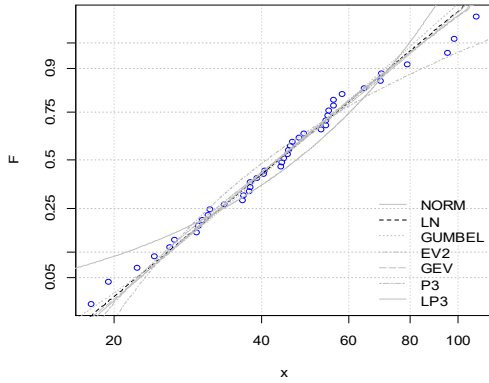
S35



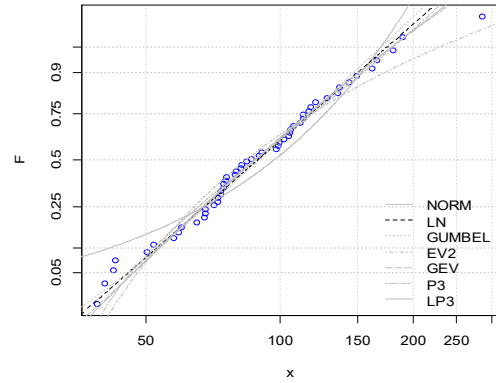
S36



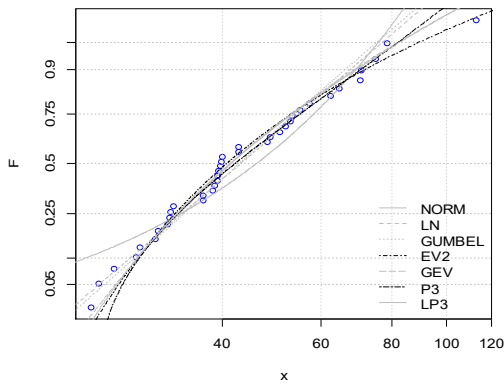
S37



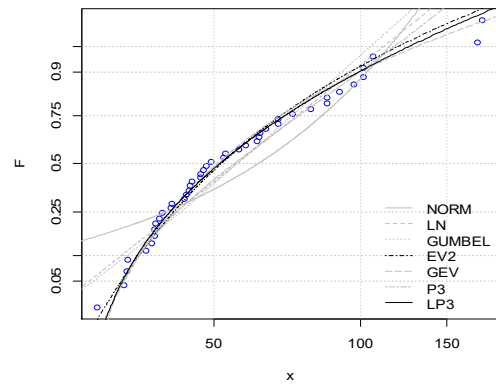
S38



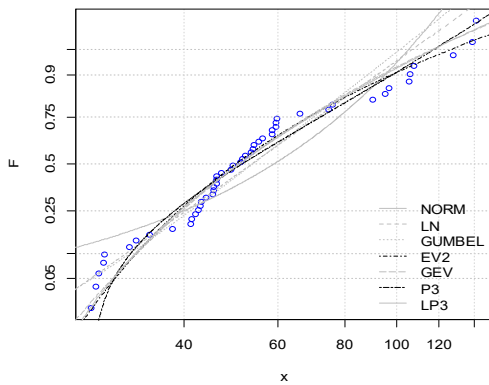
S39



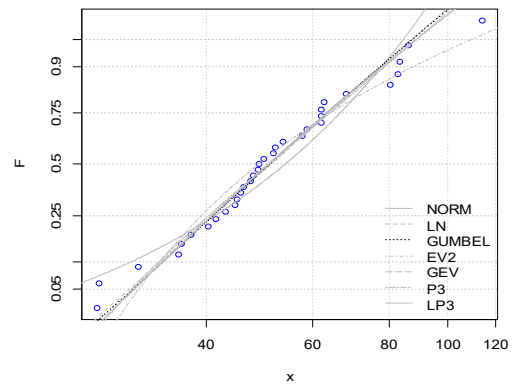
S40



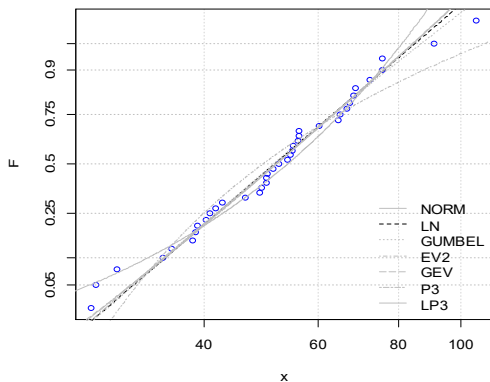
S41



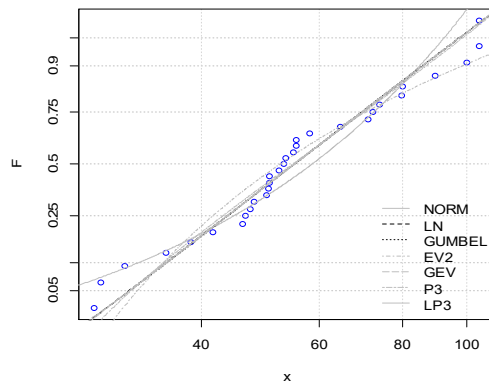
S42



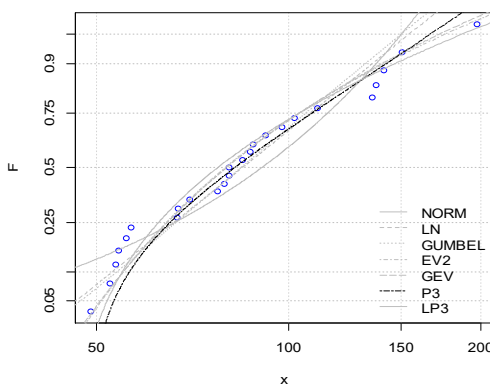
S43



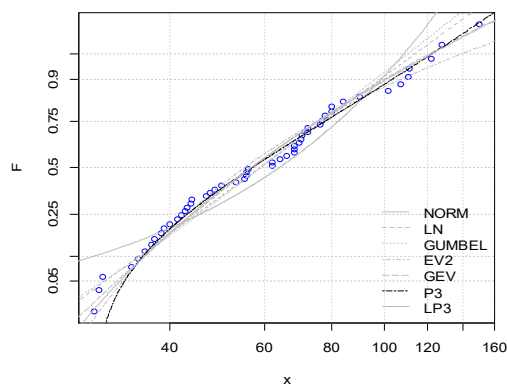
S44



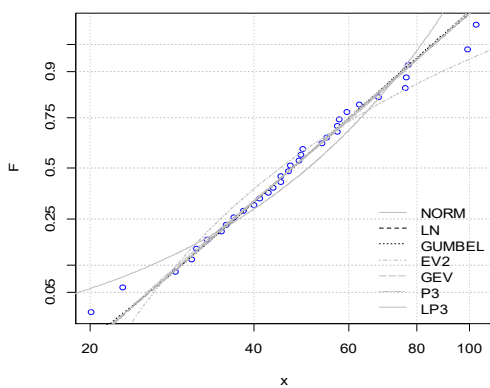
S45



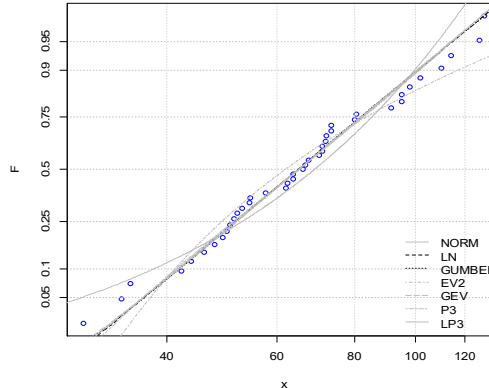
S46



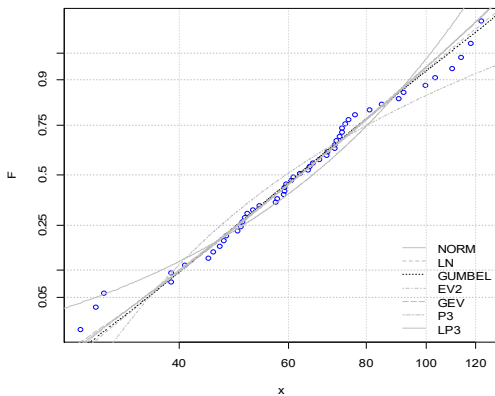
S47



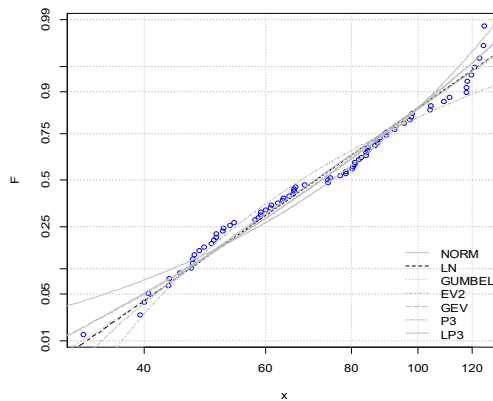
S48



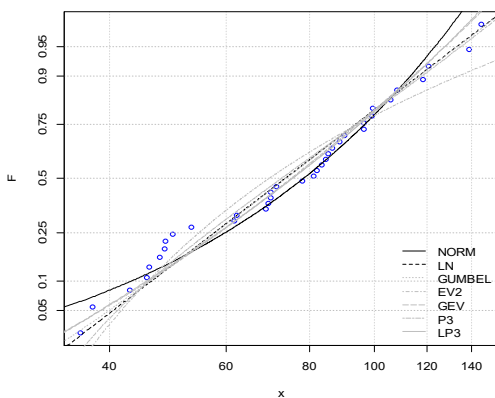
S49



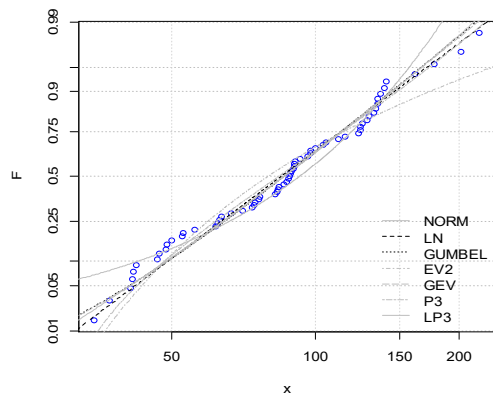
S50



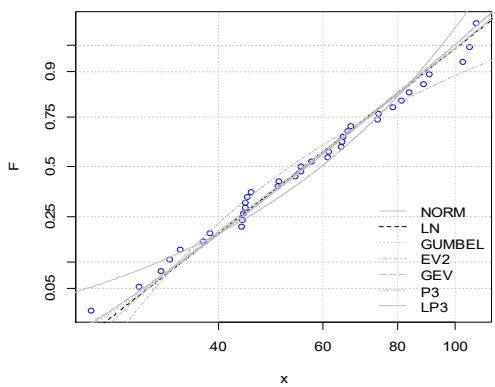
S51



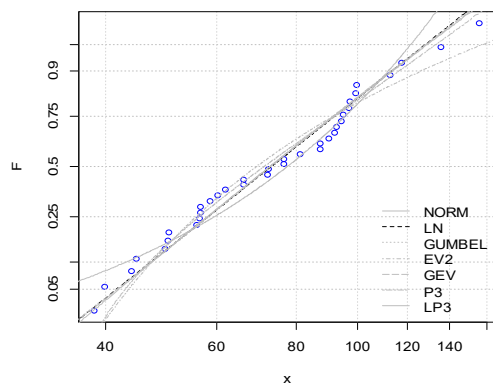
S52



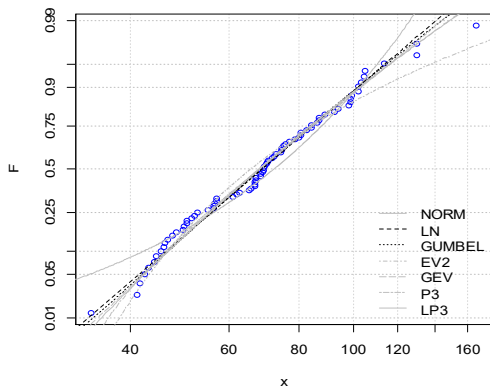
S53



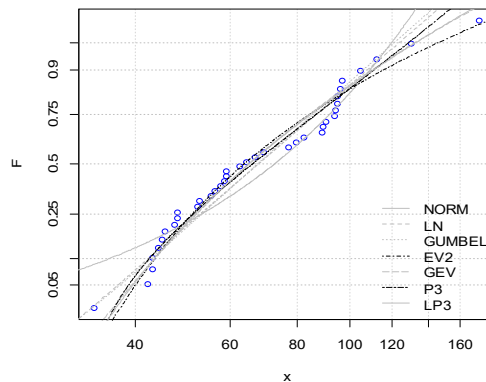
S54



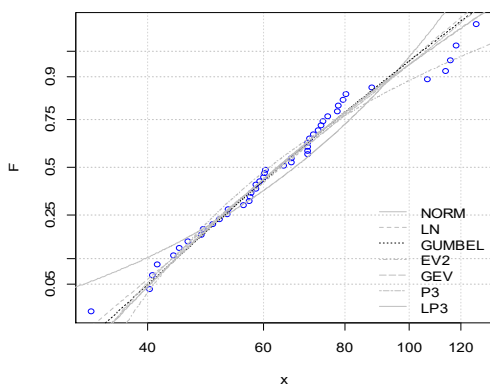
S55



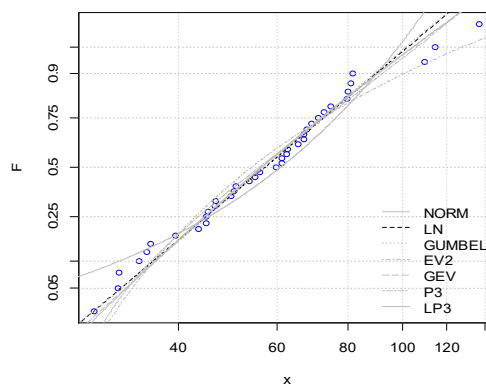
S56



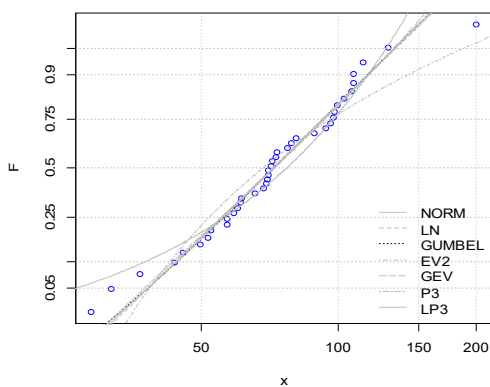
S57



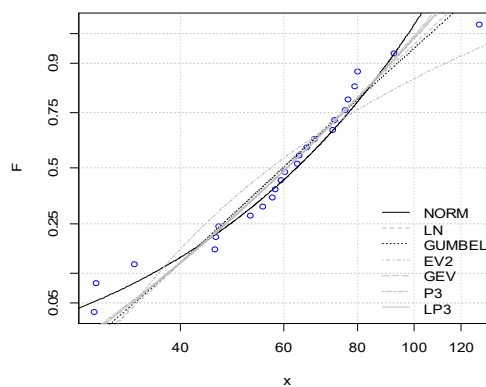
S58



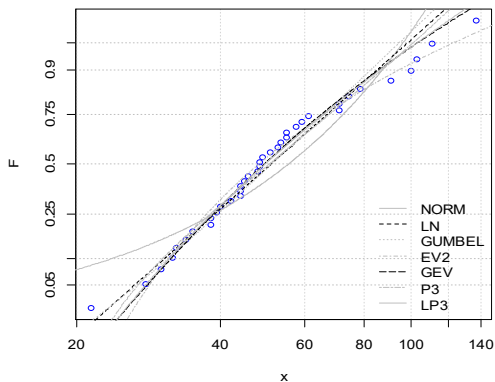
S59



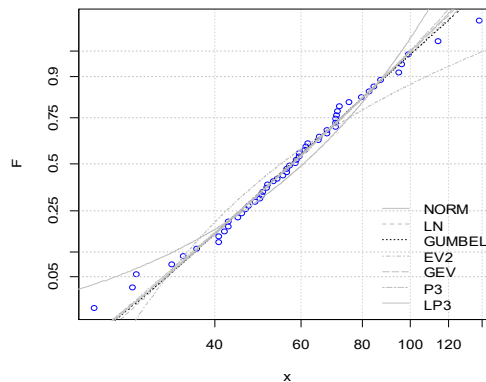
S60



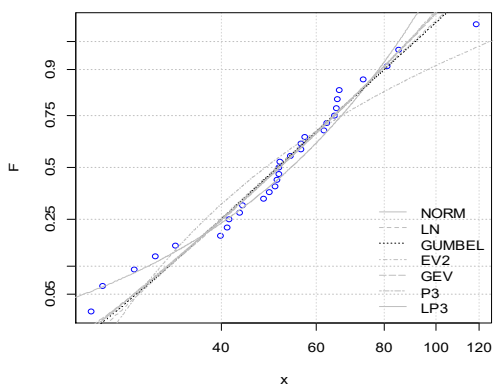
S61



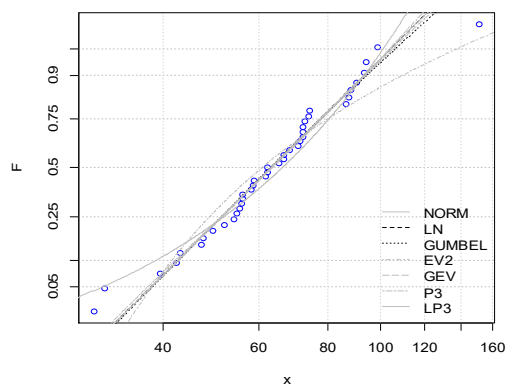
S62



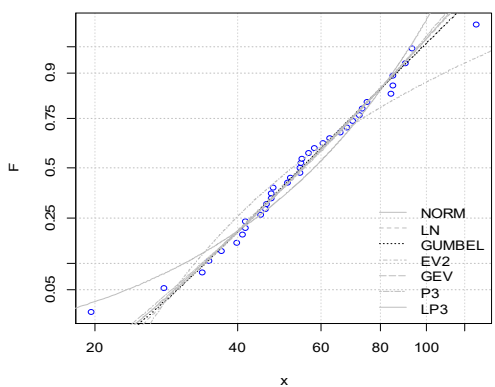
S63



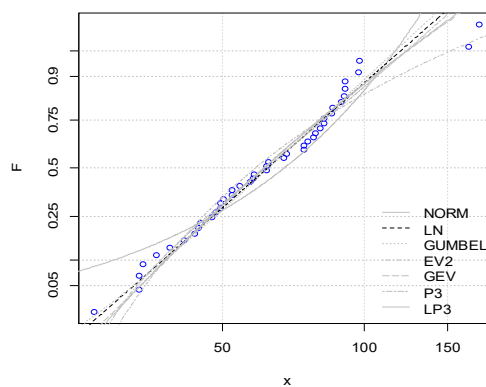
S64



S65

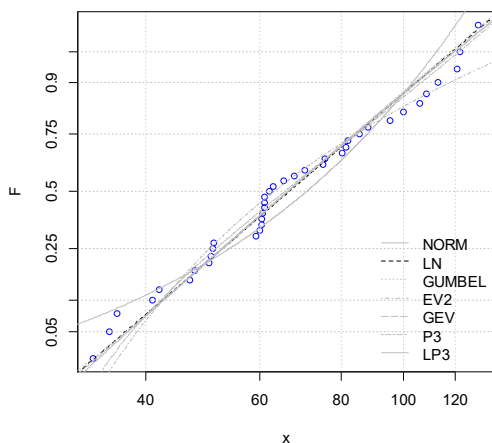


S66

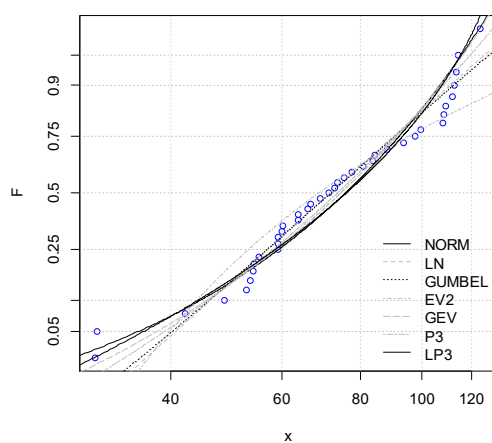


• Côtiers Constantinois

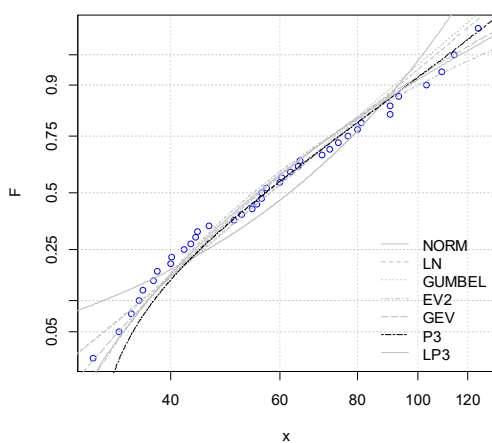
S67



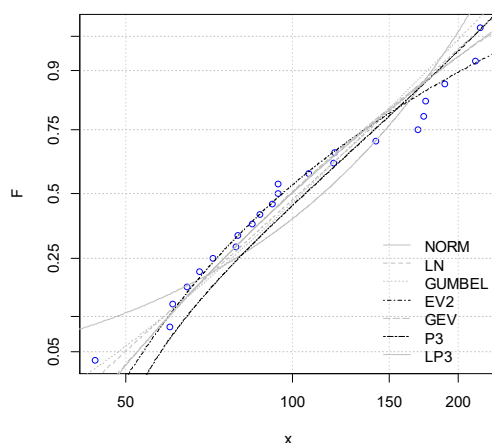
S68



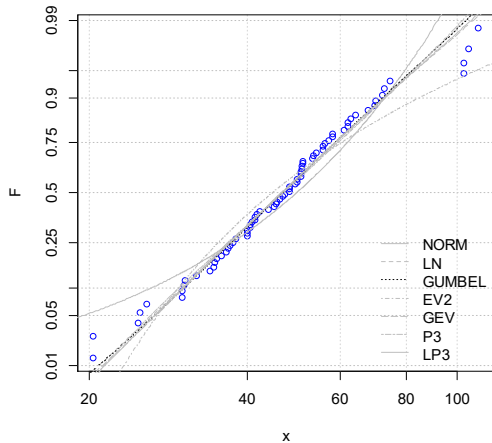
S69



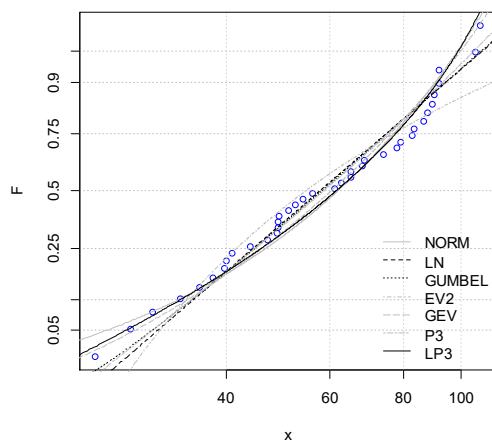
S70

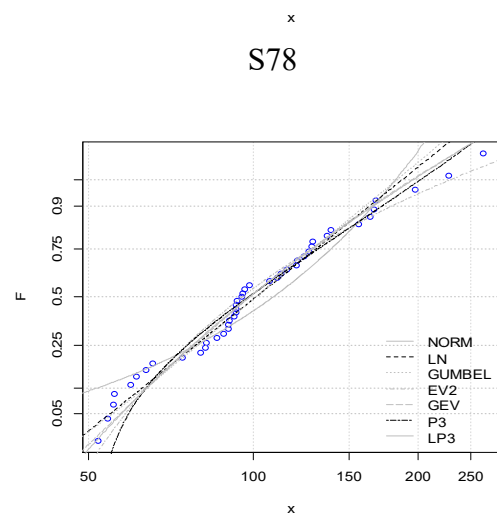
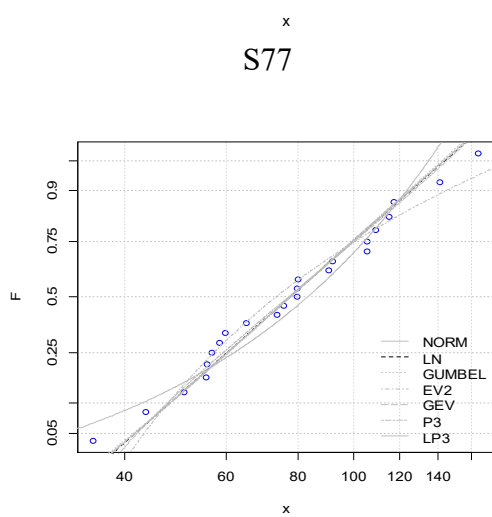
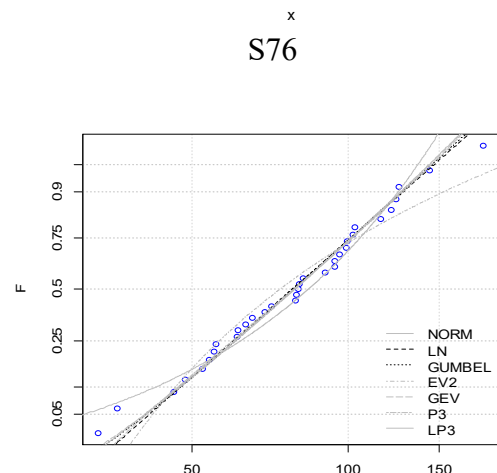
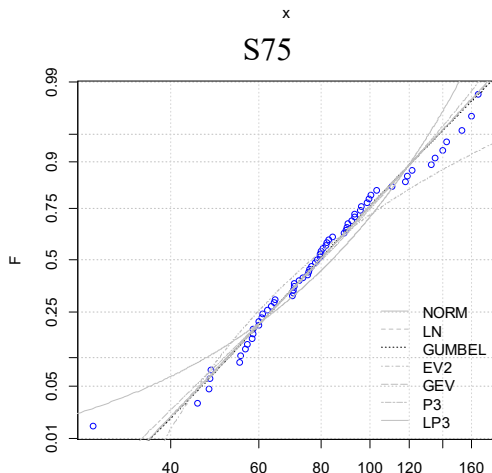
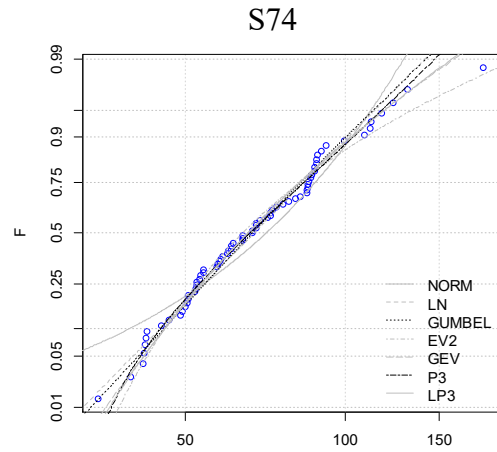
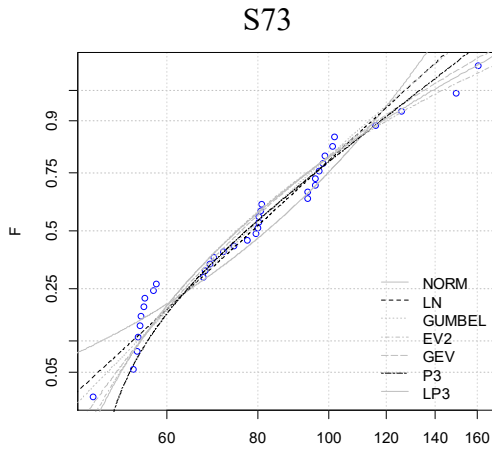


S71

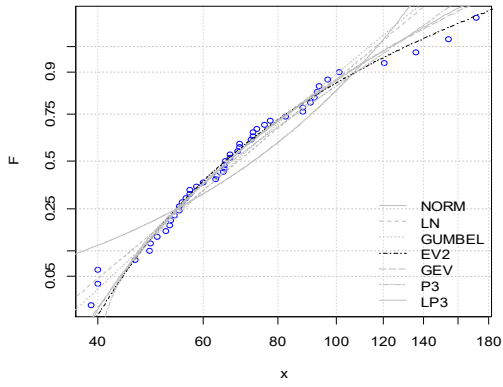


S72

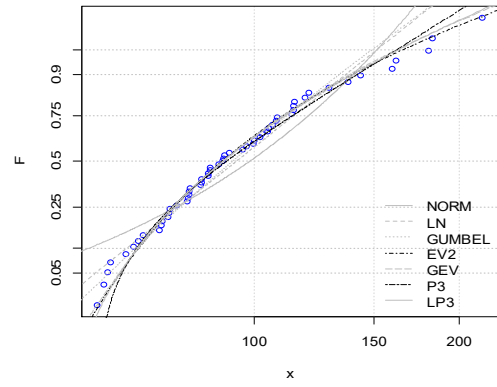




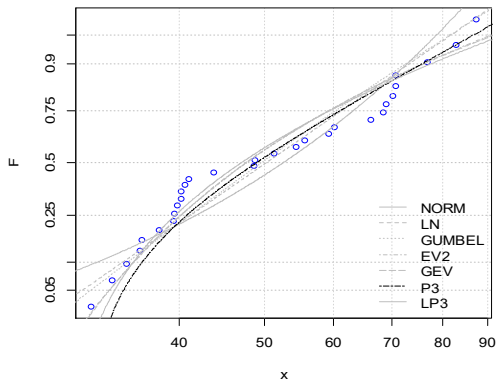
S79



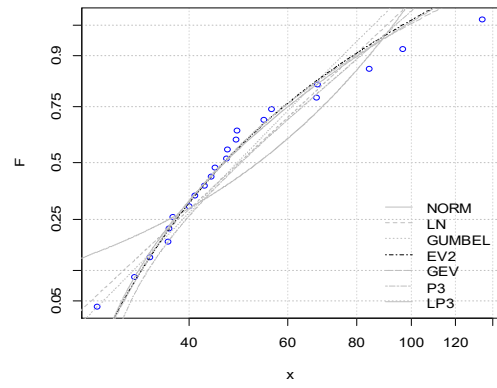
S80



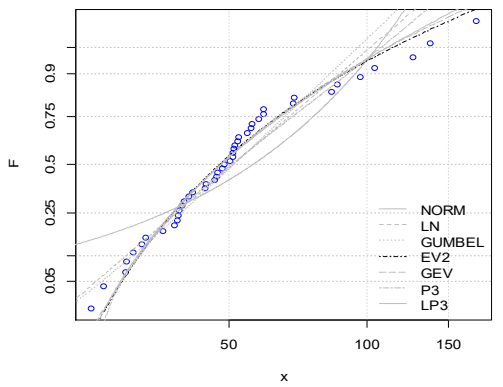
S81



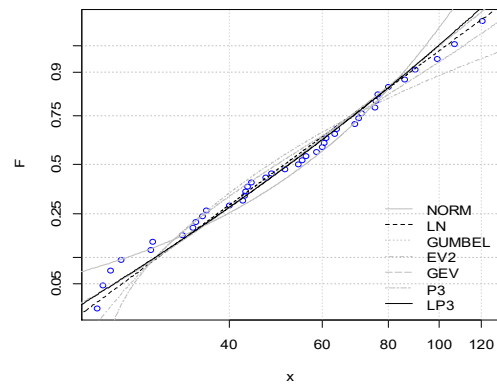
S82



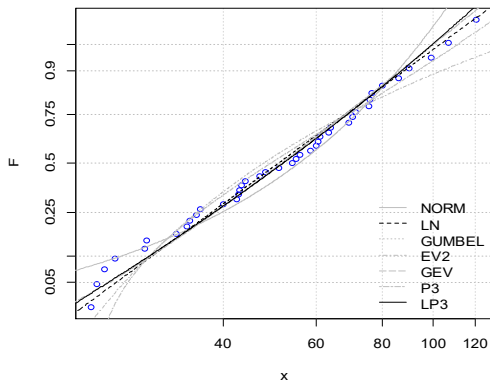
S83



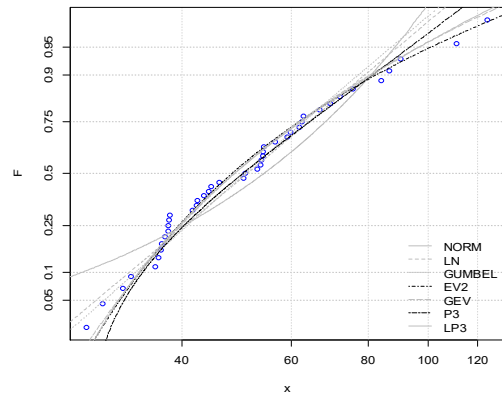
S84



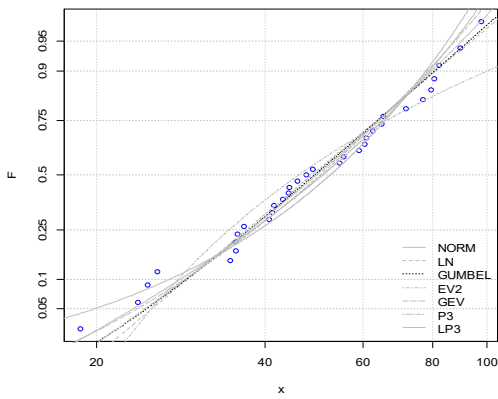
S85



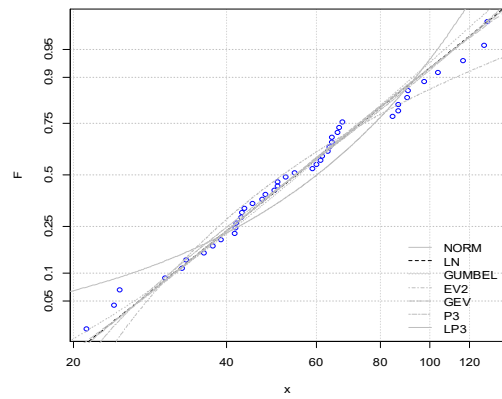
S86



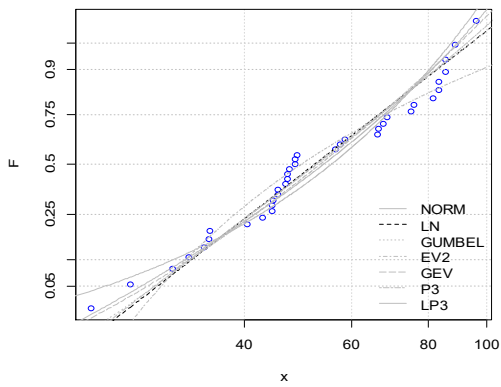
S87



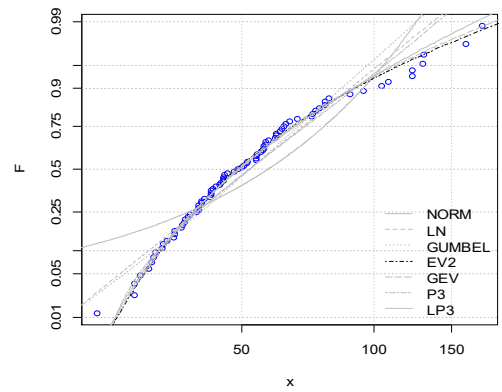
S88



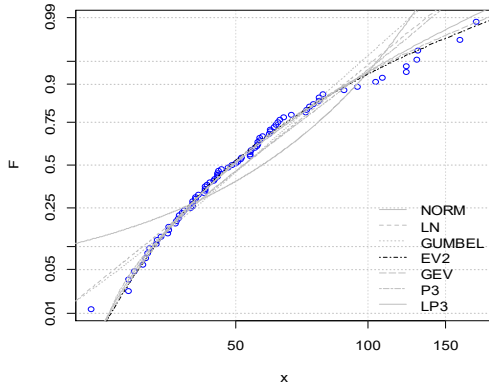
S89



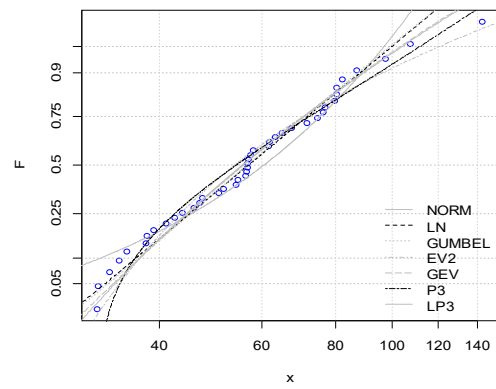
S90



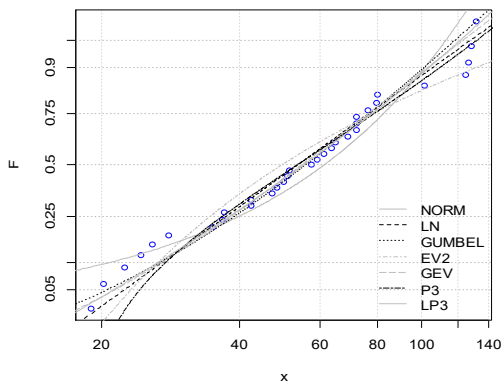
S91



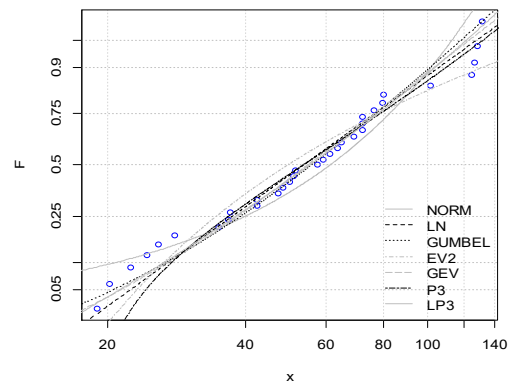
S92



S93

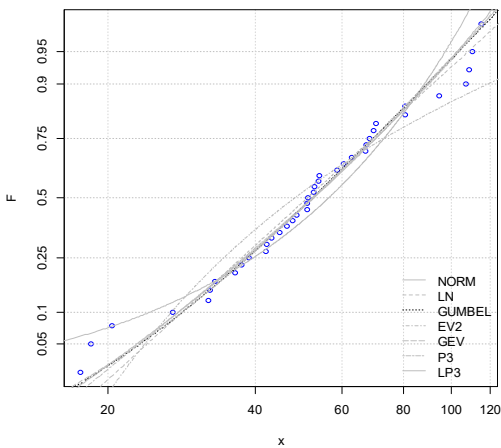


S94

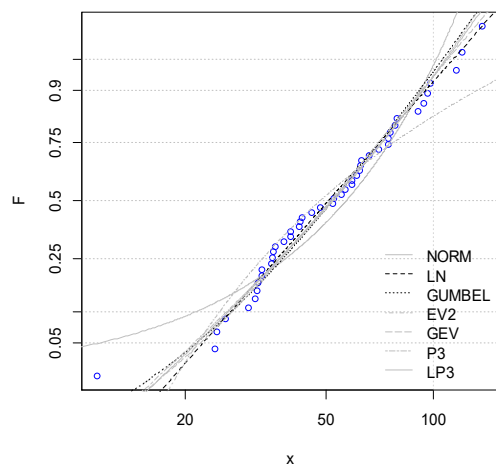


• Côtiers Oranais

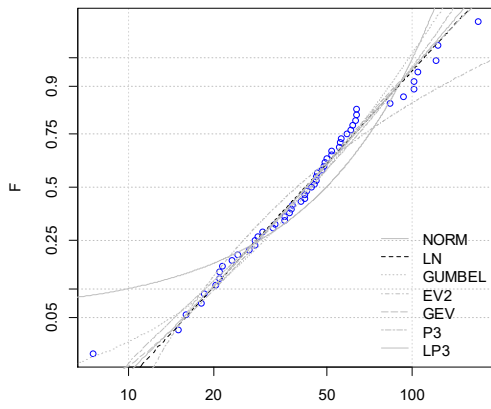
S95



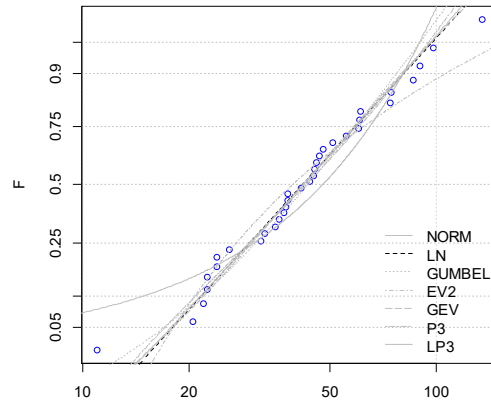
S96



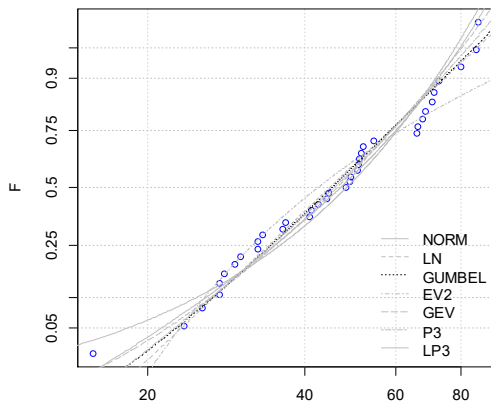
S97



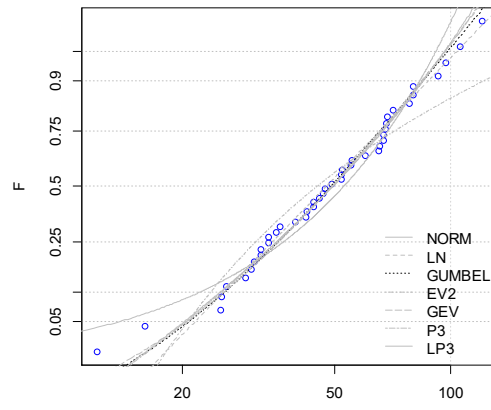
S98



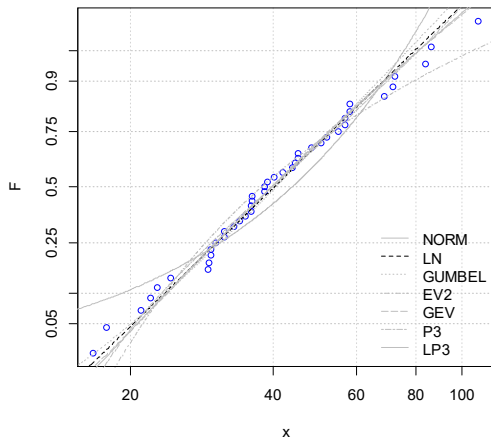
S99



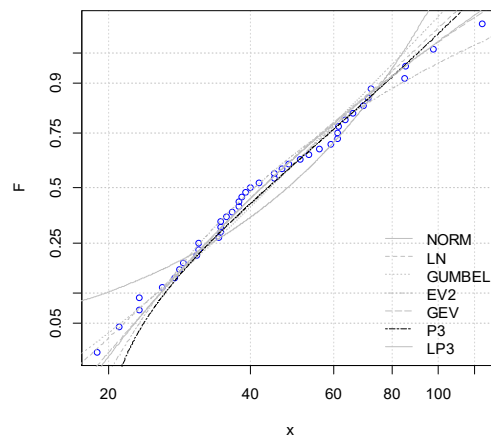
S100



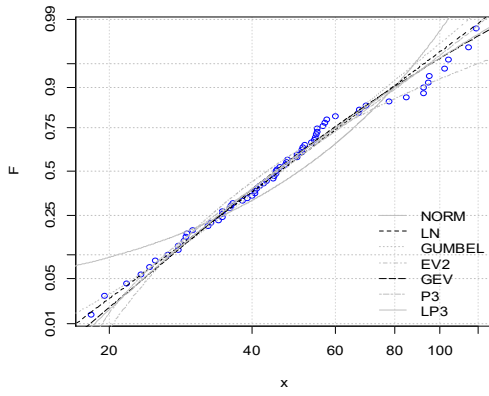
S101



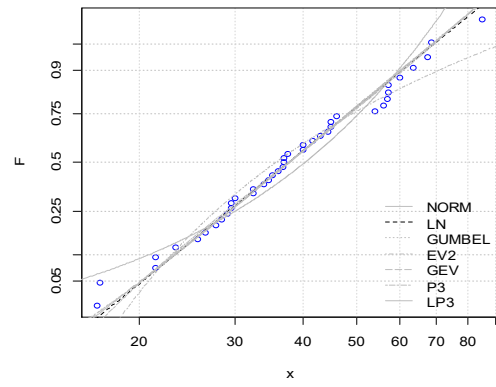
S102



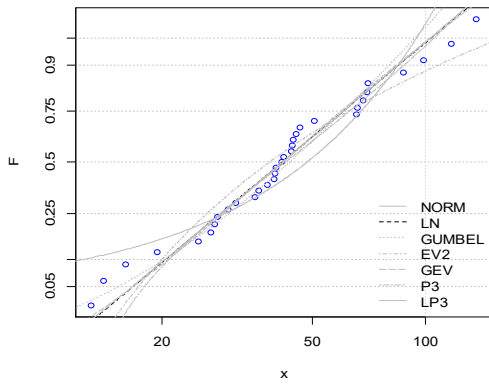
S103



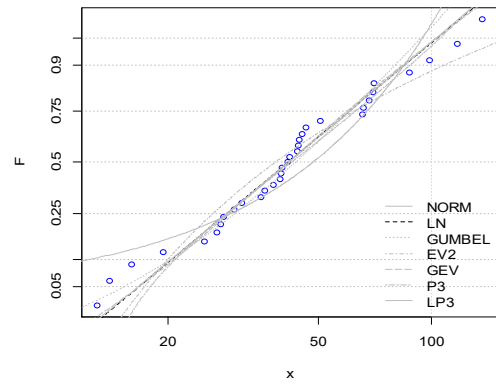
S104



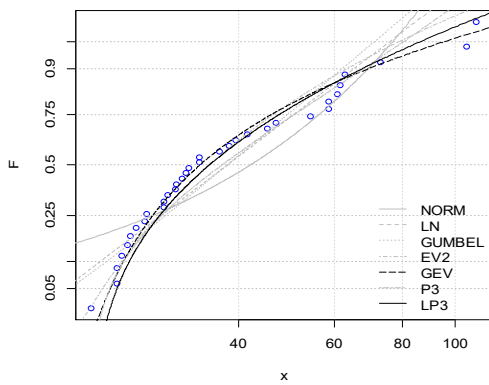
S105



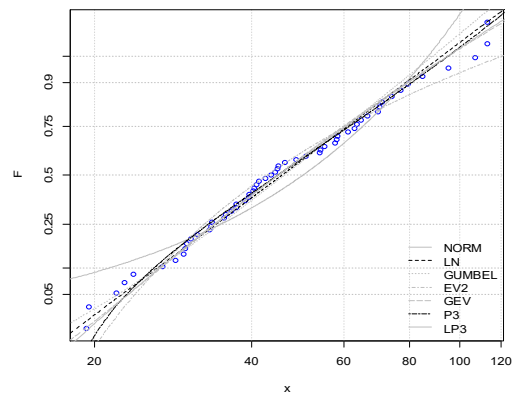
S106



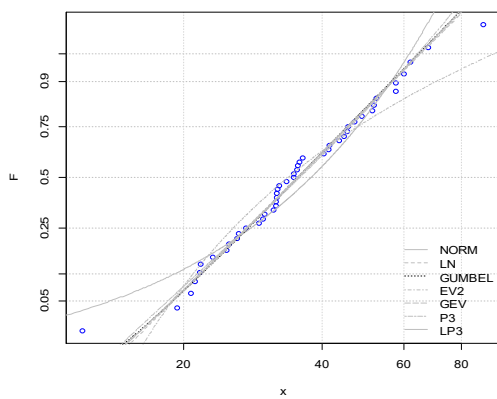
S107



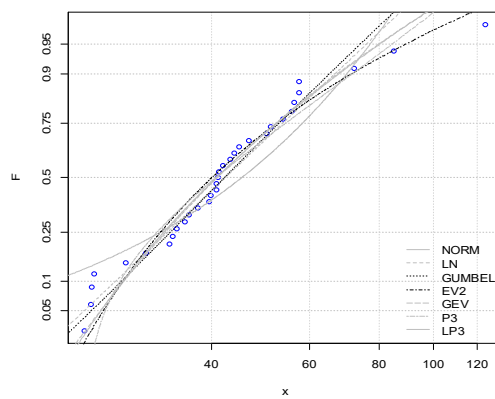
S108



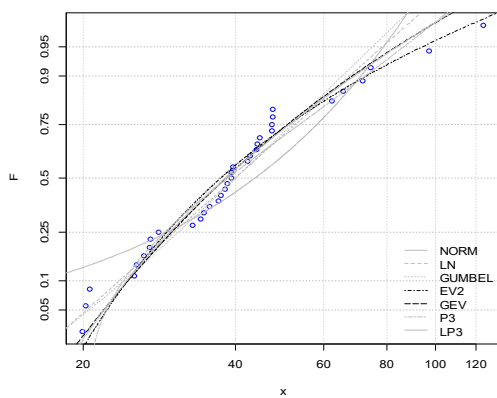
S109



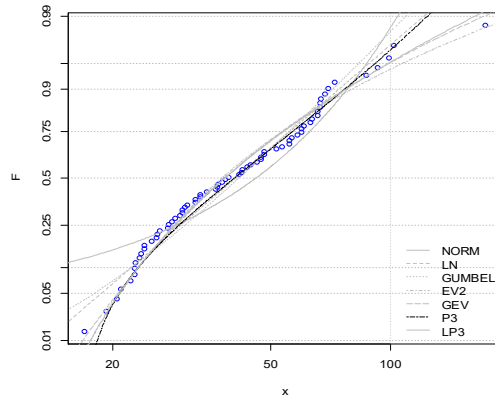
S110



S111



S112



Annexe 8

Les meilleures lois d'ajustement pour les trois bassins de littoral Algérien

Bassin	Station	St	La loi d'ajustement optimale
Côtier Algérois	KHADRA	S1	Fréchet (EV2)
	SIDI M'HAMED BEN ALI	S2	Fréchet (EV2)
	BORDJ ABOU EL HASSEN	S3	Pearson 3 (P3)
	TENES	S4	Pearson 3 (P3)
	SIDI AKACHA	S5	Fréchet (EV2)
	BORDJ GHOBRI	S6	Log normale (LN)
	MENACEUR	S7	Log normale (LN)
	IAZABENE	S8	Log normale (LN)
	MEURAD BARRAGE	S9	GEV
	CHERCHELL PHARE	S10	Pearson 3 (P3)
	SIDI GHILES	S11	Fréchet (EV2)
	GOURAYA	S12	Pearson 3 (P3)
	PONT CW 7 (Hadjout)	S13	Fréchet (EV2)
	AIN TAGOURAIT (Berard Mairie))	S14	Log normale (LN)
	FOUKA MARINE	S15	Gumbel (EV2)
	OULED FAYET	S16	Pearson 3 (P3)
	BIRMANDREIS ANRH	S17	Fréchet (EV2)
	MAHELMA FERME	S18	Fréchet (EV2)
	COL DES 2 BASSINS	S19	Fréchet (EV2)
	OULED OUALI	S20	Fréchet (EV2)
	OULED ALI	S21	Gumbel (EV2)
	PONT D 9	S22	Log normale (LN)
	REGHAIA PONT R.N. 05	S23	Gumbel (EV2)
	TOUAMINE	S24	Log normale (LN)
	EL AZAIEB MIZRANA	S25	Pearson 3 (P3)
	YAKOURENE	S26	Pearson 3 (P3)
	TAGMA PEPINIERE	S27	Pearson 3 (P3)
	ROUABAH	S28	Gumbel (EV2)
	AIN DEM	S29	Log normale (LN)
	OUED ZBOUDJ	S30	Pearson 3 (P3)
	AIN BENIAN	S31	Pearson 3 (P3)
	BOU MEDFA M.F.	S32	Log normale (LN)
	ATTATBA CAVE	S33	Log normale (LN)
	SIDI RACHED HELLOULA	S34	Pearson 3 (P3)
PRISE DE MEDEA	S35	Log normale (LN)	
RN4 (La Chiffa)	S36	Gumbel (EV2)	
OUZERA	S37	Log normale (LN)	
EL HAMDANIA	S38	Log normale (LN)	
FER A CHEVAL	S39	Pearson 3 (P3)	
BENI MERED	S40	Fréchet (EV2)	

	BOUFARIK PEPINIÈRE	S41	Fréchet (EV2)
	OUED EL ALLEUG	S42	Gumbel (EV2)
	KOLEA	S43	Log normale (LN)
	KOLEA SECTEUR	S44	Log normale (LN)
	CHREA COL	S45	Pearson 3 (P3)
	EL ARBA	S46	Pearson 3 (P3)
	DOUIRA	S47	Log normale (LN)
	TIGZIRT N'BOUBHIR	S48	Log normale (LN)
	DJEMAA SAHARIDJ	S49	Gumbel (EV2)
	AZZAZGA ECOLE	S50	Log normale (LN)
	AIT AICHA	S51	Log normale (LN)
	AGHRIBS (Adrar)	S52	Log normale (LN)
	FREHA	S53	Log normale (LN)
	BERBER (ex S.EL HAD)	S54	Log normale (LN)
	L'ARBAA NAIT IRATHEN	S55	Gumbel (EV2)
	BENI YENNI	S56	Fréchet (EV2)
	BOUASSEM MF	S57	Gumbel (EV2)
	DRAA BEN KHEDDA	S58	Log normale (LN)
	L'ARBAA MAKOUDA	S59	Gumbel (EV2)
	TIZI OUZOU ANRH	S60	Gumbel (EV2)
	DRAA EL MIZAN	S61	Log normale (LN)
	BOGHNI	S62	Gumbel (EV2)
	AIN ZAOUIA	S63	Gumbel (EV2)
	NEZLIOUA	S64	Gumbel (EV2)
	TIZI LETNINE	S65	Gumbel (EV2)
	BAGHLIA VILLAGE	S66	Log normale (LN)
Côtiers Constantinois	BOU KHELIFA	S67	Lognormale (LN)
	CAP AOKAS COMMUNE	S68	Normal
	DOMAINE DEHAS TICHI	S69	Pearson 3 (P3)
	BORDJ MIRA	S70	Pearson 3 (P3)
	AMOUCHAS	S71	Gumbel (EV2)
	TIZI N'BRAHAM	S72	Log normale (LN)
	SOUK EL TENINE	S73	Pearson 3 (P3)
	JIJEL SECTEUR	S74	Gumbel (EV2)
	TEXENNA	S75	Gumbel (EV2)
	CHEDIA	S76	Log normale (LN)
	DAR EL OUED	S77	Log normale (LN)
	ERRAGUENE	S78	Log normale (LN)
	TAHER	S79	Fréchet (EV2)
	ZITOUNA	S80	Fréchet (EV2)
	TAMALOUS	S81	Pearson 3 (P3)
	BENI ZID GUERGOURA	S82	Fréchet (EV2)
	ZARDESAS Bge	S83	Fréchet (EV2)
	BOU SNIB	S84	Log normale (LN)
EL ARROUCH	S85	Log normale (LN)	

	RAMDANE DJAMEL De Berais	S86	Fréchet (EV2)
	ZIT EMBA ST.Hydro.	S87	Gumbel (EV2)
	BOUATI MAHMOUD	S88	Log normale (LN)
	AIN CHERCHAR	S89	Log normale (LN)
	BERRAHAL	S90	Fréchet (EV2)
	BOU HADJAR	S91	Fréchet (EV2)
	AIN EL ASSEL	S92	Log normale (LN)
	ROUM EL SOUK	S93	Pearson 3 (P3)
	AIN KERMA	S94	Gumbel (EV2)
Côtier Oranais	GHAZAOUET EL BOR	S95	Gumbel (EV2)
	SIDI BOUDJENANE DRS	S96	Gumbel (EV2)
	MARSA BEN M'HIDI	S97	Lognormale (LN)
	DAR BENCHERKI	S98	Lognormale (LN)
	AOUBELLIL	S99	Gumbel (EV2)
	AGHLAL	S100	Gumbel (EV2)
	OUED BERKECHE	S101	Log normale (LN)
	AIN TEMOUCHENT ERA	S102	Pearson 3 (P3)
	TAMZOURAH	S103	Log normale (LN)
	AIN EL ARBA	S104	Log normale (LN)
	MAKEDRA	S105	Log normale (LN)
	HAMMAM BOU HADJAR	S106	Log normale (LN)
	BREDEAH	S107	Log-Pearson 3 (LP3)
	ORAN PEPINIÈRE	S108	Log normale (LN)
	BOUFATIS	S109	Gumbel (EV2)
	KHER DINE	S110	Fréchet (EV2)
DUNE CULTIVEES	S111	Fréchet (EV2)	
MOSTAGUEM SCM	S112	Pearson 3 (P3)	

Annexe 9

Paramètres de la loi GEV pour les 112 stations du trois bassins de littoral Algérien

Bassin	St	L - moment			Maximum de vraisemblance			Moments conventionnels		
		μ	σ	k	μ	σ	k	μ	σ	k
Côtiers Algérois	S1	32.9427	11.7074	-0.3931	33.1618	11.7693	-0.4077	33.2662	18.9876	-0.1317
	S2	31.7686	8.7234	-0.4518	31.9449	8.9470	-0.4662	31.2915	15.7980	-0.1785
	S3	47.5498	21.9895	-0.0714	47.0852	20.1416	-0.1491	48.1159	23.0294	-0.0214
	S4	47.3010	16.6315	-0.1055	46.9296	15.6173	-0.1695	47.8428	18.2374	-0.0247
	S5	45.2713	13.9144	-0.2168	45.5764	14.1199	-0.1907	44.9782	16.0310	-0.1527
	S6	47.3963	19.9146	0.0563	47.5619	18.8152	0.0445	48.3182	20.7772	0.1350
	S7	55.0336	20.6393	-0.1620	55.6300	20.9214	-0.1350	56.7761	25.1240	0.0176
	S8	39.9502	13.0915	-0.1080	40.3472	13.2495	-0.0752	40.5443	14.6178	-0.0055
	S9	54.6505	20.9600	-0.2129	55.2833	21.9105	-0.1674	55.7810	25.7389	-0.0607
	S10	49.7851	21.0019	0.0750	49.6019	19.7984	0.0395	50.2839	21.2893	0.1109
	S11	50.5069	17.3589	-0.1796	50.5224	16.9910	-0.1959	50.7040	18.9726	-0.1220
	S12	48.2572	16.0513	-0.2213	48.4879	16.1322	-0.2138	48.7771	19.2954	-0.0978
	S13	42.2405	18.5201	-0.2050	41.9131	16.7616	-0.3084	43.3854	22.1362	-0.0615
	S14	41.2845	15.5260	0.0249	41.3995	14.7838	0.0095	41.7787	15.9826	0.0765
	S15	46.8723	13.4818	-0.0749	47.2151	13.6954	-0.0433	47.1357	14.3504	-0.0213
	S16	50.8604	23.7321	-0.0519	50.3132	21.1171	-0.1533	52.5011	26.0037	0.0691
	S17	53.7092	16.1199	-0.1619	54.0404	16.2452	-0.1452	54.7139	19.1702	-0.0145
	S18	47.6621	16.2456	-0.2280	47.4603	15.5122	-0.2843	48.8113	20.5147	-0.0498
	S19	52.1425	19.3615	-0.3348	52.6581	20.4083	-0.2951	51.6173	26.8144	-0.1782
	S20	48.4719	16.9644	-0.2296	48.1335	15.2661	-0.3437	50.3465	22.0993	-0.0040
	S21	42.8572	11.1844	0.0092	42.8897	10.5746	-0.0170	43.1924	11.5500	0.0598
	S22	46.3520	15.4742	0.0414	46.3888	14.7662	0.0226	46.7271	15.9777	0.0871
	S23	42.5782	12.4956	-0.2565	43.5620	14.5697	-0.1163	42.8486	15.8945	-0.1118
	S24	46.4429	18.9861	0.1494	47.1587	18.2406	0.1948	47.1062	19.1460	0.2010
	S25	58.4433	20.2114	-0.1888	58.2055	19.0831	-0.2467	59.1643	23.2292	-0.0853
	S26	70.7110	27.8820	-0.0720	70.0279	25.9696	-0.1411	71.5764	29.6234	-0.0087
	S27	71.4995	26.9263	-0.0322	71.0693	24.9549	-0.0938	72.5938	28.6494	0.0443
	S28	46.8653	15.8807	-0.1809	48.2515	18.4490	-0.0267	48.1275	20.0970	0.0137
	S29	36.4105	13.0352	-0.1748	36.8128	13.2943	-0.1416	36.9314	14.9829	-0.0667
	S30	45.0236	14.0698	-0.1683	42.4803	10.0810	-0.6199	46.6222	17.8476	0.0595
	S31	41.5243	18.9690	-0.1988	41.8897	18.7344	-0.2016	42.9421	23.4306	-0.0253
	S32	45.0008	18.2365	-0.2232	45.8594	19.6880	-0.1468	45.9485	23.0176	-0.0581
	S33	44.1379	14.7869	0.0391	44.3245	14.1859	0.0378	44.7785	15.4512	0.1137
	S34	37.9747	14.8154	-0.1329	37.8541	13.9652	-0.1856	39.0317	17.2005	0.0124
	S35	63.7123	26.5130	-0.1283	63.3091	24.9879	-0.1813	63.8739	28.2014	-0.0884
	S36	40.2353	14.4255	-0.0959	40.7579	14.8139	-0.0484	40.7190	15.7034	-0.0178
	S37	37.3453	14.3170	-0.0843	37.5571	14.1953	-0.0762	37.7683	15.5203	-0.0115
	S38	76.4814	28.9853	-0.1165	76.9054	29.0039	-0.1049	76.8190	30.4577	-0.0788
	S39	37.1448	11.7908	-0.1505	37.1540	11.3054	-0.1831	37.6693	13.2492	-0.0494

Côtiers Constantinois	S40	45.5651	15.4806	-0.3182	45.0844	14.1866	-0.4296	46.5037	21.6161	-0.1067
	S41	44.6101	16.0447	-0.2406	44.5675	15.9679	-0.2621	45.8113	21.1532	-0.0370
	S42	45.0325	13.6999	-0.0702	45.4649	13.8897	-0.0325	45.4852	14.8092	0.0052
	S43	46.5967	14.1701	0.0720	46.6613	13.8445	0.0631	46.5725	14.0710	0.0660
	S44	48.6286	16.2045	-0.0361	49.1284	16.2786	0.0021	49.5519	17.9431	0.0803
	S45	72.1049	24.3811	-0.1563	71.3299	21.8397	-0.2758	74.0606	28.8384	0.0039
	S46	50.5103	19.7036	-0.0904	49.9116	18.0661	-0.1792	51.5263	21.7674	0.0133
	S47	41.2312	14.6569	-0.0429	41.6497	14.6156	-0.0150	41.7742	15.6762	0.0322
	S48	57.5313	19.4490	-0.0094	57.9731	19.2210	0.0127	58.4111	20.8238	0.0775
	S49	55.4527	18.1042	0.0231	55.8796	18.2701	0.0570	55.9101	18.9565	0.0773
	S50	64.2895	21.9830	0.1062	64.4491	21.0061	0.1034	65.0162	22.4574	0.1599
	S51	66.3198	25.1812	0.1137	66.4553	23.7976	0.0976	66.8645	25.2862	0.1432
	S52	74.7012	32.2161	0.0300	74.3187	30.6488	-0.0084	75.0536	32.5635	0.0481
	S53	49.3923	18.4305	0.0318	49.6892	17.6569	0.0336	50.2817	19.3498	0.1143
	S54	65.1763	22.8992	0.0460	64.8762	21.1889	-0.0088	65.6285	23.1850	0.0753
	S55	61.4547	18.3489	0.0016	61.2756	17.6656	-0.0295	61.4885	18.3043	0.0020
	S56	58.6756	20.6887	-0.0808	57.9076	18.6678	-0.1849	59.3138	22.0722	-0.0158
	S57	56.8782	15.6569	-0.0599	57.0990	15.6153	-0.0472	57.2886	16.9248	0.0096
	S58	50.0203	17.3253	-0.0364	50.0214	16.6626	-0.0595	50.1930	17.8216	-0.0105
	S59	63.3666	23.0433	-0.0115	63.5016	23.0413	-0.0114	62.7976	22.2752	-0.0550
	S60	54.3061	18.7456	0.1278	54.0647	18.2938	0.0864	53.5432	17.9183	0.0524
	S61	43.0082	15.0534	-0.2047	43.5323	15.4248	-0.1703	44.0386	18.5710	-0.0377
	S62	50.7839	17.0542	0.0052	51.0581	17.2740	0.0262	50.7951	17.2224	0.0116
	S63	45.4402	16.0920	0.0680	45.3957	15.8805	0.0494	44.9973	15.5841	0.0187
	S64	56.7661	16.5060	0.0144	56.8640	16.8212	0.0208	56.2310	15.8590	-0.0414
	S65	48.0684	16.7027	-0.0077	48.6085	16.9891	0.0342	48.4210	17.3107	0.0347
	S66	53.9970	20.5812	-0.0750	53.7779	19.6061	-0.1138	53.7713	20.9567	-0.0741
	S67	58.6142	20.3486	-0.0197	58.8649	19.6588	-0.0221	59.8405	22.1766	0.0927
	S68	65.0966	22.5828	0.1296	66.3113	22.7133	0.2190	65.9888	23.3585	0.2005
	S69	49.9309	18.2966	-0.0734	49.3052	16.4128	-0.1818	51.2530	20.4183	0.0584
	S70	87.0618	38.4975	-0.0954	86.0772	34.2524	-0.2026	90.9119	45.1076	0.0891
	S71	41.1764	13.1208	-0.0543	41.3716	13.4702	-0.0270	41.1710	13.6539	-0.0316
	S72	52.3621	21.4594	0.1552	52.9819	20.5585	0.1865	53.0153	21.5480	0.1985
	S73	69.4738	19.2093	-0.0738	69.0023	17.7507	-0.1502	70.1992	20.7984	0.0067
	S74	59.3090	17.5409	-0.0769	59.1611	16.8575	-0.1087	59.4499	17.9112	-0.0578
	S75	70.0993	21.5090	-0.0605	70.9727	22.5383	0.0071	71.0131	23.6660	0.0351
S76	69.0953	27.1216	0.0365	69.3147	25.9543	0.0227	69.5336	27.3355	0.0588	
S77	67.7953	25.9234	-0.0122	68.3352	24.5519	-0.0182	69.2196	27.5782	0.0812	
S78	87.2031	29.8212	-0.1291	87.5110	29.6369	-0.1278	88.2796	33.3162	-0.0363	
S79	59.3291	15.7735	-0.2123	59.7392	16.1219	-0.1853	59.9846	19.0474	-0.0787	
S80	82.4364	19.9931	-0.1803	82.4784	19.5302	-0.2011	83.3764	23.4314	-0.0561	
S81	44.7316	13.0350	-0.0184	43.4684	10.7206	-0.2587	45.7667	14.4779	0.1265	
S82	40.7362	11.0887	-0.3564	41.4103	11.6605	-0.3157	41.7136	16.9071	-0.0888	
S83	42.1407	13.5952	-0.3262	42.4939	14.1375	-0.3011	42.6730	19.4973	-0.1135	
S84	44.7197	19.8627	0.0301	44.7017	18.6479	-0.0019	45.4286	20.4841	0.0875	

	S85	44.7197	19.8627	0.0301	44.7017	18.6479	-0.0019	45.4286	20.4841	0.0875
	S86	43.8467	13.2001	-0.1733	43.7564	12.5695	-0.2206	44.5959	15.4355	-0.0418
	S87	43.4339	17.9397	0.0874	43.9790	17.3918	0.1184	44.1883	18.4900	0.1564
	S88	47.0464	19.7087	-0.0754	47.2613	19.2273	-0.0798	48.1413	21.8958	0.0371
	S89	46.7553	17.2009	0.0721	47.1832	16.7438	0.1014	47.6057	18.1455	0.1625
	S90	43.1783	14.3164	-0.2939	43.2617	14.2751	-0.3045	43.8175	19.3062	-0.1071
	S91	38.9293	13.2945	-0.1394	38.7647	12.6116	-0.1914	39.8952	15.6930	0.0158
	S92	49.9074	16.5637	-0.0498	49.7907	15.7079	-0.0889	50.1122	16.9310	-0.0256
	S93	46.1097	24.9413	-0.0261	45.9552	23.2855	-0.0716	47.2798	26.8302	0.0638
	S94	52.8394	21.5011	0.0498	53.2527	22.2694	0.0842	52.8051	21.8129	0.0564
Côtiers Oranais	S95	44.5348	19.9093	-0.0124	45.0113	19.8124	0.0138	45.3504	21.3540	0.0706
	S96	43.2878	20.5669	-0.0722	43.6824	20.2946	-0.0601	44.4606	22.7260	0.0390
	S97	34.7056	19.0742	-0.1779	34.9376	19.0370	-0.1738	35.3552	22.1120	-0.0697
	S98	35.0021	16.9823	-0.1476	35.5032	17.0672	-0.1237	35.8628	19.3893	-0.0318
	S99	40.0946	16.6140	0.1011	40.4648	15.9655	0.1194	40.7181	17.0352	0.1623
	S100	41.7218	19.7132	0.0218	42.0550	19.2797	0.0320	42.3337	20.4482	0.0768
	S101	34.3925	13.4904	-0.1109	34.6537	13.3935	-0.1001	35.0256	15.0009	-0.0097
	S102	36.9307	15.0867	-0.1298	36.7830	14.2023	-0.1833	37.7431	16.9532	-0.0185
	S103	38.9582	15.4180	-0.1341	38.9912	15.1885	-0.1452	39.7176	17.7962	-0.0116
	S104	33.0700	12.2533	-0.0083	33.2619	11.9276	-0.0032	33.5796	12.9746	0.0683
	S105	34.3896	17.8171	-0.1758	34.7813	17.9097	-0.1607	35.4368	21.3040	-0.0302
	S106	33.2439	10.4424	-0.3497	33.1518	10.3282	-0.3894	33.8997	15.9362	-0.0938
	S107	31.2540	10.4076	-0.3227	30.4583	8.7146	-0.5499	32.2147	15.0686	-0.0726
	S108	39.0441	16.1153	-0.0972	38.9929	15.4439	-0.1290	39.9278	17.9702	0.0143
	S109	30.8711	11.0151	-0.0459	31.1825	11.1716	-0.0099	31.1651	11.6000	0.0097
	S110	36.2480	10.9613	-0.1992	36.5716	11.3054	-0.1609	36.2604	12.6064	-0.1209
	S111	33.4287	11.7616	-0.2338	33.6908	12.0025	-0.2131	33.7612	14.5528	-0.0980
	S112	33.9637	15.1238	-0.1742	33.0821	13.4130	-0.3155	34.1806	16.2847	-0.1226

Annexe 10

Résultats numériques de choix de la méthode optimale d'estimation des paramètres de la loi GEV pour les stations analysées des trois bassins

- Côtiers Algérois

S1 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9607815	5.861546	2.433419
MLE	0.9643525	5.588314	2.501854
MME	0.9208549	8.326807	6.339774

S2 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9600441	5.413145	2.249252
MLE	0.9767084	4.132936	2.038862
MME	0.8900693	8.978807	6.270165

S3 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9800771	4.227454	2.992489
MLE	0.9810093	4.127368	3.035451
MME	0.9747373	4.760391	3.123779

S4 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9725658	3.974066	2.401486
MLE	0.9612007	4.726071	2.431513
MME	0.9717123	4.035409	2.787119

S5 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9459185	6.062121	2.918328
MLE	0.9348620	6.653003	2.949500
MME	0.9321555	6.789813	3.533634

S6 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9717055	3.817509	2.852571
MLE	0.9718252	3.809431	2.880789
MME	0.9756605	3.540669	2.906275

S7 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9398290	7.631377	4.109307
MLE	0.9480153	7.093283	4.205863
MME	0.9563819	6.497446	5.238679

S8 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9753557	2.924317	1.574170
MLE	0.9761440	2.877169	1.592452
MME	0.9733068	3.043450	1.976481

S9 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9655299	6.650398	3.235518
MLE	0.9757945	5.572926	3.394637
MME	0.9753805	5.620390	4.414426

S10 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9836487	3.063327	1.973580
MLE	0.9816110	3.248600	2.342805
MME	0.9847403	2.959311	1.957524

S11 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9849411	3.586338	2.075626
MLE	0.9869632	3.336871	2.059002
MME	0.9753479	4.588607	2.466991

S12 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9755433	4.451037	2.090749
MLE	0.9759768	4.411411	2.047878
MME	0.9678370	5.104353	3.056376

S13 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9800509	4.272730	3.238110
MLE	0.9829749	3.947201	3.018132
MME	0.9573406	6.248149	4.169602

S14 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9914638	1.707421	1.338983
MLE	0.9912422	1.729443	1.330335
MME	0.9903813	1.812446	1.460523

S15 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9823416	2.485396	2.056524
MLE	0.9790219	2.708959	2.136815
MME	0.9773988	2.811810	2.237878

S16 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9575403	5.113447	2.680922
MLE	0.9614755	4.870732	2.693193
MME	0.9656900	4.596591	3.478399

S17 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9575403	5.113447	2.680922
MLE	0.9614755	4.870732	2.693193
MME	0.9656900	4.596591	3.478399

S18 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9667114	5.100836	2.551549
MLE	0.9432581	6.659562	2.783871
MME	0.9699148	4.849205	3.726830

S21 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9857246	1.622737	1.257172
MLE	0.9854980	1.635566	1.308554
MME	0.9838554	1.725712	1.334059

S22 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9646467	3.435630	2.187217
MLE	0.9638947	3.471977	2.247076
MME	0.9657318	3.382497	2.212215

S23 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9785583	3.501242	2.466405
MLE	0.9466917	5.520648	3.529208
MME	0.9549068	5.077480	3.791428

S24 BV02	R ² R ²	RMSE	MAE
LME	0.9661821	3.637604	2.622390
MLE	0.9691464	3.474522	2.881871
MME	0.9699068	3.431443	2.625192

S25 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9931379	2.767495	1.913397
MLE	0.9935886	2.675070	2.011830
MME	0.9785001	4.898656	2.961001

S26 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9923023	3.347142	2.659869
MLE	0.9845180	4.746870	3.297292
MME	0.9896296	3.885007	2.910379

S27 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9767421	5.241680	3.502352
MLE	0.9700003	5.953107	3.824761
MME	0.9763968	5.280446	3.773617

S28 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9173441	7.162532	4.534520
MLE	0.9333342	6.432520	4.775625
MME	0.9314136	6.524519	4.927248

S29 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9899763	2.092912	1.595178
MLE	0.9870352	2.380239	1.797571
MME	0.9784229	3.070672	2.273170

S30 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.8868148	7.085144	4.800173
MLE	0.605700	29.042805	8.782705
MME	0.9265366	5.708073	4.879964

S31BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9699846	5.308403	2.867805
MLE	0.9700607	5.301664	2.868914
MME	0.9665360	5.605062	4.427265

S32 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9631589	6.087039	3.880429
MLE	0.9646387	5.963542	3.907967
MME	0.9568970	6.584056	5.187505

S33 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9801242	2.431232	1.633531
MLE	0.9809156	2.382334	1.642849
MME	0.9834280	2.219989	1.742453

S34 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9755496	3.348757	2.227961
MLE	0.9646649	4.025717	2.386770
MME	0.9762690	3.299123	2.565580

S35 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9719830	6.818204	4.888032
MLE	0.9790939	5.889730	4.777426
MME	0.9652384	7.594669	5.165459

S36 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9861392	2.397083	1.922077
MLE	0.9823948	2.701530	2.029502
MME	0.9800632	2.874863	2.207016

S37 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9812166	2.738317	1.706003
MLE	0.9809520	2.757538	1.678356
MME	0.9778011	2.976890	1.820982

S38 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9856828	5.197237	3.045764
MLE	0.9836614	5.552025	3.022181
MME	0.9808611	6.008994	3.315089

S39BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9868962	2.057165	1.475489
MLE	0.9865786	2.081944	1.480644
MME	0.9774751	2.697128	1.795957

S40 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9537857	6.935199	3.430264
MLE	0.8973945	10.333705	4.076951
MME	0.9417657	7.785029	4.854285

S41 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9274331	7.613264	4.405597
MLE	0.9162648	8.178158	4.345673
MME	0.9424672	6.778902	5.609918

S42 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9817642	2.508737	1.857027
MLE	0.9793672	2.668530	1.961211
MME	0.9768454	2.826908	2.202724

S43 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9836458	2.105701	1.609089
MLE	0.9840007	2.082726	1.585160
MME	0.9840330	2.080625	1.598058

S44 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9538561	4.427237	3.198279
MLE	0.9589178	4.177367	3.219206
MME	0.9602084	4.111224	3.226507

S45 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9775782	5.399056	3.746660
MLE	0.9516637	7.927179	4.664182
MME	0.9686953	6.379502	5.077646

S46 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9822946	3.616583	2.578757
MLE	0.9605416	5.399024	2.968320
MME	0.9822196	3.624230	2.827719

S47BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9828462	2.492002	1.589372
MLE	0.9826086	2.509196	1.437018
MME	0.9810962	2.616029	1.635370

S48 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9782723	3.550235	2.410325
MLE	0.9804947	3.363772	2.459714
MME	0.9812114	3.301392	2.653782

S49 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9803043	3.085972	2.017127
MLE	0.9813368	3.003996	2.057772
MME	0.9812585	3.010287	2.175552

S50BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9692308	4.244647	2.821594
MLE	0.9702585	4.173162	3.046877
MME	0.9743381	3.876394	2.853156

S51 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9829318	3.582789	2.844057
MLE	0.9830646	3.568820	2.731993
MME	0.9830024	3.575374	2.757068

S52 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9846831	4.836059	3.795091
MLE	0.9844538	4.872128	3.918324
MME	0.9840545	4.934296	3.859981

S35 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9783629	3.169609	1.913751
MLE	0.9796160	3.076461	2.091698
MME	0.9828263	2.823834	2.120989

S54 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9807701	3.720816	2.978194
MLE	0.9804677	3.749956	3.020150
MME	0.9796356	3.828998	3.108669

S55 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9871273	2.639898	1.859623
MLE	0.9882321	2.524075	1.847267
MME	0.9870846	2.644272	1.859884

S56 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9706504	4.888057	4.095810
MLE	0.9629608	5.491190	4.158200
MME	0.9653497	5.311152	4.394697

S57BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9618033	4.144142	2.576784
MLE	0.9623887	4.112264	2.544955
MME	0.9616810	4.150769	2.721403

S58 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9786378	3.343902	2.288110
MLE	0.9797335	3.257017	2.234404
MME	0.9761730	3.531553	2.371087

S59 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9498871	6.826495	3.893671
MLE	0.9498918	6.826179	3.885828
MME	0.9559731	6.398555	3.939818

S60 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9415195	5.104937	3.515990
MLE	0.9464340	4.885730	3.476610
MME	0.9492239	4.756793	3.470598

S61 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9800036	3.501240	2.174625
MLE	0.9823208	3.292132	2.120819
MME	0.9734599	4.033633	3.329485

S62 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9907013	2.078948	1.440363
MLE	0.9885990	2.301994	1.420460
MME	0.9902656	2.127096	1.458299

S63 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9598230	3.848518	2.639966
MLE	0.9623527	3.725392	2.630555
MME	0.9656753	3.557198	2.633712

S64 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9478145	4.861180	2.658574
MLE	0.9472766	4.886171	2.691389
MME	0.9550907	4.509570	2.835672

S65 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9856891	2.509121	1.785453
MLE	0.9832301	2.716151	1.817195
MME	0.9836916	2.678512	1.859789

S66 BV02	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9409505	7.192637	3.696083
MLE	0.9446691	6.962480	3.628782
MME	0.9412258	7.175852	3.732771

• Côtiers Constantinois

S67 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9660223	4.651793	3.078863
MLE	0.9671846	4.571534	3.140224
MME	0.9739144	4.075904	3.188565

S68 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9580039	4.967005	3.690959
MLE	0.9648483	4.544260	3.793035
MME	0.9648464	4.544380	3.810160

S69 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9734867	3.922755	2.457831
MLE	0.9373540	6.029841	3.118165
MME	0.9796463	3.437010	2.629500

S70 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9293801	13.56516	8.886881
MLE	0.8914274	16.81982	9.130613
MME	0.9455240	11.91417	10.194848

S71 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9669052	3.303980	1.897500
MLE	0.9656529	3.365912	1.887761
MME	0.9662161	3.338202	2.002808

S72 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9727964	3.691749	2.696292
MLE	0.9752460	3.521612	2.790208
MME	0.9761448	3.457091	2.700827

S73 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9740303	4.201757	3.257851
MLE	0.9679032	4.671197	3.499794
MME	0.9692660	4.570959	3.351718

S74 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9842862	3.104904	1.981172
MLE	0.9858859	2.942623	1.992688
MME	0.9824356	3.282652	2.005913

S75 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9745630	4.598441	2.634307
MLE	0.9795979	4.118276	2.913305
MME	0.9792876	4.149468	3.161408

S76 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9887142	3.416832	2.732607
MLE	0.9888071	3.402741	2.643860
MME	0.9874602	3.601659	2.775573

S77 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9869489	3.594208	2.918010
MLE	0.9867635	3.619644	2.901690
MME	0.9845127	3.915319	3.229577

S78 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9881939	4.826562	4.000912
MLE	0.9881220	4.841234	3.959223
MME	0.9807650	6.160724	4.943413

S79 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9815985	3.681172	2.255652
MLE	0.9812776	3.713127	2.272023
MME	0.9706536	4.648754	3.291771

S80 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9850739	3.940237	2.239406
MLE	0.9826654	4.246262	2.327672
MME	0.9797606	4.588265	3.297190

S81 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9367209	3.997052	2.941400
MLE	0.7852427	7.363491	4.062649
MME	0.9475082	3.640452	2.886947

S82 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9835359	3.102247	2.089762
MLE	0.9810720	3.326280	2.231352
MME	0.9433281	5.755601	4.483227

S83 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9739684	4.753933	3.145624
MLE	0.9749243	4.665831	3.046853
MME	0.9484298	6.691162	5.093644

S84 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9917072	2.135419	1.514760
MLE	0.9905711	2.277004	1.839829
MME	0.9911634	2.204320	1.492778

S85 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9917072	2.135419	1.514760
MLE	0.9905711	2.277004	1.839829
MME	0.9911634	2.204320	1.492778

S86 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9880197	2.269585	1.531961
MLE	0.9817714	2.799553	1.658071
MME	0.9805735	2.890077	2.213847

S87 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9826411	2.609308	2.074382
MLE	0.9846252	2.455664	2.023389
MME	0.9854206	2.391302	1.934456

S88 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9712078	4.498468	2.765178
MLE	0.9713867	4.484472	2.811291
MME	0.9757523	4.128211	3.211718

S89 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9506235	4.304373	3.228470
MLE	0.9561266	4.057426	3.124741
MME	0.9593490	3.905578	3.232379

S90 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9625040	5.613561	2.225371
MLE	0.9585557	5.901721	2.231211
MME	0.9622870	5.629785	4.248564

S91 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9365501	4.921948	2.144375

S92 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9840897	2.801786	1.981364

MLE	0.9134484	5.748561	2.213353
MME	0.9563592	4.081952	2.845772

MLE	0.9863898	2.591360	2.022453
MME	0.9814072	3.028782	2.018602

S93 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9492945	7.069713	4.076591
MLE	0.9428096	7.508197	4.295215
MME	0.9546111	6.688810	4.172894

S94 BV03	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9822311	3.450322	2.666780
MLE	0.9800103	3.659587	2.820127
MME	0.9819562	3.476907	2.735720

• Côtiers Oranais

S95 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9647112	4.670668	2.825201
MLE	0.9675752	4.477119	2.764545
MME	0.9687709	4.393798	3.022272

S96 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9834120	3.538060	2.570669
MLE	0.9853733	3.322320	2.530782
MME	0.9852988	3.330775	2.611377

S97 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9829356	4.060366	2.731993
MLE	0.9828852	4.066352	2.700710
MME	0.9739847	5.013411	3.541829

S98 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9909846	2.429592	2.006714
MLE	0.9828852	4.066352	2.700710
MME	0.9809437	3.532324	2.638657

S99 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9716599	3.061904	2.157053
MLE	0.9739683	2.934553	2.262492
MME	0.9755853	2.841949	2.273945

S100 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9917491	2.151703	1.625801
MLE	0.9918803	2.134524	1.661010
MME	0.9911147	2.232892	1.823651

S101 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9917561	1.748877	1.288359
MLE	0.9920097	1.721760	1.238601
MME	0.9872481	2.175107	1.622532

S102 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9909689	2.093491	1.655929
MLE	0.9849232	2.704918	1.851837
MME	0.9855298	2.649953	2.081844

S103 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9572037	4.760093	2.312953
MLE	0.9547478	4.894769	2.334452
MME	0.9651900	4.293034	3.030371

S104 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9857137	1.811413	1.205882
MLE	0.9863094	1.773246	1.190032
MME	0.9859026	1.799398	1.395047

S105 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9791576	4.047860	3.196049
MLE	0.9795335	4.011184	3.091653
MME	0.9696589	4.883900	3.763029

S106 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9175640	6.702903	3.137549
MLE	0.8838319	7.956974	3.252354
MME	0.9359256	5.909447	4.713720

S107 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9458234	4.924928	2.788202
MLE	0.6917174	11.748122	3.850607
MME	0.9387085	5.238345	3.804552

S108 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9732518	3.668208	1.791755
MLE	0.9668085	4.086205	1.903359
MME	0.9791250	3.240560	2.059033

S109 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9900962	1.446626	1.129778
MLE	0.9883191	1.571056	1.131814
MME	0.9873417	1.635469	1.159014

S110 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9633681	3.680578	2.175394
MLE	0.9518697	4.218863	2.309589
MME	0.9473218	4.413687	2.753663

S111 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9784086	3.134000	2.312724
MLE	0.9754270	3.343392	2.388219
MME	0.9556809	4.490079	3.089112

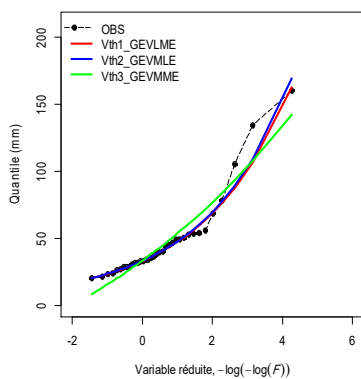
S112 BV04	R ²	RMSE	MAE
LME	0.9734528	4.094046	2.590960
MLE	0.9485064	5.701902	3.309149
MME	0.9656676	4.655811	2.613103

Annexe 11

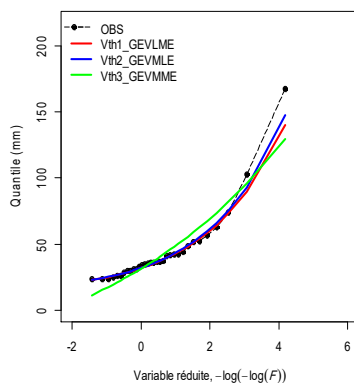
Résultats graphique de choix de la méthode optimale d'estimation des paramètres de la loi GEV pour les stations analysées des trois bassins.

- Côtiers Algérois

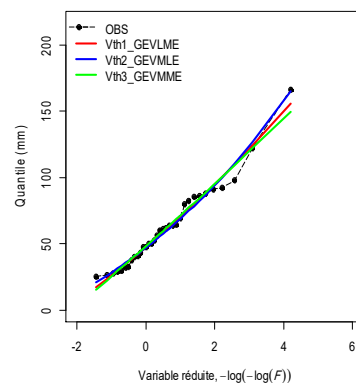
S1



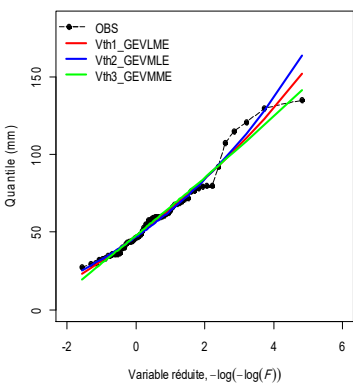
S2



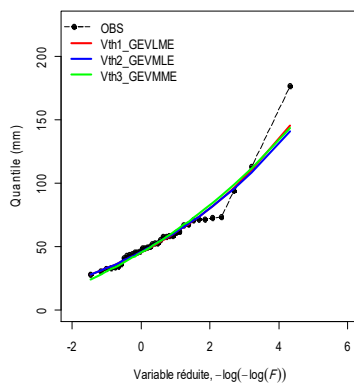
S3



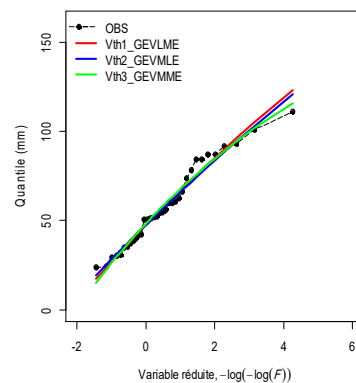
S4



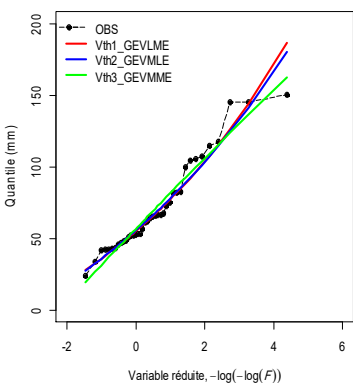
S5



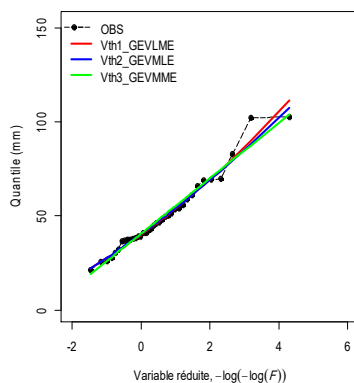
S6



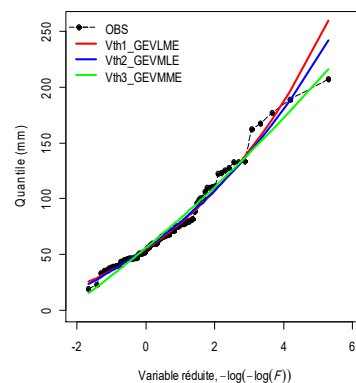
S7



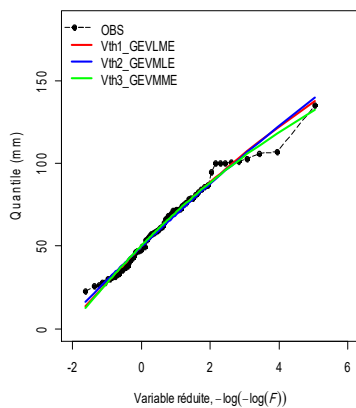
S8



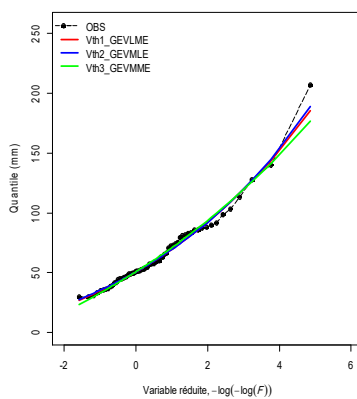
S9



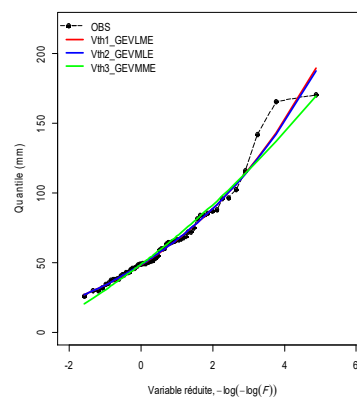
S10



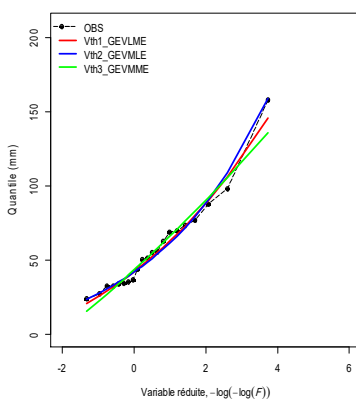
S11



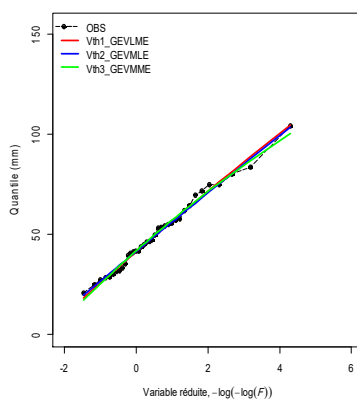
S12



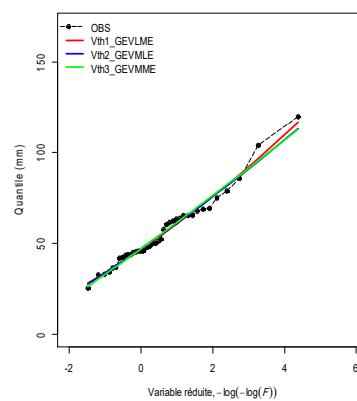
S13



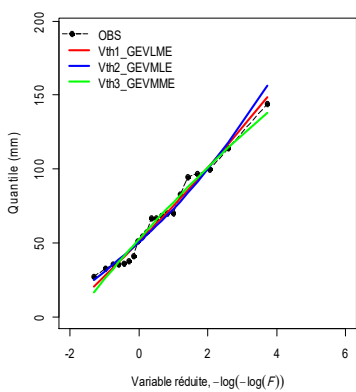
S14



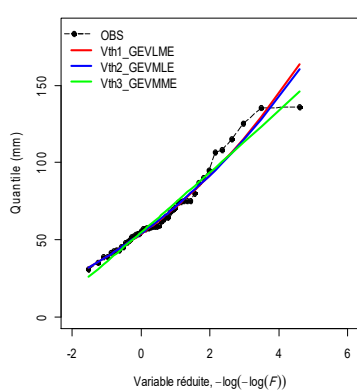
S15



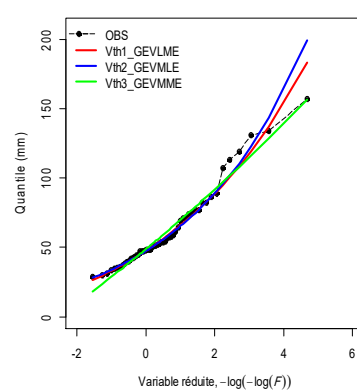
S15



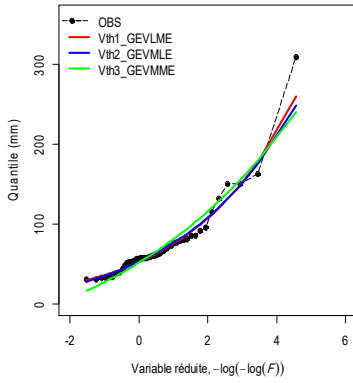
S17



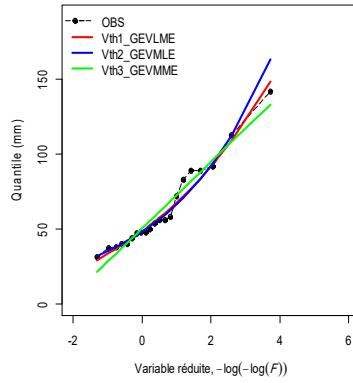
S18



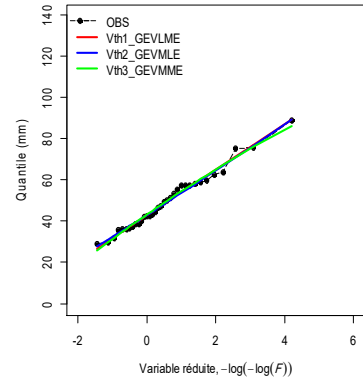
S19



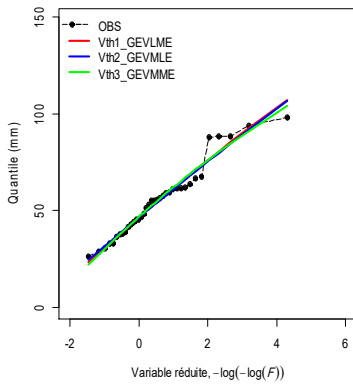
S20



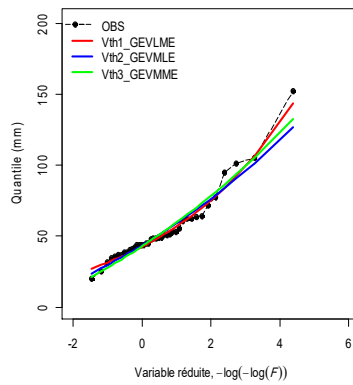
S21



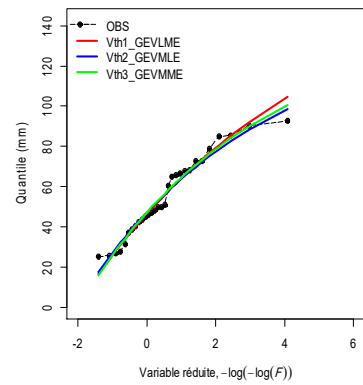
S22



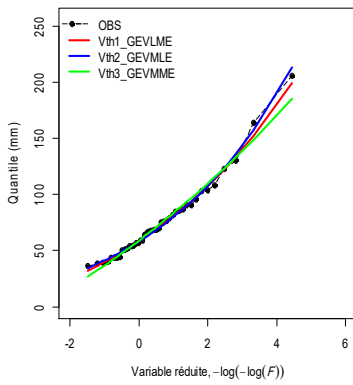
S23



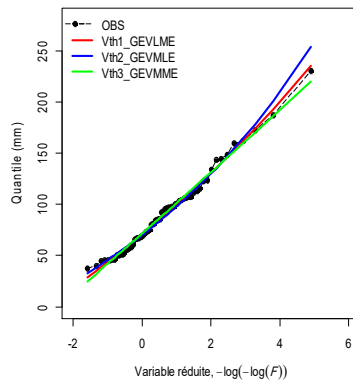
S24



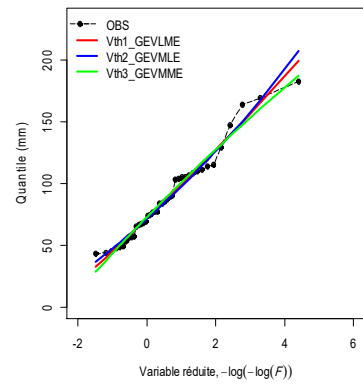
S25



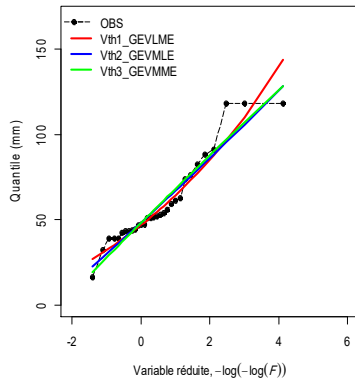
S26



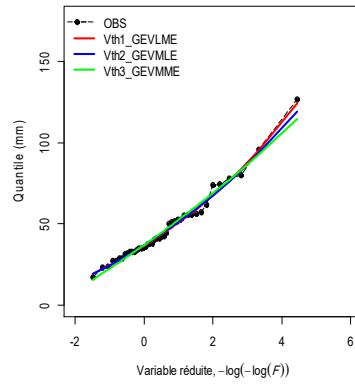
S27



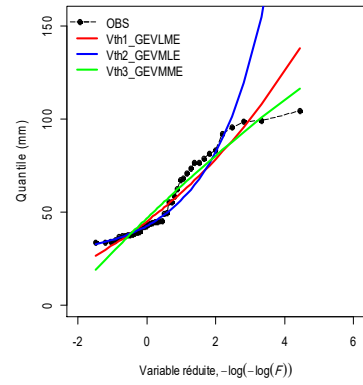
S28



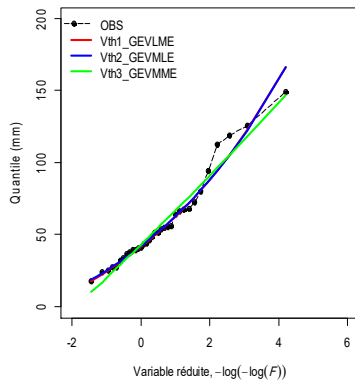
S29



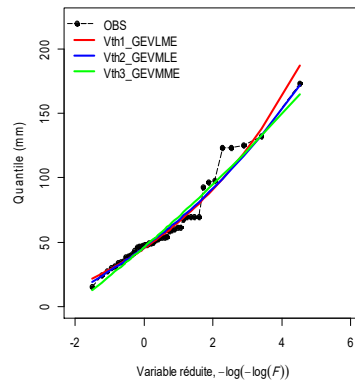
S30



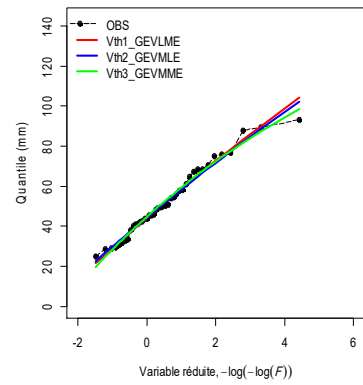
S31



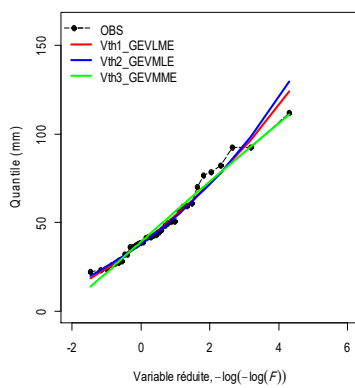
S32



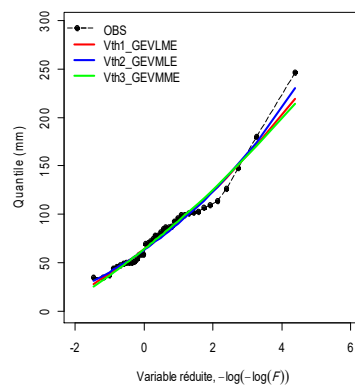
S33



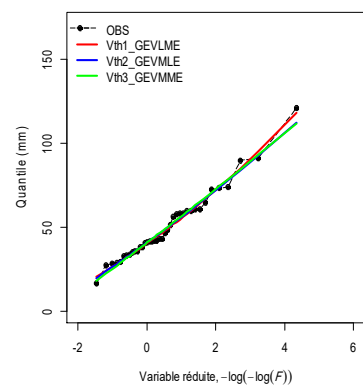
S34



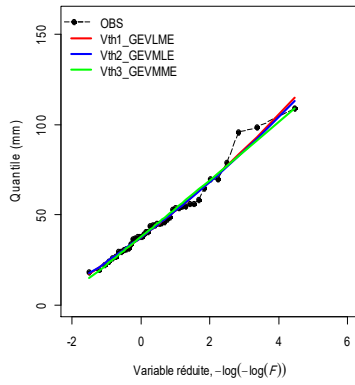
S35



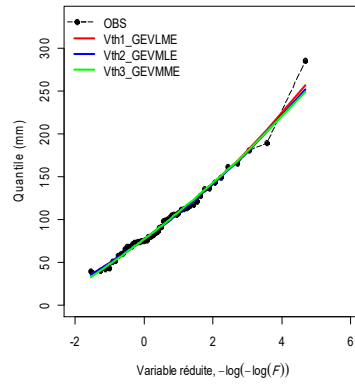
S36



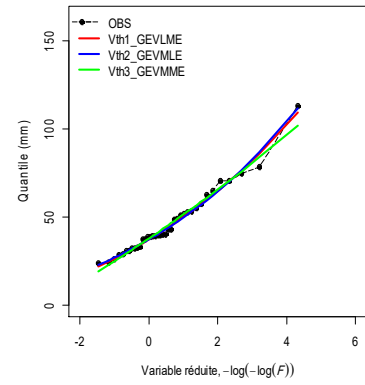
S37



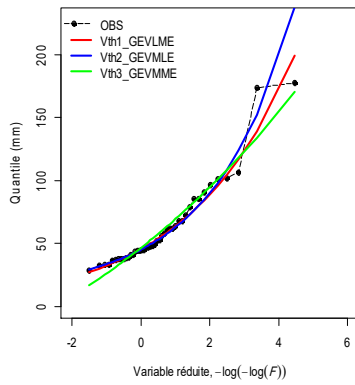
S38



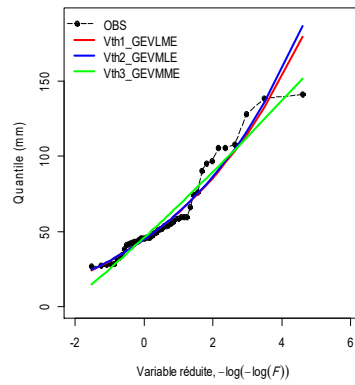
S39



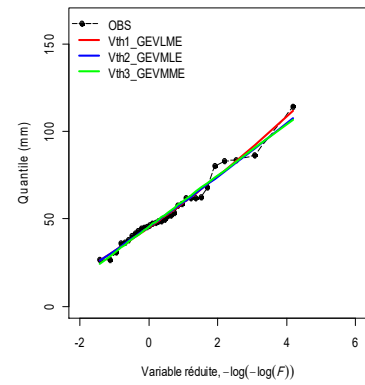
S40



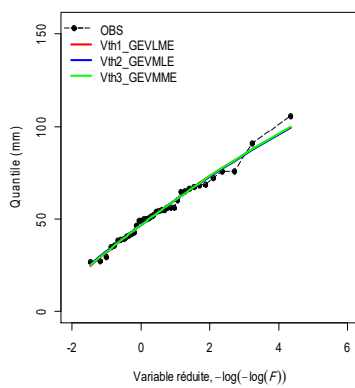
S41



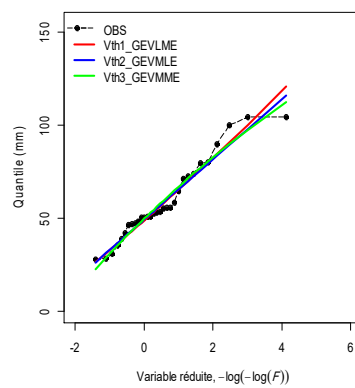
S42



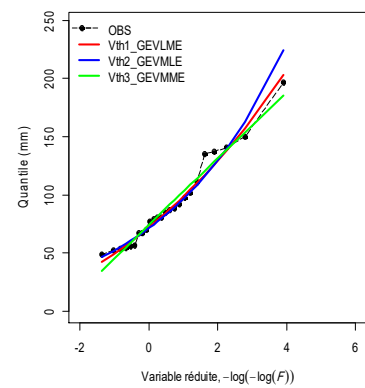
S43



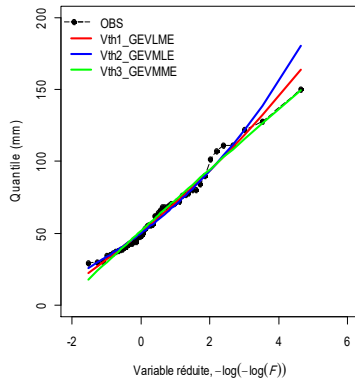
S44



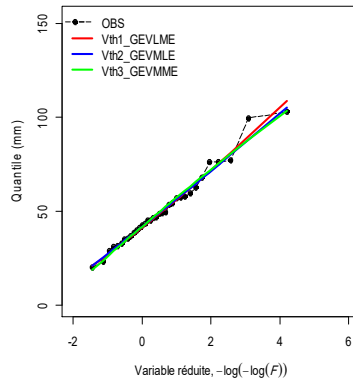
S45



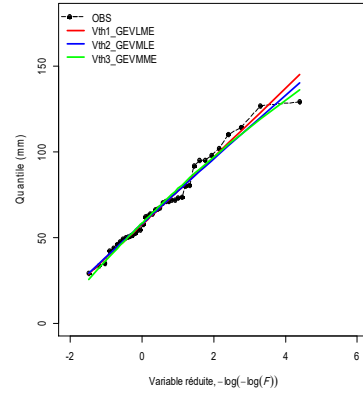
S46



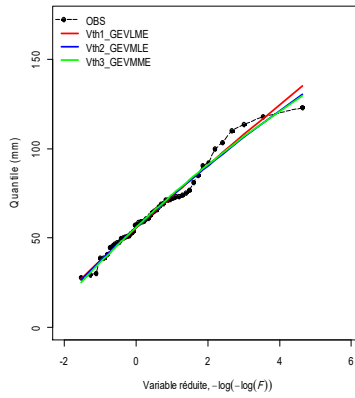
S47



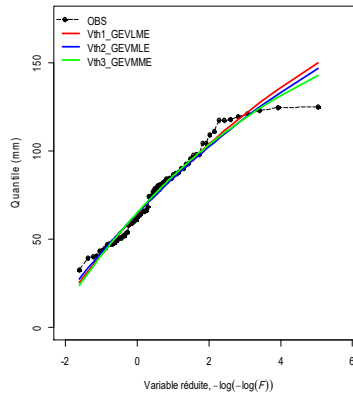
S48



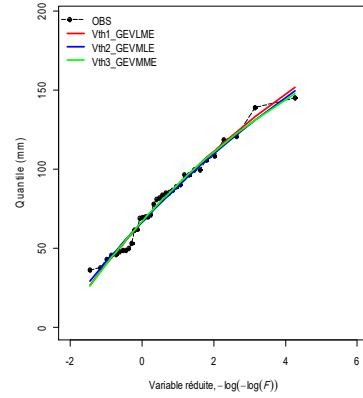
S49



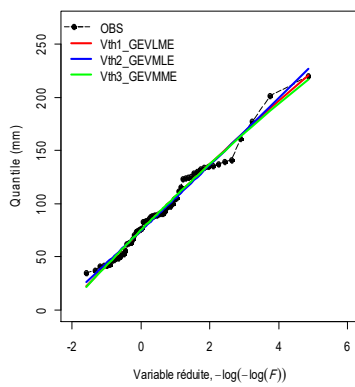
S50



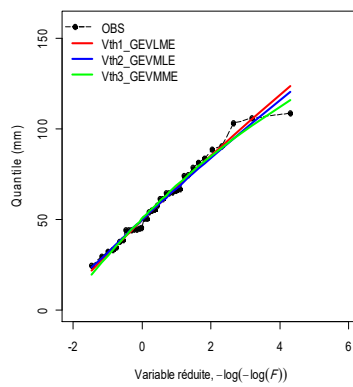
S51



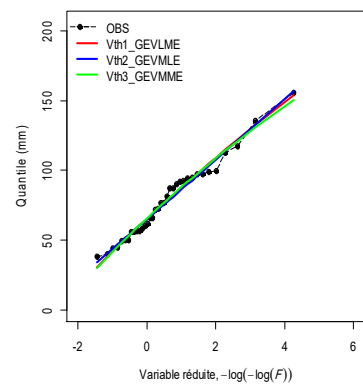
S52



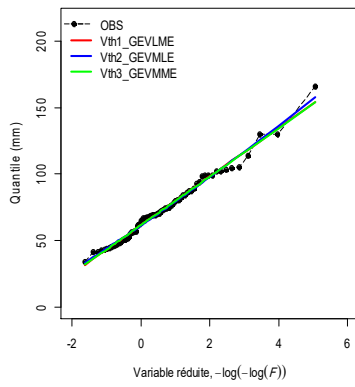
S53



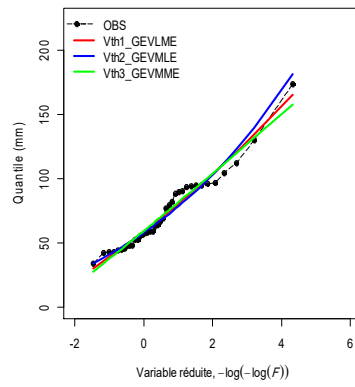
S54



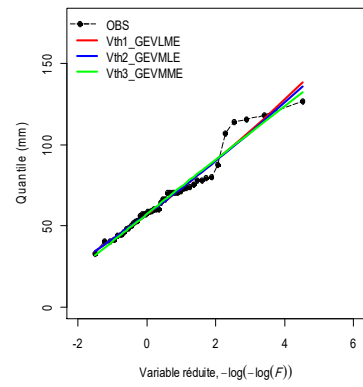
S55



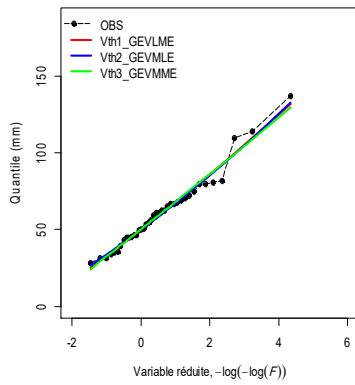
S56



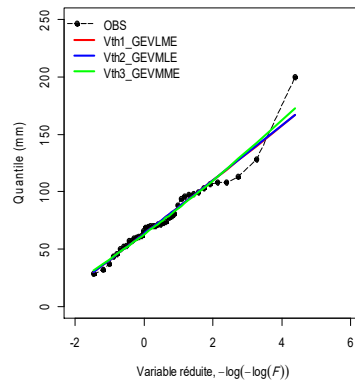
S57



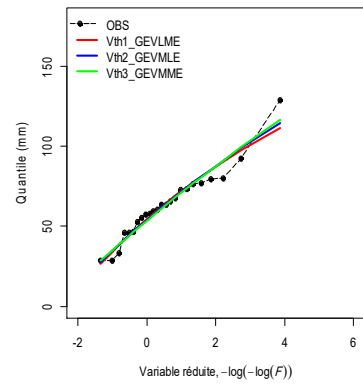
S58



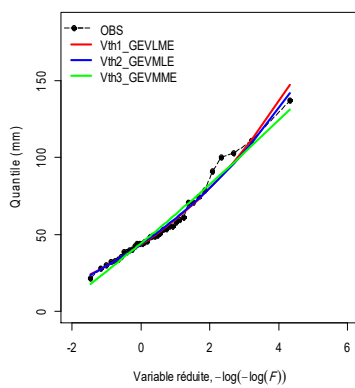
S59



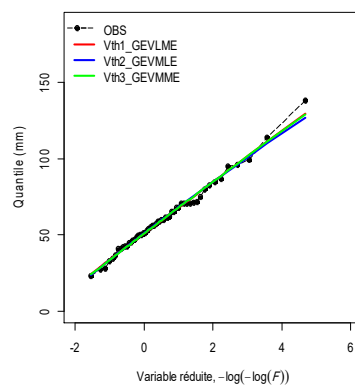
S60



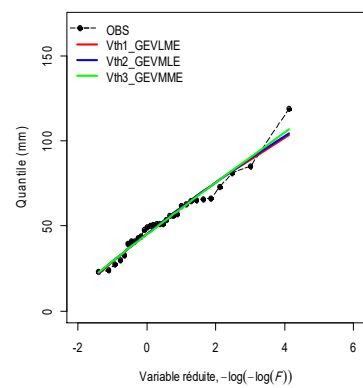
S61



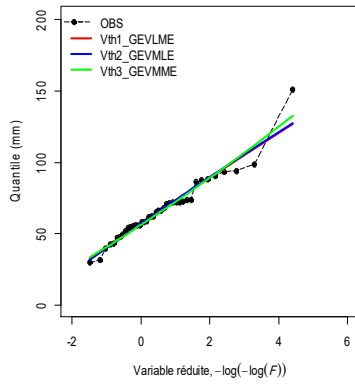
S62



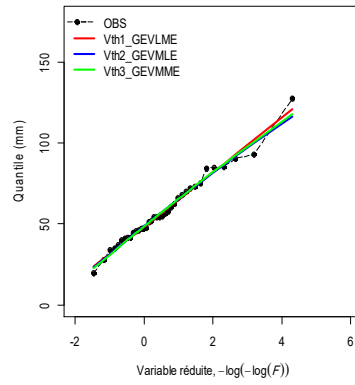
S63



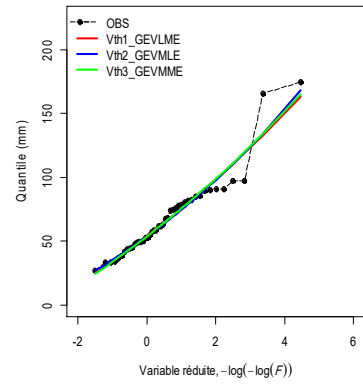
S64



S65

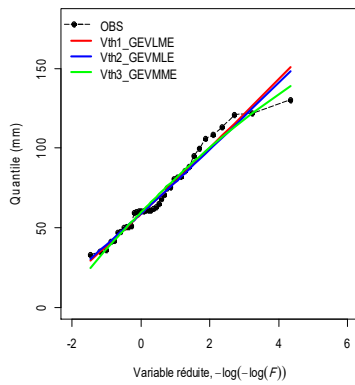


S66

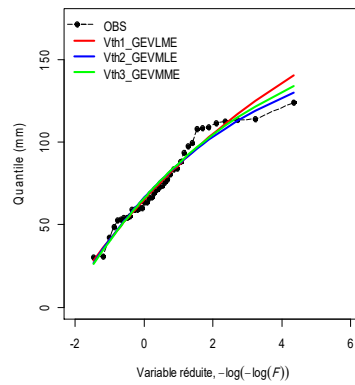


- Côtiers Constantinois

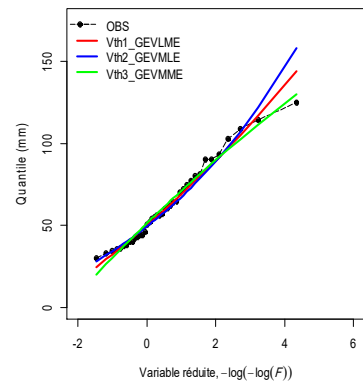
S67



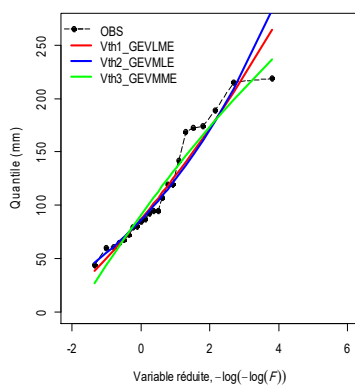
S68



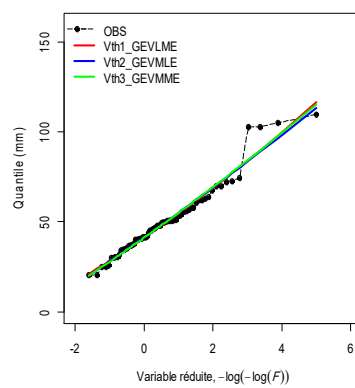
S69



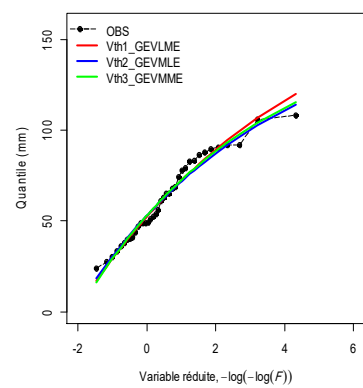
S70



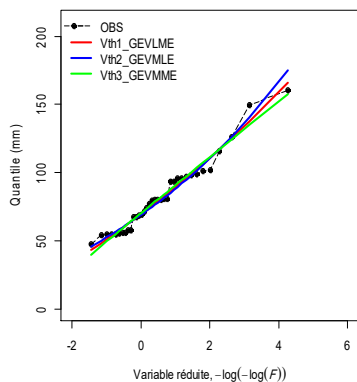
S71



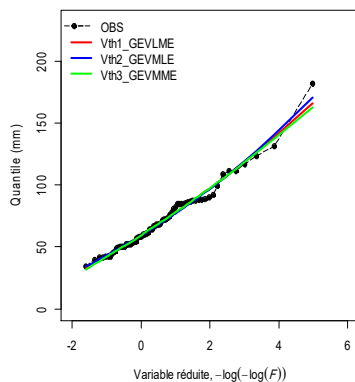
S72



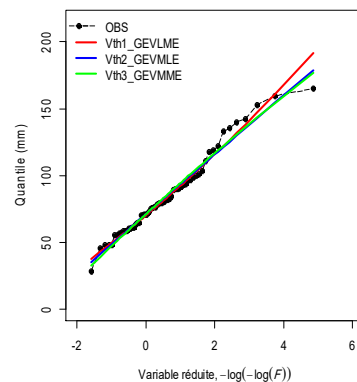
S73



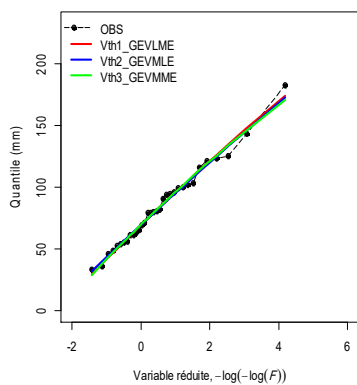
S74



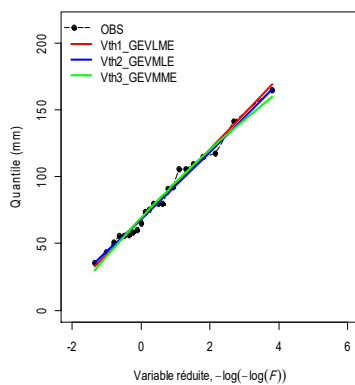
S75



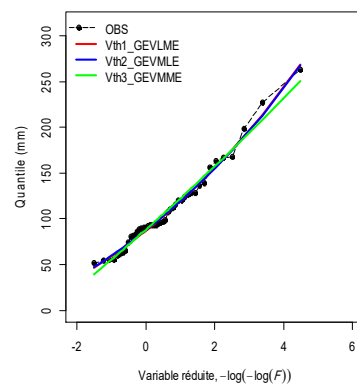
S76



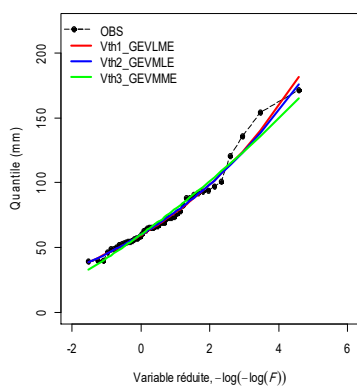
S77



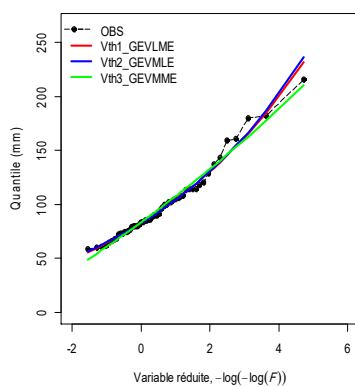
S78



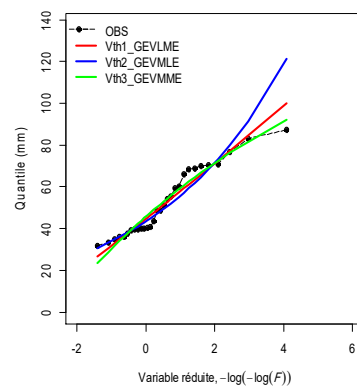
S79



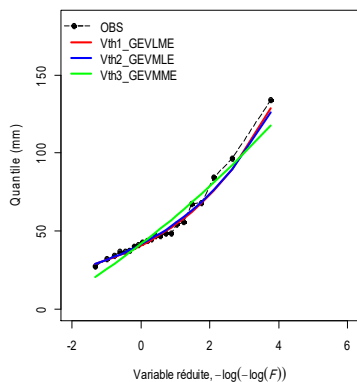
S80



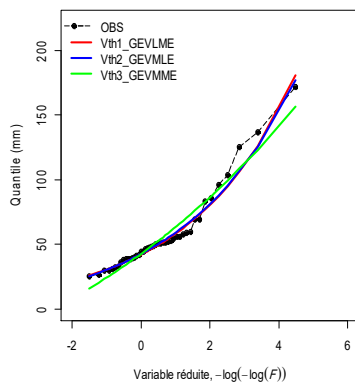
S81



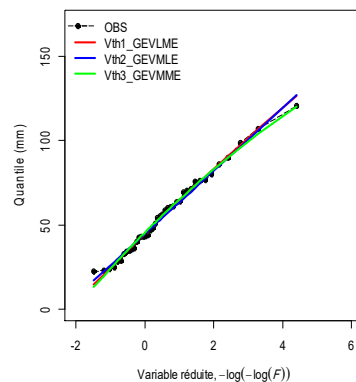
S82



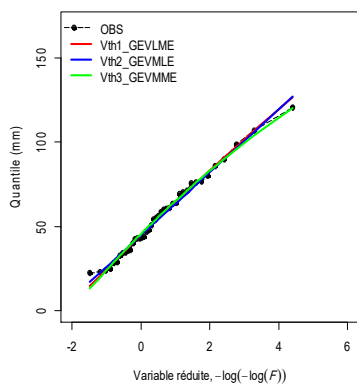
S83



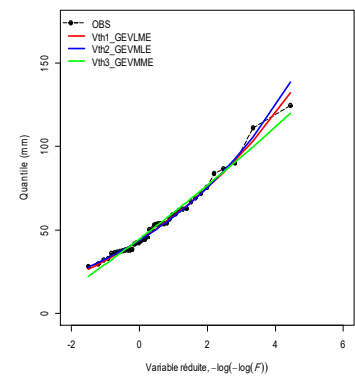
S84



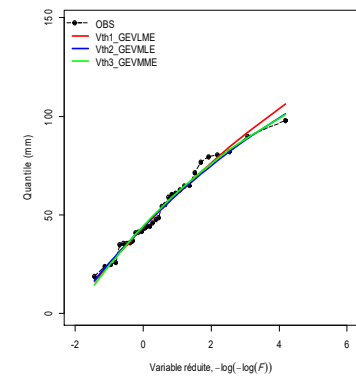
S85



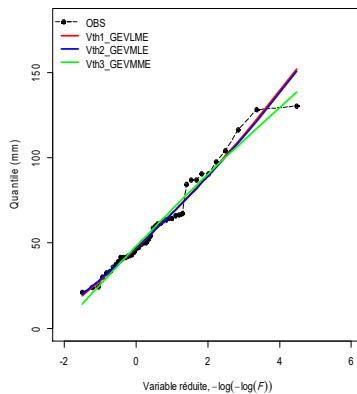
S86



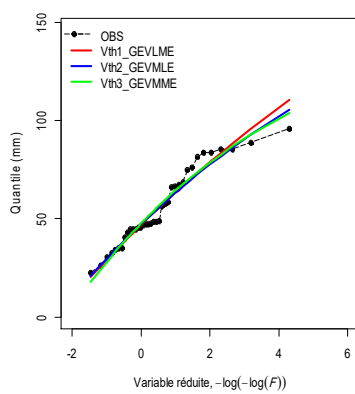
S87



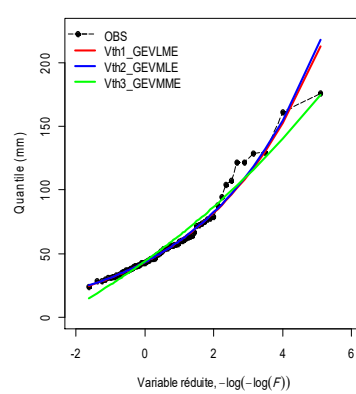
S88



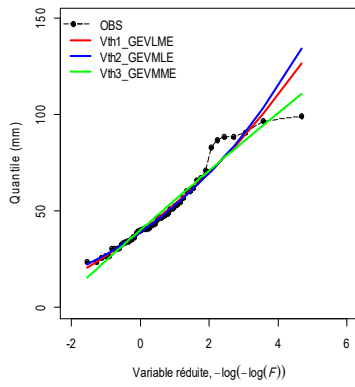
S89



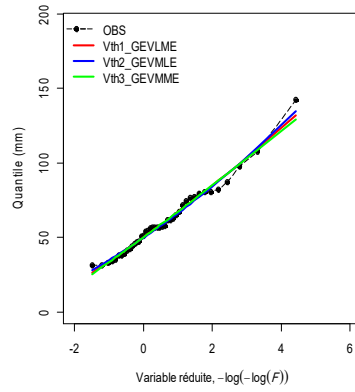
S90



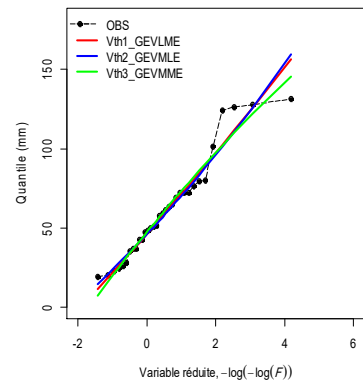
S91



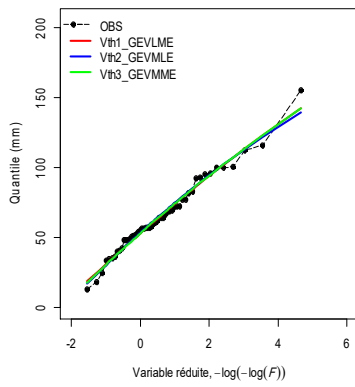
S92



S93

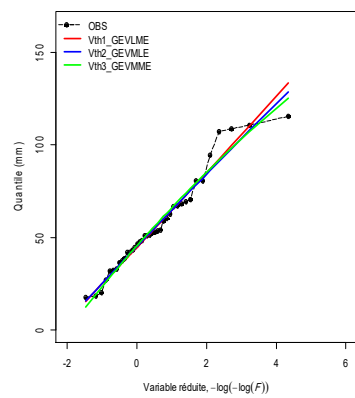


S94

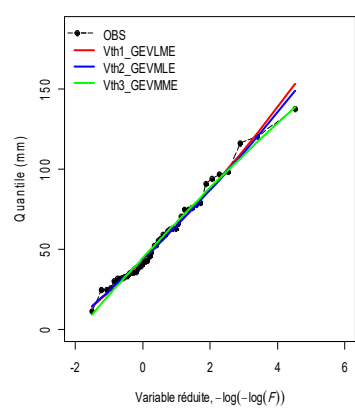


• Côtiers Oranais

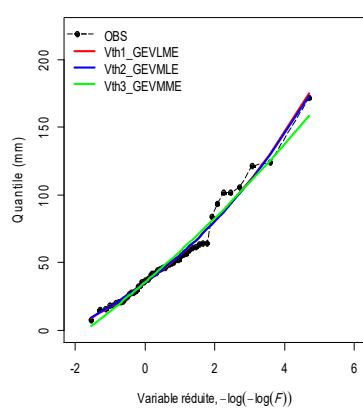
S95

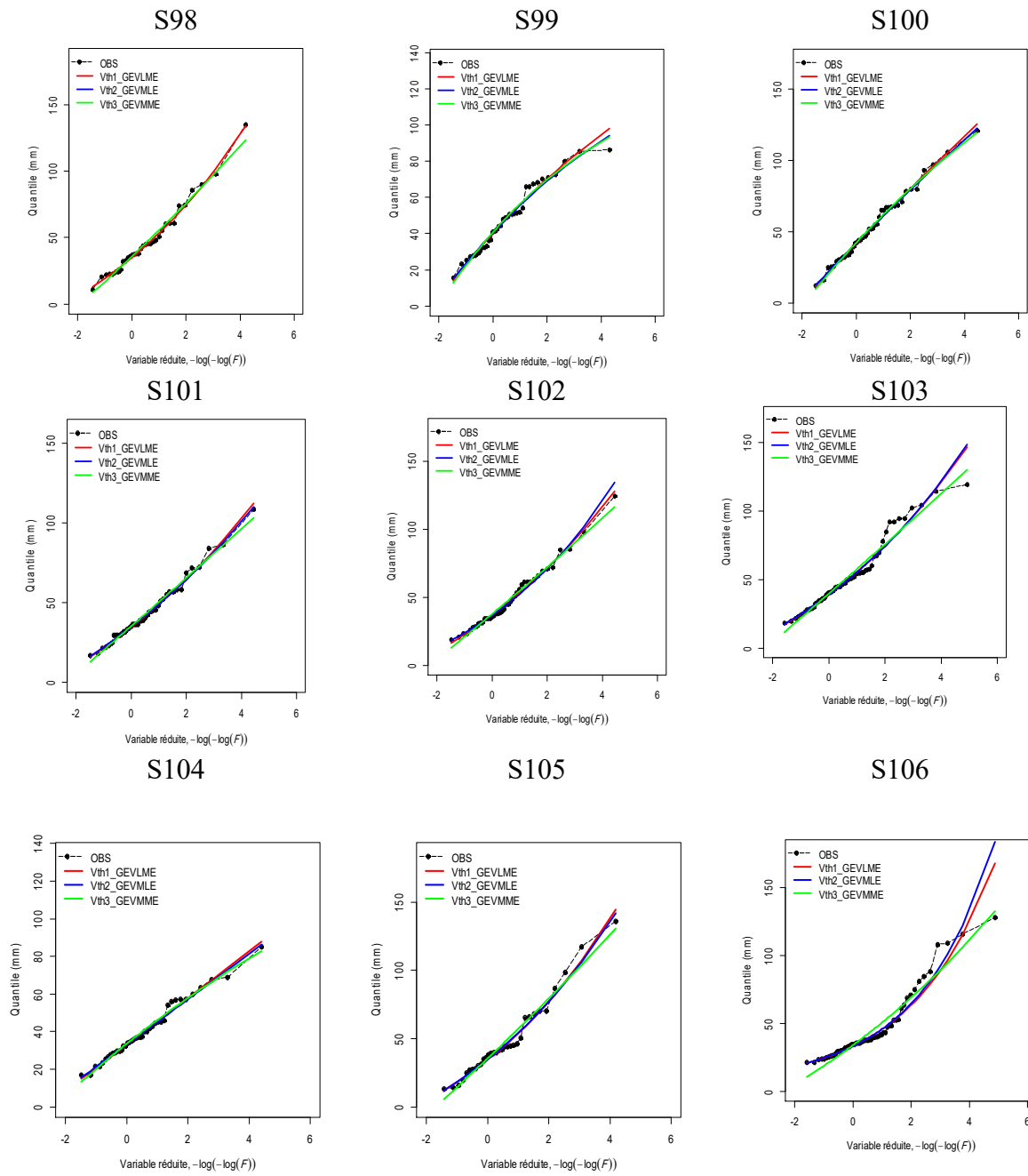


S96

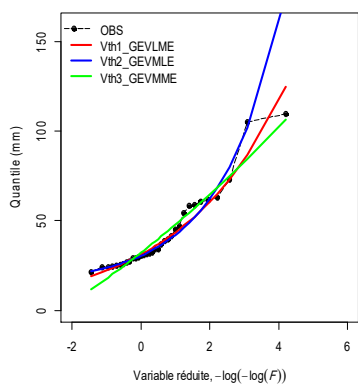


S97

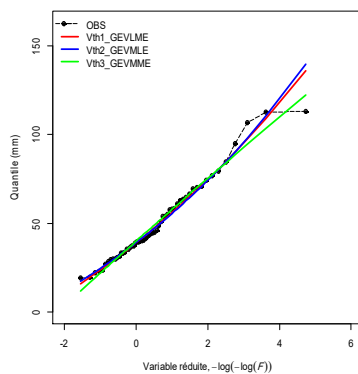




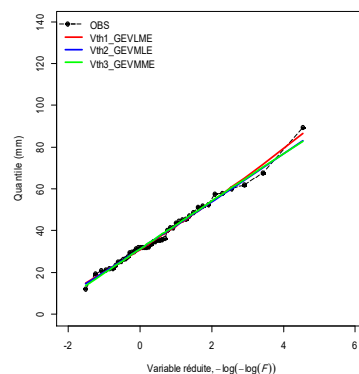
S107



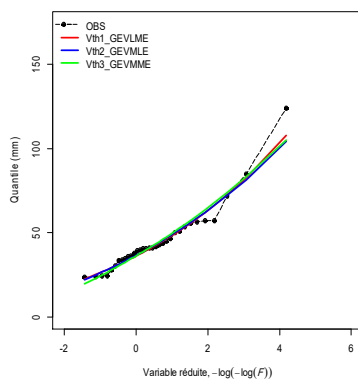
S108



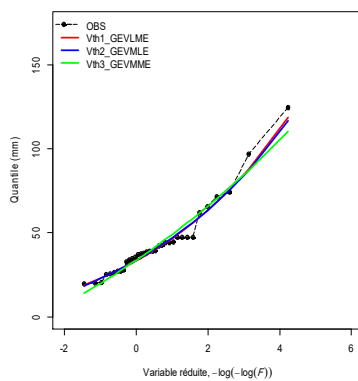
S109



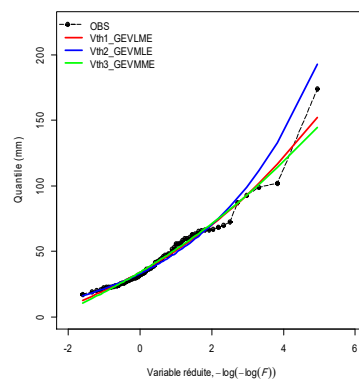
S110



S111



S112



Annexe 12

Les méthodes optimales d'estimation des paramètres de la loi GEV pour chaque station du trois bassins du littoral Algérien.

Bassin	Stations	St	Meilleure méthode d'estimation des paramètres de la loi GEV
Côtiers Algérois	KHADRA	S1	Maximum de vraisemblance
	SIDI M'HAMED BEN ALI	S2	Maximum de vraisemblance
	BORDJ ABOU EL HASSEN	S3	Maximum de vraisemblance
	TENES	S4	L-moments
	SIDI AKACHA	S5	L-moments
	BORDJ GHOBRINI	S6	Moments conventionnels
	MENACEUR	S7	Moments conventionnels
	IAZABENE	S8	Maximum de vraisemblance
	MEURAD BARRAGE	S9	Maximum de vraisemblance
	CHERCHELL PHARE	S10	Maximum de vraisemblance
	SIDI GHILES	S11	Maximum de vraisemblance
	GOURAYA	S12	Maximum de vraisemblance
	PONT CW 7 (Hadjout)	S13	Maximum de vraisemblance
	AIN TAGOURAIT (Berard Mairie))	S14	L-moments
	FOUKA MARINE	S15	L-moments
	OULED FAYET	S16	L-moments
	BIRMANDREIS ANRH	S17	Moments conventionnels
	MAHELMA FERME	S18	Moments conventionnels
	COL DES 2 BASSINS	S19	L-moments
	OULED OUALI	S20	L-moments
	OULED ALI	S21	L-moments
	PONT D 9	S22	Moments conventionnels
	REGHAIA PONT R.N. 05	S23	L-moments
	TOUAMINE	S24	Moments conventionnels
	EL AZAIEB MIZRANA	S25	Maximum de vraisemblance
	YAKOURENE	S26	L-moments
	TAGMA PEPINIÈRE	S27	L-moments
	ROUABAH	S28	Maximum de vraisemblance
	AIN DEM	S29	L-moments
	OUED ZBOUDJ	S30	Moments conventionnels
	AIN BENIAN	S31	Maximum de vraisemblance
	BOU MEDFA M.F.	S32	Maximum de vraisemblance
	ATTATBA CAVE	S33	Moments conventionnels
	SIDI RACHED HELLOULA	S34	Moments conventionnels
	PRISE DE MEDEA	S35	Maximum de vraisemblance
	RN4 (La Chiffa)	S36	L-moments
	OUZERA	S37	L-moments
	EL HAMDANIA	S38	L-moments
	FER A CHEVAL	S39	L-moments
	BENI MERED	S40	L-moments

	BOUFARIK PEPINIÈRE	S41	Moments conventionnels
	OUED EL ALLEUG	S42	L-moments
	KOLEA	S43	Moments conventionnels
	KOLEA SECTEUR	S44	Moments conventionnels
	CHREA COL	S45	L-moments
	EL ARBA	S46	L-moments
	DOUIRA	S47	L-moments
	TIGZIRT N'BOUBHIR	S48	Moments conventionnels
	DJEMAA SAHARIDJ	S49	Maximum de vraisemblance
	AZZAZGA ECOLE	S50	Moments conventionnels
	AIT AICHA	S51	Maximum de vraisemblance
	AGHRIBS (Adrar)	S52	L-moments
	FREHA	S53	Moments conventionnels
	BERBER (ex S.EL HAD)	S54	L-moments
	L'ARBAA NAIT IRATHEN	S55	Maximum de vraisemblance
	BENI YENNI	S56	L-moments
	BOUASSEM MF	S57	Maximum de vraisemblance
	DRAA BEN KHEDDA	S58	Maximum de vraisemblance
	L'ARBAA MAKOUDA	S59	Moments conventionnels
	TIZI OUZOU ANRH	S60	Moments conventionnels
	DRAA EL MIZAN	S61	Maximum de vraisemblance
	BOGHNI	S62	L-moments
	AIN ZAOUIA	S63	Moments conventionnels
	NEZLIOUA	S64	Moments conventionnels
	TIZI LETNINE	S65	L-moments
	BAGHLIA VILLAGE	S66	Maximum de vraisemblance
Côtiers Constantinois	BOU KHELIFA	S67	Moments conventionnels
	CAP AOKAS COMMUNE	S68	Maximum de vraisemblance
	DOMAINE DEHAS TICHI	S69	Moments conventionnels
	BORDJ MIRA	S70	Moments conventionnels
	AMOUCAS	S71	L-moments
	TIZI N'BRAHAM	S72	Moments conventionnels
	SOUK EL TENINE	S73	L-moments
	JIJEL SECTEUR	S74	Maximum de vraisemblance
	TEXENNA	S75	Maximum de vraisemblance
	CHEDIA	S76	Maximum de vraisemblance
	DAR EL OUED	S77	L-moments
	ERRAGUENE	S78	L-moments
	TAHER	S79	L-moments
	ZITOUNA	S80	L-moments
	TAMALOUS	S81	Moments conventionnels
	BENI ZID GUERGOURA	S82	L-moments
	ZARDESAS Bge	S83	Maximum de vraisemblance
	BOU SNIB	S84	L-moments
	EL ARROUCH	S85	L-moments
	RAMDANE DJAMEL De Berais	S86	L-moments
ZIT EMBA ST.Hydro.	S87	Moments conventionnels	

	BOUATI MAHMOUD	S88	Moments conventionnels
	AIN CHERCHAR	S89	Moments conventionnels
	BERRAHAL	S90	L-moments
	BOU HADJAR	S91	Moments conventionnels
	AIN EL ASSEL	S92	Maximum de vraisemblance
	ROUM EL SOUK	S93	Moments conventionnels
	AIN KERMA	S94	L-moments
Côtiers Oranais	GHAZAOUET EL BOR	S95	Moments conventionnels
	SIDI BOUDJENANE DRS	S96	Maximum de vraisemblance
	MARSA BEN M'HIDI	S97	L-moments
	DAR BENCHERKI	S98	L-moments
	AOUBELLIL	S99	Moments conventionnels
	AGHLAL	S100	Maximum de vraisemblance
	OUED BERKECHE	S101	Maximum de vraisemblance
	AIN TEMOUCHENT ERA	S102	L-moments
	TAMZOURAH	S103	Moments conventionnels
	AIN EL ARBA	S104	Maximum de vraisemblance
	MAKEDRA	S105	Maximum de vraisemblance
	HAMMAM BOU HADJAR	S106	Moments conventionnels
	BREDEAH	S107	L-moments
	ORAN PEPINIERE	S108	Moments conventionnels
	BOUFATIS	S109	L-moments
KHER DINE	S110	L-moments	
DUNE CULTIVEES	S111	L-moments	
MOSTAGUEM SCM	S112	L-moments	

Annexe 13

Les périodes de retour (GEV) des PMP pour les 112 stations analysées.

Bassin	Noms des Stations	Code St	T PMP max (ans) GEV	T PMP max24 (ans) GEV
Côtiers Algérois	KHADRA	S1	255.9771	346.7887
	SIDI M'HAMED BEN ALI	S2	236.7648	311.5362
	BORDJ ABOU EL HASSEN	S3	1157.407	2197.802
	TENES	S4	2353.495	5321.98
	SIDI AKACHA	S5	919.7094	1559.089
	BORDJ GHOBRINI	S6	NaN	NaN
	MENACEUR	S7	89285.71	666666.7
	IAZABENE	S8	4562.044	12195.12
	MEURAD BARRAGE	S9	1190.334	2184.36
	CHERCHELL PHARE	S10	NaN	NaN
	SIDI GHILES	S11	915.7509	1601.281
	GOURAYA	S12	769.4675	1300.39
	PONT CW 7 (Hadjout)	S13	288.1678	421.7452
	AIN TAGOURAIT (Berard Mairie)	S14	92592.59	909090.9
	FOUKA MARINE	S15	4228.33	11614.4
	OULED FAYET	S16	5020.08	14285.71
	BIRMANDREIS ANRH	S17	22321.43	102040.8
	MAHELMA FERME	S18	8032.129	24330.9
	COL DES 2 BASSINS	S19	434.5181	622.9365
	OULED OUALI	S20	520.2914	849.8343
	OULED ALI	S21	43478.26	333333.3
	PONT D 9	S22	Inf	Inf
	REGHAIA PONT R.N. 05	S23	577.034	918.6955
	TOUAMINE	S24	NaN	NaN
	EL AZAIEB MIZRANA	S25	461.8511	738.607
	YAKOURENE	S26	1127.904	2737.476
	TAGMA PEPINIERE	S27	2156.567	6697.924
	ROUABAH	S28	19493.18	76335.88
	AIN DEM	S29	1003.21	1823.487
	OUED ZBOUDJ	S30	2500000	Inf
	AIN BENIAN	S31	723.0135	1218.621
	BOU MEDFA M.F.	S32	1672.241	3224.766
	ATTATBA CAVE	S33	NaN	NaN
	SIDI RACHED HELLOULA	S34	68493.15	454545.5
	PRISE DE MEDEA	S35	583.0564	1025.431
	RN4 (La Chiffa)	S36	2704.164	6353.24
	OUZERA	S37	3371.544	8298.755
	EL HAMDANIA	S38	424.9713	858.9589
	FER A CHEVAL	S39	1247.816	2445.586

	BENI MERED	S40	368.5685	539.0254
	BOUFARIK PEPINIÈRE	S41	11173.18	37037.04
	OUED EL ALLEUG	S42	4290.004	11918.95
	KOLEA	S43	5000000	Inf
	KOLEA SECTEUR	S44	Inf	Inf
	CHREA COL	S45	381.9856	712.3522
	EL ARBA	S46	2687.45	6365.372
	DOUIRA	S47	7593.014	24813.9
	TIGZIRT N'BOUBHIR	S48	Inf	Inf
	DJEMAA SAHARIDJ	S49	2500000	Inf
	AZZAZGA ECOLE	S50	NaN	NaN
	AIT AICHA	S51	Inf	NaN
	AGHRIBS (Adrar)	S52	5963.029	33557.05
	FREHA	S53	NaN	NaN
	BERBER (ex S.EL HAD)	S54	172413.8	3333333
	L'ARBAA NAIT IRATHEN	S55	13054.83	52356.02
	BENI YENNI	S56	3494.06	8865.248
	BOUASSEM MF	S57	8710.801	29850.75
	DRAA BEN KHEDDA	S58	6293.266	18587.36
	L'ARBAA MAKOUDA	S59	5042.864	14858.84
	TIZI OUZOU ANRH	S60	1111111	Inf
	DRAA EL MIZAN	S61	1088.376	2002.804
	BOGHNI	S62	49504.95	322580.6
	AIN ZAOUIA	S63	94339.62	833333.3
	NEZLIOUA	S64	9920.635	35460.99
	TIZI LETNINE	S65	24271.84	120481.9
	BAGHLIA VILLAGE	S66	2478.929	5425.936
Côtiers Constantinois	BOU KHELIFA	S67	5000000	3333333
	CAP AOKAS COMMUNE	S68	236.7648	311.5362
	DOMAINE DEHAS TICHI	S69	Inf	NaN
	BORDJ MIRA	S70	NaN	NaN
	AMOUCAS	S71	2500000	Inf
	TIZI N'BRAHAM	S72	479.8464	2466.091
	SOUK EL TENINE	S73	7547.17	23474.18
	JIJEL SECTEUR	S74	NaN	NaN
	TEXENNA	S75	1901.141	5089.059
	CHEDIA	S76	2380.952	5506.608
	DAR EL OUED	S77	13333.33	75187.97
	ERRAGUENE	S78	22779.04	158730.2
	TAHER	S79	5025.126	19342.36
	ZITOUNA	S80	143.4453	273.9201
	TAMALOUS	S81	729.6075	1262.467
	BENI ZID GUERGOURA	S82	233.0079	431.0716
	ZARDESAS Bge	S83	NaN	NaN
	BOU SNIB	S84	295.788	422.1012
EL ARROUCH	S85	437.6942	652.6989	
	RAMDANE DJAMEL De Berais	S86	120481.9	1250000

	ZIT EMBA ST.Hydro.	S87	560.0986	886.7607
	BOUATI MAHMOUD	S88	950.6607	1764.602
	AIN CHERCHAR	S89	NaN	NaN
	BERRAHAL	S90	303030.3	5000000
	BOU HADJAR	S91	NaN	NaN
	AIN EL ASSEL	S92	432.863	650.8722
	ROUM EL SOUK	S93	81300.81	625000
	AIN KERMA	S94	3223.727	8025.682
Côtiers Oranais	GHAZAOUET EL BOR	S95	5000000	Inf
	SIDI BOUDJENANE DRS	S96	1000000	Inf
	MARSA BEN M'HIDI	S97	5000000	5000000
	DAR BENCHERKI	S98	143.4453	273.9201
	AOUBELLIL	S99	10000000	Inf
	AGHLAL	S100	5571.031	15313.94
	Oued BERKECHE	S101	1003.11	1751.313
	AIN TEMOUCHENT ERA	S102	1261.989	2383.79
	TAMZOURAH	S103	NaN	NaN
	AIN EL ARBA	S104	243902.4	3333333
	MAKEDRA	S105	2673.797	6112.469
	HAMMAM BOU HADJAR	S106	1517.681	3069.368
	BREDEAH	S107	24813.9	109890.1
	ORAN PEPINIERE	S108	33898.31	181818.2
	BOUFATIS	S109	1171.783	2135.839
KHER DINE	S110	3370.408	7763.975	
DUNE CULTIVEES	S111	334.7056	487.7811	
MOSTAGUEM SCM	S112	75187.97	526315.8	

Annexe 14

Les quantiles des Pjmax pour différentes périodes de retour

Bassin	Stations	<i>PMPmax</i> <i>24H</i>	P10	P20	P50	P100	P200	P500
Côtiers Algérois	S1	317.40	75.29	98.88	141.25	184.90	242.11	346.01
	S2	291.53	65.84	86.35	125.01	166.74	223.70	332.20
	S3	337.56	101.23	120.32	146.53	167.36	189.17	219.67
	S4	279.37	89.54	105.32	127.62	145.84	165.38	193.47
	S5	297.02	85.62	103.30	130.70	155.20	183.61	228.32
	S6	267.97	89.49	101.86	117.14	128.07	138.55	151.75
	S7	357.40	111.07	133.78	167.41	196.18	228.28	276.60
	S8	221.68	73.30	85.80	103.51	118.01	133.58	156.02
	S9	398.57	115.14	141.50	182.22	218.51	260.48	326.31
	S10	280.55	93.27	105.69	120.80	131.45	141.52	154.01
	S11	331.85	98.64	118.65	148.72	174.81	204.28	249.29
	S12	322.48	95.06	115.69	147.80	176.61	210.12	263.05
	S13	337.95	95.19	118.00	153.02	184.04	219.71	275.32
	S14	221.28	75.26	85.74	99.01	108.76	118.31	130.65
	S15	229.71	79.92	91.73	107.99	120.95	134.56	153.64
	S16	344.84	107.51	127.08	153.53	174.20	195.57	224.97
	S17	295.31	97.47	115.20	141.46	163.92	188.98	226.69
	S18	318.15	95.42	116.67	149.91	179.91	214.97	270.64
	S19	492.85	117.14	150.64	207.95	264.30	335.23	458.11
	S20	322.22	98.44	120.73	155.65	187.20	224.11	282.81
	S21	176.96	67.77	75.63	85.72	93.23	100.66	110.39
	S22	224.84	79.60	89.59	102.09	111.15	119.91	131.09
	S23	274.16	80.62	98.23	126.45	152.50	183.56	234.04
	S24	239.17	82.72	91.97	102.54	109.55	115.84	123.20
	S25	375.35	115.10	138.96	175.10	206.68	242.60	297.84
	S26	368.11	138.82	163.06	196.36	222.84	250.57	289.37
	S27	345.71	134.34	155.43	183.46	205.02	227.00	256.76
	S28	290.12	90.97	109.33	136.96	160.96	188.10	229.57
	S29	238.89	72.35	87.18	109.38	128.57	150.18	183.04
	S30	250.78	83.51	99.25	122.69	142.84	165.42	199.58
	S31	338.26	95.35	118.34	153.45	184.39	219.82	274.77
	S32	350.76	98.30	121.85	158.56	191.55	229.98	290.76
	S33	212.54	75.99	85.60	97.64	106.38	114.85	125.68
	S34	246.21	76.83	91.94	113.78	132.03	151.98	181.30
	S35	409.89	132.88	159.59	198.06	230.07	264.96	316.05
	S36	238.14	76.46	89.81	108.53	123.69	139.85	162.90
	S37	230.91	72.82	85.67	103.52	117.84	132.99	154.38
	S38	374.21	151.05	179.36	219.73	253.01	288.97	341.14
	S39	212.29	68.72	81.31	99.78	115.43	132.76	158.59
	S40	356.77	96.45	122.10	165.35	207.33	259.55	348.81
	S41	317.78	92.51	114.20	148.51	179.78	216.64	275.79
	S42	227.04	78.43	90.28	106.54	119.45	132.96	151.83
	S43	207.66	76.03	84.48	94.78	102.06	108.95	117.53

Côtiers Constantinóis	S44	250.62	86.62	99.44	116.54	129.74	143.23	161.55
	S45	351.55	137.85	164.28	203.25	236.42	273.29	328.52
	S46	313.69	99.68	117.66	142.74	162.98	184.46	214.96
	S47	226.89	75.86	87.66	103.49	115.78	128.40	145.63
	S48	292.55	101.76	116.11	134.83	148.96	163.13	181.97
	S49	269.46	95.15	107.42	123.00	134.45	145.68	160.23
	S50	293.76	108.29	120.28	134.48	144.24	153.27	164.19
	S51	316.32	116.32	129.78	145.64	156.46	166.42	178.41
	S52	362.97	144.81	166.24	193.31	213.10	232.41	257.27
	S53	259.50	89.42	101.63	117.02	128.25	139.20	153.28
	S54	313.20	114.13	128.74	146.95	160.09	172.77	188.88
	S55	287.49	102.67	115.83	132.83	145.56	158.22	174.91
	S56	336.35	109.73	128.14	153.61	174.01	195.51	225.81
	S57	264.31	94.60	107.78	125.72	139.84	154.51	174.82
	S58	272.58	90.65	104.37	122.68	136.81	151.25	170.88
	S59	344.78	115.90	132.99	155.33	172.23	189.20	211.81
	S60	261.01	90.96	100.62	111.86	119.45	126.36	134.59
	S61	283.57	86.03	104.55	132.98	158.15	187.09	232.19
	S62	259.97	88.94	101.05	116.66	128.30	139.87	155.05
	S63	232.50	79.02	88.71	100.58	108.98	116.97	126.94
	S64	264.30	93.31	104.75	119.39	130.22	140.91	154.85
	S65	252.53	85.98	98.25	114.23	126.29	138.36	154.39
	S66	339.86	104.45	122.48	147.32	167.12	187.91	217.05
	S67	305.01	105.44	120.86	141.16	156.61	172.23	193.16
	S68	294.32	109.17	120.75	134.22	143.29	151.54	161.35
	S69	284.81	94.70	110.66	132.63	150.11	168.44	194.11
	S70	344.73	183.69	219.27	269.13	309.52	352.54	413.87
	S71	216.89	72.58	83.47	98.22	109.77	121.72	138.20
	S72	269.57	93.12	103.41	115.13	122.86	129.76	137.80
	S73	297.83	116.50	133.27	156.36	174.74	194.02	221.03
	S74	299.63	102.40	117.85	139.16	156.17	174.06	199.17
	S75	314.07	121.95	140.09	164.79	184.23	204.45	232.46
	S76	341.48	127.69	145.43	167.72	183.92	199.66	219.82
S77	339.63	126.94	146.20	171.39	190.45	209.61	235.13	
S78	332.88	165.07	195.18	238.57	274.70	314.11	371.85	
S79	323.37	104.82	124.63	155.21	182.46	213.96	263.34	
S80	302.52	137.92	161.00	195.71	225.84	259.90	311.92	
S81	201.58	74.68	84.53	97.47	107.31	117.24	130.55	
S82	277.83	78.99	99.30	134.65	170.02	215.22	294.90	
S83	326.00	87.28	110.28	149.34	187.48	235.20	317.29	
S84	271.82	87.94	101.15	117.84	130.04	141.94	157.26	
S85	230.62	68.51	83.21	106.90	128.90	155.26	198.35	
S86	245.90	80.17	95.13	117.50	136.81	158.53	191.52	
S87	236.19	80.08	90.35	102.72	111.35	119.43	129.37	
S88	303.87	95.38	112.66	136.48	155.46	175.40	203.37	
S89	235.62	82.49	92.74	105.24	114.07	122.43	132.84	
S90	321.41	88.83	111.09	147.88	182.89	225.73	297.51	
S91	228.66	74.07	87.85	107.89	124.72	143.20	170.51	

	S92	266.07	89.35	102.94	121.26	135.57	150.33	170.61
	S93	349.77	103.92	123.14	148.58	168.04	187.80	214.42
	S94	302.62	98.61	112.20	129.07	141.21	152.90	167.70
Côtiers Oranais	S95	285.32	89.97	104.78	124.14	138.80	153.53	173.16
	S96	308.60	93.54	111.42	136.01	155.55	176.03	204.67
	S97	332.35	87.49	109.37	142.22	170.68	202.80	251.77
	S98	282.51	80.32	98.32	124.66	146.92	171.52	208.10
	S99	216.74	73.53	82.71	93.64	101.18	108.17	116.68
	S100	270.46	85.01	98.42	115.45	128.00	140.30	156.26
	S101	221.09	68.87	81.86	100.29	115.41	131.70	155.21
	S102	250.28	76.36	91.62	113.62	131.95	151.96	181.29
	S103	260.75	79.45	95.22	118.04	137.12	158.00	188.71
	S104	180.54	60.90	69.92	81.66	90.53	99.41	111.21
	S105	305.32	83.57	103.90	134.36	160.71	190.39	235.58
	S106	257.61	68.97	87.76	120.29	152.67	193.85	266.06
	S107	236.60	65.66	83.10	112.64	141.40	177.30	238.88
	S108	255.74	79.58	94.54	115.54	132.58	150.75	176.69
	S109	172.00	56.98	65.92	77.95	87.30	96.93	110.11
	S110	223.02	67.37	80.66	100.98	118.89	139.41	171.23
	S111	239.89	68.25	83.87	108.44	130.71	156.84	198.53
	S112	274.55	75.63	92.81	118.53	140.74	165.74	203.74

Annexe 15

La comparaison entre PMP_{max24H} et $PMP_{max24HQ}$

Bassin	Stations	PMP_{max24H}	$PMP_{max24HQ}$	P_m	$\frac{PMP_{max24H}}{P_m}$	$\frac{PMP_{max24HQ}}{P_m}$
Côtiers Algérois	S1	317.40	321.83	160	1.98	2.01
	S2	291.53	300.48	167.6	1.74	1.79
	S3	337.56	301.20	166.5	2.03	1.81
	S4	279.37	275.90	135	2.07	2.04
	S5	297.02	286.91	176.2	1.69	1.63
	S6	267.97	255.01	110.9	2.42	2.30
	S7	357.40	335.09	150.3	2.38	2.23
	S8	221.68	243.17	102.4	2.16	2.37
	S9	398.57	361.34	207.5	1.92	1.74
	S10	280.55	258.98	135	2.08	1.92
	S11	331.85	309.96	207.3	1.60	1.50
	S12	322.48	312.07	170.4	1.89	1.83
	S13	337.95	320.82	158.1	2.14	2.03
	S14	221.28	232.30	104.4	2.12	2.23
	S15	229.71	246.63	120	1.91	2.06
	S16	344.84	309.25	144.2	2.39	2.14
	S17	295.31	297.16	136	2.17	2.18
	S18	318.15	315.96	157	2.03	2.01
	S19	492.85	415.18	310.3	1.59	1.34
	S20	322.22	324.53	142	2.27	2.29
	S21	176.96	214.04	89	1.99	2.40
	S22	224.84	235.11	98.4	2.29	2.39
	S23	274.16	283.73	152	1.80	1.87
	S24	239.17	233.23	92.7	2.58	2.52
	S25	375.35	347.44	205.4	1.83	1.69
	S26	368.11	366.43	230.1	1.60	1.59
	S27	345.71	345.49	182.3	1.90	1.90
	S28	290.12	293.67	118.5	2.45	2.48
	S29	238.89	255.60	127	1.88	2.01
	S30	250.78	272.37	104.3	2.40	2.61
	S31	338.26	321.23	149.4	2.26	2.15
	S32	350.76	329.65	173	2.03	1.91
	S33	212.54	229.50	93.3	2.28	2.46
	S34	246.21	259.66	112	2.20	2.32
	S35	409.89	374.93	246.6	1.66	1.52
	S36	238.14	249.86	121.2	1.96	2.06
	S37	230.91	242.98	109.1	2.12	2.23
	S38	374.21	401.90	285.5	1.31	1.41
	S39	212.29	240.14	112.8	1.88	2.13
	S40	356.77	348.19	177.7	2.01	1.96
	S41	317.78	315.80	141.2	2.25	2.24
	S42	227.04	244.87	114	1.99	2.15
	S43	207.66	224.42	105.5	1.97	2.13

Côtiers Constantinois	S44	250.62	256.97	104.3	2.40	2.46
	S45	351.55	382.40	197	1.78	1.94
	S46	313.69	296.05	150	2.09	1.97
	S47	226.89	240.56	103	2.20	2.34
	S48	292.55	279.57	129.2	2.26	2.16
	S49	269.46	262.51	122.8	2.19	2.14
	S50	293.76	274.02	125	2.35	2.19
	S51	316.32	288.39	145.1	2.18	1.99
	S52	362.97	354.98	220	1.65	1.61
	S53	259.50	255.22	108.5	2.39	2.35
	S54	313.20	292.66	155.9	2.01	1.88
	S55	287.49	275.57	165.9	1.73	1.66
	S56	336.35	309.02	173.9	1.93	1.78
	S57	264.31	268.84	126.8	2.08	2.12
	S58	272.58	265.28	137	1.99	1.94
	S59	344.78	306.93	200.2	1.72	1.53
	S60	261.01	244.87	129	2.02	1.90
	S61	283.57	290.38	137.1	2.07	2.12
	S62	259.97	255.28	138.4	1.88	1.84
	S63	232.50	232.56	118.8	1.96	1.96
	S64	264.30	257.54	151.3	1.75	1.70
	S65	252.53	252.91	127.2	1.99	1.99
	S66	339.86	300.92	174.9	1.94	1.72
	S67	305.01	288.56	130.4	2.34	2.21
	S68	294.32	272.90	123.7	2.38	2.21
	S69	284.81	280.92	125	2.28	2.25
	S70	344.73	468.35	219	1.57	2.14
	S71	216.89	233.48	109.5	1.98	2.13
	S72	269.57	248.87	108	2.50	2.30
	S73	297.83	309.88	160.6	1.85	1.93
	S74	299.63	288.05	181.5	1.65	1.59
	S75	314.07	321.04	165	1.90	1.95
	S76	341.48	320.68	182.9	1.87	1.75
S77	339.63	328.36	164.5	2.06	2.00	
S78	332.88	427.42	263.3	1.26	1.62	
S79	323.37	318.96	171.6	1.88	1.86	
S80	302.52	369.96	216.3	1.40	1.71	
S81	201.58	230.59	87.4	2.31	2.64	
S82	277.83	304.33	134.2	2.07	2.27	
S83	326.00	324.86	172.3	1.89	1.89	
S84	271.82	257.32	120.7	2.25	2.13	
S85	230.62	255.98	142	1.62	1.80	
S86	245.90	265.28	124.7	1.97	2.13	
S87	236.19	235.34	97.8	2.42	2.41	
S88	303.87	287.22	130.1	2.34	2.21	
S89	235.62	238.54	96	2.45	2.48	
S90	321.41	319.46	176	1.83	1.82	
S91	228.66	251.07	99	2.31	2.54	

	S92	266.07	263.82	142.7	1.86	1.85
	S93	349.77	302.01	131.4	2.66	2.30
	S94	302.62	270.46	155.1	1.95	1.74
Côtiers Oranais	S95	285.32	267.62	115.3	2.47	2.32
	S96	308.60	287.31	137.5	2.24	2.09
	S97	332.35	305.11	172	1.93	1.77
	S98	282.51	277.17	135	2.09	2.05
	S99	216.74	223.38	86.4	2.51	2.59
	S100	270.46	254.92	121.1	2.23	2.11
	S101	221.09	240.12	108.4	2.04	2.22
	S102	250.28	259.57	124.4	2.01	2.09
	S103	260.75	265.64	119.2	2.19	2.23
	S104	180.54	210.86	85	2.12	2.48
	S105	305.32	293.38	136	2.24	2.16
	S106	257.61	283.93	128	2.01	2.22
	S107	236.60	270.68	109.4	2.16	2.47
	S108	255.74	260.30	113	2.26	2.30
	S109	172.00	207.07	89.3	1.93	2.32
	S110	223.02	244.21	124.1	1.80	1.97
	S111	239.89	258.11	124.4	1.93	2.07
	S112	274.55	269.90	173.7	1.58	1.55