

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

**Etude de l'évolution temporelle des intensités des pluies au centre et l'Ouest Algérie.**

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 6-0015-17

APA Citation ( APA توثيق ):

**Ben hamidouche, Boutheyna (2017). Etude de l'évolution temporelle des intensités des pluies au centre et l'Ouest Algérie[Thèse de master, ENSH].**

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

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...)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

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

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

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

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

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE URBAINE

## MEMOIRE DE MASTER

*En vue de l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique*

**Option: Assainissement**

**THEME DU PROJET :**

**Etude de l'évolution temporelle des intensités des pluies au  
centre et l'Ouest Algérie**

**PRESENTE PAR :**

**Mlle : BEN HAMIDOUCHE Boutheyna**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
M <sup>r</sup> A. HADJ SADOK	M.C.A	Président
M <sup>r</sup> I. ZAIBAK	M.A.A	Membre
M <sup>me</sup> N. SAIL	M.A.A	Membre
M <sup>r</sup> A.OSMANI	M.A.A	Membre
M <sup>r</sup> MEDDI Mohammed	Professeur	Promoteur

*Département d'Hydraulique Urbaine*  
**Option: Assainissement**

**Avril 2017**



# DÉDICACE

*À ma très chère mère, pour m'avoir mise au monde et pour m'avoir accompagné tout le long de ma vie avec tant d'amour et d'affection.*

*À mon père, qui sans lui, je ne serais pas arrivé jusqu'ici, j'espère toujours rester fidèle aux valeurs morales qu'il avait inculquées.*

*À mon frère Mohamed lhadj et ma sœur Fatima Zahra, qui m'ont beaucoup aidé, je vous serais toujours reconnaissante.*

*À Youcef que j'aime énormément.*

*À mes frères Fayza et Adel.*

*À beau-frère « Badisse »*

*À mes deux chères petits de la famille « Chaima et Halima »*

*À ma très chère grande mère « Fatima » qui m'adore et qui est toujours à mes côtés.*

*À toute la famille BENHAMIDOUCHE.*

.....BOUTHEYNA.....

# Remerciement

- *Je remercie Dieu le tout puissant, pour m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'étudier et pour m'avoir permis de réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions.*
- *Un vif remerciement à mon promoteur monsieur Meddi Mohamed pour son aide ainsi que son soutien précieux, J'affirme que j'ai appris énormément des choses avec lui.*
- *Je remercie le président et les membres du jury qui me feront l'honneur de juger mon travail.*
- *A tout le personnels de la ANRH d'Alger, je leurs adresse à travers cet humble travail mes remerciements, mes salutations ainsi que ma vive reconnaissance.*
- *Tous les enseignants qui m'apprise ce que je savais tout au long de ma formation;*
- *Je tiens à remercier aussi les enseignants qui m'ont accordé un peu de leur temps pour consulter le travail avec eux en toute aisance en particulier Monsieur **Tommi** et Madame **MAZARI**.*
- *Mes amies « Naima, Chanaz, Rosa, Abir » pour leur présence.*
- *Un remerciement particulier à tous les travailleurs de la bibliothèque de l'ENSH.*
- *Un grand merci pour toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire.*

..... **Benhamidouche Boutheyne**.....2017.



## ملخص

تمثل هذه الدراسة مساهمة في تطوير منهجية العمل والتخطيط للتنبؤ بالمخاطر عن طريق استخدام نماذج المناخ، حيث يعرف الشمال الغربي للجزائر فيضانات تعود لأمطار قصيرة المدة ومرتفعة الشدة. والهدف من هذه الدراسة هو نمذجة كثافة هطول الأمطار في المنطقة الشمالية الغربية من الجزائر، من أجل دراسة اتجاه القيم القصوى. في هذا العمل قمنا بحساب القيم القصوى لفترات ابتداء من المعطيات الخاصة بشدة الأمطار. مطابقة سلاسل الشدات القصوى من أجل مختلف مدد الرجوع (2، 5، 10، 20، 50، 100 و 200 سنة) وفي أوقات مختلفة (5، 10، 15، 20، 30، 45، 60، 120، 180، 240 و 360 دقيقة) بواسطة برنامج HYFRAN-Plus. أثبتت نتائج التحليل أن الشدة القصوى تتوافق جيدا مع قانون GEV حيث ساعد تفسير النتائج في تحديد المناطق المعرضة لخطر الفيضانات في منطقة الدراسة.

## Résumé

Cette étude présente une contribution à l'élaboration d'une méthodologie de travail et de planification pour la prévision du risque par l'utilisation de la modélisation climatique.

Le Nord-Ouest Algérien a connu des inondations dévastatrices durant les dernières décennies dues à des averses de courte durée et de forte intensité.

L'objectif de cette étude est la modélisation de l'intensité de pluie pour la région du Nord-Ouest d'Algérie dans le but d'étudier la tendance des valeurs extrêmes

Dans ce travail nous avons calculé les quantiles à partir des données des intensités maximales pour différents durées.

L'ajustement des séries des intensités maximales pour calculer les quantiles pour les périodes de retour (2, 5, 10, 20, 50, 100 et 200 ans) et pour des différentes durées (5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 120, 180, 240 et 360 minutes) a été faite avec le logiciel HYFRAN-Plus.

Les résultats de l'analyse fréquentielle montrent que les séries des intensités maximales s'ajustent bien la loi GEV. L'interprétation des résultats permis de localiser les zones vulnérables au risque d'inondation dans la région d'étude.

**Abstract:**

Algeria's northwest experienced devastating floods in recent decades due to short-lived, high-intensity showers. Relevant to this study presents a contribution to the development of a working and planning methodology for risk prediction through the use of climate modeling.

Our main objective is the modeling of rainfall intensity for the northwestern region of Algeria in order to study the trend of extreme values

In this work the quintiles were calculated from the data of the maximum intensities for different durations. The adjustment of the maximum intensity series to calculate the quintiles for the return periods (2, 5, 10, 20, 50, 100 and 200 years) and for different durations (5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 120, 180, 240 and 360 minutes) was made with the HYFRAN-Plus software. The results of the frequency analysis show that the series of maximum intensities adjust well the law GEV. The interpretation of the results allowed locating the areas vulnerable to the risk of flooding in the study area.

# SOMMAIRE

## Introduction générale

### Chapitre I. Recherche bibliographique

Introduction.....	1
I.1. Généralités.....	1
I.1.1. Prévision hydrologique .....	1
I.1.2. Le risque d'inondation.....	2
I.1.3. L'utilisation de l'analyse fréquentielle en hydrologie .....	2
I.1.4. Notion d'averse et d'intensité .....	3
I.1.5. Notion de période de retour.....	4
I.2. Climat de bassin versant.....	5
I.3. Méthodes d'estimation des quantiles des événements intenses.....	6
I.4. Synthèse des travaux sur l'évolution temporelle des intensités des pluies .....	6
Conclusion.....	10

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

Introduction.....	11
II.1. Situation géographique .....	11
II.2. Relief.....	12
II.3. Le climat.....	15
II.3.1. Variabilité pluviométrique.....	16
II.3.2. Variabilité de la température.....	17
II.3.3. Régime des vents .....	17
II.3.4. Les orages.....	19
II.3.5. Le sirocco.....	19
Conclusion.....	19

### Chapitre III. Méthodologie de travail

Introduction.....	20
III.1. Contrôle de la qualité des séries des enregistrements pluviographiques .....	20
III.2. Calcul des intensités maximales.....	20
III.3. Etude d'Ajustement des intensités .....	21
III.3.1. Le logiciel HYFRAN-PLUS .....	21
III.3.1.1 Autres ajustements a d'autres lois (GI et HIB).....	27
III.3.2. Système d'aide à la décision .....	21
III.3.3. Les étapes de l'analyse fréquentielle par Hyfran-plus .....	22
Conclusion.....	29

## Chapitre IV. Résultats et discussion

Introduction.....	30
IV.1. L'analyse des histogrammes de la répartition des intensités de pluies .....	30
IV.2. Interprétation des résultats obtenus .....	32
IV.2.1. Cheliff .....	34
IV.2.2. Côtier Algérois .....	37
IV.2.3. Côtiers Oranais .....	37
IV.2.4. Chott Ech Chergui .....	40
IV.2.5. Tafena .....	41
IV.3. Comparaison entre les rapports pour des stations de bassins différents .....	42
IV.4. Comparaison des rapports par rapport la série après .....	42
IV.5. Localisation des zones vulnérables aux risques évolutions temporelles.....	43
Conclusion.....	44
<b>Conclusion générale</b>	

# Liste des figures

## CHAPITRE I

<b>Figure I.1:</b> Exemple de courbe des hauteurs de pluies cumulées (Gilles Molinie, 2006).....	4
<b>Figure I.2:</b> Exemple de hyétogramme (Gilles Molinie, 2006).....	4
<b>Figure I.3 :</b> Notion de période de retour.....	5

## CHAPITRE II

<b>Figure II.1 :</b> Situation géographique de la zone d'étude (Source : Microsoft Encarta 2009).....	11
<b>Figure II.2 :</b> Les bassins étudiés selon le découpage de l'ANRH (A. Medejerab, 2011).....	12
<b>Figure II.3 :</b> Relief de la région d'étude (H.MEDDI, 2001) .....	14
<b>Figure II.4 :</b> Les zones naturelles de la région d'étude (S.N.A.T , 1988).....	14
<b>Figure II.5 :</b> Etages bioclimatiques (Source : EMBERGER) .....	16
<b>Figure II.6 :</b> Température moyenne annuelle sur le Nord de l'Algérie : période 1950-2005 (Source : ONM, 2009).....	18

## CHAPITRE III

<b>Figure III.1:</b> la série des intensités maximales (mm/h ) .....	22
<b>Figure III.2:</b> Caractéristiques générales de l'échantillon.....	22
<b>Figure III.3:</b> Exemple d'un test d'indépendance.....	23
<b>Figure III.4:</b> la décision du SAD et choix de la classe de distribution.....	24
<b>Figure III.5:</b> comparaison et classement entre les modèles les d'ajustement.....	24
<b>Figure III.6:</b> ajustement avec la loi de GEV.....	25
<b>Figure III.7:</b> résultats d'ajustement par la loi de GEV.....	25
<b>Figure III.8 :</b> Ajustement à la loi de GEV.....	26
<b>Figure III.9:</b> Ajustement à la loi de GI.....	27
<b>Figure III.10 :</b> Ajustement à la loi de HIB.....	27
<b>Figure III.9:</b> Le test d'adéquation du Khi-carré.....	28

## CHAPITRE IV

<b>Figure IV.1:</b> Histogramme représentant l'intensité de pluie en fonction des années.....	30
<b>Figure IV.2:</b> Histogramme de la 1ère sous série .....	31
<b>Figure IV.3 :</b> Histogramme de la 2ème sous série .....	31

<b>Figure IV.4 :</b> Histogramme de la série complète .....	32
<b>Figure IV.5 :</b> courbes des quantiles de la station BORDJ EL AMIR AEK (11603).....	34
<b>Figure IV.6 :</b> courbes des quantiles de la station THENIET EL HAD (11605).....	34
<b>Figure IV.7 :</b> courbes des quantiles de la station ARIB EBDA (11801).....	35
<b>Figure IV.8 :</b> courbes des quantiles de la station EL TOUAIBIA (11901).....	35
<b>Figure IV.9 :</b> courbes des quantiles de la station PONTEBA DEFLUENT (12203).....	36
<b>Figure IV.10 :</b> courbes des quantiles de la station AMMI MOUSSA (12605).....	36
<b>Figure IV.11 :</b> courbes des quantiles de la station PONTEBA DEFLUENT(20201).....	38
<b>Figure IV.12 :</b> courbes des quantiles de la station DAR BENCHERKI (40111)....	39
<b>Figure IV.13:</b> courbes des quantiles de la station MOSTAGUEM (40612).....	39
<b>Figure IV.14:</b> courbes des quantiles de la station EL ARICHA (80102).....	40
<b>Figure IV.15:</b> courbes des quantiles de la station BENI BAHDEL BGE (160403).....	41
<b>Figure IV.16:</b> courbes des quantiles de la station ZAOUIA BEN AMAR (160517).....	42



# Liste des tableaux

## CHAPITRE I

**Tableau I.1:** relation entre période de retour  $T$  (en années), probabilité de dépassement  $p = 1 / T$ , de non dépassement  $P' = 1 - P$ .....5

## CHAPITRE II

**Tableau II.1 :** présentation de quelques stations d'étude.....17

## CHAPITRE III

**Tableau III.1 :** les quantiles obtenus par la loi de GEV .....26

## CHAPITRE IV

**Tableau IV.1 :** un exemple des rapports calculés.....33

**Tableau IV.2 :** Rapports de la station Beni BahdelBge.....43

## Introduction générale

Les changements climatiques constituent l'un des plus grands défis auxquels l'humanité doit faire face. Ils constituent aujourd'hui une menace potentiellement majeure pour l'environnement ; Les changements climatiques entraînent l'augmentation de la fréquence des événements hydro-climatiques extrêmes.

Les événements de fortes intensités continueront à devenir plus fréquents, plus intenses et surtout de plus en plus variables et dangereux.

L'Algérie, similairement aux autres pays du monde, connaît épisodiquement des inondations meurtrières et dévastatrices.

L'objectif de cette étude est la modélisation de l'intensité de pluie pour la région du Nord-Ouest d'Algérie dans le but d'étudier la tendance des valeurs extrêmes

La méthodologie adoptée doit permettre de traiter ce phénomène mis en jeu. Ainsi l'analyse fréquentielle sert à déterminer les quantiles par l'ajustement d'une loi statistique.

La modélisation va être appliquée sur la région du Nord-Ouest du pays qui est régulièrement menacée par ce risque dont l'intensité de pluie est caractérisée par une très forte irrégularité, elle varie d'un endroit à l'autre suivant les conditions climatiques, l'altitude, à l'éloignement la mer, l'exposition à la direction du vent...etc. d'une part, et suivant la durée des précipitations d'autre part.

A la fin de ce travail, on va localiser les zones exposées aux inondations avec les périodes de retour pour faciliter la gestion du risque et permettre la définition d'une stratégie de lutte et de prévention contre les inondations.

Le chapitre I, il donne un aperçu théorique sur l'évolution temporelle des intensités de pluies.

Dans le chapitre II, il sera question de la présentation et caractéristique de la région d'étude. La présence du chapitre III, aura pour objectif de la présentation La méthodologie de travail

dans le but de modéliser la loi la plus adéquate pour la détermination des valeurs extrêmes aux intensités de pluies .

Au chapitre IV, sera concerné à l'interprétation et discussion des résultats obtenus.

## Introduction

L'étude des intensités de pluie est la base des études d'inondations, donc leur élaboration présente un outil de première importance dans la planification, la gestion et la prévention du risque pluvial. Celles-ci revêtent un aspect important dans le contexte algérien. Ces événements extrêmes ne peuvent être connus, qu'à travers la connaissance des paramètres qui les régissent.

### I.1 Généralités

Les sciences hydrologiques, à l'instar des autres sciences naturelles, sont très complexes. Ceci est dû non seulement à la multitude des phénomènes à identifier et à comprendre, mais encore et surtout au fait que ceux-ci ne se répètent jamais de la même manière (**Meylan et al, 1999**). Il traite des problèmes qualitatifs et quantitatifs qui se ramènent généralement à des prévisions (associer à une date une certaine grandeur) ou des prédéterminations (associer à une grandeur une certaine probabilité) de débits ou de volume en un point ou sur une surface (**J.P. LABORDE, 2000**).

#### I.1.1 Prévision hydrologique

Une des principales vocations dans de nombreux pays est de fournir des prévisions et de signaler les événements extrêmes, principalement les risques d'inondations, de sécheresses, de tornades et d'avalanches.

Pour ce qui est de la prévision, les informations doivent en premier lieu être disponibles de façon fiable et claire dans des délais suffisamment courts pour que les décisions appropriées puissent être prises rapidement et en toute certitude.

Une prévision hydrologique consiste à faire l'estimation préalable de l'état futur d'une caractéristique hydrologique. Le besoin de telles prévisions croît avec l'expansion économique d'un pays et l'utilisation de ses ressources en eau.

Les méthodes de prévision vont de l'utilisation de formules empiriques simples ou de corrélations à celle de modèles mathématiques complexes simulant toutes les phases du bilan hydrologique d'un bassin. Les processus hydrologiques sont influencés par les facteurs météorologiques, mais les changements qu'ils provoquent dans le régime ne se manifestent pas immédiatement. La durée du ruissellement causé par les précipitations dans un bassin relativement vaste, par exemple, est nettement supérieure à celle de la précipitation elle-même. De même, la fonte des neiges ne provoque pas immédiatement une augmentation brusque du débit, etc. Le rythme relativement lent du déroulement des processus hydrologiques et le fait qu'ils suivent avec un certain retard les processus météorologiques plus rapides, permettent de

prévoir et de calculer à l'avance un certain nombre d'éléments importants du régime hydrologique (OMM, 1994).

### **I.1.2 le risque d'inondation**

Le risque d'inondation : la combinaison de la probabilité d'une inondation et des conséquences négatives potentielle pour la santé humain, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique associées à une inondation.

Ces inondations sont des catastrophes naturelles de premier plan entraînent de nombreux dégâts matériels. Les dommages provoqués par les crues et les inondations sont liés aux actions anthropiques sur le bassin versant comme, par exemple, des changements d'occupation du sol, la suppression de plaines inondables naturelles, l'endiguement des rivières, etc. Toutes ces actions sont susceptibles de changer la réponse hydrologique des bassins versants et donc l'aléa inondation. Améliorer la lutte contre ces phénomènes passe par trois axes la prévention, la prévision et la protection (F.Moussu, 2007).

### **I.1.3. L'utilisation de l'analyse fréquentielle en hydrologie**

Un grand nombre d'événements extrêmes en hydrologie ne peuvent être prévus de manière suffisamment juste assez longtemps d'avance pour que soient prises, en fonction d'une information déterministe, les décisions pertinentes liées à leur manifestation.

Dans de tels cas, une approche probabiliste doit être retenue pour permettre d'intégrer les effets de ces phénomènes lors de la prise de décisions. Si les événements peuvent être supposés indépendants les uns des autres dans le temps, c'est-à-dire que leur chronologie et leur ordre de grandeur ne sont pas reliés à des événements antérieurs, l'analyse fréquentielle peut être utilisée pour décrire la probabilité que se produise un événement ou une combinaison d'événements, pendant l'intervalle visé par une décision. Les phénomènes hydrologiques couramment étudiés au moyen de l'analyse fréquentielle sont les précipitations et les crues annuelles maximales.

L'analyse fréquentielle peut être graphique ou mathématique. Dans l'approche graphique, les observations historiques de la variable en cause sont classées en ordre croissant ou décroissant, et un graphique montrant la grandeur des événements en fonction de leur fréquence de dépassement (ou de leur période de retour) est tracé.

Une courbe régulière est ensuite ajustée aux points tracés afin de décrire la probabilité que se reproduise un événement particulier. Des papiers spéciaux pour graphiques disponibles peuvent être utilisés pour tenter de représenter la courbe régulière sous forme d'une droite.

L'approche mathématique de l'analyse de fréquence repose sur l'adoption d'une description mathématique spécifique, appelée distribution de probabilités, pour définir l'équivalent de la courbe régulière utilisée dans l'approche graphique. Les paramètres de la distribution de probabilités sont définis sous forme de fonctions des statistiques dérivées des observations hydrologiques (**Hydrologie des retenus ,2009**) et (**OMM, 1994**).

#### I.1.4 Notion d'averse et d'intensité

Nous désignons en générale par averse, un ensemble de pluies associées à une perturbation météorologique bien définie. La durée d'une averse peut donc varier de quelques minutes à une centaine d'heures ; on définit finalement une averse comme un épisode pluvieux continu, dont l'intensité est définie comme étant le rapport de la hauteur de la pluie recueillie sur l'intervalle de temps durant lequel a été enregistré (**Francis Colin et al,1995**), celle-ci est exprimée sous la forme suivante :

$$I = \frac{\Delta H}{\Delta T} \dots\dots\dots(1)$$

Ou : I : intensité de la pluie (mm/h)

$\Delta H$  : hauteur de pluie (mm)

$\Delta T$  : intervalle de temps en min L'intensité de la pluie varie à chaque instant au cours d'une même averse, celle-ci est d'autant plus forte que sa durée est courte.

On peut considérer l'averse entière et son intensité moyenne, on peut s'intéresser aux intensités observées sur des intervalles de temps au cours desquels on aura enregistré la plus grande hauteur de pluie. On parle alors **d'intensité maximale**( **Khanh-Hung Lam et al, 2003**).

Deux types de courbes déduites des enregistrements d'un pluviographe (pluviogramme) permettent d'analyser les averses d'une station :

- La courbe des hauteurs de pluie cumulée,
- Le hyétogramme.

La courbe des hauteurs de pluie cumulées représente en ordonnée, pour chaque instant  $t$ , l'intégrale de la hauteur de pluie tombée depuis le début de l'averse.

Le hyétogramme est la représentation, sous la forme d'un histogramme, de l'intensité de la pluie en fonction du temps. Les éléments importants d'un hyétogramme sont le pas de temps  $\Delta t$  et sa forme. Communément, on choisit le plus petit pas de temps possible selon la capacité des instruments de mesure. Quant à la forme du hyétogramme, elle est en général caractéristique du type de l'averse et varie donc d'un événement à un autre



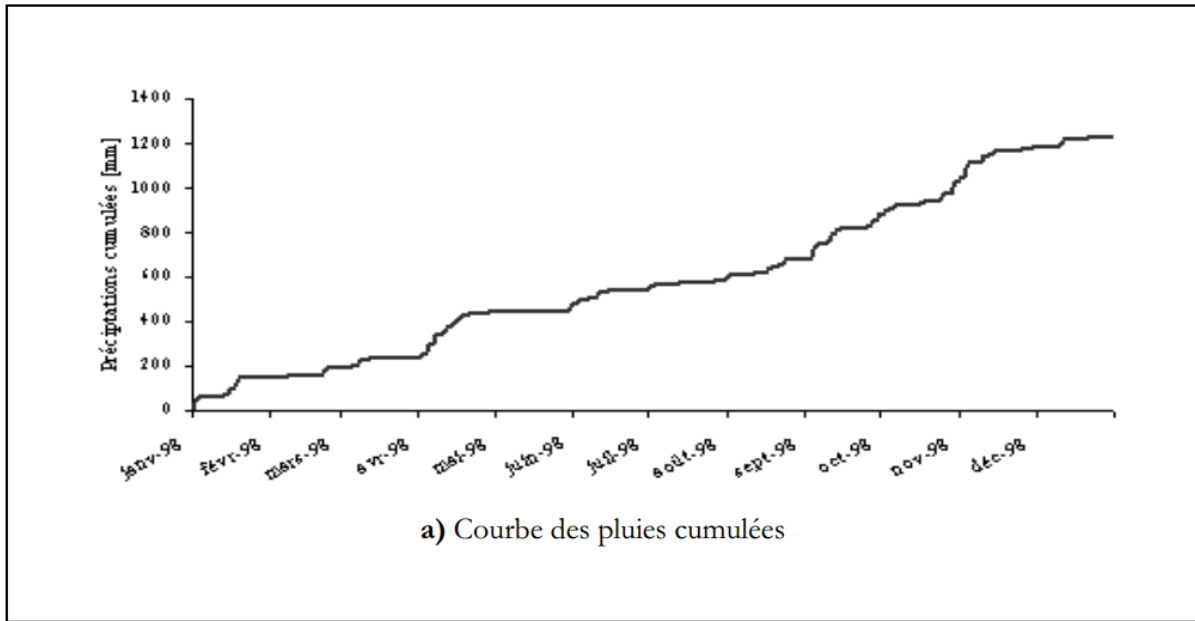


Figure I.1 Exemple de courbe des hauteurs de pluies cumulées (Gilles Molinie, 2006)

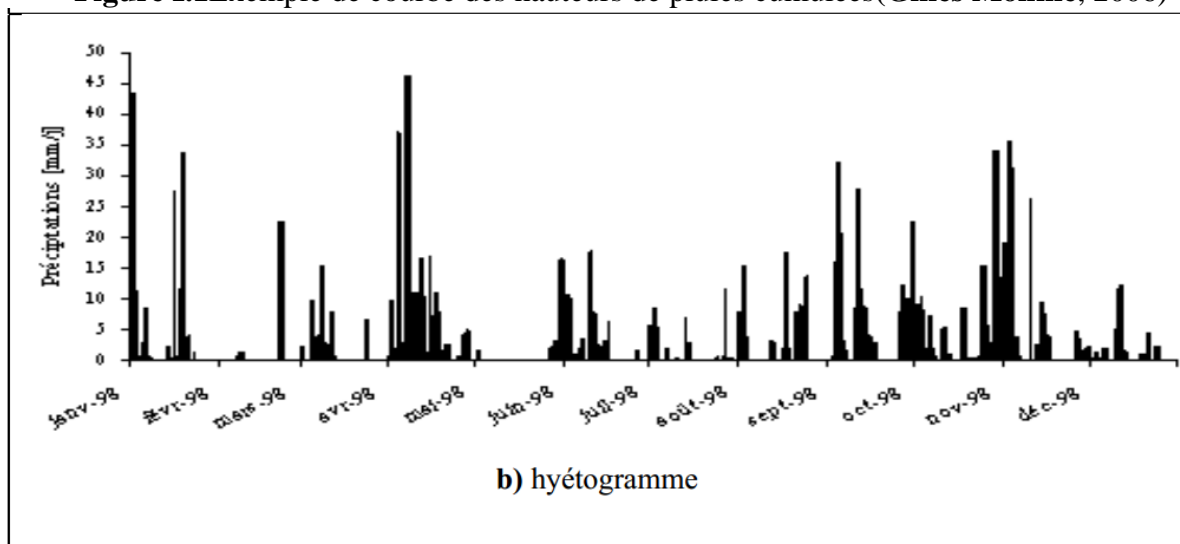
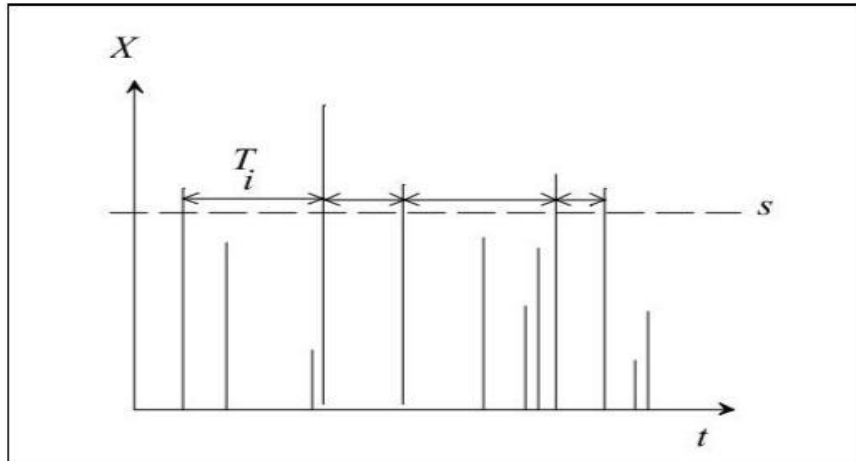


Figure I.2 Exemple de hyétoGramme (Gilles Molinie, 2006)

### I.1.5 Notion de période de retour

La période de retour d'une pluie est le temps statistique qu'il faut attendre pour observer la pluie telle que définie ; c'est-à-dire sur sa hauteur de précipitation, son intensité, sa durée.

L'avantage de la période de retour est de rendre plus « parlante » la notion de probabilité d'occurrence. Les phénomènes extrêmes sont en effet associés à des probabilités d'occurrence très petites et pour le commun des mortels, il y a peu de différence entre 0,01 et 0,001, alors qu'en termes de probabilité des phénomènes extrêmes, c'est une différence colossale. Le tableau 4.1 donne les correspondances entre périodes de retour et probabilité de dépassement et non-dépassement (Christophe Ancey, 2011).



**Figure I.3** : Notion de période de retour

**Tableau I.1:** relation entre période de retour T (en années), probabilité de dépassement  $p = 1 / T$ , de non dépassement  $P' = 1 - P$

T (ans)	P	P'
1	1	0
10	0.1	0.9
100	0.01	0.99
1000	0.001	0.999

## I.2. Climat de bassin versant

Les conditions climatiques d'un bassin versant jouent un rôle capital dans le comportement hydrologique des cours d'eau. Ce sont les précipitations, surtout liquides, qui constituent le facteur essentiel intervenant par :

- leur hauteur totale annuelle qui détermine l'abondance fluviale,
- leur répartition mensuelle et saisonnière qui influence directement les régimes hydrologiques,
- leurs totaux journaliers et surtout les averses génératrices de crues.

Ces différents aspects des précipitations sont plus ou moins modifiés selon l'effet combiné des autres paramètres physiques et climatiques (températures et Évapotranspiration). Mais, contrairement aux paramètres proprement physiques permettent une interprétation seulement qualitative du comportement hydrologique des bassins versants, les précipitations et les facteurs climatiques dans leur ensemble, sont des variables aléatoires dans le temps et l'espace, qui permettent d'expliquer quantitativement les variations des composantes du régime hydrologique dans sa conception la plus large.

### I.3 Méthodes d'estimation des quantiles des événements intenses

La caractérisation des événements intenses s'effectue généralement selon deux approches:

L'approche des séries maximales annuelles (SMA) et celle des séries des durées partielles (SDP). La première utilise les séries des valeurs maximales enregistrées pendant une durée donnée (par exemple 1 h, 2 h, etc.) sur une période donnée (généralement l'année mais possiblement aussi une partie de l'année). Des procédures robustes ont été mises au point et ont été largement utilisées pour produire des courbes IDF à partir des séries hydrométéorologiques (Hosking et al, 1985).

La distribution généralisée des valeurs extrêmes (Generalized Extreme Value; GEV) est utilisée pour modéliser les SMA (la notation utilisée pour les paramètres des différentes distributions est similaire à celle de Hosking & Wallis, 1997). La fonction cumulative de la distribution GEV s'écrit:

$$F(x) = \exp\left\{-\left|1 - \frac{kx - \varepsilon}{\alpha}\right|^{\frac{1}{k}}\right\} \text{ pour } k \neq 0 \quad \dots\dots\dots (I.1)$$

$$F(x) = \exp\left\{-\exp\left|-\frac{x - \varepsilon}{\alpha}\right|\right\} \text{ pour } k = 0 \quad \dots\dots\dots (I.2)$$

Avec :

- x : le paramètre de position ( $-\infty < x < +\infty$ ),
- a : le paramètre d'échelle ( $a > 0$ ) et
- k : le paramètre de forme ( $-\infty < k < +\infty$ ).

Le domaine de définition de la GEV est donné par  $(x + a/k) \leq x < \infty$  pour  $k < 0$ ,  $-\infty < x < +\infty$  pour  $k = 0$  et  $-\infty < x \leq (x + a/k)$  pour  $k > 0$ .

L'approche des SDP consiste, pour sa part, à sélectionner les données supérieures à un seuil déterminé. Cette approche est nettement moins répandue que l'approche des SMA.

### I.4. Synthèse des travaux sur l'évolution temporelle des intensités des pluies

De nombreuses études ont traité le sujet de l'évolution temporelle des intensités de pluies dans la littérature, citant à titre d'exemple:

- ✚ Hershfield (1961) a développé diverses cartes de précipitations pour fournir les hauteurs de pluie pour différentes périodes de retour et durées.

✚ Holland(1967) a prouvé que les probabilités des précipitations de forte intensité doivent dépasser les 35 mm/h afin de parler d'un risque d'inondation.

✚ Wischmeier et Smith (1978) a montré que l'accroissement de l'intensité des pluies se traduit par un accroissement de leur agressivité par la formule suivante ;

$$A = R * K * S * L * C * P \dots\dots\dots(3)$$

Avec:

- A: la perte en terre;
- R: le facteur pluie;
- K: le facteur érosivité du sol ;
- S: le facteur inclinaison de la pente ;
- L: la longueur de la pente ;
- C: le facteur couvert Végétale ;
- P: les pratiques antiérosives .

Telle que le facteur R est égale au produit de l'énergie potentielle de l'intensité de la pluie.

$$R = K * E * I_{30} \dots\dots\dots(4)$$

- K : le coefficient lié au système d'unité ;
- E : l'énergie cinétique globale (calculer par pas d temps)
- I<sub>30</sub> ; l'intensité maximale observé en 30 minutes ( Wischmeier et smith, 1960).

✚ Steel et McGhee (1979) ont donné la formule empirique pour les États-Unis suivant une durée inférieure à 2 heures et pour toute fréquence donnée comme suit :

$$I = \frac{A}{t+B} \dots\dots\dots(5)$$

Où :

I est l'intensité pluviale des précipitations (inches/h)

t est la durée d'agrégation de pluie (min)

A et B : Constantes dépendant de la fréquence et des conditions climatiques.

✚ Suivant (Chow et al, 1988), quatre formes de base d'équations sont employées pour décrire l'intensité pluviale en fonction de la durée d'agrégation de pluie t de la période de retour :

Modèle de Talbo :

$$I = \frac{a}{d+b} \dots\dots\dots(6)$$

Modèle de Bernard (appelé aussi modèle de Montana) :

$$I = \frac{a}{d^b} \dots\dots\dots(7)$$

Modèle de Kimijima (appelé aussi modèle de Kheifer Chu) :

$$I = \frac{a}{c+d^b}$$

Modèle de Scherman (appelé aussi modèle de Talbo amélioré) :

$$I = \frac{a}{(d+c)^b} \dots\dots\dots(8)$$

- ✚ Basé sur l'approche de la série des durées partielles (PDS) Madsen et al (1998) ont proposé une estimation régionale de précipitation extrême à partir d'un réseau de pluviomètres de haute résolution au Danemark. Pour une évaluation préliminaire d'homogénéité régionale et l'identification d'une analyse régionale appropriée, la méthode des L-moments a été appliquée. Pour analyser la variabilité régionale avec plus de détails, ils ont effectué une régression non linéaire basée sur la méthode des moindres carrés qui rapporte les paramètres du modèle des séries de durées partielles à des caractéristiques climatiques et physiographiques. Une distribution régionale de Pareto a été identifiée comme distribution généralisée de Pareto.
  
- ✚ Plus récemment, Garcia-Bartual et Schneider (2001) ont employé la distribution statistique et ont trouvé que la distribution des valeurs extrêmes (GEV) de Gumbel s'adapte bien aux données.
  
- ✚ Cantat Olivier, 1995 : Variabilité et variation climatiques en Normandie - L'évolution récente des températures à Caen-Carpiquet.
  
- ✚ Assani Ali .A, 1999 : Analyse de la variabilité temporelle des précipitations (1916-1996) à Lubumbashi (Congo-Kinshasa) en relation avec certains indicateurs de la circulation atmosphérique (oscillation australe) et océanique (El Niño/La Niña).

- ✚ Trefry et al (2005) a appliqué une approche régionale d'analyse de fréquence basée sur les L-moments pour effectuer des plans de gestion de précipitation exceptionnelle pour l'état du Michigan, une distribution généralisée de Pareto s'est adaptée aux données de séries de durées partielles (PDS), et une distribution généralisée de valeur extrême s'est adaptée aux données maximum annuelles (AMS) de série.
- ✚ Morgan (2005) Parmi les études qui ont tenté de quantifier cet impact des gouttes de Pluie nous en citons treize estimations de l'énergie globale E Estimation de l'agressivité de l'intensité de pluie.
- ✚ Regalado et Yuste (2006) ont proposé une régionalisation de « intra-station » ou régionalisation dans la même station pour l'Espagne. En plus de ceci, ils incorporent l'application de SIG (système d'information géographique) pour améliorer ce rapport appelé le MAXIN.
- ✚ Y.PEPIN & N.HAMMOUD (2012) a édité son article bien connu sur la variabilité del'intensité des pluies dans la région de Tanger sur une période de 30 ans (1980-2010) telle que la courbe de tendance a une forme ;

$$R_{usa} = 0,016 P^2 - 0,037 P + 0,87 \dots\dots\dots(9)$$

Ce qui permet d'entrevoir que pour les fortes pluies, les intensités sont mineures face au total pluviométrique pour l'érosion.

- ✚ A cet égard, trois étages bioclimatiques ont été choisis comme champ d'application de cette étude comparative : le premier étage « climat sub-humide à hiver tempéré » représenté par la ville de Gouraya, le deuxième étage « climat semi-aride à hiver tempéré » représenté par la zone de la plaine du Moyen Cheliff (Chlef), et le troisième « climat semi-aride à hiver frais » représenté par la zone montagneuse (Ouzera). Le choix de la méthode pour l'établissement des courbes IDF de chacune des zones étudiées a été fait comme suit : La méthode classique appliquée sur les séries (SMA) représente les deux zones (Chlef et Ouzera) et qui ont respectivement un climat semi-aride à hiver tempéré et un climat semi-aride à hiver frais ; Le model global de Koutsoyiannis appliqué sur les séries (SDP) représente la zone de (Gouraya), qui a un climat sub-humide à hiver tempéré,(K.Berdane,2016).



## **Conclusion**

Le problème de protection contre les inondations ne possède pas de solution unique.

La réalisation de telle prévention peut se faire à travers la modélisation du phénomène climatique en étudiant l'intensité de pluie ;

Dans les chapitres suivants nous présentons l'application de cette modélisation pour les bassins versants de l'Ouest d'Algérie.

## Introduction

La région d'étude concerne toute la partie Nord-Ouest de l'Algérie. Une synthèse des caractéristiques géographiques, hydrographiques, climatiques, géologiques et hydrogéologiques sera donnée dans le présent chapitre.

### II.1 Situation géographique

L'Algérie comprend trois grands ensembles géographiques: le Tell au Nord, les hauts plateaux et l'Atlas saharien au centre, et le Sahara au Sud, dans cette étude on s'intéresse aux deux premiers ensembles pour la partie Nord-Ouest (Figure II.1).

Notre zone d'étude englobe e 05 bassins versants dans le Nord-Ouest : Cheliff (01), Côtiers Oranais (04), Hauts plateaux Oranais (08), La Macta (11) et la Tafna (16). (Figure II.2)



Figure II.1 : Situation géographique de la zone d'étude (Source : Microsoft Encarta 2009)

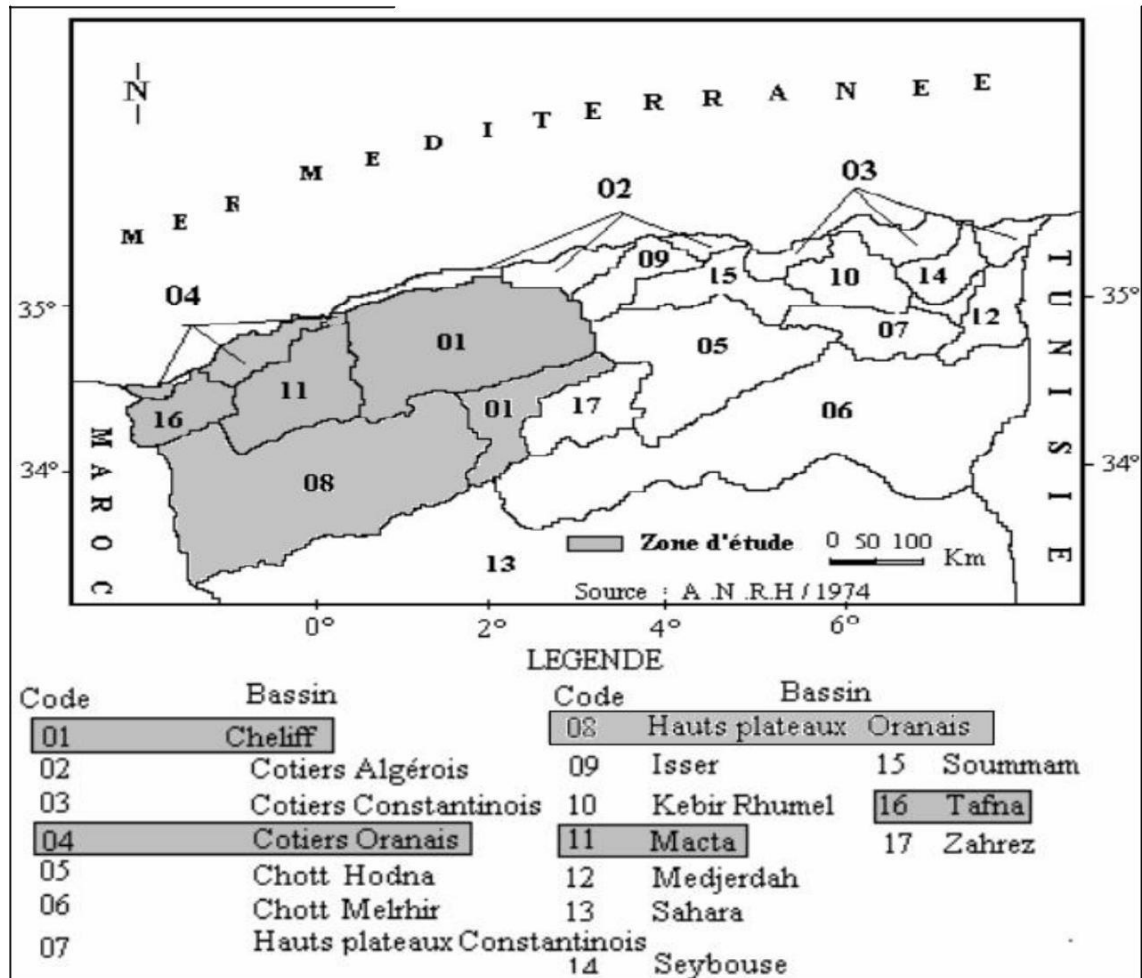


Figure II.2 : Les bassins étudiés selon le découpage de l'ANRH (A. Medejrab, 2011)

## II.2 Relief

Les caractéristiques du relief permettent l'étude et l'interprétation de la variation des précipitations en fonction de l'altitude (gradient pluviométrique). Le cadre physique de la zone d'étude est caractérisé par l'hétérogénéité des grandes unités naturelles (Figure II.3). L'Algérie Nord-Ouest peut-être subdivisée en plusieurs ensembles orographiques différents (Figure II.4).

L'Atlas Tellien de l'Ouest est plus divisé et moins imposant que celui de l'Est du pays. Et les Hautes Plaines de l'Ouest sont caractérisées par une aridité plus accrue que celle de l'Est de l'Algérie. On peut subdivisée la région en cinq ensembles orographiques différents : les reliefs littoraux, Les plaines et les bassins intérieurs, Les montagnes et plateaux, Les plateaux telliens et Les hautes plaines (Medjrab, 2005).

Les collines d'Oran qui vont d'Ain-Temouchent au Massif d'Arzew en traversant le Djebel Murdjado forment ce qu'on appelle les reliefs littoraux où l'altitude varie de 300 à 650 m avec

une orientation Sud-ouest à Nord-est (**Medjrab, 2005**). La discontinuité de ces reliefs littoraux a donné lieu, d'Est en Ouest, aux baies d'Arzew, d'Oran, de Mers El-Kébir et des Andalouses. A l'Est, on trouve les monts du Dahra. Ces derniers forment une dorsale entre la vallée du Cheliff et la mer Méditerranée. A l'Ouest, le Dahra est formé de collines de 300 à 600 mètres d'altitude. A l'Est, la région devient plus montagneuse et boisée, avec des altitudes dépassant les 1000 mètres (Djebel Bou-Maad avec 1415 m et Djebel Zaccar avec 1579 m (Medjrab, 2005). Le massif qui va des Traras à l'Ouarsenis (350 à 800 mètres) constitue un obstacle devant l'avancée des influences maritimes, leur disposition par rapport à la mer méditerranéenne varie de 20 à 70 Km. Les plaines de l'intérieure à savoir : pleine de Maghnia (400 mètres), de Sidi-Bel-Abbès (470 mètres) et de Ghriss (entre 400 et 600 mètres) sont situées aux piémonts des plateaux Telliens. On peut également distinguer les plaines de Mohammadia, et les plaines du Cheliff à l'Est (entre 60 et 150 mètres d'altitude) avec une longueur d'environ 190 km (Medjrab, 2005).

Les plateaux Telliens sont développés entre le haut bassin de la Mina et la frontière Marocaine, distante de 300 km. Ces plateaux (d'une hauteur qui varie de 900 à 1600 mètres) dominant les bassins intérieurs et s'inclinent vers les Hautes Steppes (**Medjrab, 2005**).

Les hautes plaines sont représentées par le plateau de Sers où qui est l'unique région Tellienne des Hautes Plaines situées dans notre région d'étude. Elle présente deux unités principales, la cuvette de Tissemsilt au Nord de l'oued Nahr-Ouassel, et le plateau du Sersou au Sud (**Medjrab, 2005**).

L'Atlas Saharien est considéré comme la limite naturelle entre le Nord et le Sud sur une distance de 700 km environ. Il est constitué par une série de montagnes discontinues, à l'Ouest on trouve djebels Ksour (1980 m), Amour (1683 m) et Ouled Naïl (1500 m) à l'Est on trouve djebel El aress (2328 m).



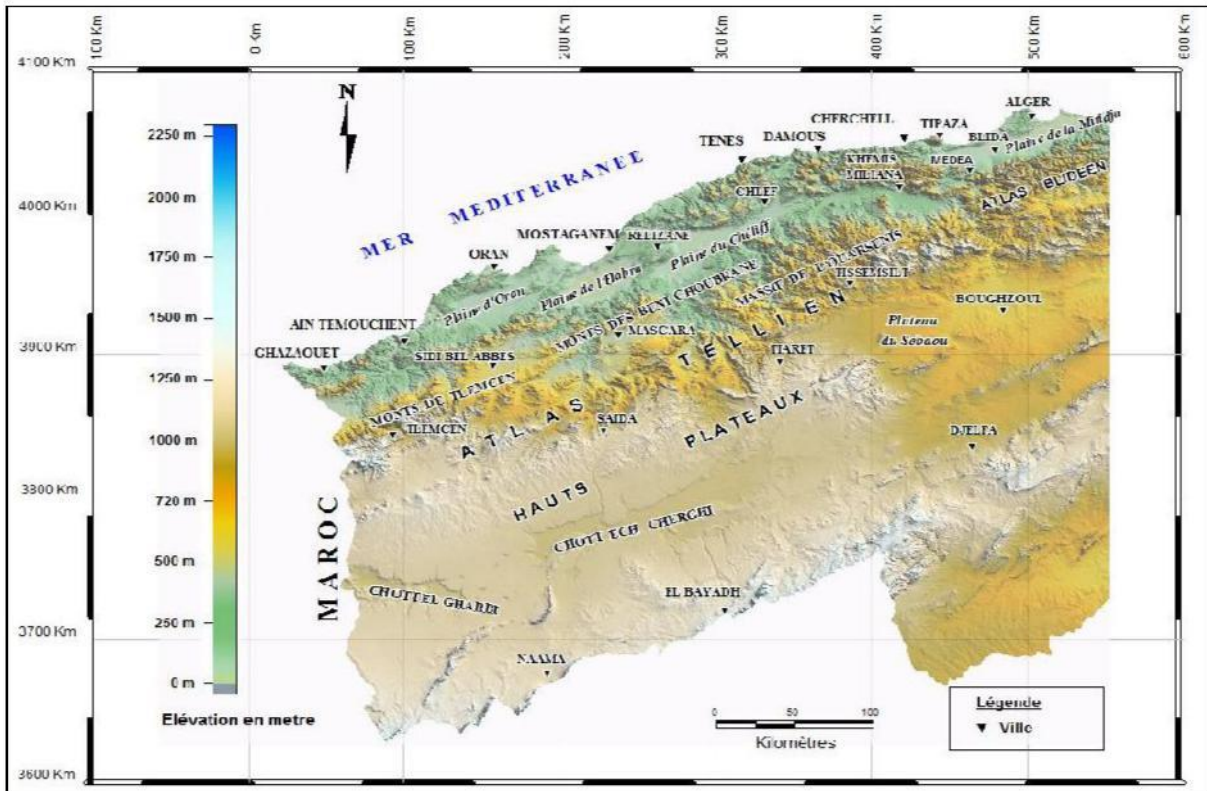


Figure II.3 : Relief de la région d'étude (H.MEDDI, 2001)

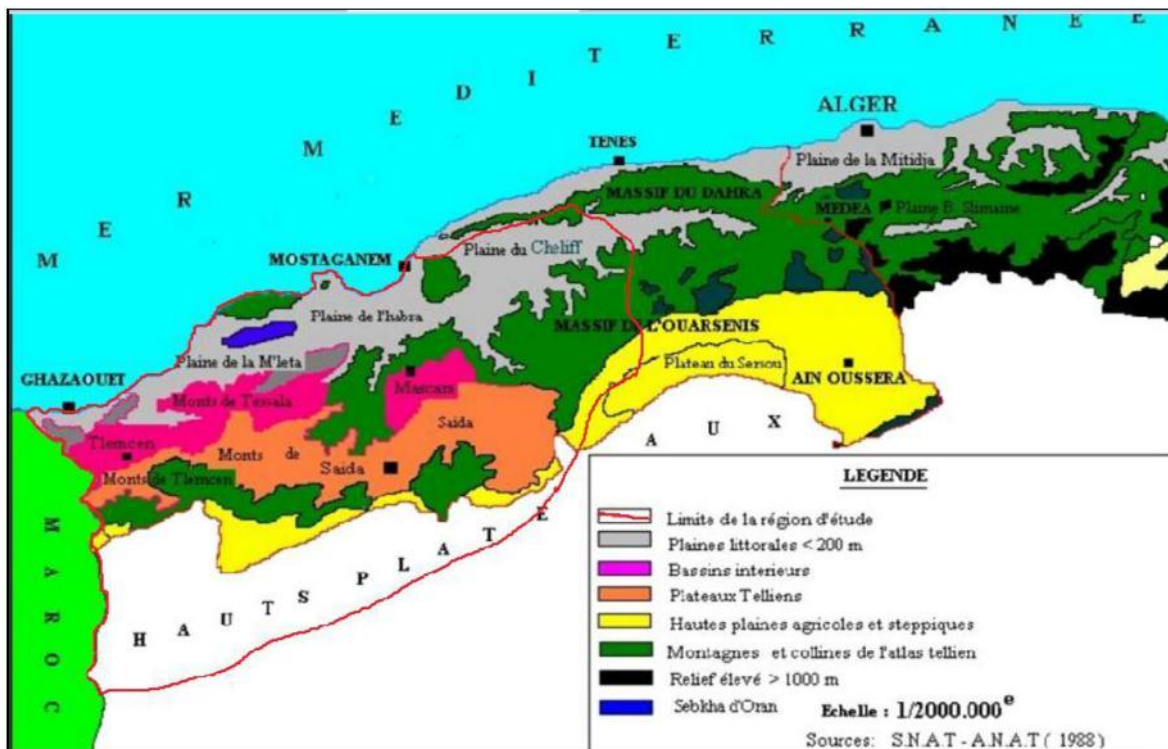


Figure II.4 : Les zones naturelles de la région d'étude (S.N.A.T , 1988).

### II.3 Le climat

L'Algérie s'étend du Nord (Mer Méditerranée) au Sud (Sahara) sur plus de 2 000 km en profondeur. Mais, les montagnes de l'Atlas Tellien et de l'Atlas Saharien divisent ce territoire en bandes orientées Est-Ouest : celle de la côte et de l'Atlas Tellien – celle des Hautes Plaines et de l'Atlas Saharien - celle du Sahara (**Projet GEF/PNUD, 2009**).

Chacune de ces bandes a un climat particulier, caractérisé surtout par la température et la pluviométrie. Les trois étages bioclimatiques qui constituent le climat méditerranéen (Figure II.5) de l'Algérie se distinguent par :

1. Un étage bioclimatique subhumide sur la côte et dans l'Atlas Tellien : les gelées sont très rares en hiver et les étés sont chauds. Il est caractérisé par des hivers pluvieux et doux, et des étés chauds et secs, tempéré par des brises de mer ; les précipitations diminuent d'Est en Ouest (1000 - 400 mm) et du Nord au Sud (1000 à moins de 130 mm). Dans cette zone, les températures moyennes minimales et maximales respectivement oscillent entre 5 et 15°C en hiver et de 25 à 35°C en été ; les vents humides venant de la mer apportent des pluies, de l'automne au printemps. Ces pluies sont plus abondantes à l'Est qu'à l'Ouest ; cependant, l'influence du désert se fait sentir jusque sur la côte par l'action du «sirocco», vent sec et chaud, soufflant du Sud au Nord. Ce vent chargé de sable élève la température et dessèche la végétation.
2. un étage bioclimatique aride sur les Hautes Plaines et dans l'Atlas Saharien, avec des précipitations faibles et irrégulières, de 200 à 400 mm par an ; les pluies sont rares, surtout sur les Hautes Plaines d'Oranie ; la température descend souvent au-dessous de zéro degré en hiver. En été elle dépasse 30 et voire même 40 degrés ;
3. un étage bioclimatique désertique (hyper-aride) dans la région saharienne: les pluies sont exceptionnelles et très irrégulières provoquant souvent des inondations. Les précipitations sont inférieures à 150 mm par an ; le Sahara est une des régions les plus chaudes du monde: les températures de jour atteignent en été 45 et même 50 °C. La température moyenne saisonnière est de 15 à 28°C en hiver et atteint 40 à 45°C en été. Le sirocco est un vent du sud chaud et sec.

Selon la carte des étages bioclimatiques de l'Algérie (figure II.5), les cinq bassins versants de la partie Nord-Ouest sont caractérisés par les différents climats : semi-aride, subhumide et aride.



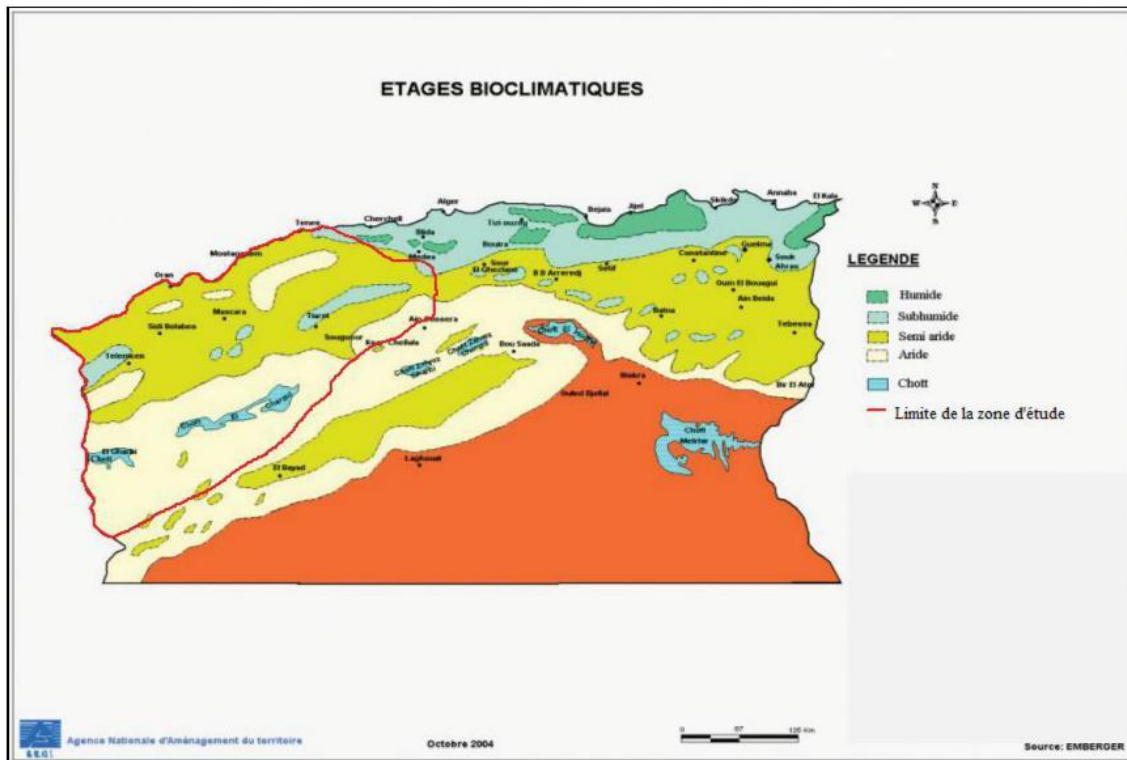


Figure II.5 : Etages bioclimatiques (Source : EMBERGER)

### II.3.1 Variabilité pluviométrique

Le Nord-Ouest de l'Algérie est situé en latitude à l'abri de la dorsale du moyen Atlas-Rif du Maroc. Le relief très accidenté de la région d'étude constitue de nombreux abris aux influences de la mer. Ces deux facteurs ont un effet direct sur la variabilité spatiale de la pluviométrie ainsi que sur la réduction des précipitations dans la zone. Les vents de direction W-NW en hiver et les vents d'Est responsables de fortes précipitations sont rares en cette saison. Les vents du Nord-est sont fréquents en été. Ils génèrent des pluies faibles. La circulation atmosphérique est sous l'influence de l'anticyclone des Açores et l'anticyclone saharien d'altitude (Medjrab, 2005).

La partie nord de l'Algérie est caractérisée par un climat méditerranéen avec un hiver relativement froid et pluvieux et un été chaud et sec. La pluviométrie annuelle atteint 400 mm à l'ouest. Ce type de climat concerne également les chaînes de l'Atlas Tellien où l'on enregistre sur les sommets orientaux des totaux variant de 800 à 1600 mm, alors que les valeurs s'abaissent vers l'ouest (600 mm). Dans les plaines de l'Atlas Tellien, la pluviométrie varie de 500 mm à l'ouest. Ces moyennes pluviométriques ont été calculées sur la base de 218 postes possédant des observations allant de 1968 à 1998.

Une étude comparative (**Meddi.H, 2001**) avec la carte de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H.) établie en 1993 a permis de constater une baisse en moyenne des pluies annuelles de 13 % sur le centre et l'ouest. La moyenne annuelle des totaux précipités varie entre 310,6 mm à la station de Bouhanifia Barrage (ouest) et 755,1 mm à la station de Medéa (centre).

Notre étude s'est portée sur plusieurs stations pluviométriques, dans le tableau II.1, on site les différentes stations avec leurs codes (ANRH), et l'Annexe N° 01 présente les coordonnées des autres stations.

**Tableau II.1** : présentation de quelques stations d'étude.

Code	Nom	X en km	Y en km	Z en m
<b>11603</b>	BORDJ EL AMIR AEK	461,10	285,30	1080
<b>11605</b>	THENIET EL HAD	439,80	285,65	1150
<b>11801</b>	ARIB EBDA	439,65	335,55	280
<b>11901</b>	EL TOUAIBIA	430,85	313,35	350
<b>12203</b>	PONTEBA DEFLUENT	393,90	327,40	140
<b>12605</b>	AMMI MOUSSA	357,40	286,15	140
<b>20201</b>	BORDJ ABOU EL HASSEN	365,50	347,55	220
<b>40111</b>	DAR BENCHERKI	92,45	203,75	210
<b>40612</b>	MOSTAGUEM SCM	266,45	293,40	151
<b>160403</b>	BENI BAHDEL BGE	115	164,6	666
<b>160517</b>	ZAOUIA BEN AMAR (SIDI)	102,75	202,5	370

### II.3.2 Variabilité de la température

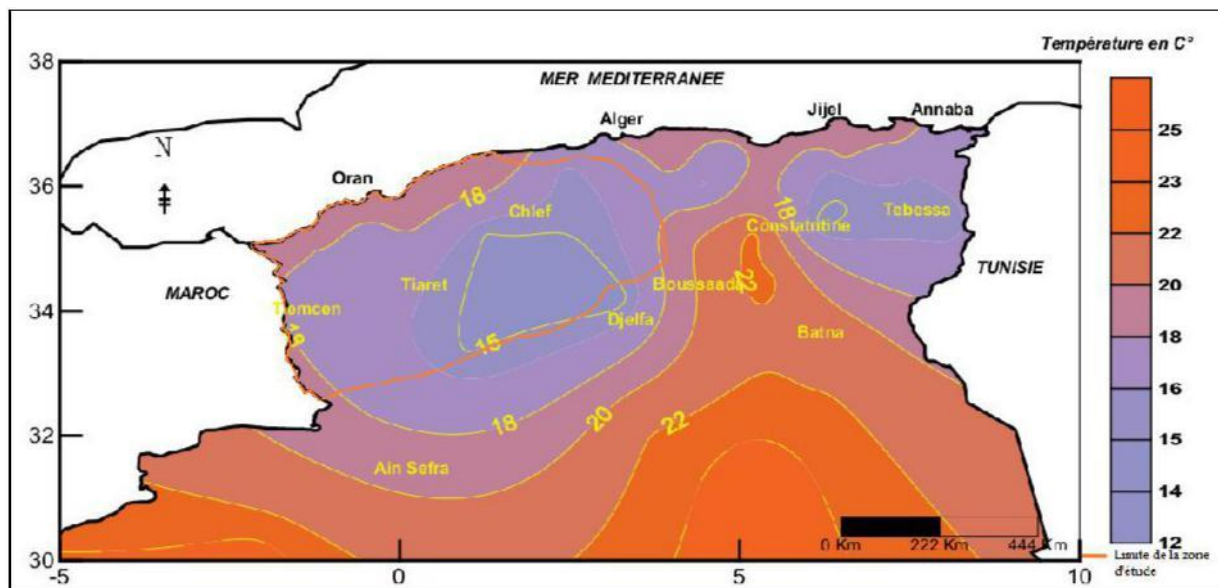
La comparaison entre les températures moyennes thermiques de l'Ouest, du Centre et de l'Est du Nord de l'Algérie montre des différences significatives. A l'Ouest du pays, la température moyenne du mois le plus froid (Janvier) est de 11,4 °C à Ghazaouet et 12,5 °C à Mostaganem.

Au Centre, on trouve 10,0 °C aux stations d'Alger Dar-El- Beida, de Chlef et de Tizi-Ouzou. Dans la partie Est, on trouve par contre 6,2 °C aux stations de Constantine et 7,1 °C à Souk-Ahras.

En été, généralement la température du mois le plus chaud se situe en Août, pour la partie Occidentale où l'on enregistre 24,2 C° à Ghazaouet ; 25,0 °C à Béni-Saf ; et 23,3 °C à Oran. Dans la partie Centrale, on relève 25,5 °C à Alger, et dans la partie Orientale 25,4 °C à la station de Constantine et 24,0 °C à Souk-Ahras.

Les plus hautes températures sont observées à la station d'El-Bayad avec 51,3 °C enregistrée le 02 Septembre 1979 et à la station de Sétif avec 50,3 °C enregistrée le 07 Septembre 1982. Pour les stations d'altitude comme Médéa (1030 m) ou Djelfa (1160 m), les températures maximales absolues atteignent 40°C.

Les températures minimales absolues varient d'une région à une autre sur les hauts plateaux et atteignent des valeurs très basses en hiver avec une température minimale absolue de -13,8 °C à la station de Mécheria (le 28 Janvier 2005). En Janvier 200 5, les températures minimales inférieures à 0°C ont été observées treize fois à la station d'Alger (A. Medejerab, 2011).



**Figure II.6 :** Température moyenne annuelle sur le Nord de l'Algérie : période 1950-2005  
( Source : ONM, 2009)

### II.3.3 Régime des vents

Pendant la saison pluvieuse, le régime des vents est W-NW. Ces vents, pour atteindre l'Algérie Nord-Occidentale, n'ont à franchir que le bras de mer très étroit séparant la région d'étude de l'Espagne. Et avant de quitter ce dernier pays, ils sont dépouillés de la plus grande partie de leur humidité sur les cimes élevées de la Sierra Nevada, et comme ils n'ont pas le temps de reprendre une nouvelle charge de vapeur d'eau ils arrivent dans l'ouest algérien secs. Les vents d'Est qui se sont imprégnés d'eau durant leur long parcours sur la Méditerranée favorisent de fortes précipitations, malheureusement ils sont très rares en hiver. Les vents du Nord-Est, fréquents en été, entraînent avec eux quelques nuages isolés mais sans grande importance du point de vue des précipitations et ce en raison de l'élévation de la température, d'ailleurs, ils soufflent rarement en hiver. Cette explication été donnée par Angot (1881) dans son ouvrage intitulé «Etude sur le climat de l'Algérie» ( Medjrab A, 2005).

### II.3.4 Les orages

Durant le semestre froid, les orages sont plus fréquents sur le littoral, et leur nombre augmente de l'Ouest à l'Est; ils sont très rares au Sahara.

Cette répartition est due à la présence fréquente en cette saison, de dépressions sur l'Est du Bassin méditerranéen.

Pendant le semestre chaud au contraire, la plupart des orages ne sont pas liés au passage d'une perturbation, mais sont des orages de chaleur. Ils se produisent là où l'air est à la fois suffisamment chaud et suffisamment humide; ces conditions sont réalisées sur les Hautes plaines où les orages sont plus fréquents que sur le littoral et au Sahara. (Medjrab A, 2005).

### II.3.5 Le sirocco

Le sirocco est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat Algérien, en raison des dégâts qu'il cause fréquemment aux cultures. Le nombre annuel de jours de sirocco est le plus élevé dans les départements d'Alger et de Constantine, sur le versant Sud de l'Atlas Tellien et dans les Hautes plaines. Assez rare en hiver, le sirocco se fait sentir surtout sur le littoral; en été au contraire le sirocco est le plus fréquent dans l'intérieur du pays (Medjrab A, 2005).

### Conclusion

Dans ce présent chapitre nous avons présenté d'une manière brève les bassins concernés par notre étude, Nous avons trouvé que cette région présente une grande sensibilité au climat à cause de la grande variabilité des pluies saisonnières et annuelles.

Il est clair aussi que les paramètres touchés par ce chapitre influent sur la modélisation hydrologique, cette dernière fera l'objet d'une étude approfondie dans les chapitres suivants.

## Introduction

Pour arriver à la définition des quantiles des intensités maximales (mm/h) pour différentes périodes de retour et suivant des durées allant de 5 minutes jusqu'au 360 minutes pour des enregistrements pluviométriques horaires, nous devons passer par une étude fréquentielle qui permettra de choisir la meilleure loi d'ajustement statistique.

### III 1. Contrôle de la qualité des séries des enregistrements pluviographiques

Les séries pluviographiques sont sous forme de pluviogrammes au début, la hauteur de pluie cumulée en fonction du temps, c'est à dire pendant toute la durée de l'épisode pluvieux. Après, un dépouillement est effectué, un par un, des pluviogrammes de chacun des épisodes pluvieux enregistrés. Ce dernier permet de déterminer, pour chaque événement pluvieux, les plus fortes hauteurs de la pluie (ou intensité) correspondant chacune à des durées bien déterminées, dans notre cas : 5min, 10min, 15min, 20 min, 30 min, 45 min, 60min, 120min, 180min, 240min, 360min) au cours de la même averse. Ainsi, des séries de différentes durées d'agrégation sont formées (série de durées complètes), ils n'ont pas la même taille (M.Khelfi, 2012).

#### III.2 Calcul des intensités maximales

L'intensité d'une averse est exprimée en hauteur d'eau par unité de temps (mm/h), Celle-ci caractérise la force et l'énergie de la pluie plutôt que sa hauteur.

En fait une pluie de 10m m tombée dans un bassin au cours de 24h ne provoquera pas la même réponse du bassin que si elle est tombée en 12h ou en 48h. L'intensité des pluies représentent la lame d'eau tombée par unité de temps.

$$I_m = \Delta P / \Delta t \text{ en (mm/h ou mm/min)} \dots \dots \dots (III.1)$$

Avec :

$I_m$ : intensité moyenne de la pluie [mm/h, mm/min]

$\Delta P$  : hauteur de pluie de l'averse [mm]

$\Delta t$  : durée de l'averse [h ou min]

Dans notre étude nous avons calculé les intensités maximales par la formule :

$$I_{max} = (p_{max} \times 60) / \Delta t \dots \dots \dots (III.2)$$

Avec :

$I_{max}$ : l'intensité maximale (m m/h).  $p_{max}$ :  
précipitation maximale (mm).

$\Delta t$  : la durée de l'averse (min).

### III. 3 Etude d'Ajustement des intensités

L'analyse fréquentielle vise à définir les régimes à travers certaines valeurs caractéristiques et représentatives, à savoir :

- Les valeurs centrales
- Les valeurs extrêmes ou quantiles

Les valeurs extrêmes représentent celles que peuvent prendre des grandeurs hydrologiques pour des périodes de retour données (pluie, débit maximum de crue...) (**Touaibia.B, 2004**).

Cette étude consiste à faire l'ajustement pour les séries des intensités par des lois statistiques, afin de déterminer les quantiles pour les périodes de retour (2, 5, 10, 20, 50, 100,200 ans).

L'étude statistique des échantillons avec éventuellement l'ajustement d'une loi de distribution qui permettant l'estimation de la fréquence d'apparition des observations, a été faite par le logiciel HYFRAN-PLUS.

#### III 3.1 Le logiciel HYFRAN-PLUS

Le logiciel Hyfran-Plus a été Conçu pour l'analyse fréquentielle en hydrologie particulièrement pour les valeurs extrêmes. Ainsi pour l'analyse des crues, on s'intéresse au débit maximum annuel. Cependant il peut être utilisé pour n'importe quelle série des valeurs extrêmes dans d'autres domaines avec différentes pas de temps, à conditions que les observations soient Indépendantes et Identiquement Distribuées (Hypothèse IID).(**Bobée et El Adlouni, 2015**).

Le logiciel Hyfran-Plus permet d'ajuster un nombre important de distributions statistiques à une série de données qui vérifient les hypothèses d'indépendance, d'homogénéité et de stationnarité (cf. Publications sur le SAD). Un Système d'Aide à la Décision (SAD) a été développé pour permettre de choisir la classe de distributions la plus adéquate pour estimer le quantile de période de retour.

#### III.3.2 Système d'aide à la décision

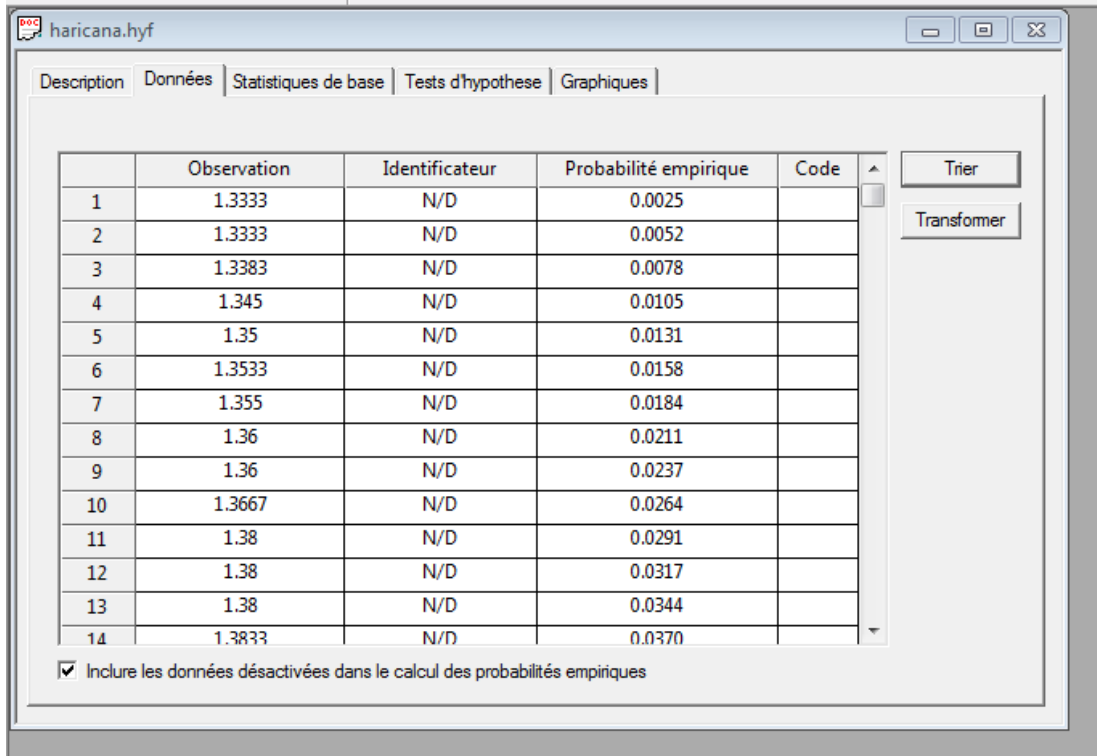
La validité des résultats d'une analyse fréquentielle dépend du choix du modèle fréquentiel et plus particulièrement de son type. Diverses pistes peuvent contribuer à faciliter ce choix, mais il n'existe malheureusement pas de méthode universelle et infaillible (**S.ElAdlouni et B.Bobée, 2014**).

Le SAD est la principale addition à la version antérieure de l'Hyfran-plus (version 2.0); il s'agit dans l'Hyfran-plus (version 2.1) d'un système d'aide à la décision pour permettre le choix

de la classe de distributions la plus adéquate pour représenter une série de données, (S.ElAdlouni et B.Bobée, 2014).

### III.3.3 Les étapes de l'analyse fréquentielle par Hyfran-plus

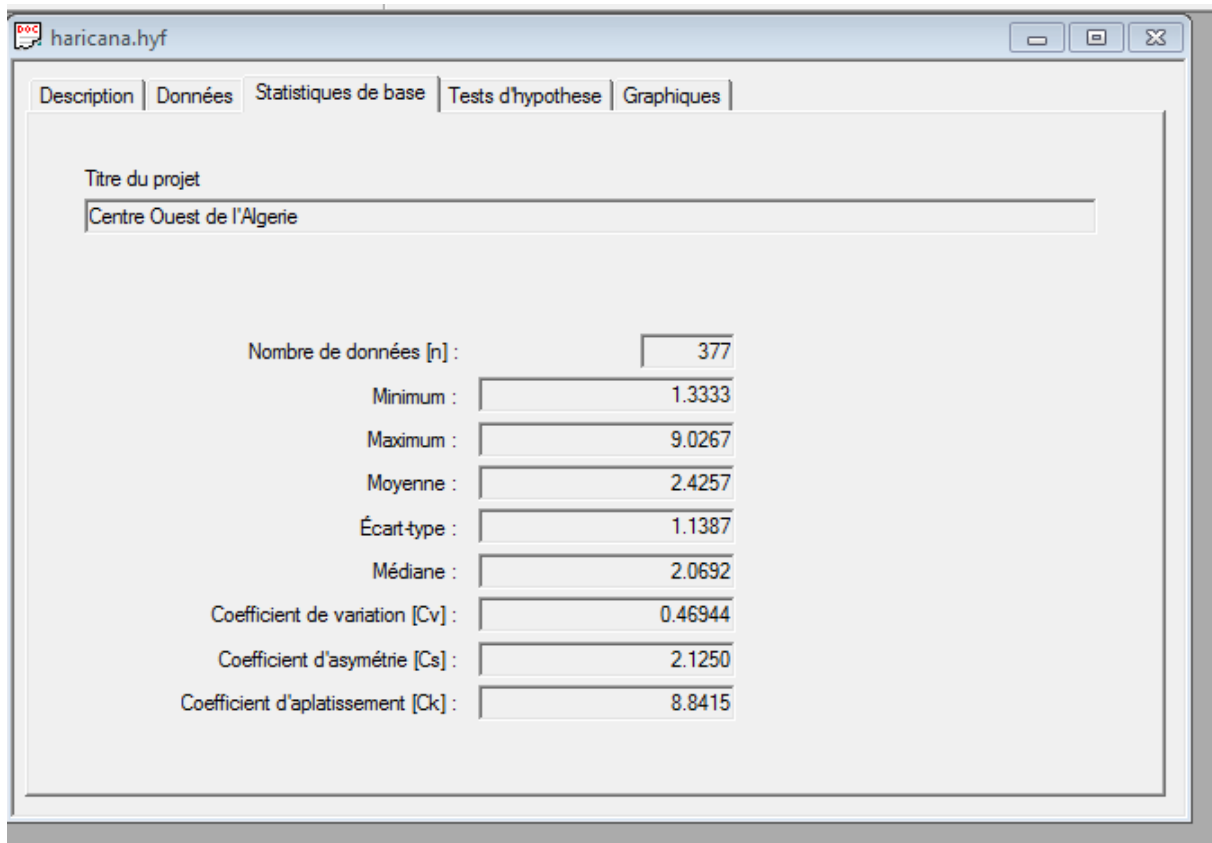
L'importation des données : il faut qu'elle soit à partir d'un fichier de format reconnu (dans notre cas un fichier Excel).



	Observation	Identificateur	Probabilité empirique	Code
1	1.3333	N/D	0.0025	
2	1.3333	N/D	0.0052	
3	1.3383	N/D	0.0078	
4	1.345	N/D	0.0105	
5	1.35	N/D	0.0131	
6	1.3533	N/D	0.0158	
7	1.355	N/D	0.0184	
8	1.36	N/D	0.0211	
9	1.36	N/D	0.0237	
10	1.3667	N/D	0.0264	
11	1.38	N/D	0.0291	
12	1.38	N/D	0.0317	
13	1.38	N/D	0.0344	
14	1.3833	N/D	0.0370	

Inclure les données désactivées dans le calcul des probabilités empiriques

Figure III.1 : la série des intensités maximales (mm/h )



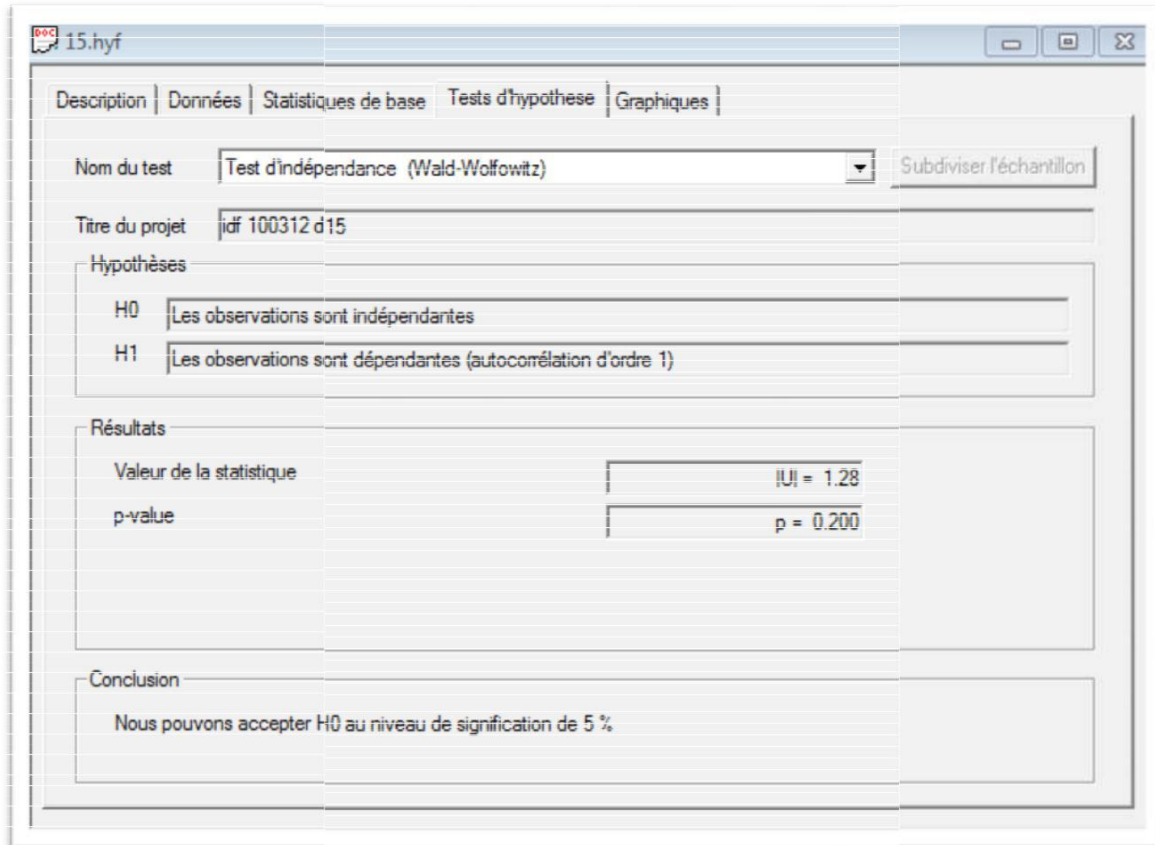
**Figure III.2** : Caractéristiques générales de l'échantillon

Avant de procéder à l'ajustement de l'échantillon à l'aide d'une distribution statistique, ont vérifié si les données sont indépendantes et identiquement distribuées (IID), (S.ElAdlouni et B.Bobée, 2014).

Ce procédé a été effectué à l'aide des tests statistiques disponibles :

- ❖ Test d'indépendance (Wald-Wolfowitz) ;
- ❖ Test de stationnarité (Kendall) ;
- ❖ Test d'homogénéité (Wilcoxon)





**Figure III.3 :** Exemple d'un test d'indépendance

Avant de passer à l'ajustement d'une distribution statistique à la série des intensités maximales, la détermination de la classe à laquelle la distribution appartient.

Dans le menu SAD Graphique log-log : pour tester l'appartenance de l'échantillon à la classe « C » (distribution à variation régulière).

On utilise le rapport de Hill et la statistique de Jackson pour confirmer le choix de la classe « C ».

Le rapport de Hill converge vers une valeur constante différente de la statistique de Jackson converge vers deux donc l'appartenance à la classe « C » est confirmée.

L'option « comparaison » permet de comparer les ajustements sélectionnés avec les lois statistiques de la classe « C » afin de pouvoir choisir lequel convient le mieux pour représenter la série des données considérée ,(S.ElAdlouni et B.Bobée,2014).

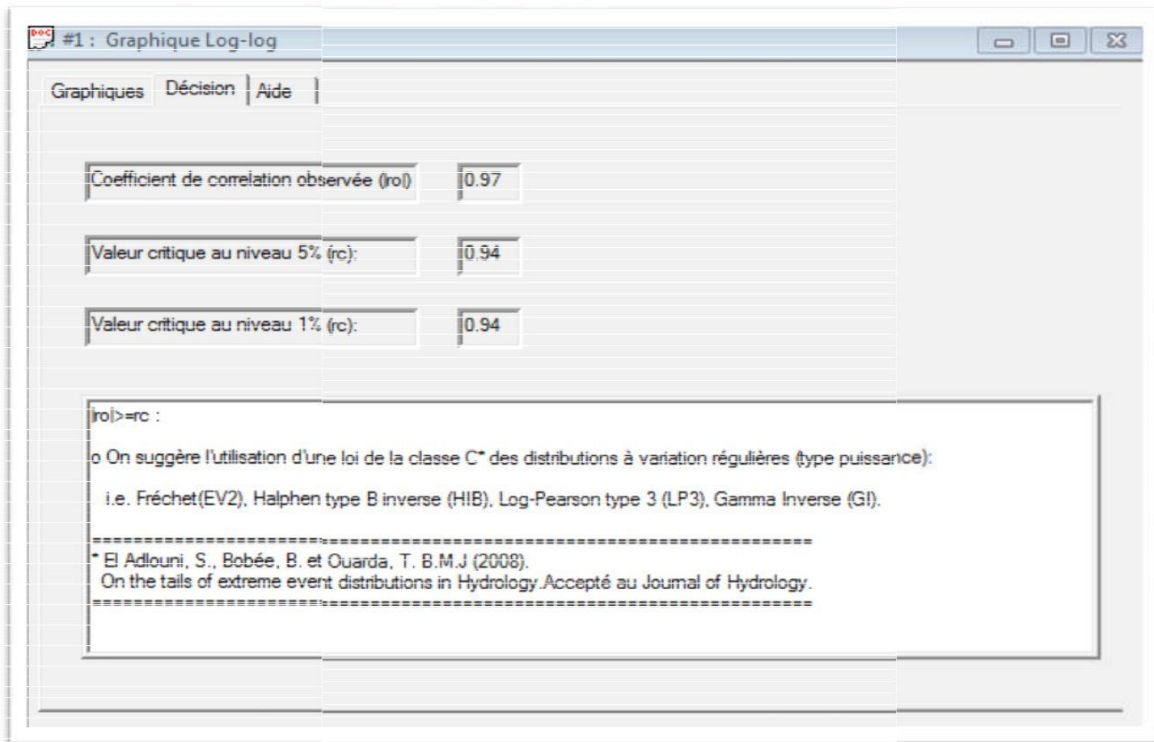
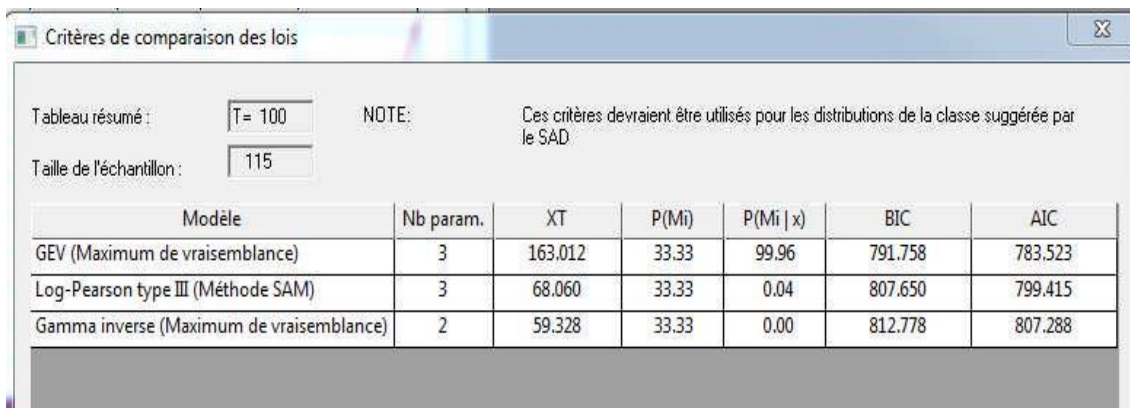


Figure III. 4 : la décision du SAD et choix de la classe de distribution



The screenshot shows a window titled "Critères de comparaison des lois". It includes a "Tableau résumé" with "T= 100" and "Taille de l'échantillon : 115". A "NOTE" states: "Ces critères devraient être utilisés pour les distributions de la classe suggérée par le SAD". Below is a table comparing three models:

Modèle	Nb param.	XT	P(Mi)	P(Mi   x)	BIC	AIC
GEV (Maximum de vraisemblance)	3	163.012	33.33	99.96	791.758	783.523
Log-Pearson type III (Méthode SAM)	3	68.060	33.33	0.04	807.650	799.415
Gamma inverse (Maximum de vraisemblance)	2	59.328	33.33	0.00	812.778	807.288

Figure III.5 : comparaison et classement entre les modèles les d'ajustement

Dans notre cas les séries pluviométriques s'ajustent mieux avec la loi GEV dont la fonction de répartition est la suivante :

$$F(x) = \exp \left[ - \left( 1 - c \frac{x-a}{b} \right)^{1/c} \right] \dots \dots \dots (III.3)$$

Avec :

a : paramètre de position.

b : paramètre de dispersion.

c : paramètre de forme (A.Khelfi, 2012).

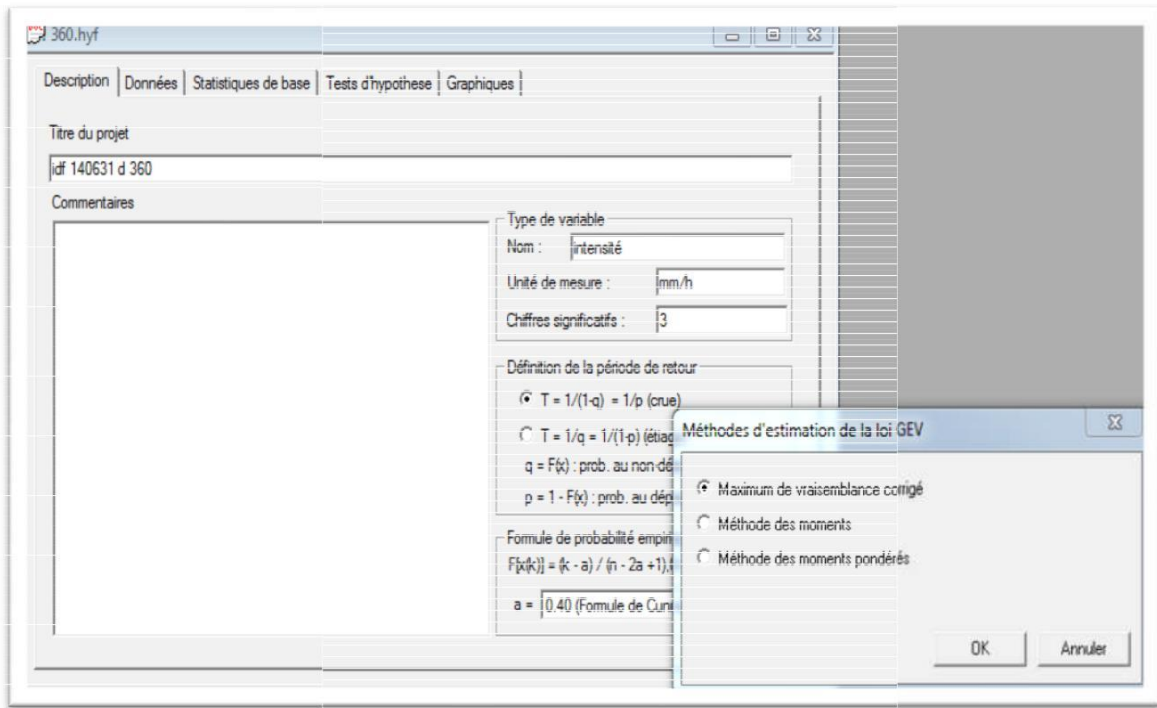


Figure III.6 : ajustement avec la loi de GEV

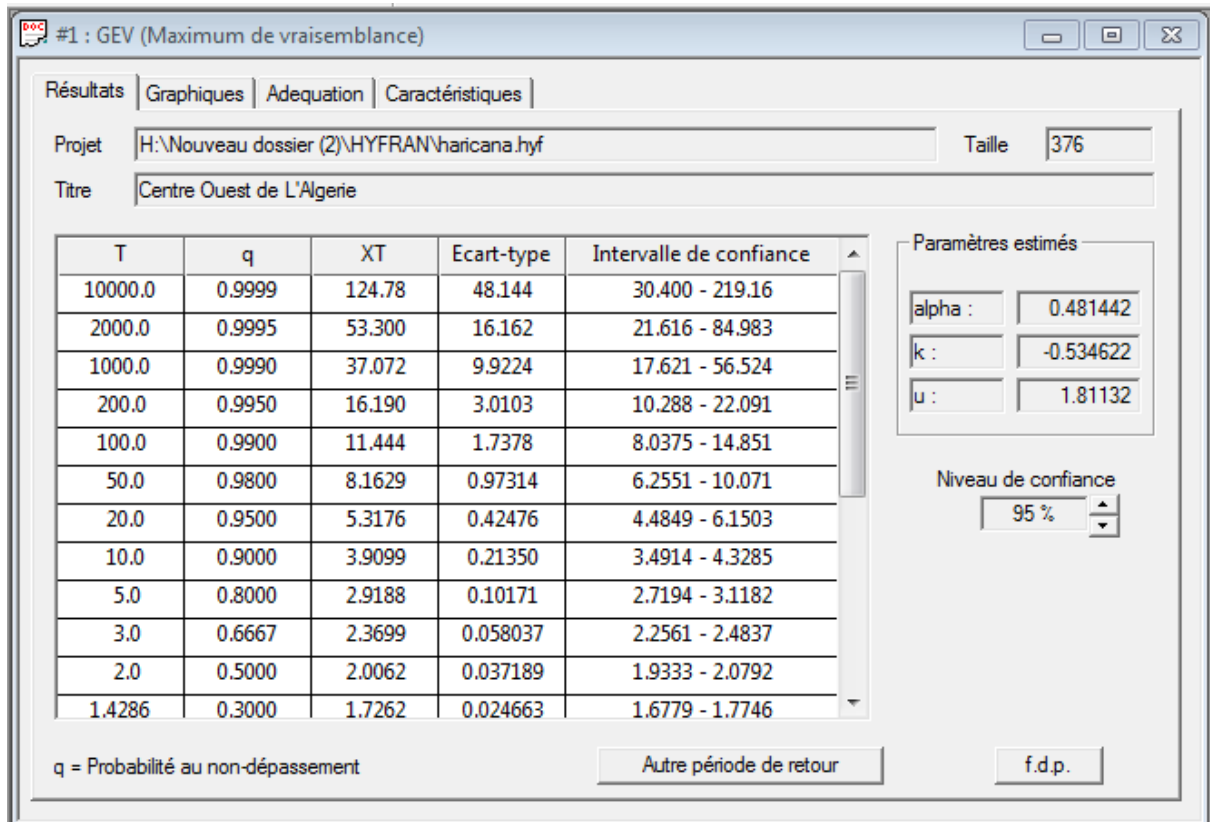


Figure III.7: résultats d'ajustement par la loi de GEV

Le tableau suivant et la figure III.8 représentent des exemples des résultats d'ajustement par la loi de GEV.

Tableau III.1 : les quantiles obtenus par la loi de GEV.

T (année)	Quantiles (240min)				
	Série complète	1 <sup>er</sup> sous série	Rapport	2 <sup>ème</sup> sous série	Rapport
200	18,70	15,08	19,335	21,384	-14,34
100	13,52	11,53	14,70	14,925	-10,37
50	9,88	8,87	10,19	10,557	-6,79
20	6,67	6,358	4,74	6,8654	-2,85
10	5,05	4,98	1,32	5,0872	-0,59
5	3,89	3,94	-1,1	3,8641	0,89
2	2,81	2,8768	-2,32	2,7703	1,45

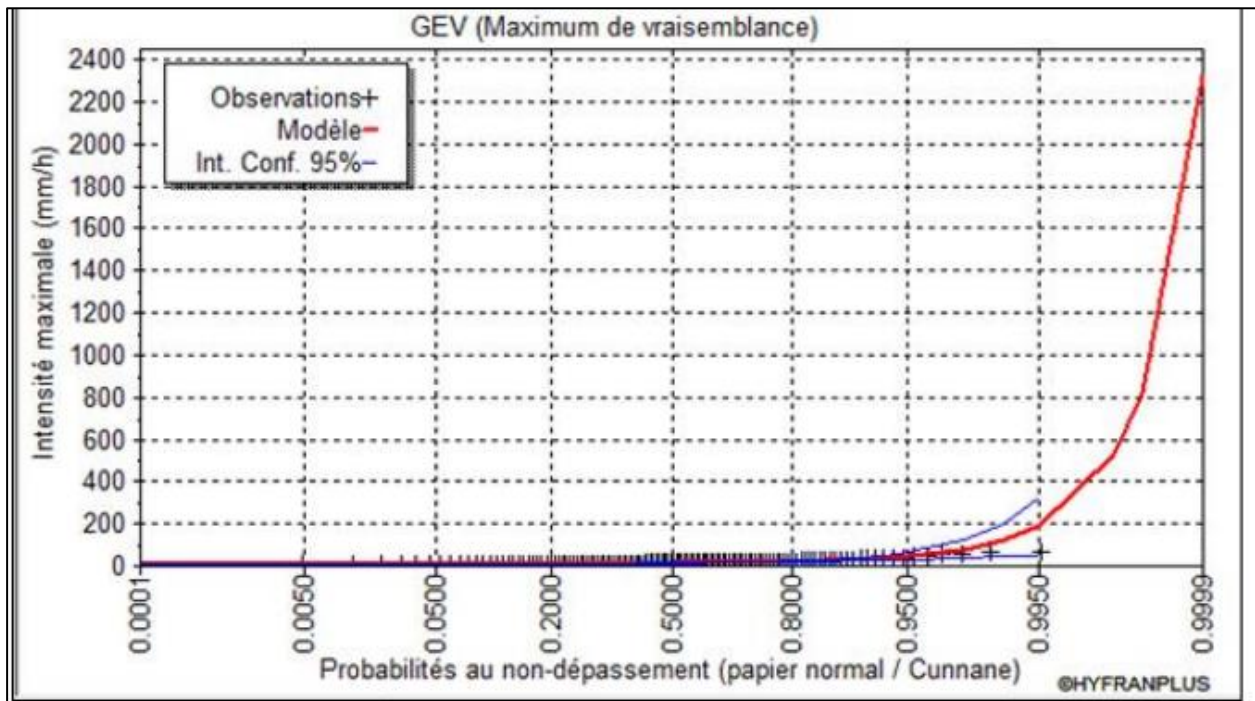


Figure III.8 : Ajustement à la loi de GEV

### III.3.1.1 Autres ajustements a d'autres lois (GI et HIB)

Les figures en bas représentent les résultats de l'ajustement de l'intensité maximale :

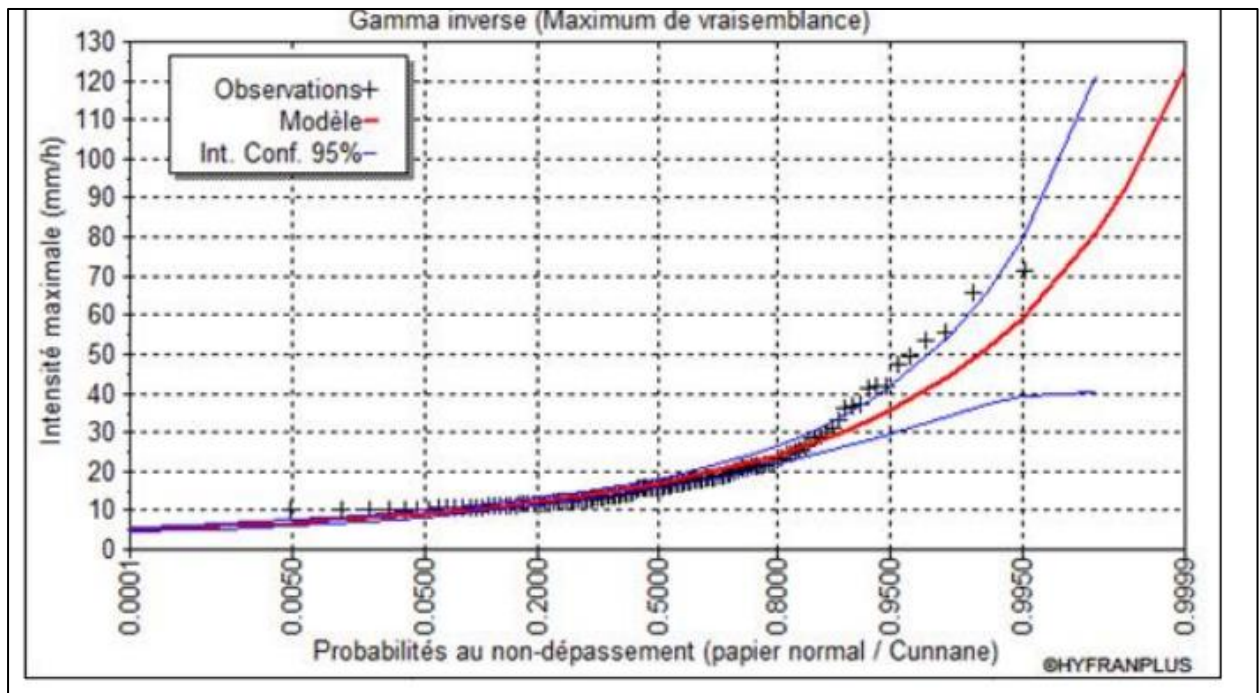


Figure III.9: Ajustement à la loi de GI

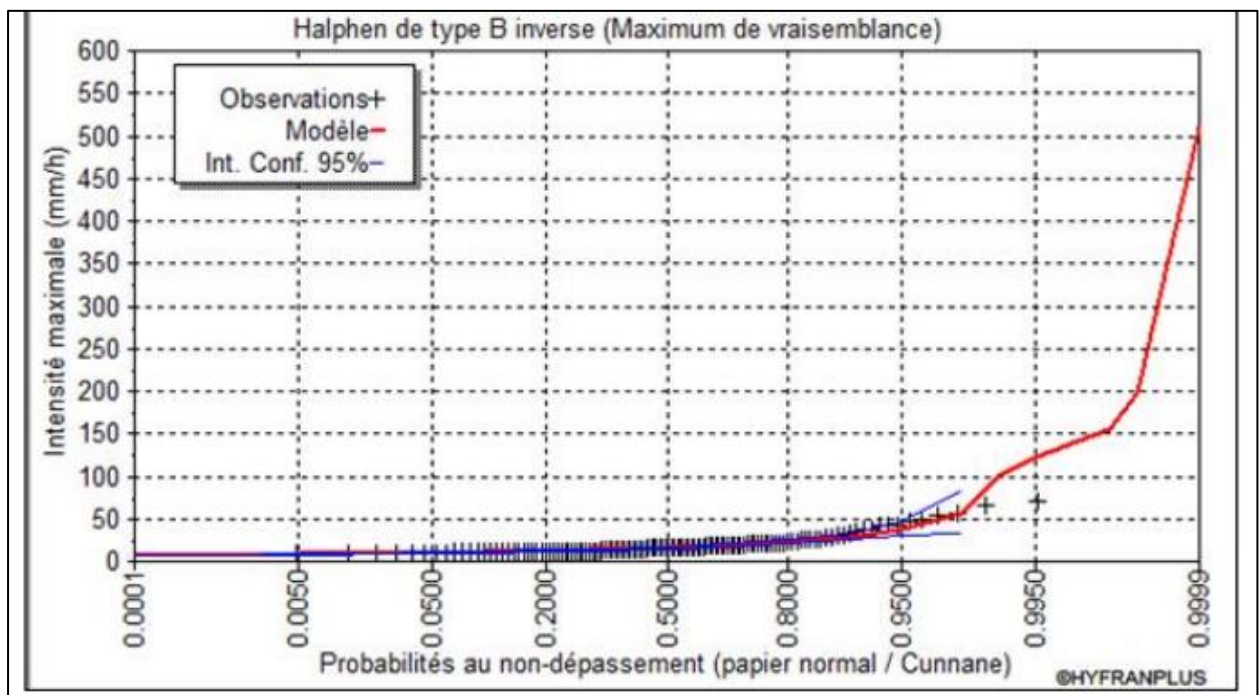


Figure III.10 : Ajustement à la loi de HIB

La figure III.8 ; montre que les valeurs de la séries de I<sub>max</sub> de la station s'ajuste mieux à la loi de GEV.



➤ Test d'adéquation

Afin de juger la qualité de l'ajustement aux données, il existe divers tests statistiques d'adéquation. Selon la distribution utilisée et la taille de l'échantillon, pour notre cas on utilise le test du Khi-carré car il est applicable pour toutes les distributions statistiques (S.ElAdlouniet B.Bobée, 2014).

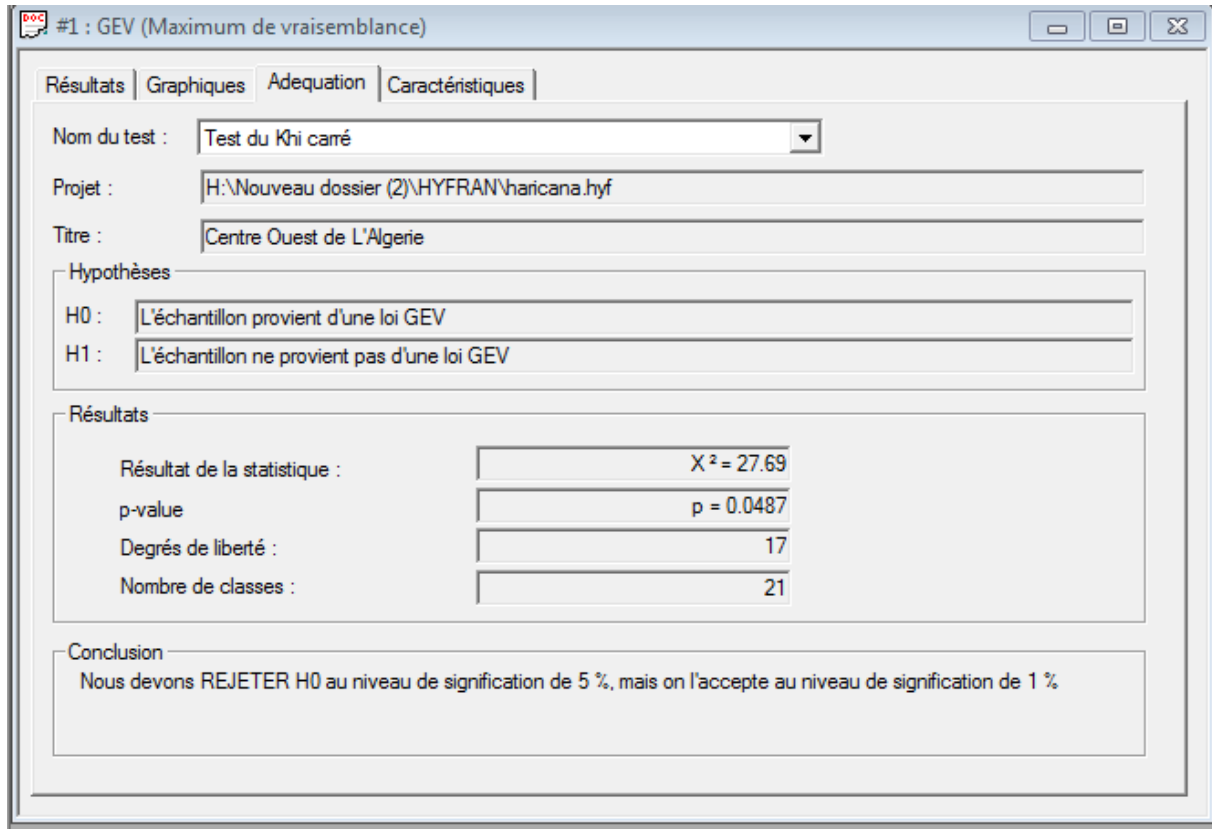


Figure III.11 : Le test d'adéquation du Khi-carré.

**Conclusion**

A partir de l'ajustement on a trouvé les quantiles c'est-à-dire les intensités maximales de pluie pour chaque période de retour (2,5 ,10 ,20 ,50 ,100 et 200 ans) et pour les durées suivantes (5, 10, 15,20 ,30 ,45 ,60 ,120 ,180 ,240 et 360 min), on se basant sur ces résultats on trace les courbes des rapports des séries complètes et des deux sous séries pour chacun stations pluviométriques des différents sous bassins du Nord-Ouest d'Algerie.

Les résultats obtenus et leur interprétation vont être exposés dans le dernier chapitre.

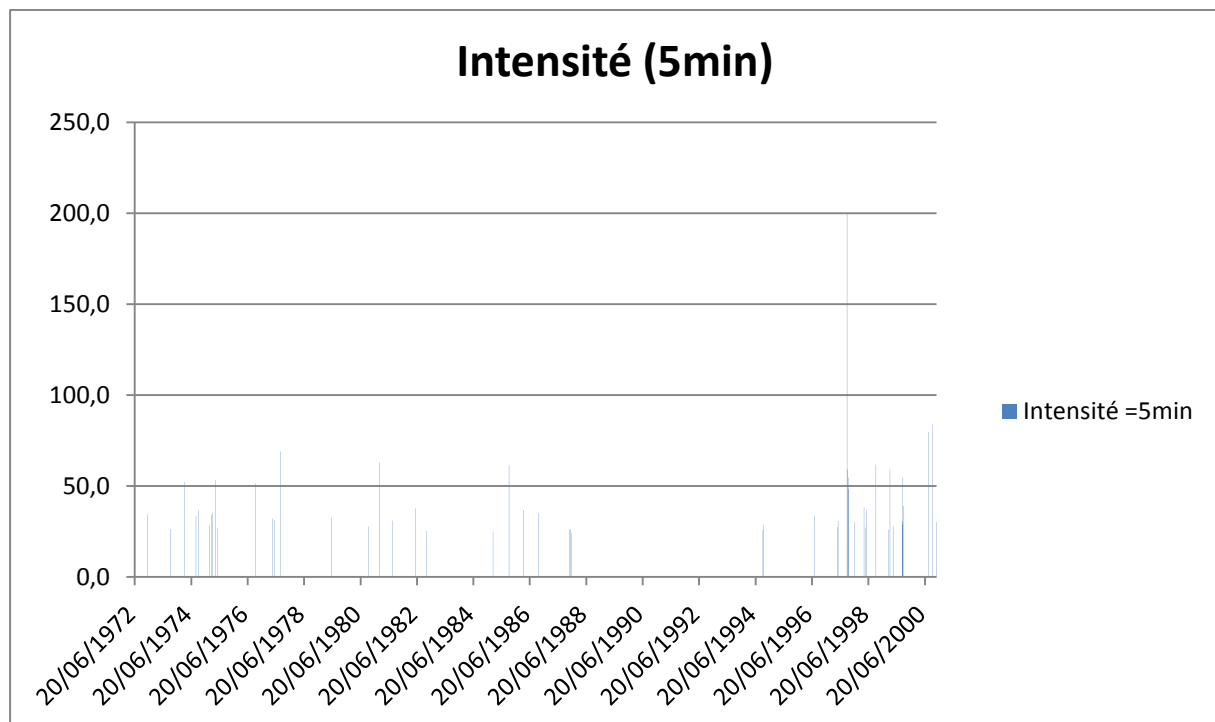
## Introduction

L'étude statistique des épisodes pluvieux extrêmes à partir des séries d'observation dérive les quantiles d'intensités maximales, L'objectif de cette étude est la modélisation de l'intensité de pluie pour la région du Nord-Ouest d'Algérie dans le but d'étudier la tendance des valeurs extrêmes

Dans cette optique, ce chapitre sera consacré aux résultats obtenus et leur interprétation afin aboutir à la localisation des zones sensibles aux inondations dans le Nord-Ouest d'Algérie.

### IV.1. L'analyse des histogrammes des intensités de pluies

Nous observons que l'intensité maximale de l'année 1997- 1998 correspond à une valeur de 200 mm/h.



**Figure IV.1:** Histogramme représentant l'intensité de pluie en fonction des années.

La courbe de tendance donne une idée sur l'évolution des intensités des pluies, si on découpe la série en deux, la première donne une tendance croissante et la deuxième une tendance décroissant. Par contre, la série totale ne montre aucune tendance significative (statistiquement parlant). Ce qui montre que les longues séries sont les plus fiables pour obtenir un résultat en hydrologie.

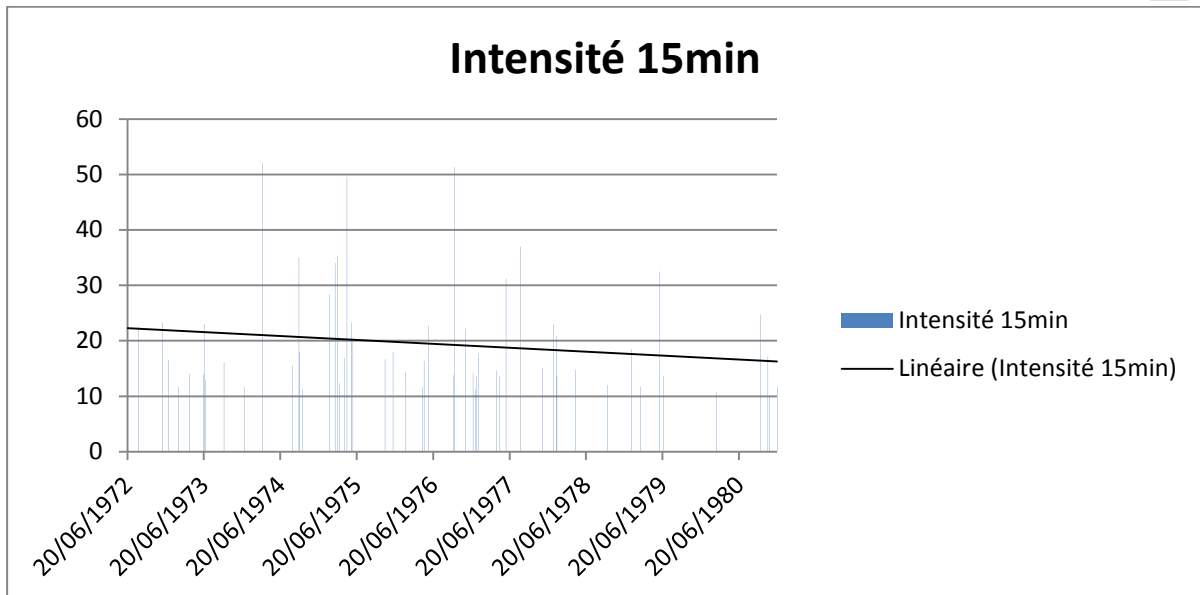


Figure IV.2: Histogramme de la 1<sup>ère</sup> sous série

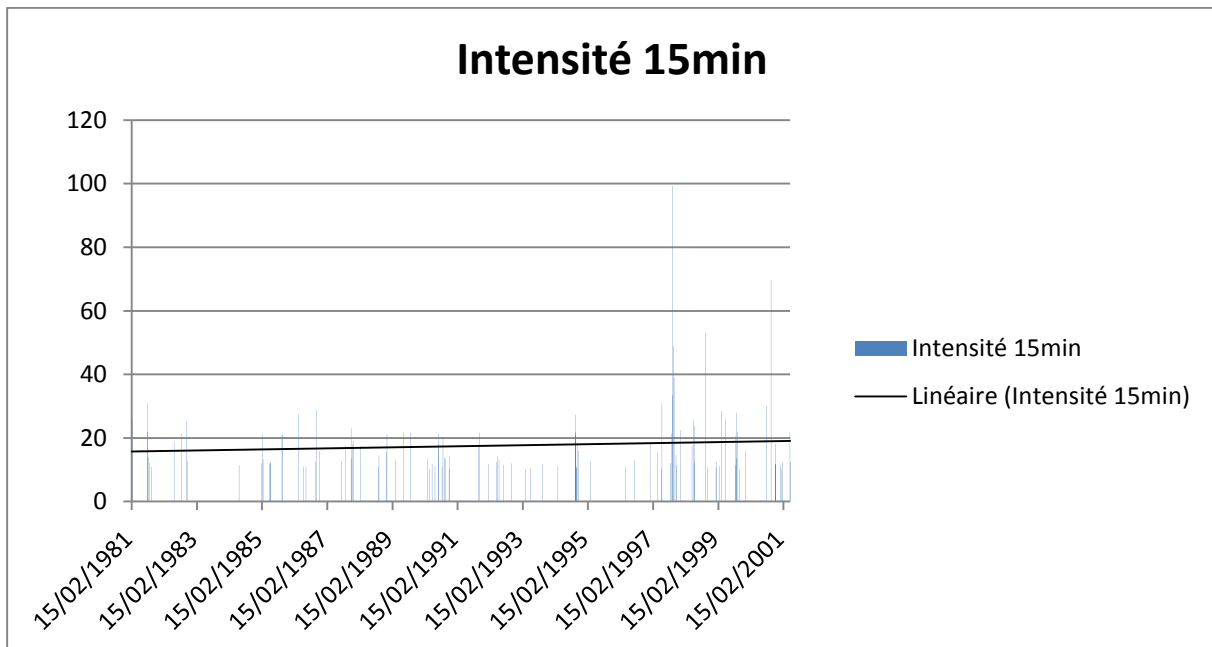


Figure IV.3 : Histogramme de la 2<sup>ème</sup> sous série



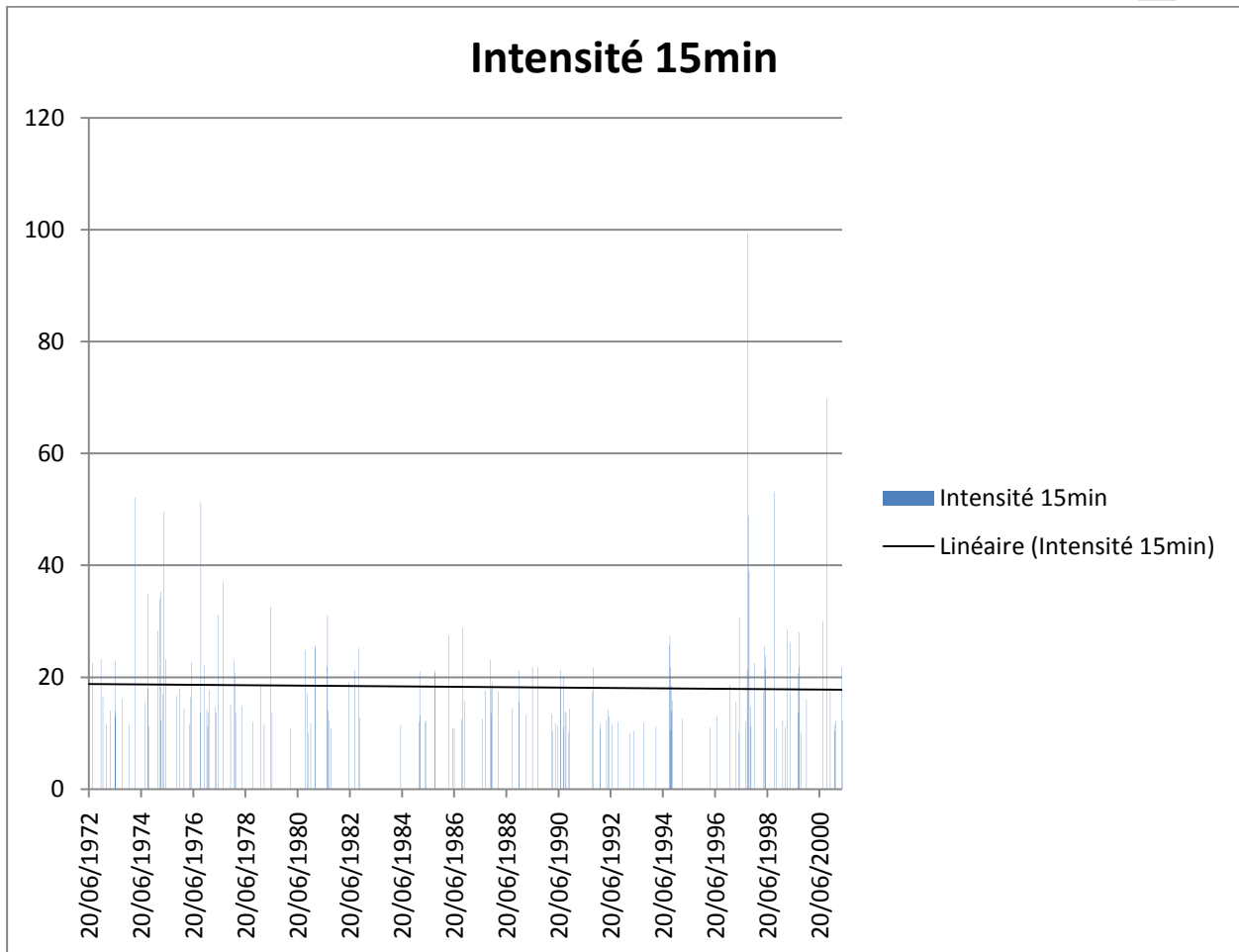


Figure IV.4 : Histogramme de la série complète

## IV.2. Interprétation des résultats obtenus

Dans ce chapitre on va présenter quelques résultats des valeurs extrêmes obtenues de telle sorte qu'ils soient représentatifs pour qu'on puisse visualiser la variation de l'intensité maximale (en fonction de la durée et de la période de retour) entre les différentes stations pluviométriques.

Les autres résultats sont donnés dans l'annexe II.

L'interprétation de ces résultats est faite à travers des rapports entre les quantiles :

- Le rapport entre les quantiles de la série complète et les deux sous séries de la même périodes de retour et une même durée pour visualiser la manière d'évolution de l'intensité maximale en fonction de la période de retour (l'augmentation du risque avec la période de retour).

Telle que :

$$\text{Rapport (\%)} = ((\text{le quantile de la série complète} - \text{le quantile de la sous série}) / \text{le quantile de la série complète}) * 100 \dots \dots \dots (1)$$

- Le rapport entre les quantiles des deux sous séries pour une même période de retour et la même durée, telle qu'on a calculé le rapport de la sorte :

$$\text{Rapport}^* (\%) = ((\text{le quantile de la série après} - \text{le quantile de la série avant}) / \text{le quantile de la série après}) * 100 \dots \dots \dots (2)$$

Ce rapport nous donne une idée sur l'augmentation de la tendance des valeurs extrêmes avec l'augmentation de la période de retour.

Les tableaux ci-dessous donnent un exemple des rapports calculés à l'aide desquels, on a abouti à l'interprétation donnée par la suite. Les autres tableaux utilisés seront mentionnés dans les annexes II et III.

**Tableau IV.01** : un exemple des rapports calculés.

T (année)	Quantiles (10min)					
	Série complète	1 <sup>er</sup> sous série	Rapport	2 <sup>ème</sup> sous série	Rapport	Rapport <sup>*</sup>
2	19,25	19,64	-1,99	19,07	0,93	-2,96
5	31,81	34,25	-7,66	30,55	3,95	-12,09
10	47,58	53,83	-13,14	44,36	6,78	-21,36
20	72,77	86,83	-19,31	65,65	9,79	-32,27
50	131,08	168,04	-28,20	112,96	13,82	-48,76
100	207,49	280,76	-35,31	172,64	16,80	-62,63
200	331,05	472,52	-42,73	265,98	19,66	-77,65

IV.2.1.Chelif

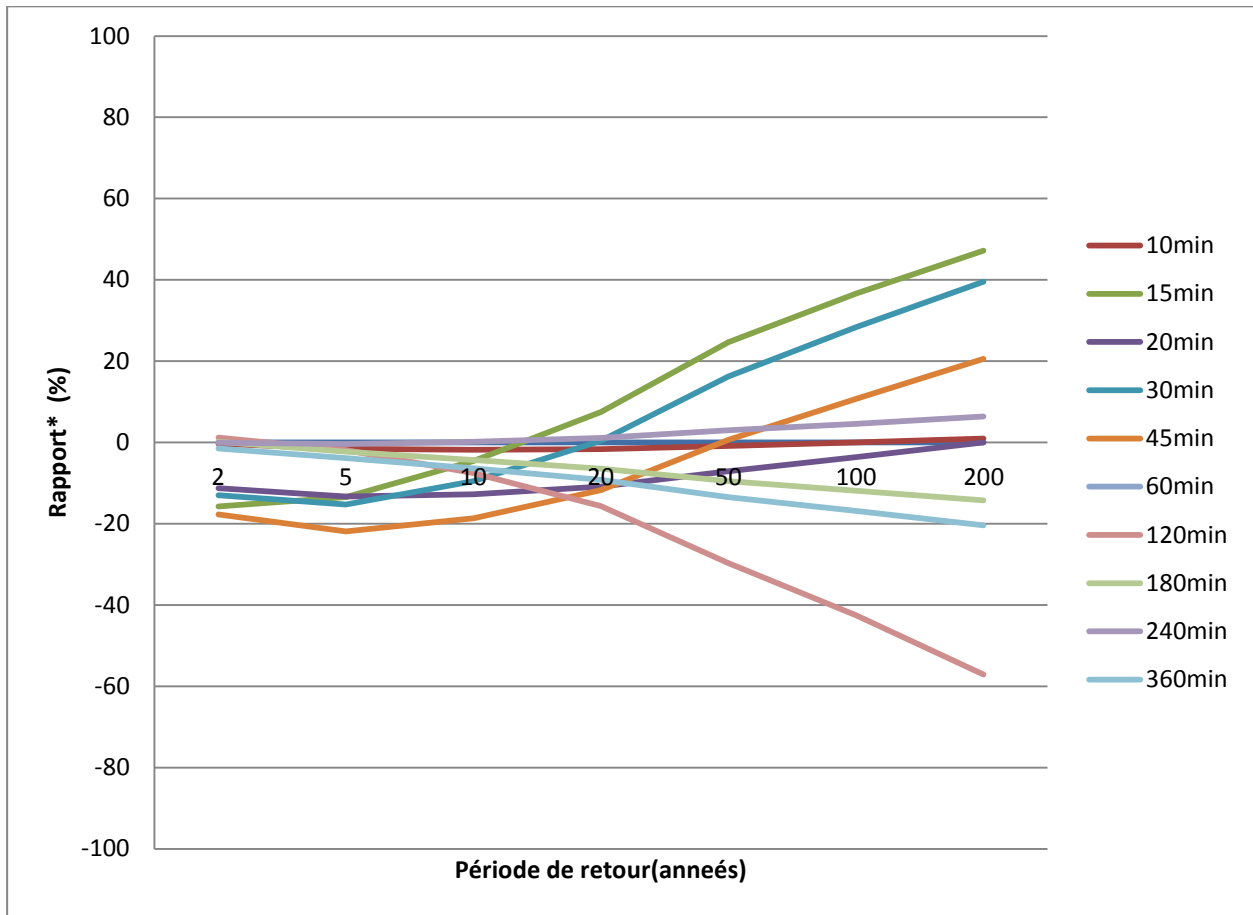


Figure IV.5 : courbes des quantiles de la station BORDJ EL AMIR AEK (11603).

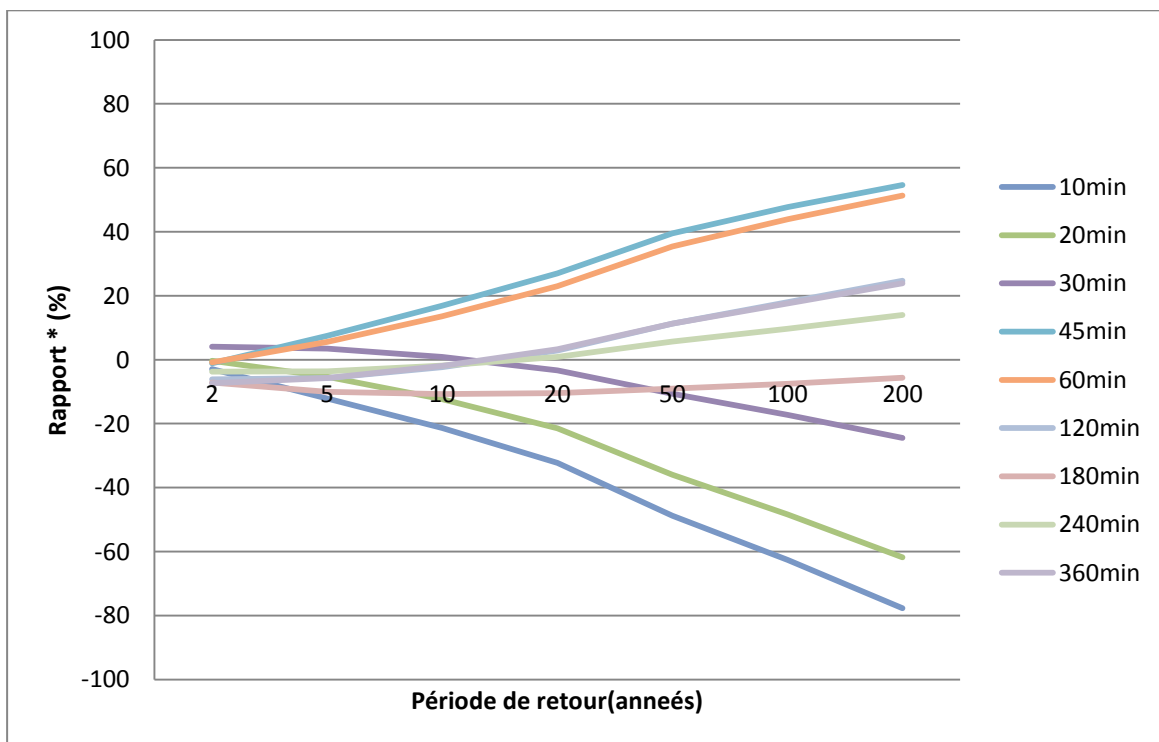


Figure IV.6 : courbes des quantiles de la station THENIET EL HAD (11605).

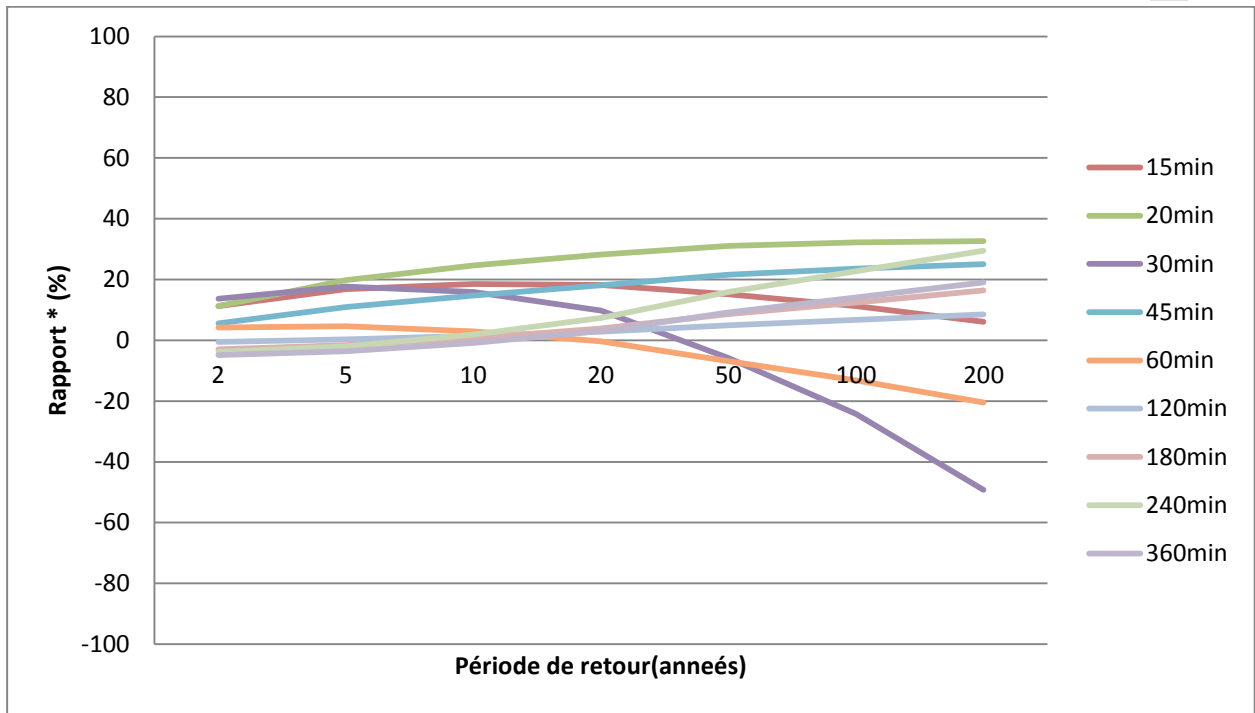


Figure IV.7 : courbes des quantiles de la station ARIB EBDA (11801).

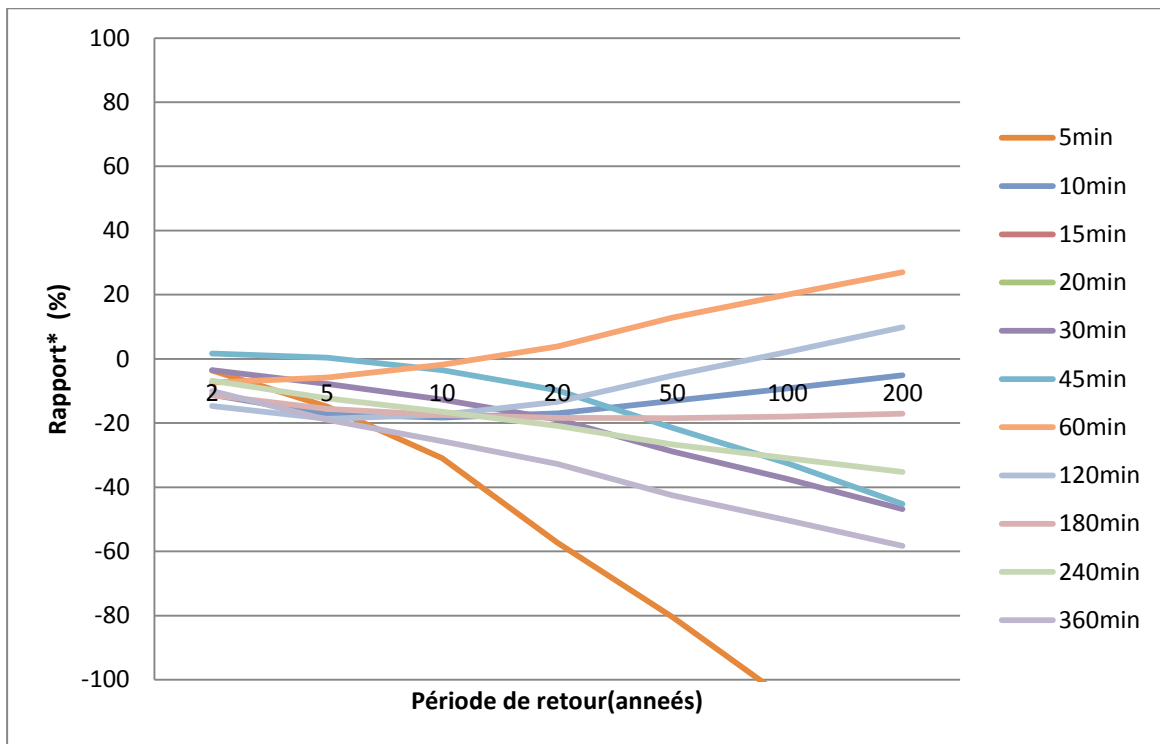


Figure IV.8 : courbes des quantiles de la station EL TOUAIBIA (11901).

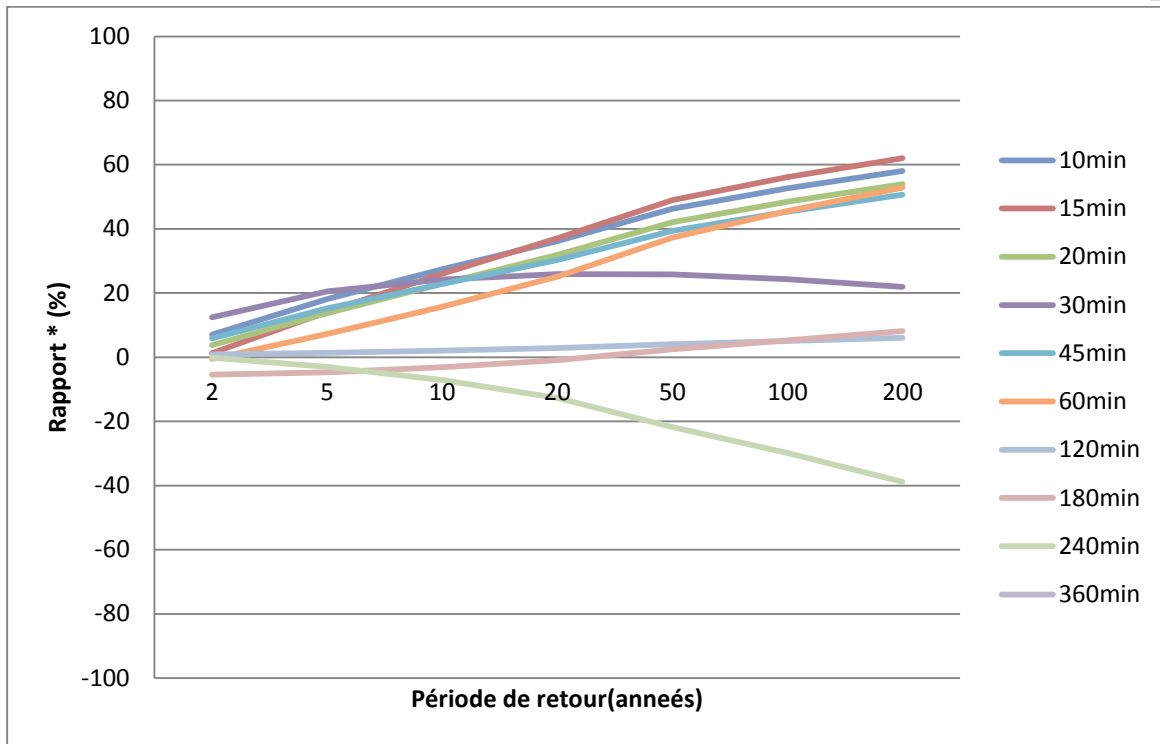


Figure IV.9 : courbes des quantiles de la station PONTEBA DEFLUENT (12203).

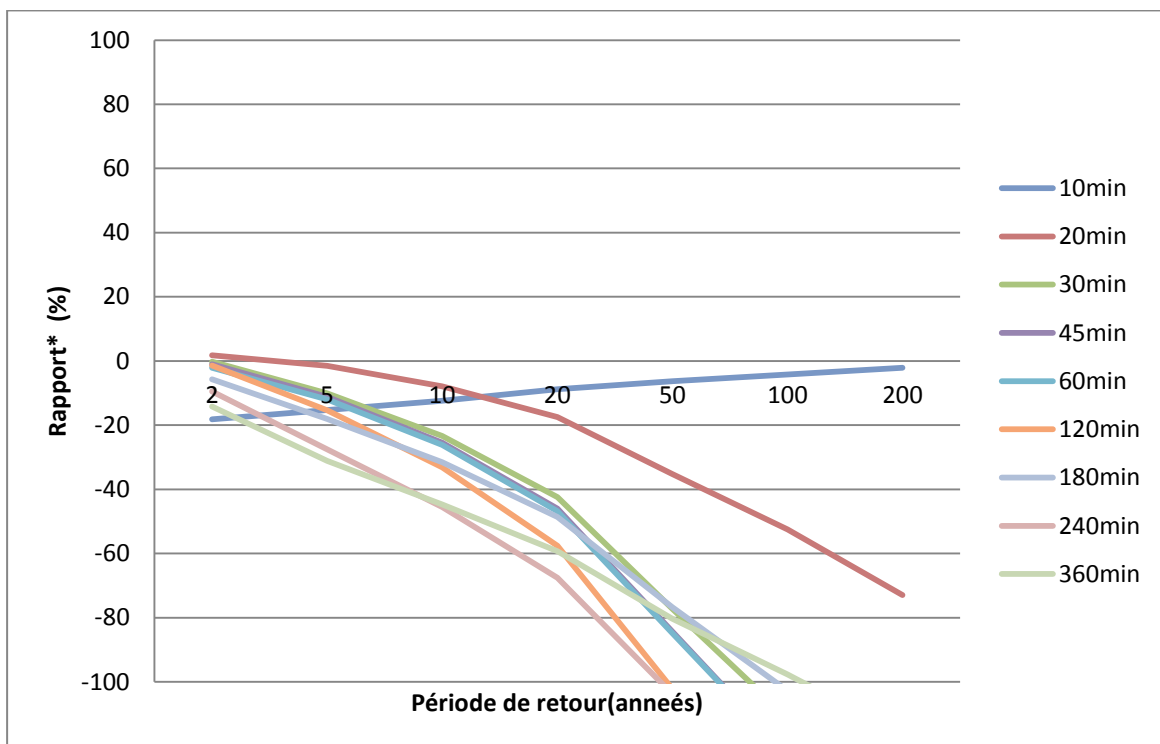


Figure IV.10 : courbes des quantiles de la station AMMI MOUSSA (12605).

❖ Par rapport les deux sous séries

A long terme, le rapport entre les quantiles est très important (énorme) si la période de retour dépasse les 20ans au niveau de la station PONTEBA DEFLUENT. Il est plus faible pour la station AMMI MOUSSA.

On remarque que le rapport est aussi important pour les stations BORDJ EL AMIR AEK, THENIET EL HAD, ARIB EBDA, EL TOUAIBIA mais il existe une réduction pour ces stations aussi importante dans le cas où la durée dépasse 60 min aux mêmes périodes de retour.

❖ **Par rapport à la série complète (Voir l'annexe II)**

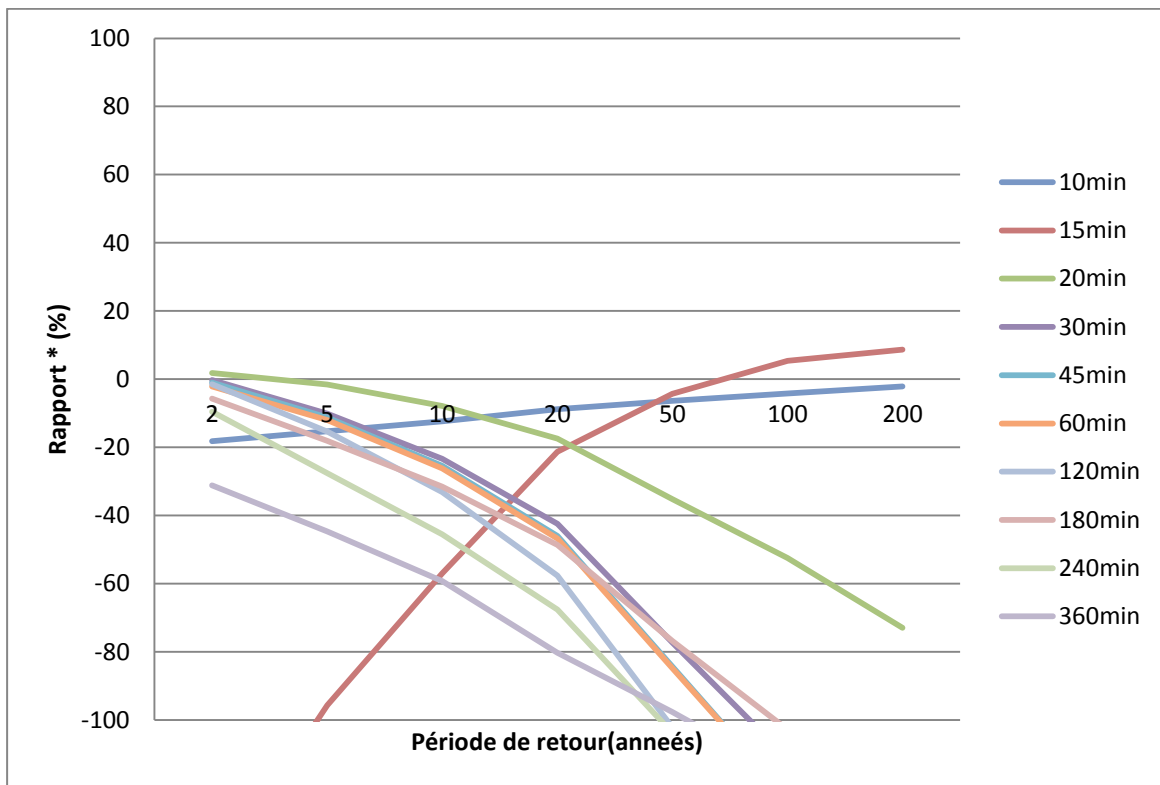
Les stations de ce bassin montre une contradiction dans l'évolution temporelle (ARIB EBDA, EL TOUAIBIA, PONTEBA DEFLUENT et AMMI MOUSSA), le rapport de la 1<sup>er</sup> sous série est faible ce qui signifie une réduction très importante. Par contre, le rapport de la 2<sup>ème</sup> sous série a une augmentation importante.

Pour la station BORDJ EL AMIR AEK le rapport entre les deux sous séries des intensités reste très important (augmentation) même pour les longues durées.

- ✓ Le risque de changement du régime pluviométrique en termes d'intensité décroît du Sud au Nord dans la partie Ouest du bassin Cheliff.

Par contre, pour les périodes de retour élevées ce risque croît du Sud au Nord, cette constatation montre que la partie Nord est confortée aux problèmes d'inondations pluviales.

### IV.2.2.Cotier Algérois



**Figure IV.11** : courbes des quantiles de la station BORDJ ABOU EL HASSEN (20201).

#### ❖ Par rapport aux deux sous séries

Pour cette station les rapports sont en diminution importante, et cela précisément pour les longues périodes de retour et les courtes durées, on observe que la dangerosité se manifeste pour la période de retour de 10 ans.

#### ❖ Par rapport à la série Complete (Voir l'annexe II)

La diminution de l'intensité de pluie en fonction de l'augmentation de la durée de l'averse se fait avec un rapport assez important pour qu'on puisse dire que les pluies de durée assez faible (20 minutes et moins) provoquent un risque pour les longues périodes de retour.

Pour une même période de retour, le rapport d'intensité est plus fort que la durée est minimale, ce qui explique la première loi de la pluviosité (l'intensité sera forte lorsque la durée est courte).

### IV.2.3.Côtiers Oranais

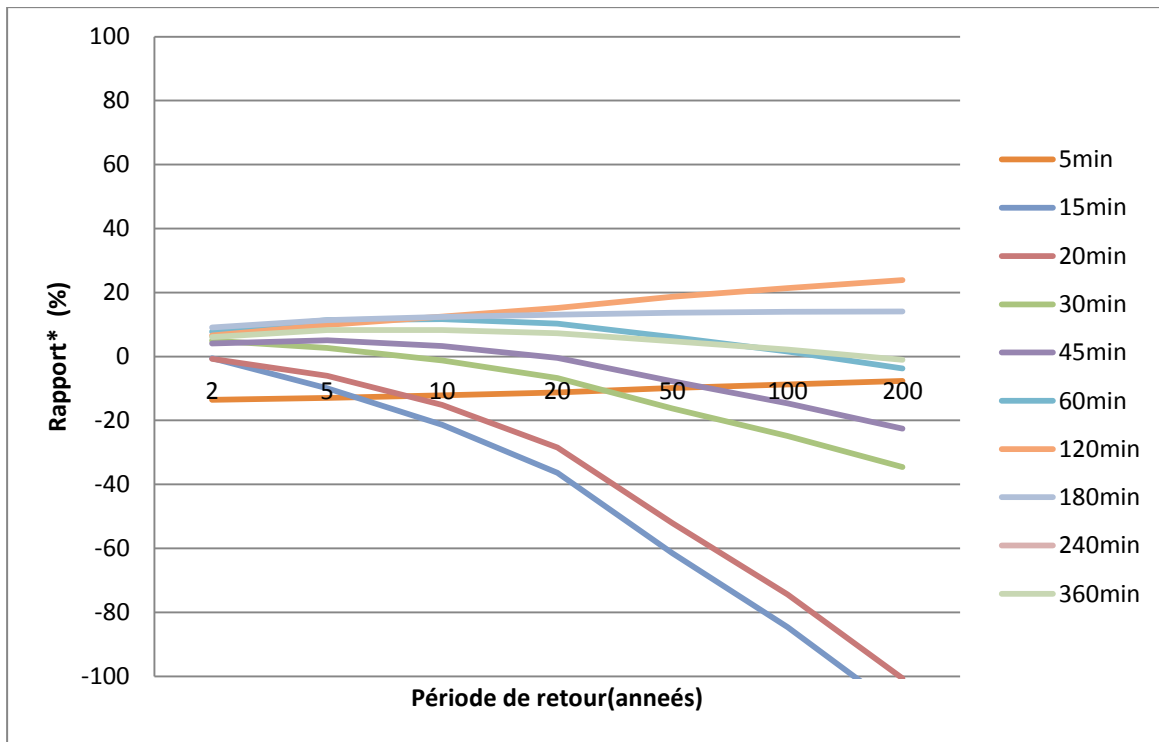


Figure IV.12 : courbes des quantiles de la station DAR BENCHERKI (40111).

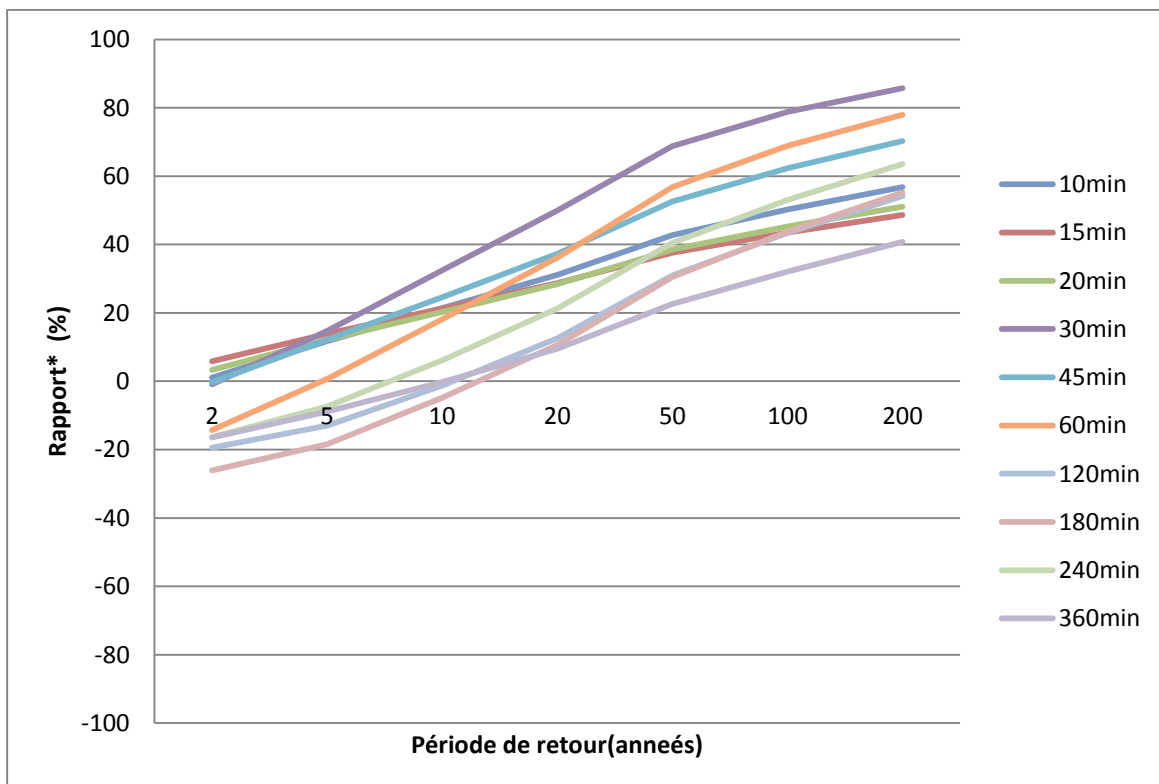


Figure IV.13: courbes des quantiles de la station MOSTAGUEM SCM (40612).



❖ **Par rapport aux deux sous séries**

La variation du rapport ( $R^*$ ) est importante dans les bassins MOSTAGUEM SCM et DAR BENCHERKI, ce qui indique que le risque de l'évolution temporelle décroît de l'Est à l'Ouest.

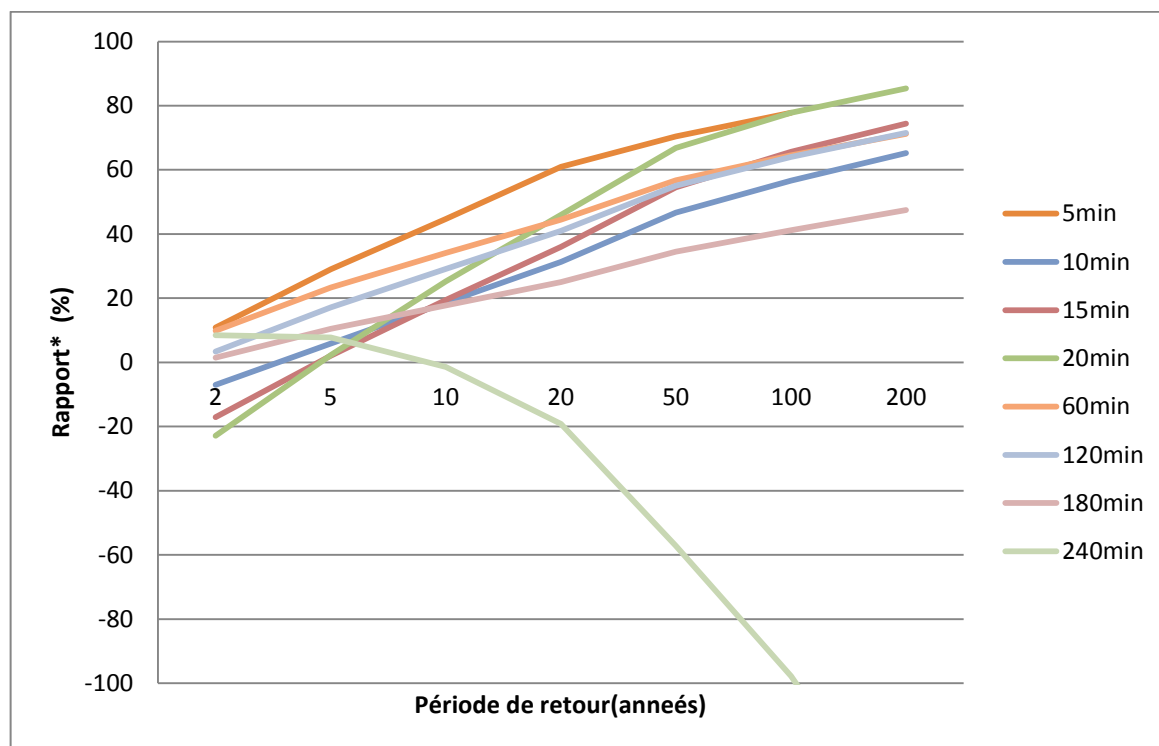
On remarque qu'il y a une diminution dans la station DAR BENCHERKI assez importante pour les deux durées 180 et 240 minutes pour des périodes de retour qui dépasse les 20 ans.

❖ **Par rapport à la série Complete (Voir l'annexe II)**

Pour la station MOSTAGUEM SCM une réduction importante par rapport à la 1ère sous série qui explique un déficit assez important ; et pour la 2<sup>ème</sup> sous série un excès qui signifie une évolution temporelle importante quand la période de retour augmente, totalement le contraire pour la station DAR BENCHERKI.

- ✓ La variation de ce rapport est élevée pour la station MOSTAGUEM SCM par rapport à la station DAR BENCHERKI ce qui signifie que le risque d'inondation pluviale se situe dans le centre du bassin pour toutes les périodes de retour.

**IV.2.4.Chott Ech Chergui**



**Figure IV.14:** courbes des quantiles de la station EL ARICHA (80102).

❖ **Par rapport aux deux sous séries**

La station EL ARICHA présente des valeurs élevées de rapport ( $R^*$ ) donc on peut dire que le risque peut se provoquer pour les très courtes durées.

On remarque aussi qu'à 240 minutes il y a une réduction assez importante qui explique la relation inverse entre la durée et l'intensité (la diminution de l'intensité de pluie en fonction l'augmentation de la durée de l'averse).

❖ **Par rapport à la série complète (Voir l'annexe II)**

Les résultats obtenus ont permis d'aboutir aux points suivants :

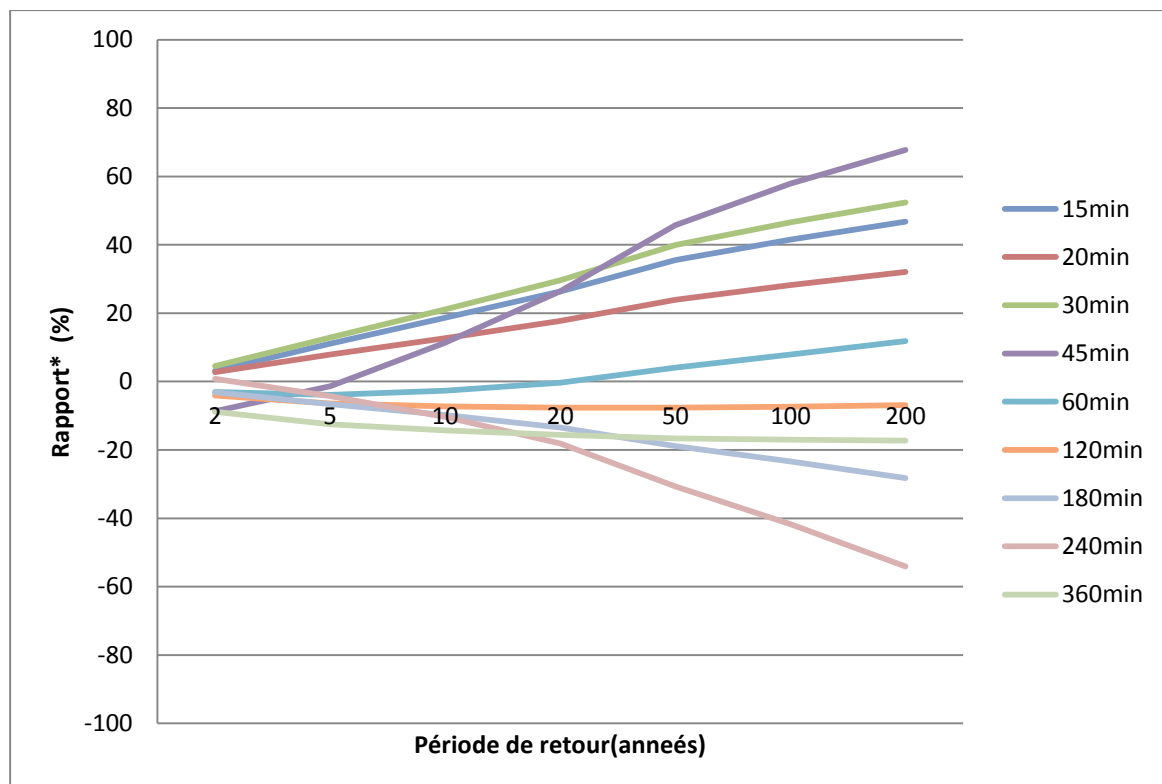
Le rapport augmente pour la 1<sup>ère</sup> sous série.

Le rapport diminue très rapidement pour la 2<sup>ème</sup> sous série.

La diminution reste remarquable en termes de durée (240 minutes) telle qu'elle augmente par rapport aux longues périodes de retour.

- ✓ La partie Nord-Ouest présente un risque d'évolution temporelle important pour des durées petite et longue période de retour.

**IV.2.5. Tafena**



**Figure IV.15:** courbes des quantiles de la station BENI BAHDEL BGE (160403).

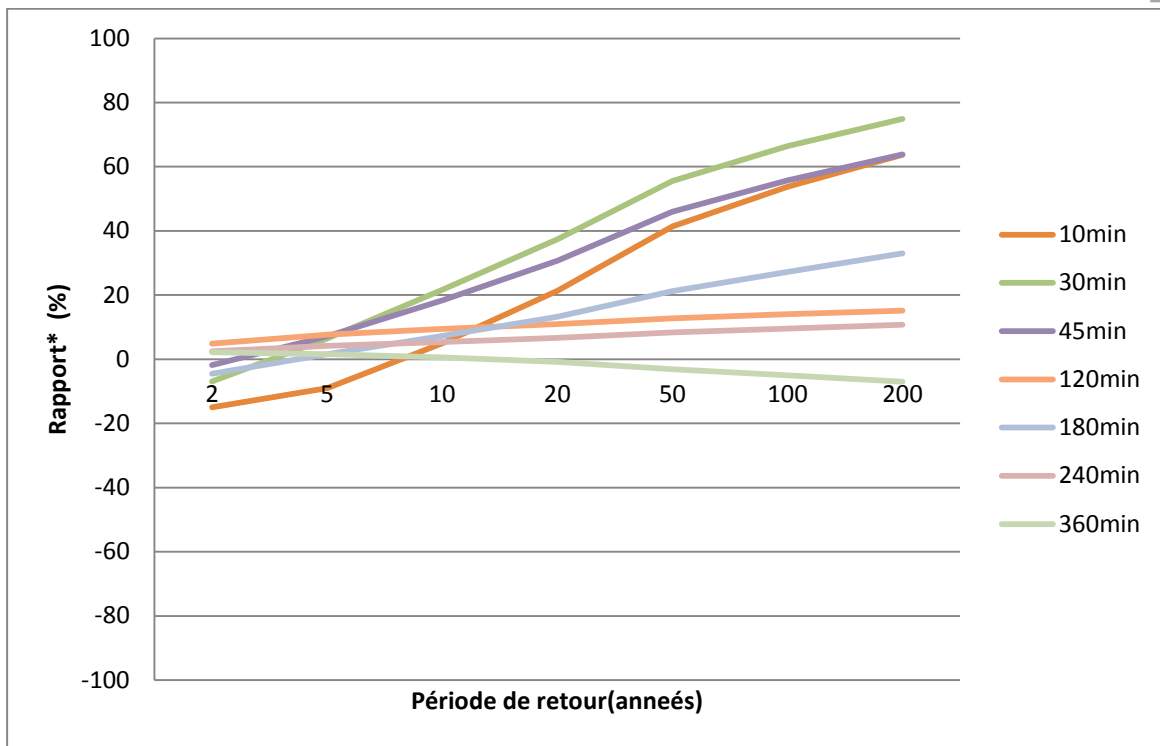


Figure IV.16: courbes des quantiles de la station ZAOUIA BEN AMAR (SIDI) (160517).

#### ❖ Par rapport aux deux sous séries

D'après les figures présentés, nous trouvons que les stations BENI BAHDEL BGE et ZAOUIA BEN AMAR présentent des valeurs élevées de rapport (**R**), ce qui signifie que la partie Nord-Ouest de ce bassin présente une intensité forte lorsque la durée est minimale, pour des périodes de retour maximale allant de 50 ans jusqu'à 200 ans.

#### ❖ Par rapport à la série Complete (Annexe II)

La station BENI BAHDEL BGE ; Pour la 2<sup>ème</sup> sous série le rapport est négatif et en diminution importante, ce qui nous indique que les intensités à long terme sont aussi importantes que celles du court terme ainsi que la 1<sup>ère</sup> sous séries a des rapports élevés pour des courtes durées et sont dangereuses.

Par contre pour la station ZAOUIA BEN AMAR ne provoquent aucun un risque ou bien que le risque est faible pour les longue durées.

- ✓ La partie Nord de ce bassin présente une évolution temporelle forte.

### IV.3 Comparaison entre les rapports pour des stations de bassins différents

D'après les interprétations des graphes obtenus pour les différentes stations on a constaté que la station de MOSTAGUEM SCM présente des valeurs de rapports plus élevés par rapport aux autres stations, ce qui explique que la région représentée par cette station dans le bassin a une variation importante de l'intensité maximale lorsque la durée de temps diminue et la période de retour augmente ensuite la station EL ARICHA du bassin de Chott Ech Chergui, puis la station du bassin de la Tafna, ensuite vient la station du bassin Cheliff, en dernier lieu Côtier Algérois.

#### IV.4 Comparaison des rapports par rapport aux deux sous séries

Le comportement de ce rapport suivant la période de retour indique que : Lorsque la période de retour augmente la variation de ce rapport est maximale, donc l'intensité est forte lorsque la période de retour augmente pour une même durée, ce qui corrobore avec la deuxième loi de la pluviosité (l'intensité sera d'autant plus intense que sa fréquence d'apparition sera petite). Cette variation est pareille pour toutes les stations d'étude, les résultats de calcul sont présentés dans l'Annexe N°02.

**Tableau IV.2 : Les rapports de la station BENI BAHDEL BGE.**

T (année)	Quantiles (30 min)			
	Série complète	1 <sup>er</sup> sous série	2 <sup>ème</sup> sous série	Rapport*
2	13,09	12,79	13,40	4,55
5	19,38	17,92	20,56	12,86
10	28,27	24,53	31,08	21,07
20	43,92	35,33	50,18	29,59
50	84,42	60,95	101,44	39,91
100	143,34	95,32	178,56	46,62
200	247,80	152,05	319,42	52,40

#### IV. 5 Localisation des zones vulnérables aux risques d'évolutions temporelles

A partir de l'observation de l'évolution des valeurs extrêmes des intensités de pluie pour chaque station du bassin on a tiré les conclusions ultérieures :

##### **Cheliff**

La zone de la station PONTEBA DEFLUENT est la plus sensible, par la suite les stations BORDJ EL AMIR AEK, THENIET EL HAD qui enregistrent une augmentation assez importante des valeurs de l'intensité, on remarque que la vulnérabilité au risque d'évolution temporelle reste permanente pour des durées d'averses assez courtes. La station ARIB EBDA présente une zone de faible altitude (280 m).

##### **Côtiers Algérois**

La station BORDJ ABOU EL HASSEN entoure la localité la plus stable du bassin (la partie comprise dans la région d'étude), on remarque à partir des aboutissements de la modélisation que les pluies de longues durées ne provoquent pas de risque sur l'environnement du bassin.

On constate aussi que le risque dans ce bassin est minime par rapport aux autres bassins.

### **Côtiers Oranais**

A partir de l'évolution temporelle de l'intensité maximale dans ce bassin on a tiré comme information que les zones inondables sont localisées dans la station : MOSTAGUEM SCM qui se situent dans la partie Nord-Ouest du bassin à une altitude assez faible (151 m).

Le risque est maximal par rapport aux courtes durées.

### **Chott Ech Chergui**

On remarque que la zone du bassin concerné par l'étude est très vulnérable aux inondations en termes de longues périodes de retour et pour des durées assez courtes.

Cette partie est située dans le Nord– Ouest de La région d'étude (EL ARICHA).

### **Tafna**

Ce bassin se situe à l'Ouest de la région d'étude.

Les stations BENI BAHDEL BGE et ZAOUIA BEN AMAR présentent des zones de haute sensibilité aux fortes intensités.

Les pluies de courtes durées peuvent provoquer un risque à long et même à moyen terme surtout dans l'entourage des deux stations BENI BAHDEL et ZAOUIA BEN AMAR dont l'altitude est supérieure à 350 m.

- A partir des résultats trouvés pour chaque bassin et de la comparaison entre l'évolution des rapports et l'ordre de grandeur de l'intensité on a jugé que le potentiel de danger est plus important pour les bassins : Côtiers Oranais et Chott Ech Chergui, Chelif, on remarque aussi que d'une manière globale ce risque augmente de l'Est vers l'Ouest et de l'intérieur vers le littorale (Côtiers Oranais).

## **Conclusion**

On se basant sur les résultats trouvés par la modélisation climatique on peut localiser les zones vulnérables et le degré de sensibilité de chaque zone, ce qui nous amène à dire que des précautions sont nécessaires pour la protection contre les inondations dans les zones concernées.

Les aménagements hydrauliques, la révision et le diagnostic des réseaux seront utiles pour minimiser les conséquences probables.

## Conclusion générale

Au cours de la dernière décennie et sous l'effet d'une urbanisation toujours croissante, les villes Algériennes ont connu des inondations dévastatrices dues à des averses de courte durée et de forte intensité.

L'objectif général de ce travail était de faire une étude sur l'évolution des intensités des pluies dans le Nord-Ouest du pays à partir de la modélisation climatique en se basant sur les données pluviométriques enregistrées aux niveaux des stations pluviométriques de la région

La méthode utilisée consiste à estimer les quantiles à partir d'un ajustement d'une loi de distribution théorique à l'aide du logiciel HYFRAN-Plus, où l'adéquation a été vérifiée par le test de Pearson ( $\chi^2$ ) pour un seuil de signification de 95%. Les résultats d'ajustement montrent que les séries des intensités maximales s'ajustent bien avec la loi GEV. Par la suite on a calculé les rapports des valeurs extrêmes on se basant sur la comparaison entre les deux sous séries et la série complète ainsi que la série après par rapport à la série avant. Enfin on a tracé les courbes qui représentent l'évolution de ces rapports.

Les résultats de cette étude mettent en évidence l'intensification des pluies de courte durée. Il a été montré qu'il existe une augmentation d'intensité des pluies sur les pas de temps faibles :

- ✓ Pour les 05 bassins versants étudiés, le risque pluvial est plus élevé dans la partie Nord de notre zone d'étude (le bassin de Côtiers Oranais), que dans la partie sud.
- ✓ Les changements climatiques supposent la dégradation à long terme des valeurs moyennes des caractéristiques statistiques des variables étudiées sur des périodes de longue durée.

Finalement, le présent document peut servir aux décideurs afin de gérer la situation vis-à-vis du risque violent d'inondation.

## Références bibliographiques

**André Musy et Christophe Higy.** Hydrologie Appliquée. Editions \*H\*G\*A\*, Bucarest.

**BERDANE, K.** Crues et inondations en zone aride : cas du bassin de l'oued Deffa dans le sud-ouest Algérien. 115p. Mémoire de Magister : ENSH de Blida : Option: Génie de l'eau : 2015.

**Christophe Ancey.** Notes de cours : Risques hydrologiques et aménagement du territoire. École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Ecublens, CH-1015 Lausanne, Suisse. version 6.3 du 17 novembre 2011.

**El ADLOUNI, Salaheddine.** Analyse fréquentielle hydrologique : Logiciel Hfran-Plus (Version-V2.1), 13 Novembre 2014.

**El Adlouni, Salaheddine, Bernard Bobée et Ouejdene Samoud.** Guide pour les méthodes du système d'aide à la décision (SAD) de Hyfran-Plus. 2006.

**Francis Colin, Cathrine Collet, Fabrice Dessaint, Vincent Ginot,** 1995, Introduction à la décision statistique, Fiche aide mémoire.

**François Moussu.** Modélisation couplée pluie/débit débit/débit : Développement et application aux bassins non jaugés. 52p. Master 2 Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie Parcours Hydrologie-Hydrogéologie : Université Pierre et Marie Curie, École des Mines de Paris : 2006-2007.

**Jean-Luc BERTRAND-KRKRAJEWSKI.** Cours d'Hydrologie Urbaine Partie 2 : La pluie. Paris (France) : éditions du Seuil. 15/03/2007.

**Khanh-Hung Lam, Jennifer Milton, Michel Nadeau et Luc Vescovi,** 2003, Mise à jour des courbes d'intensité durée fréquence pluie de courte durée du climat récent au Québec, 1 Service Météorologique du Canada.

**KHELFI MOHAMED EL AMINE,** 2012 ; pour obtenir le grade de l'Étude comparative des différentes méthodes pour la construction des Courbes Intensité-Durée- Fréquence, en insuffisance de données et sous différents étages bioclimatiques, Mémoire de magistère (ENSH).

**Gilles Molinie,** 2006, Hydrométéorologie, Systèmes précipitant et précipitations;  
[http://209.85.229.132/search?q=cache:sZ6T1D1JiwgJ:ltheln21.hmg.inpg.fr/PagePerso/belleudy/STUE/TUE412\\_GM\\_slide\\_syst\\_prec.pdf+tue412\\_GM\\_slide\\_syst\\_prec.pdf&cd=1&hl=fr](http://209.85.229.132/search?q=cache:sZ6T1D1JiwgJ:ltheln21.hmg.inpg.fr/PagePerso/belleudy/STUE/TUE412_GM_slide_syst_prec.pdf+tue412_GM_slide_syst_prec.pdf&cd=1&hl=fr)

**Leclerc, M. (2000).** Cours d'hydrodynamique fluviale : l'analyse, la prévention et l'aménagement des risques d'inondation. INRS-EAU, 67 p.

**MOUSSU FRANÇOIS, MOUSSU-MEMOIRE 07, 2006-2007 ;** Modélisation couplée/ pluie/débit : Développement et application aux bassins non jaugés. Master 2 Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie Parcours Hydrologie-Hydrogéologie : Université Pierre et Marie Curie, École des Mines de Paris. 52p.

**Meylan, P et Musy, A, (1999).** Hydrologie fréquentielle. Editions HGA, Bucarest. Hongrie.

**MEDJERAB, A. 2005.** Etude pluviométrique de l'Algérie Nord-Occidentale « Approche statistique et cartographie automatique ». thèse de Doctorat, USTHB d'Alger.

**MEDEJERAB, A. HENIA, L.** Variations spatio-temporelles de la sécheresse climatique en Algérie nord-occidentale. Laboratoire, de Géographie et Aménagement du Territoire Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene. Courrier du Savoir – N°11, Mars 2011, pp.71-79

**MEDDI, H:** Quantification des précipitations : application au nord ouest algérien-méthodologie Pluvia. Mémoire de magister, C.U. Mascara, 140 pages. 2001.

**Organisation météorologique mondiale.** Guide des pratiques hydrologique : Acquisition et traitement des données, analyses, prévision et autres applications.

**Projet GEF/PNUD 00039149.**Seconde communication nationale de l'Algérie sur les changements climatiques a la CCNUCC : Sommet de Copenhague sur les changements climatiques 17 décembre 2009. Alger 2010.

**Touaibia, B.** Manuel pratique d'hydrologie. Edition Madani frères. Blida. Algérie, 166p.2004.

**Yahiaoui Abdelhalim.** Inondations Torrentielles Cartographie des Zones Vulnérables en Algérie du Nord (Cas de l'oued Mekerra, Wilaya de Sidi Bel Abbès). 185p. Doctorat en Hydraulique : Ecole Nationale Polytechnique : 3 juillet 2012.



# Annexes

Les histogrammes qui représentent l'intensité de pluie pour quelques stations d'études.

✚ Station BORDJ EL AMIR AEK (11603)

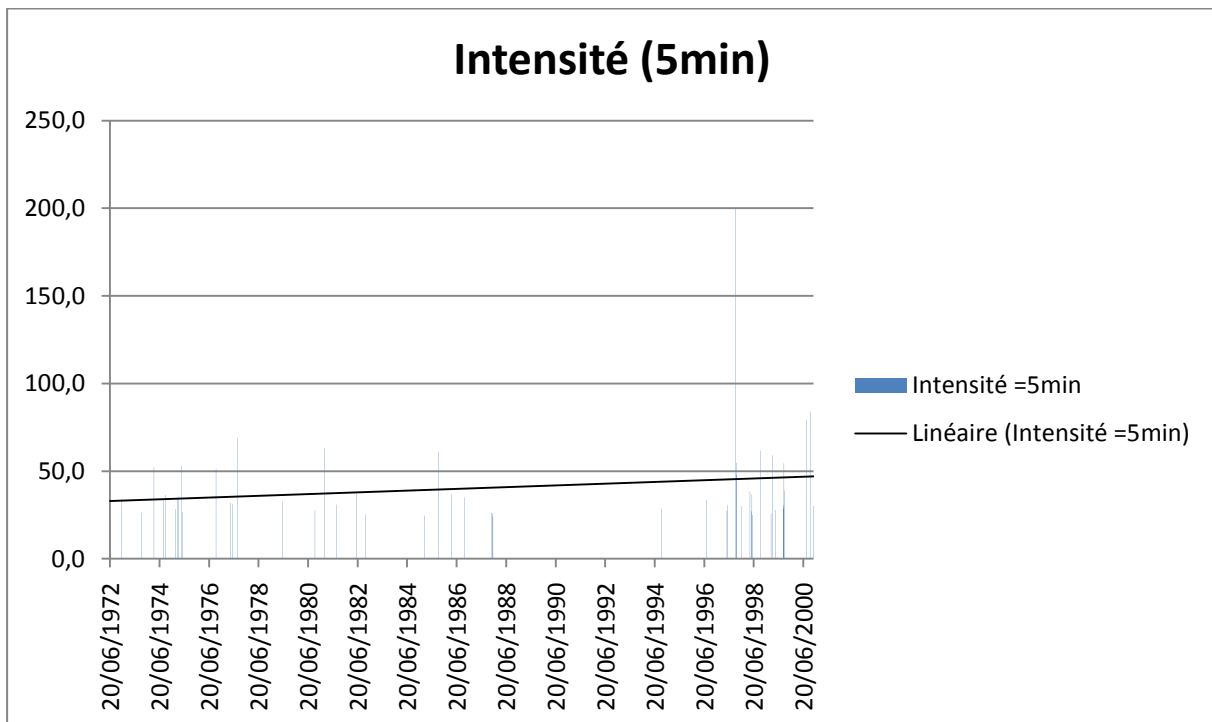


Figure 01 : Histogramme pour la série complète

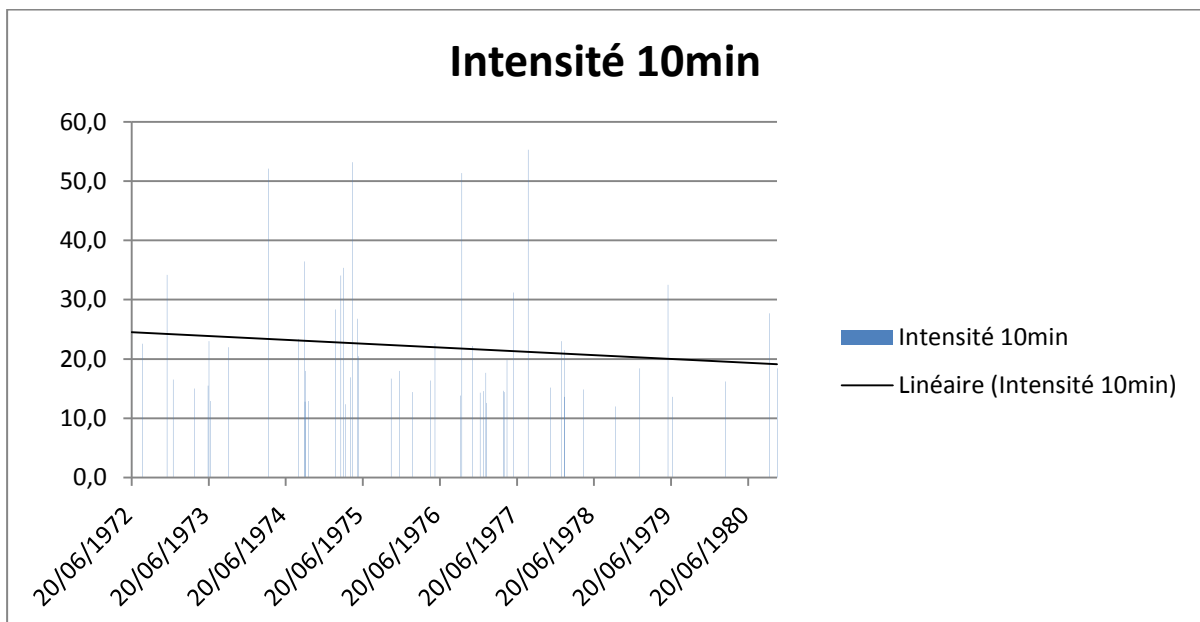


Figure 02: Histogramme pour la 1<sup>er</sup> sous série

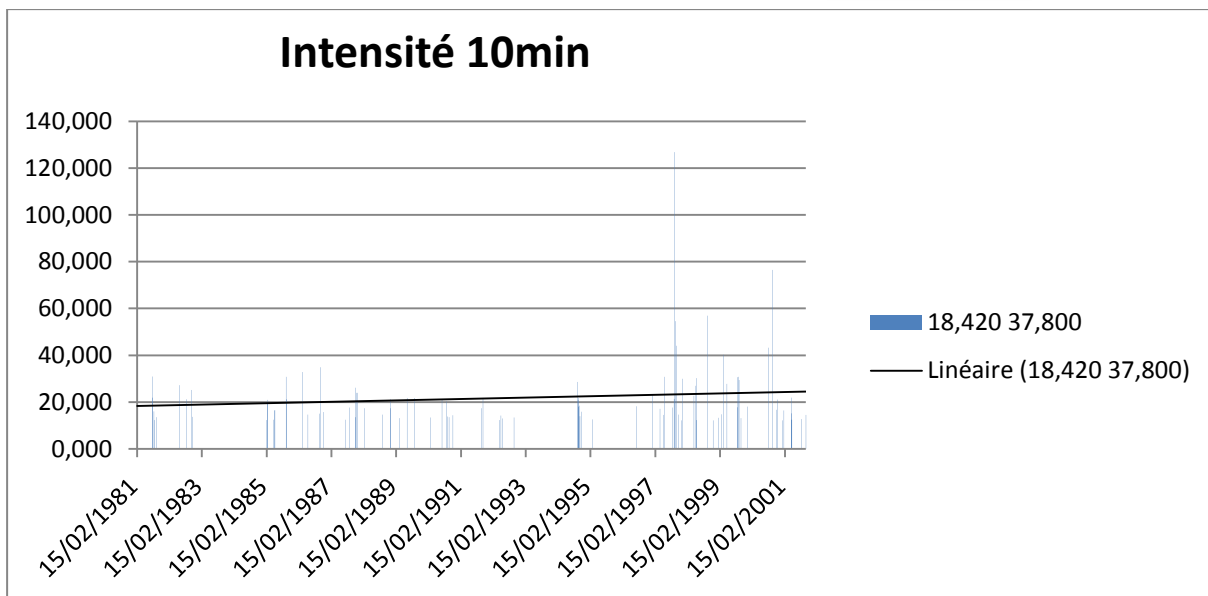


Figure 3 : Histogramme pour la 2ème sous série

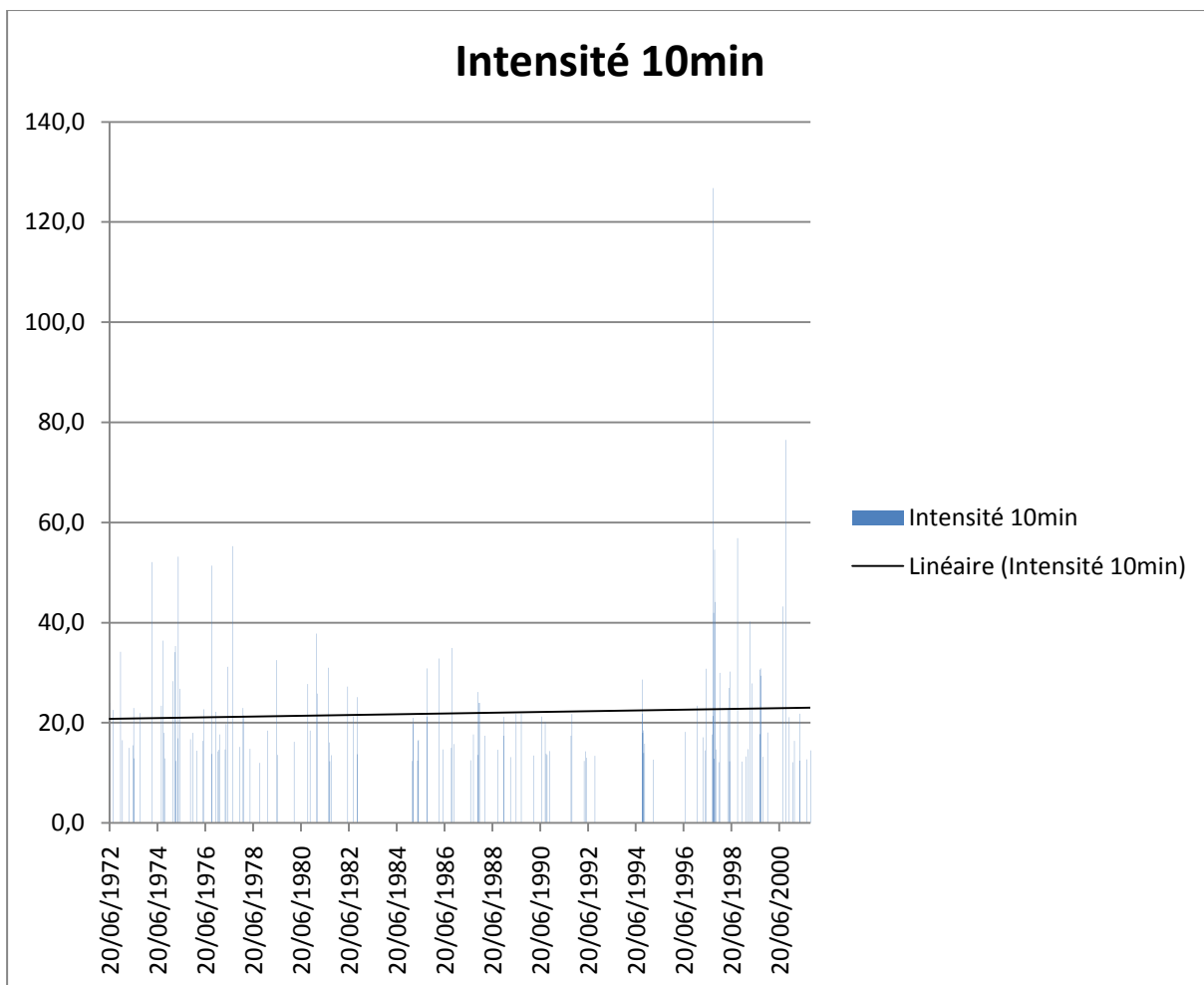
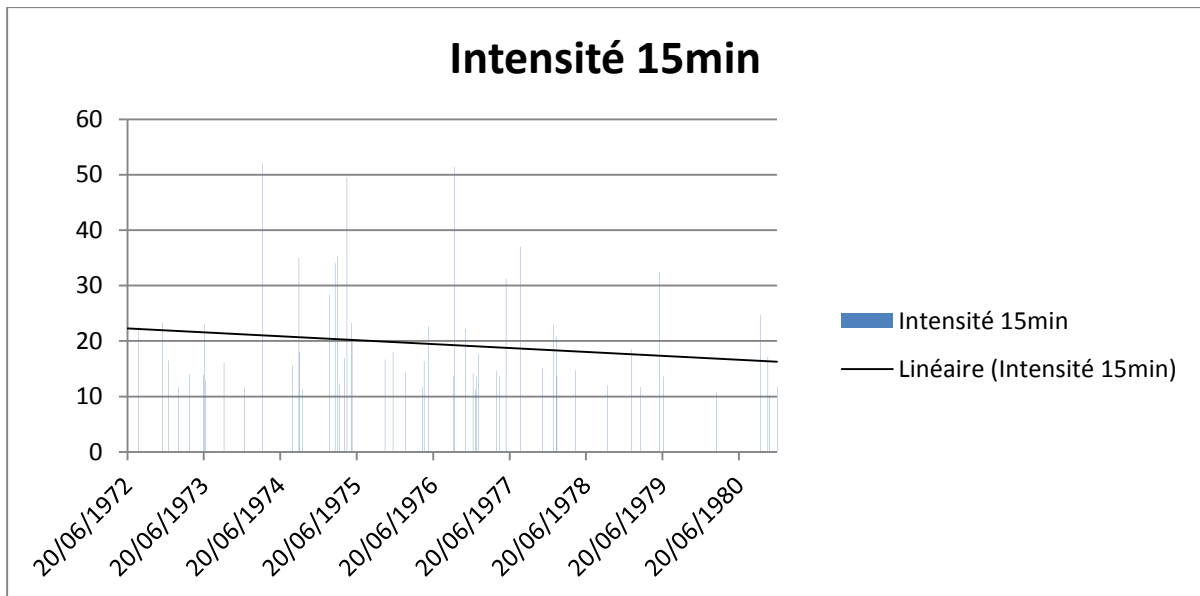
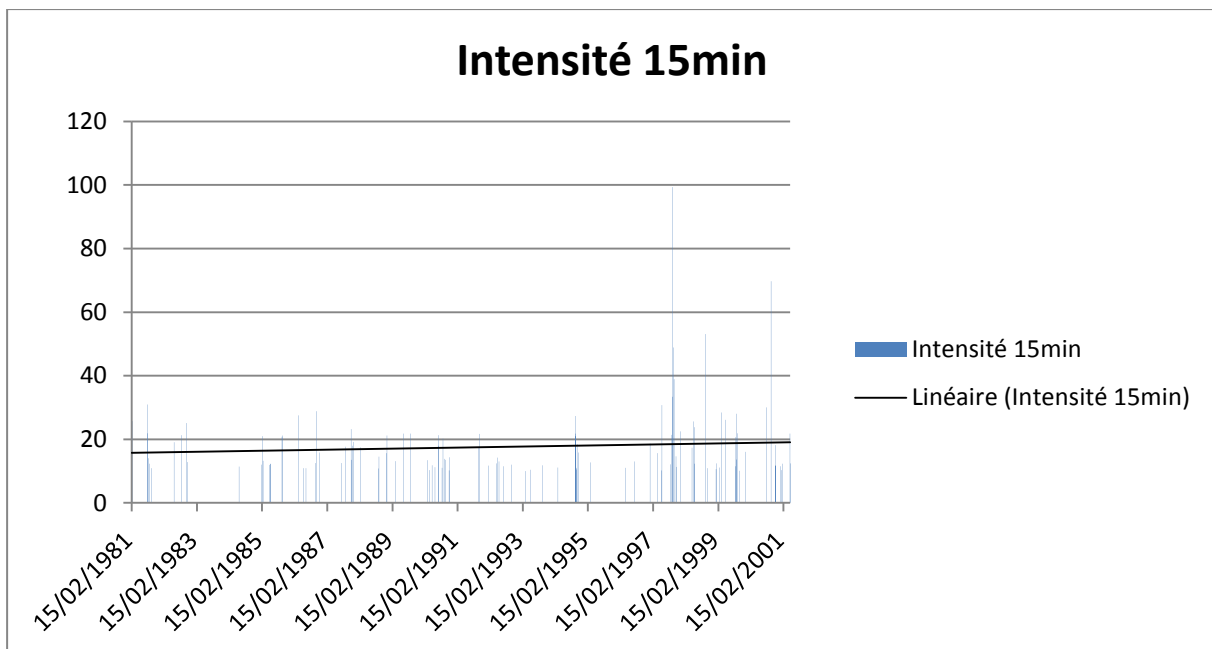


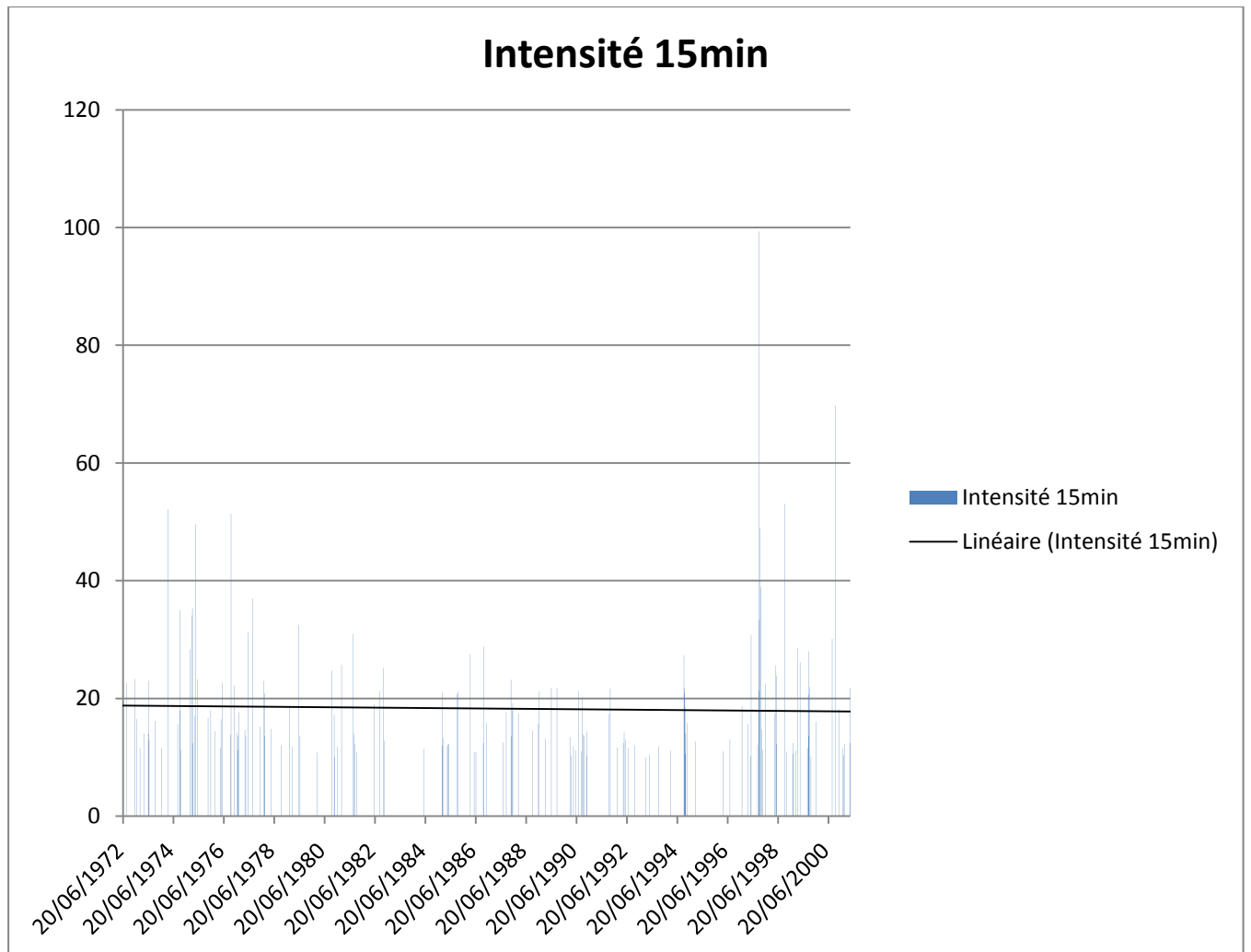
Figure 04 : Histogramme pour la série complète



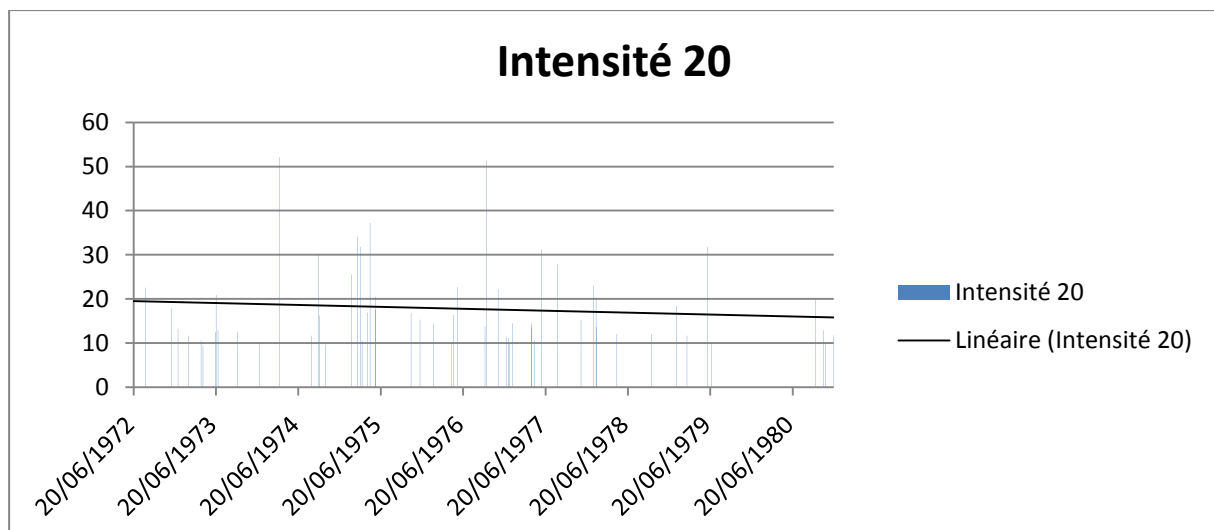
**Figure 05 :** Histogramme pour la 1<sup>er</sup> sous série



**Figure 06 :** Histogramme pour la 2<sup>ème</sup> sous série



**Figure 07** : Histogramme pour la série complète



**Figure 08** : Histogramme pour la 1<sup>er</sup> sous série

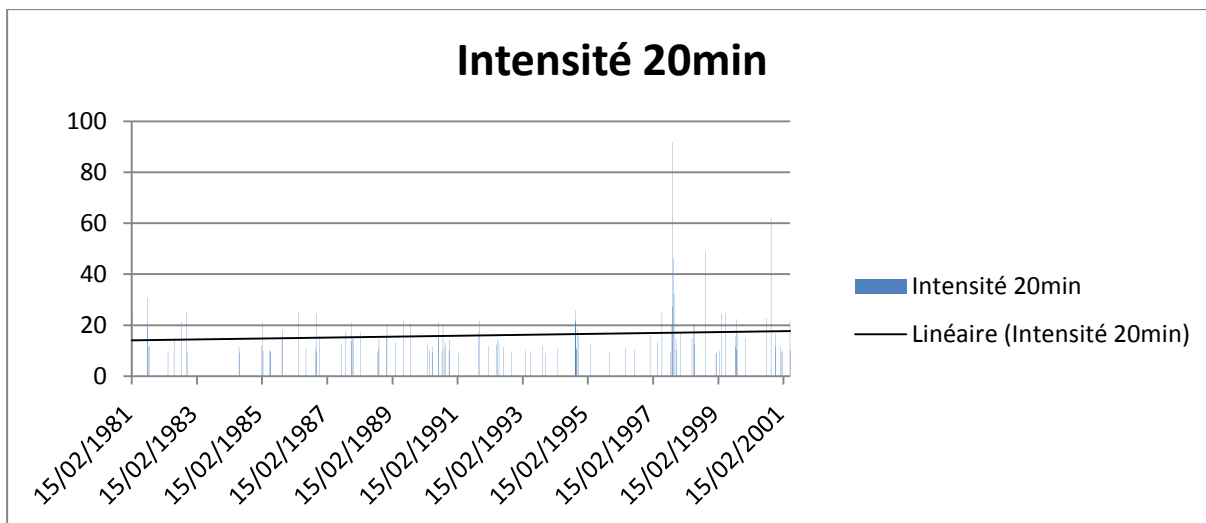


Figure 09 : Histogramme pour la 2ème sous série

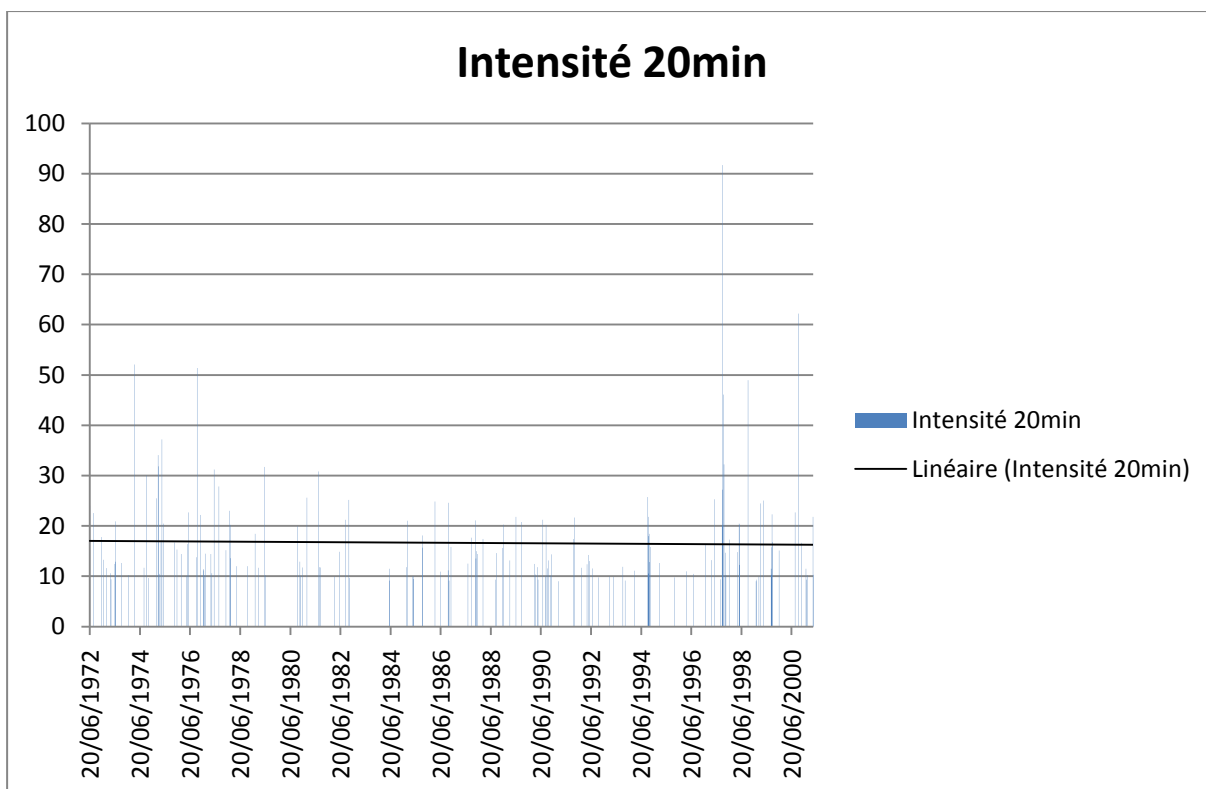


Figure 10 : Histogramme pour la série complète

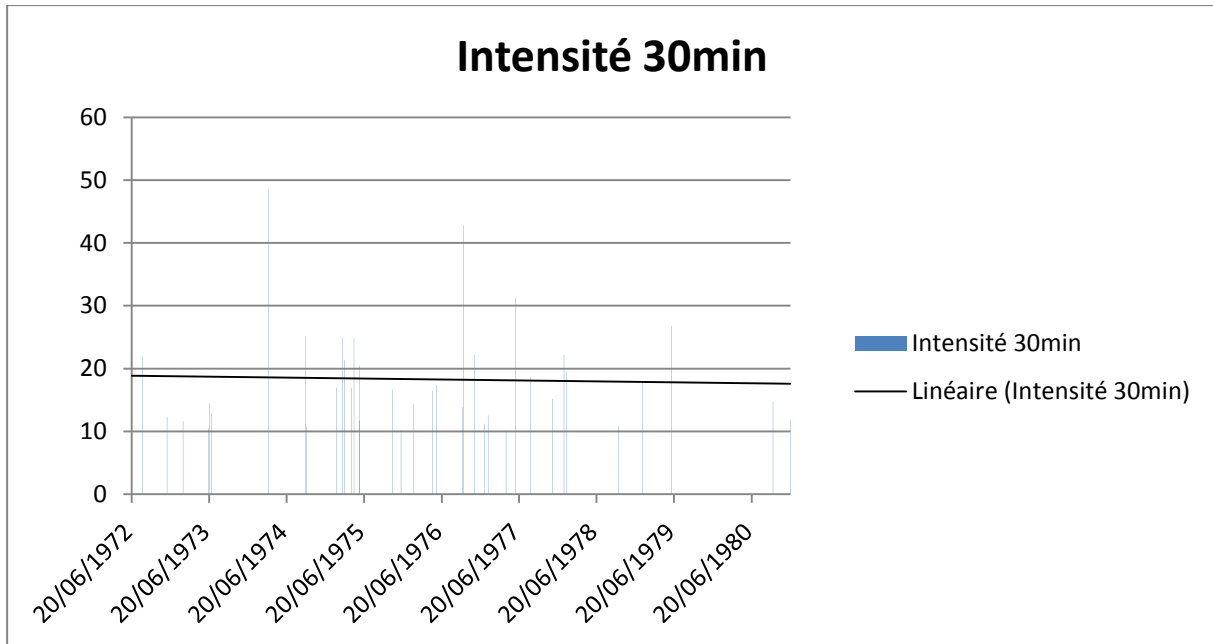


Figure 11: Histogramme pour la 1ère sous série

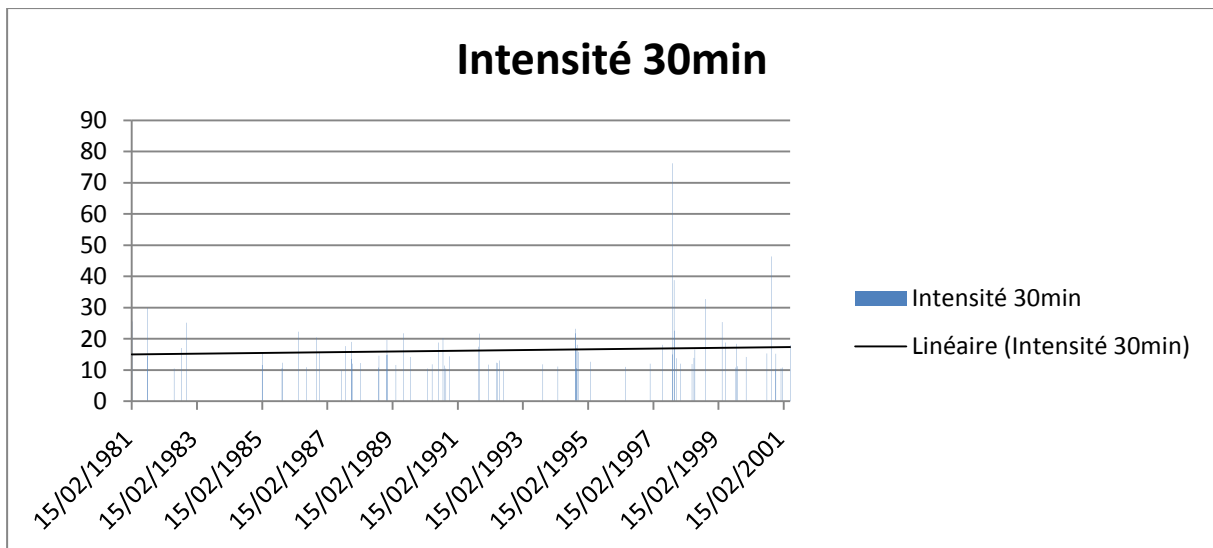


Figure 12 : Histogramme pour la 2ème sous série

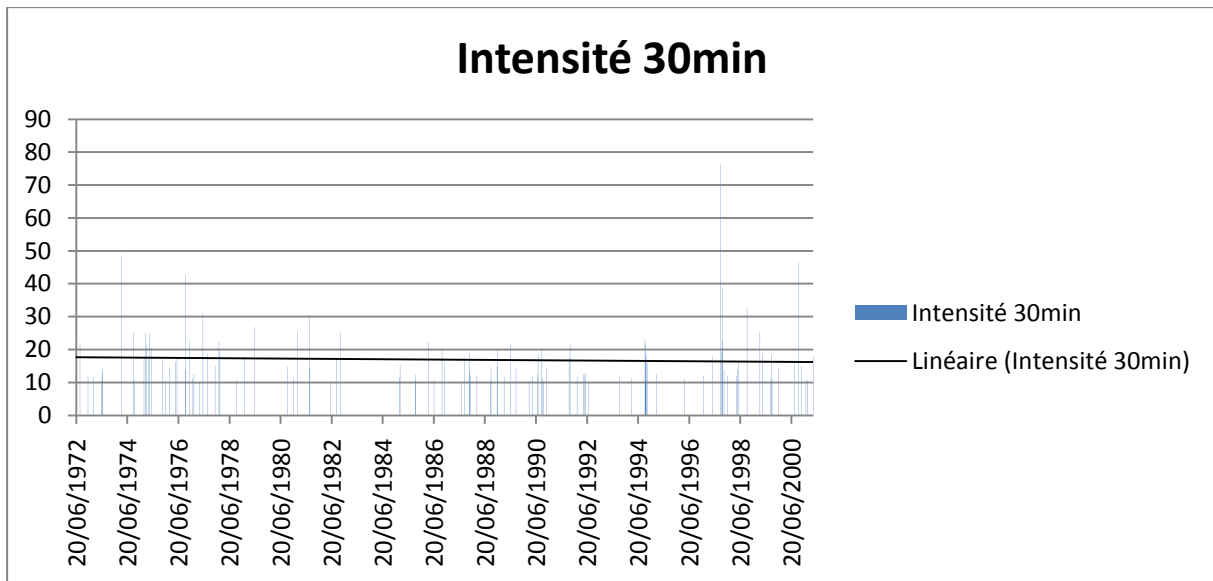


Figure 13 : Histogramme pour la série complète

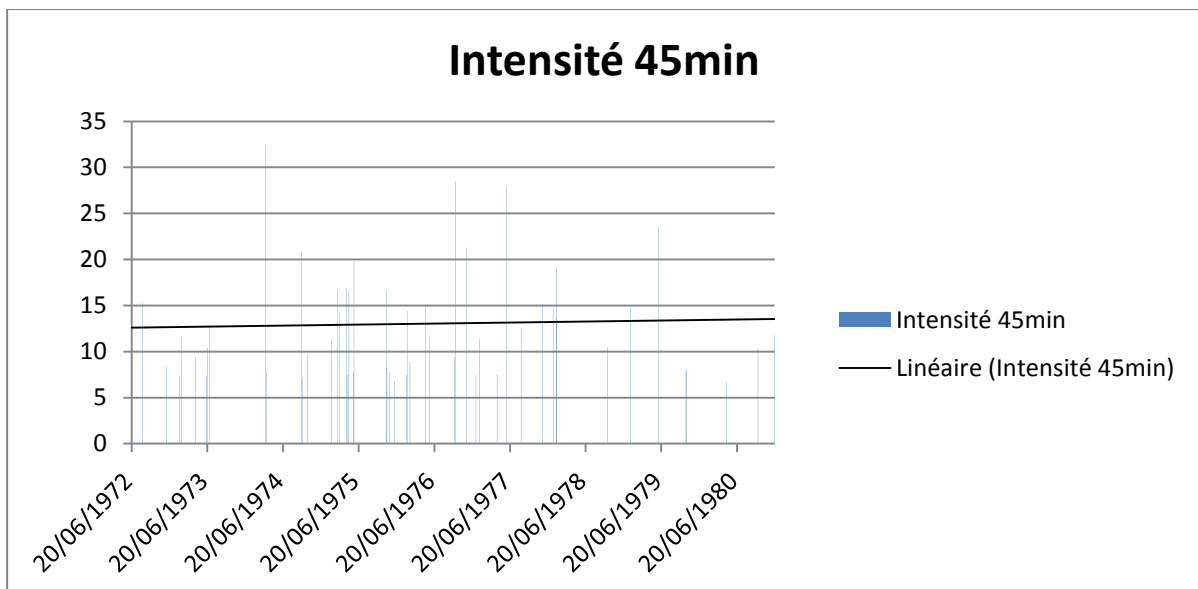


Figure 14: Histogramme pour la 1<sup>er</sup> sous série



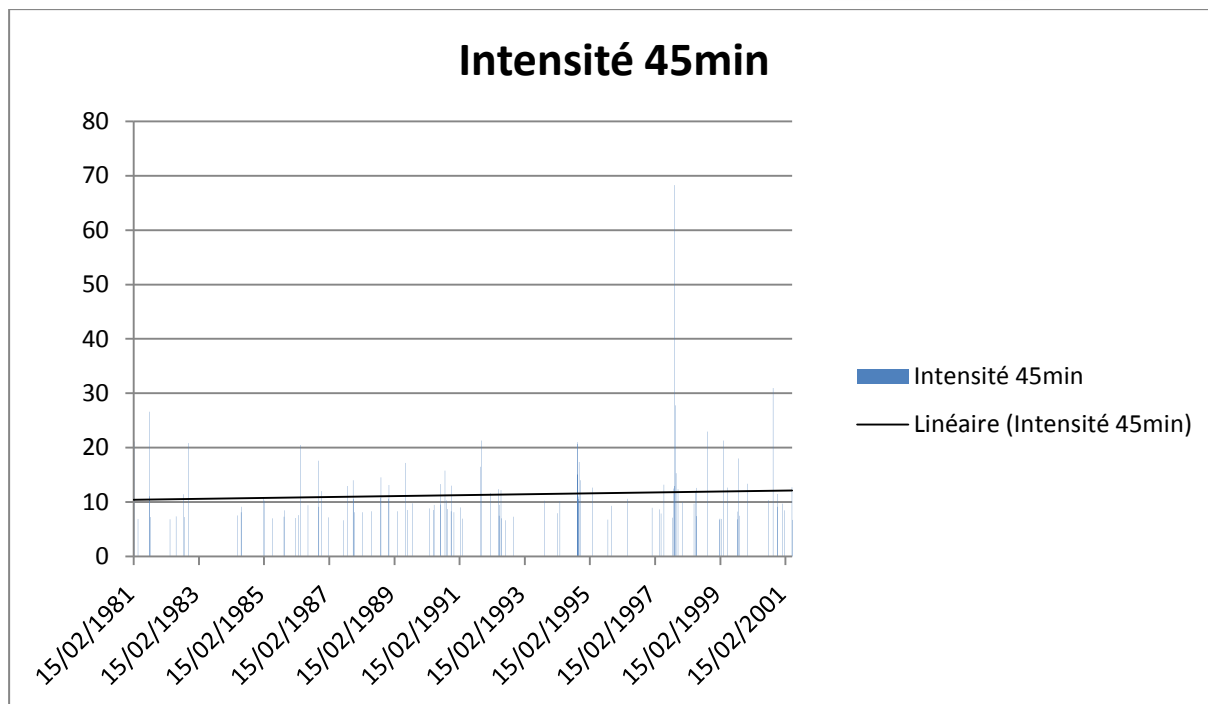


Figure 15 : Histogramme pour la 2<sup>ème</sup> sous série

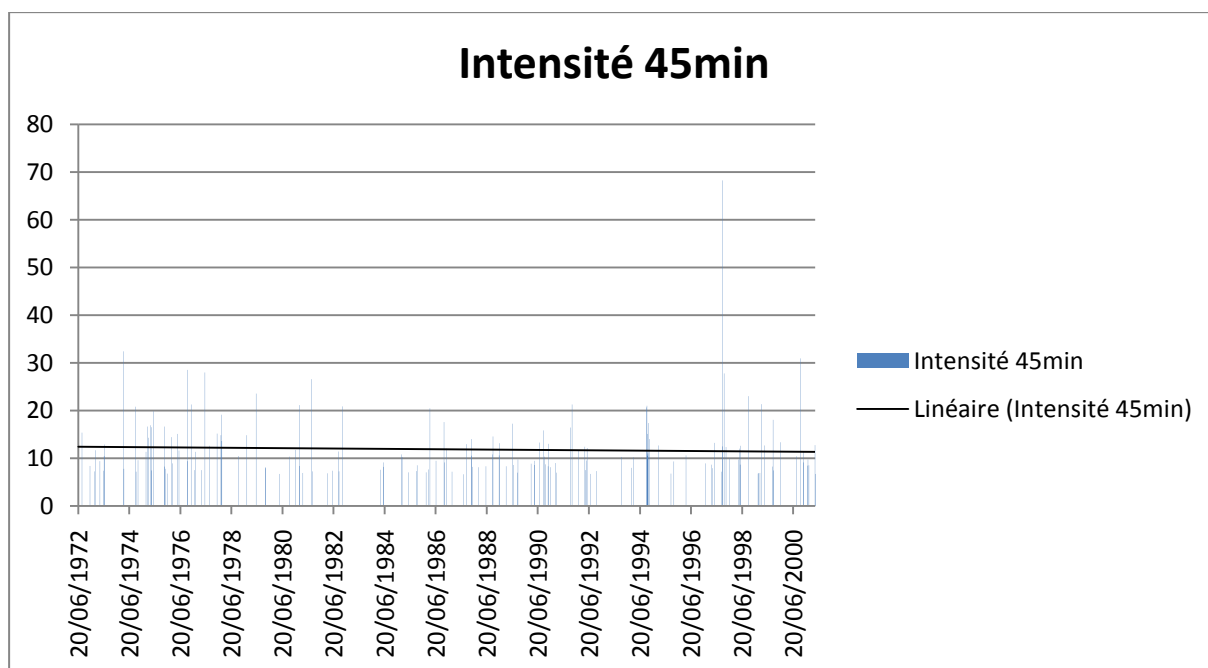


Figure 16 : Histogramme pour la série complète

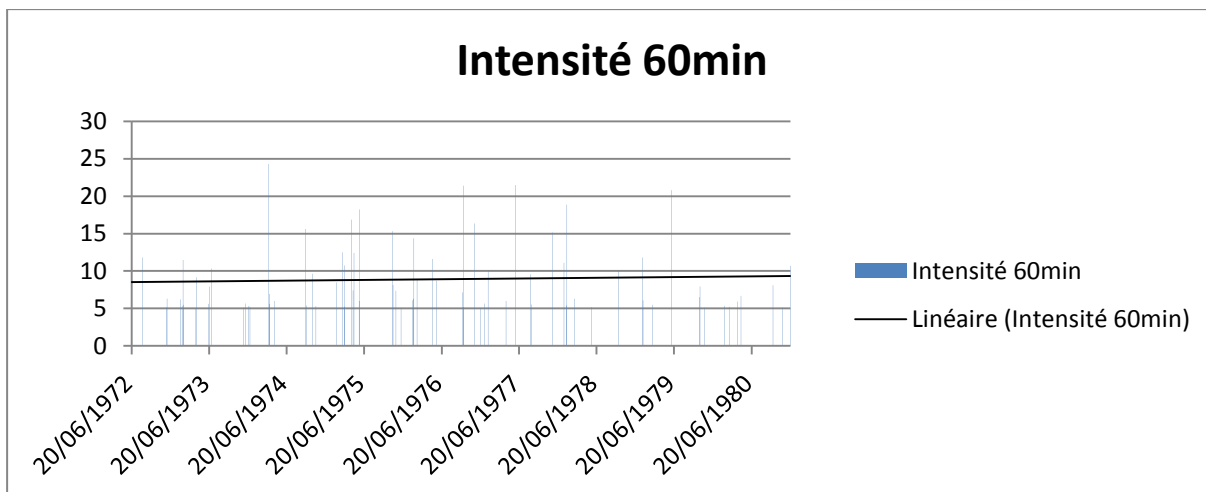


Figure 17: Histogramme pour la 1<sup>er</sup> sous série

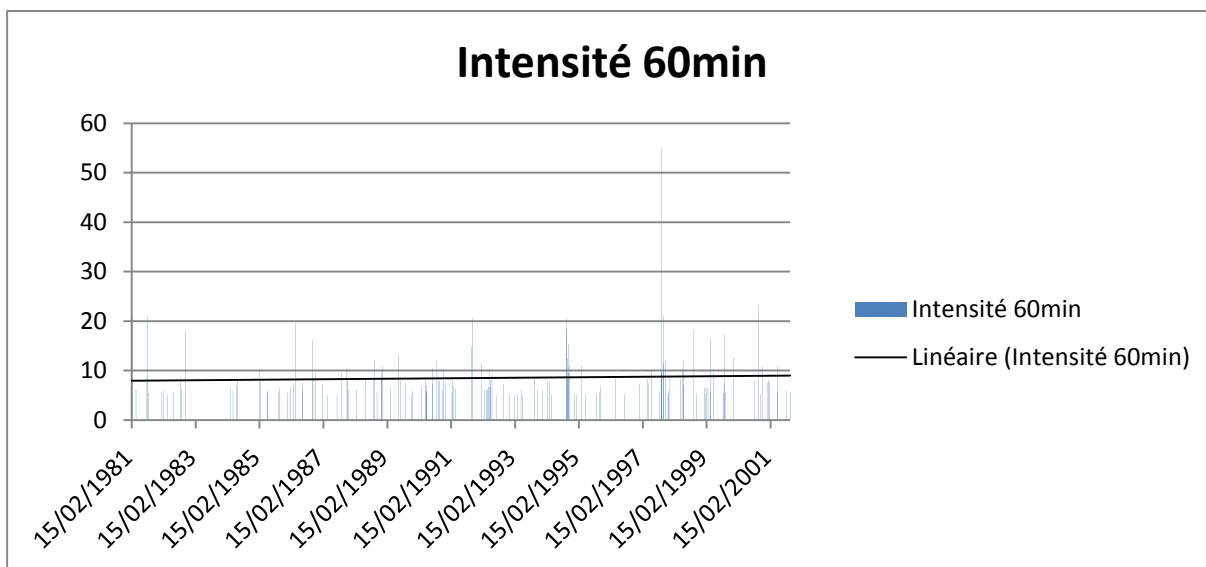


Figure 18 : Histogramme pour la 2<sup>ème</sup> sous série

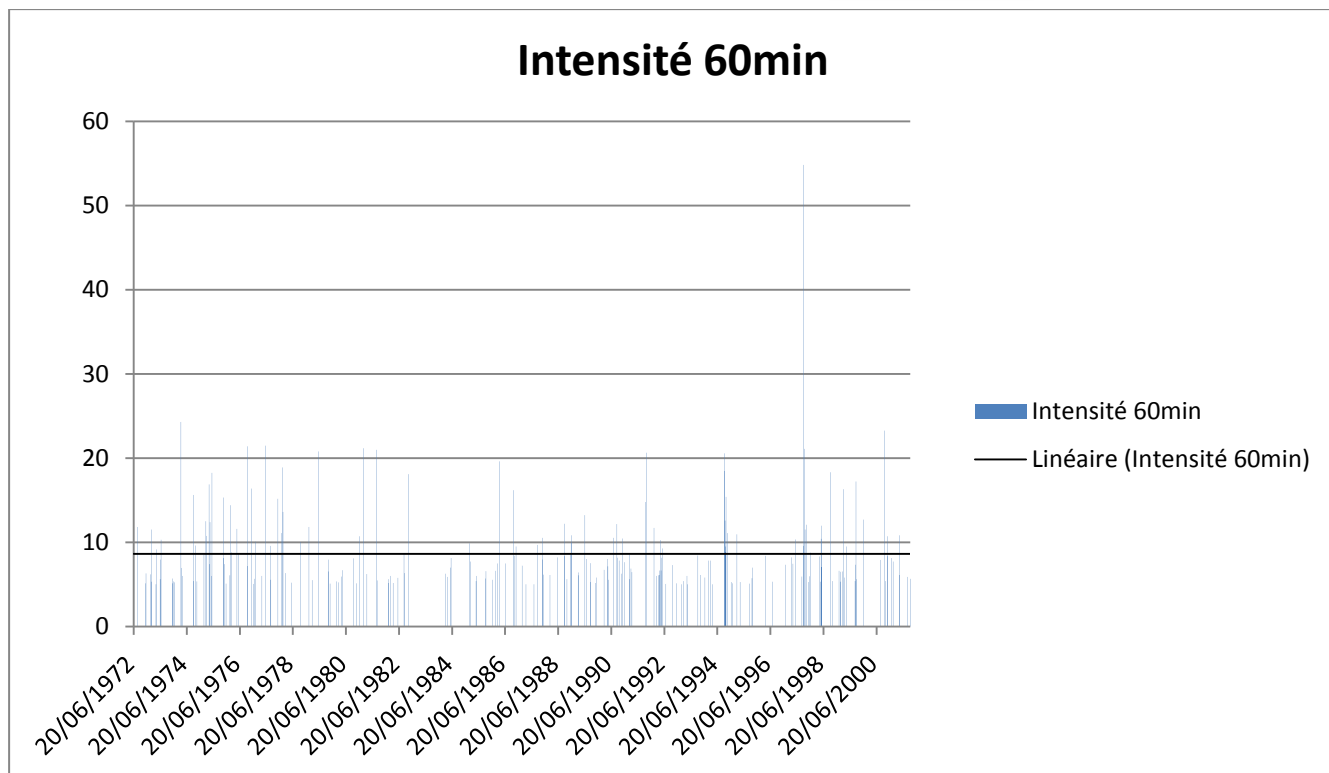


Figure 19 : Histogramme pour la série complète

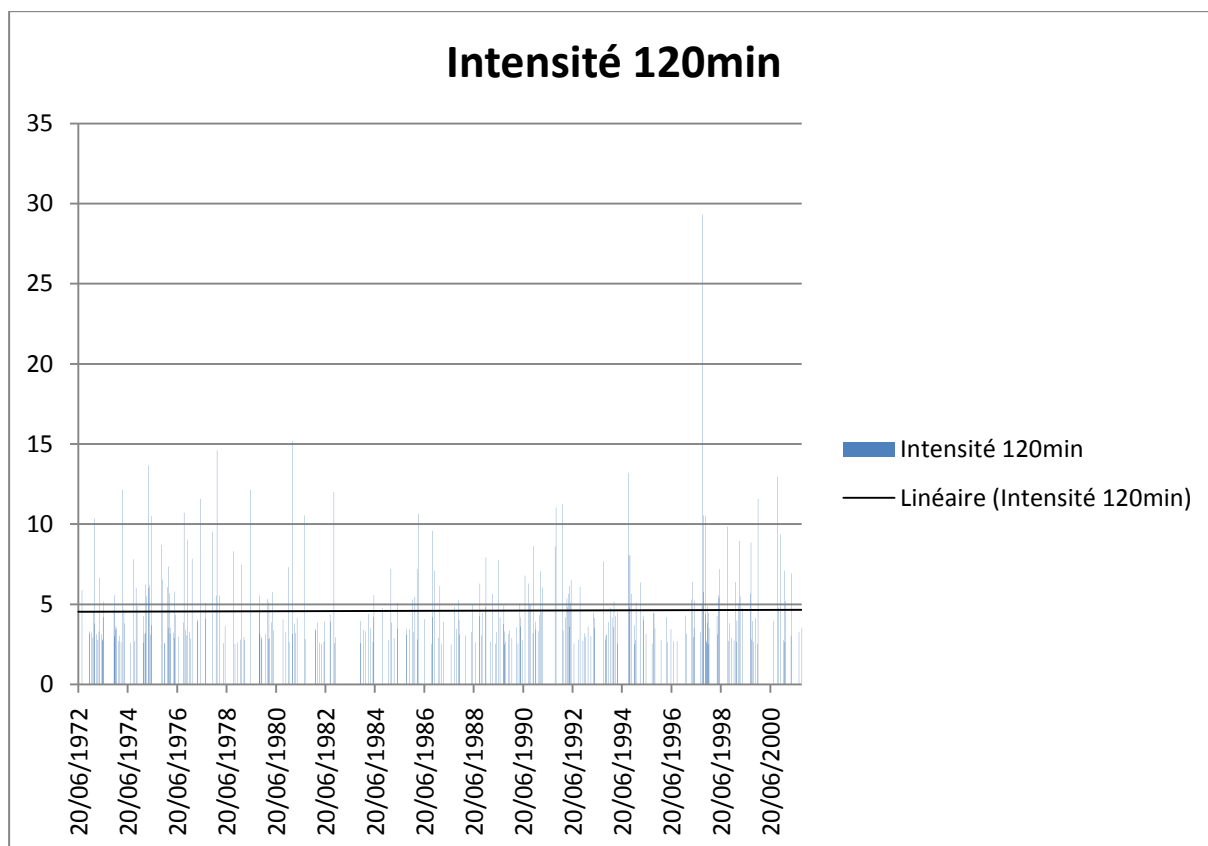


Figure 20 : Histogramme pour la série complète

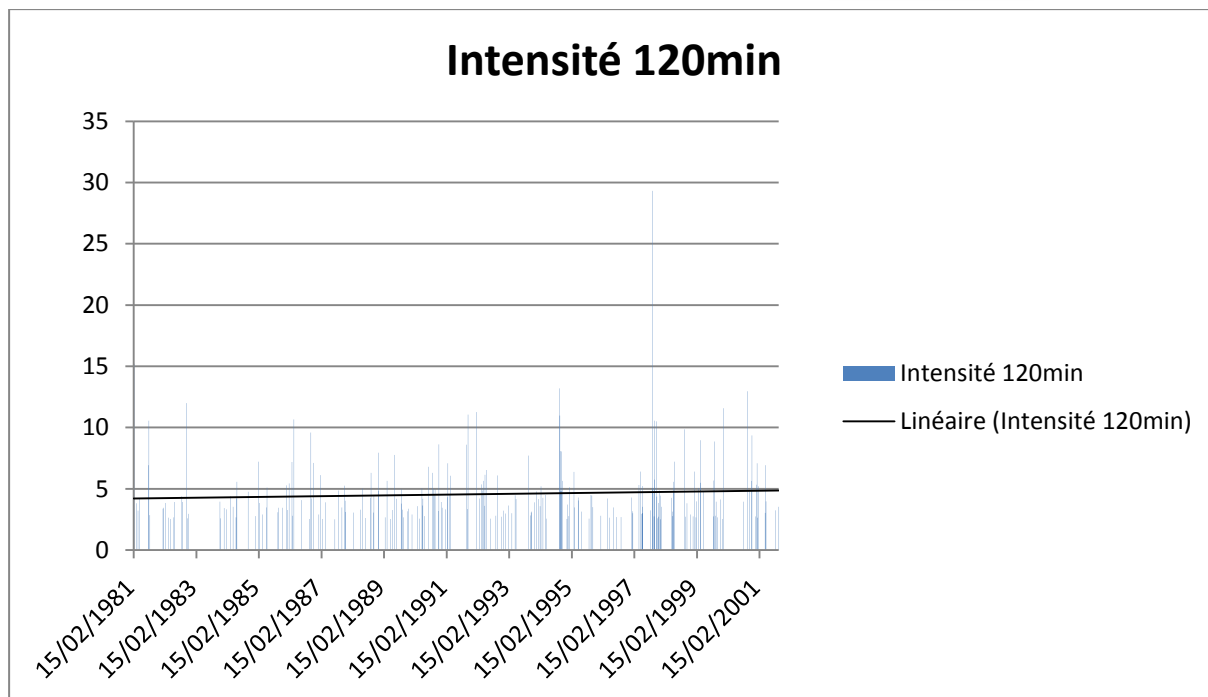


Figure 21 : Histogramme pour la 2ème sous série

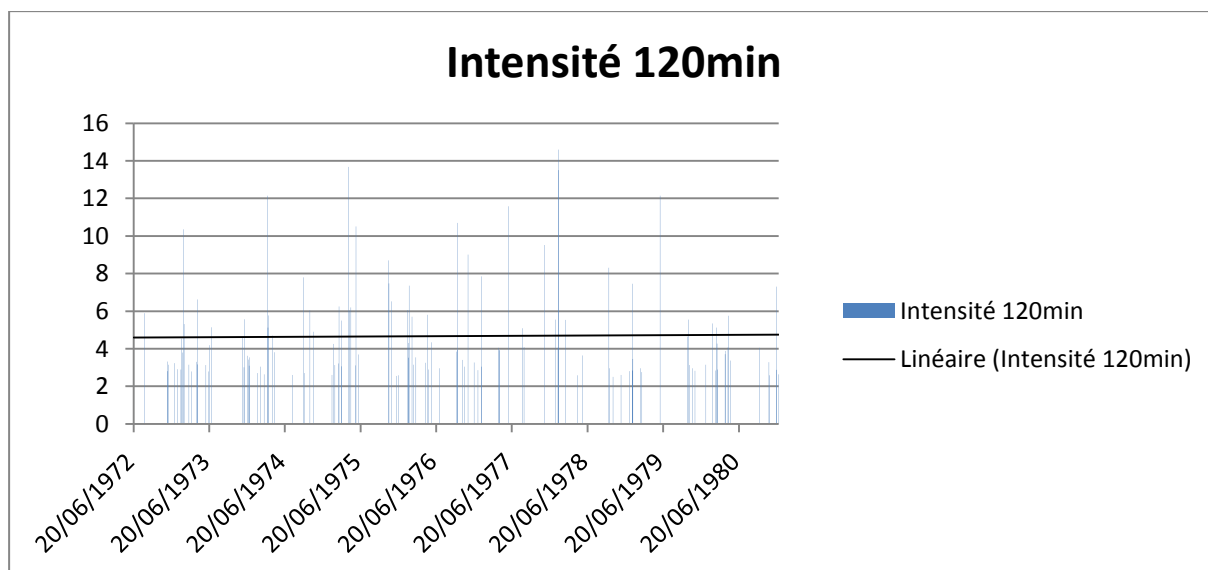
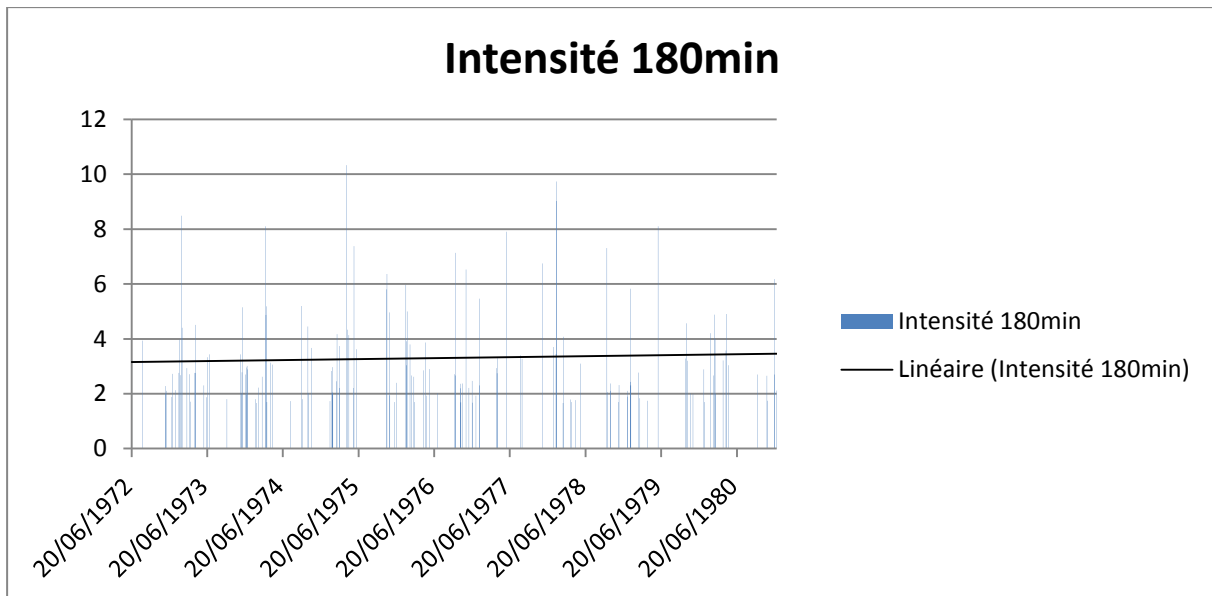
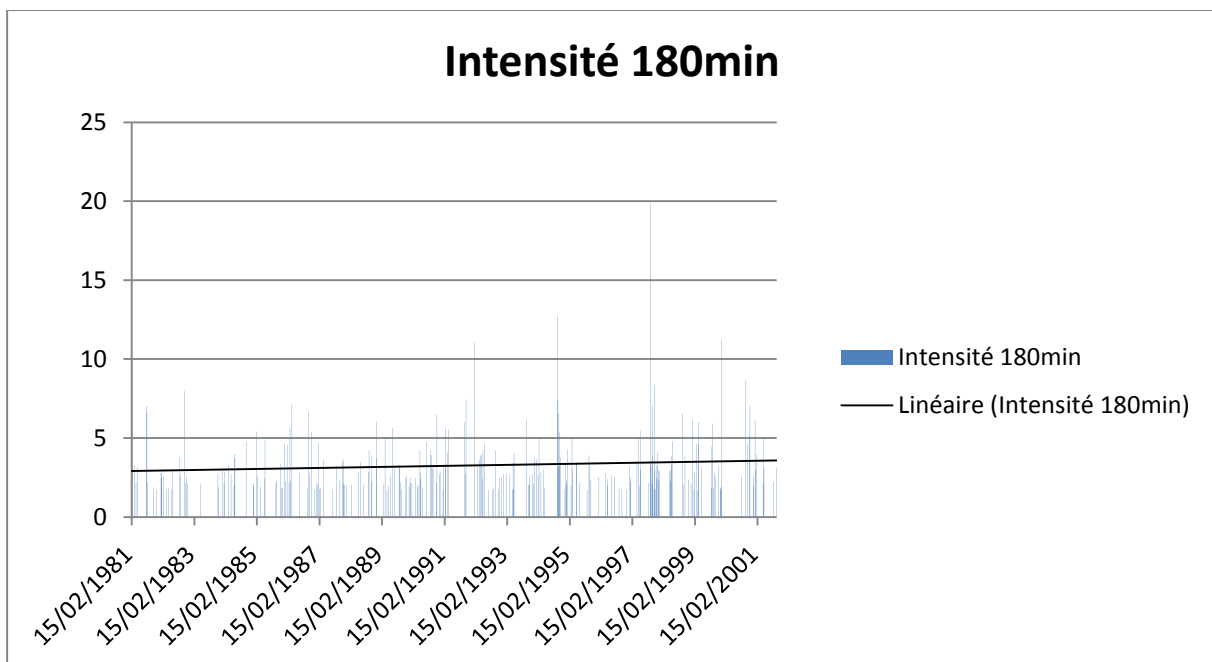


Figure 22: Histogramme pour la 1ère sous série



**Figure 23:** Histogramme pour la 1<sup>er</sup> sous série



**Figure 24:** Histogramme pour la 1<sup>er</sup> sous série

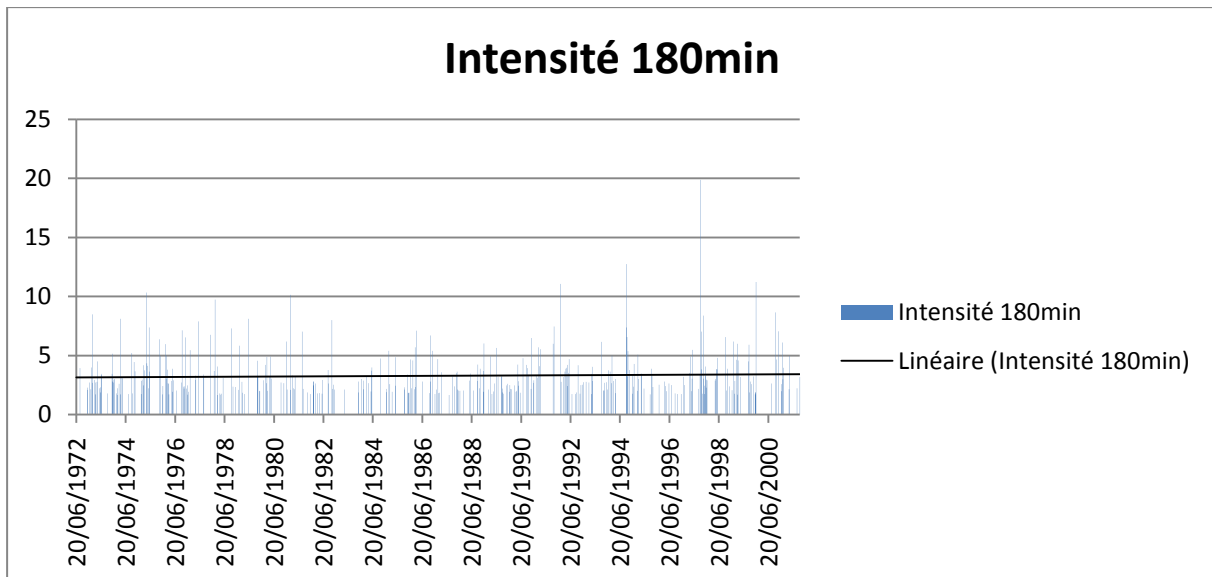


Figure 25 : Histogramme pour la série complète

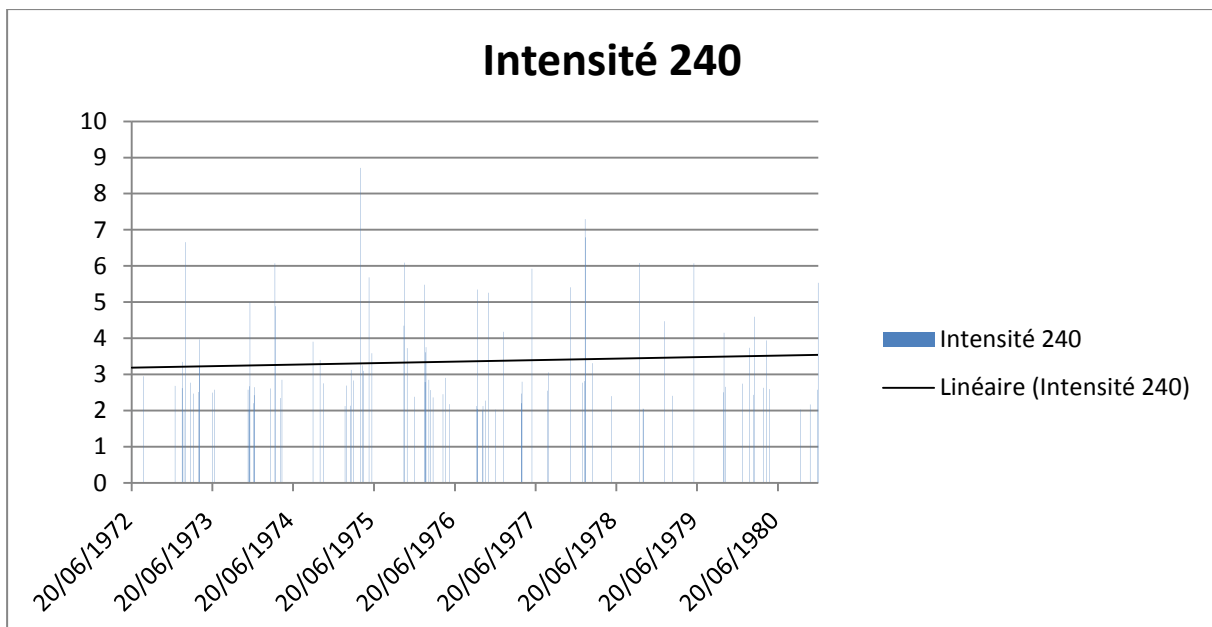


Figure 26: Histogramme pour la 1<sup>er</sup> sous série

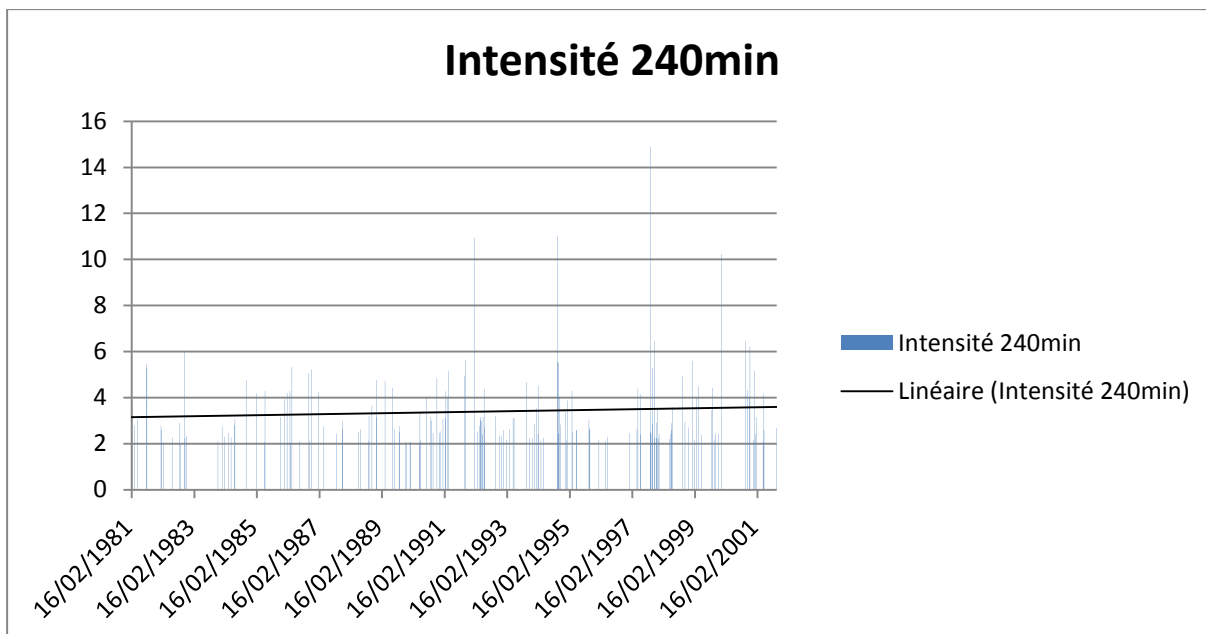


Figure 27 : Histogramme pour la 2ème sous série

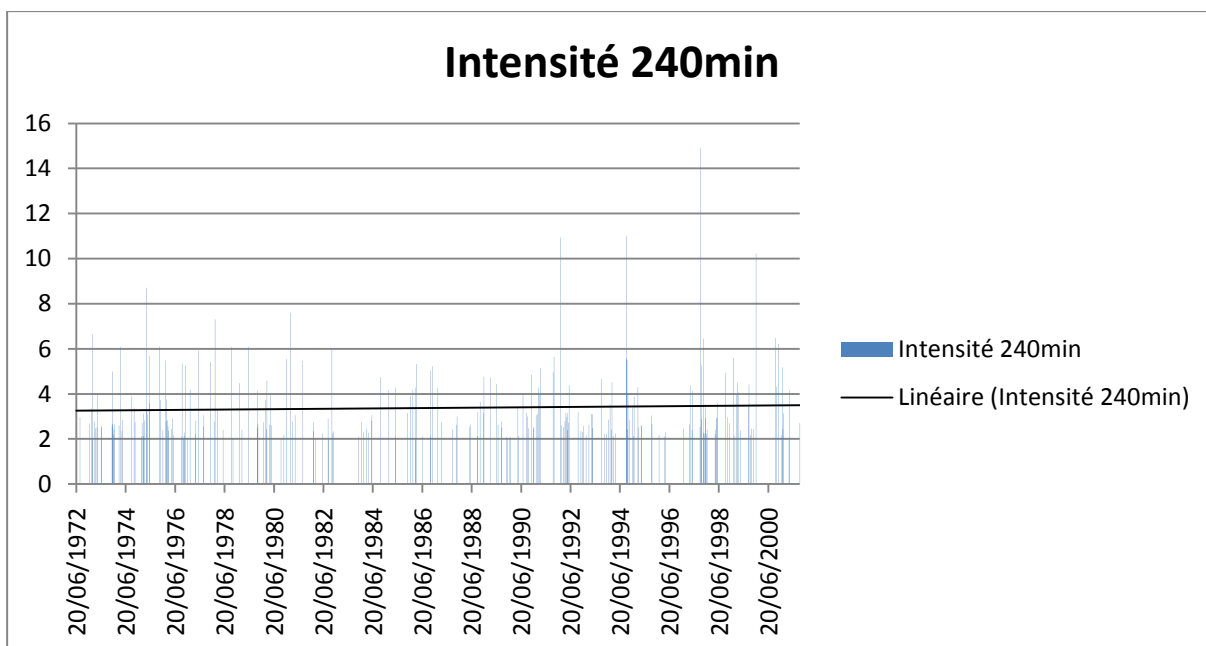


Figure 28: Histogramme pour la série complète

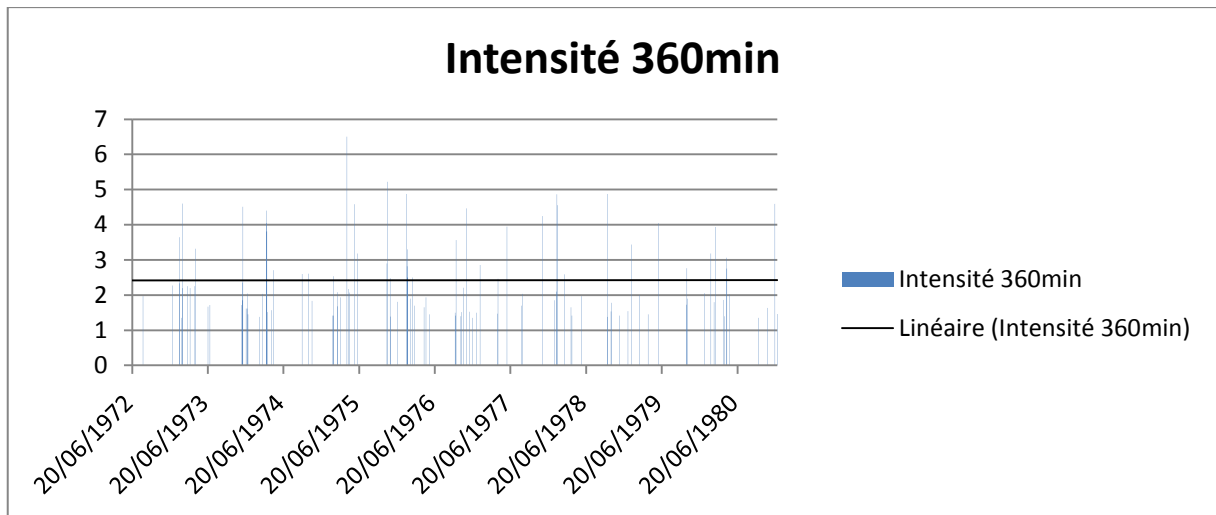


Figure 29: Histogramme pour la 1<sup>er</sup> sous série

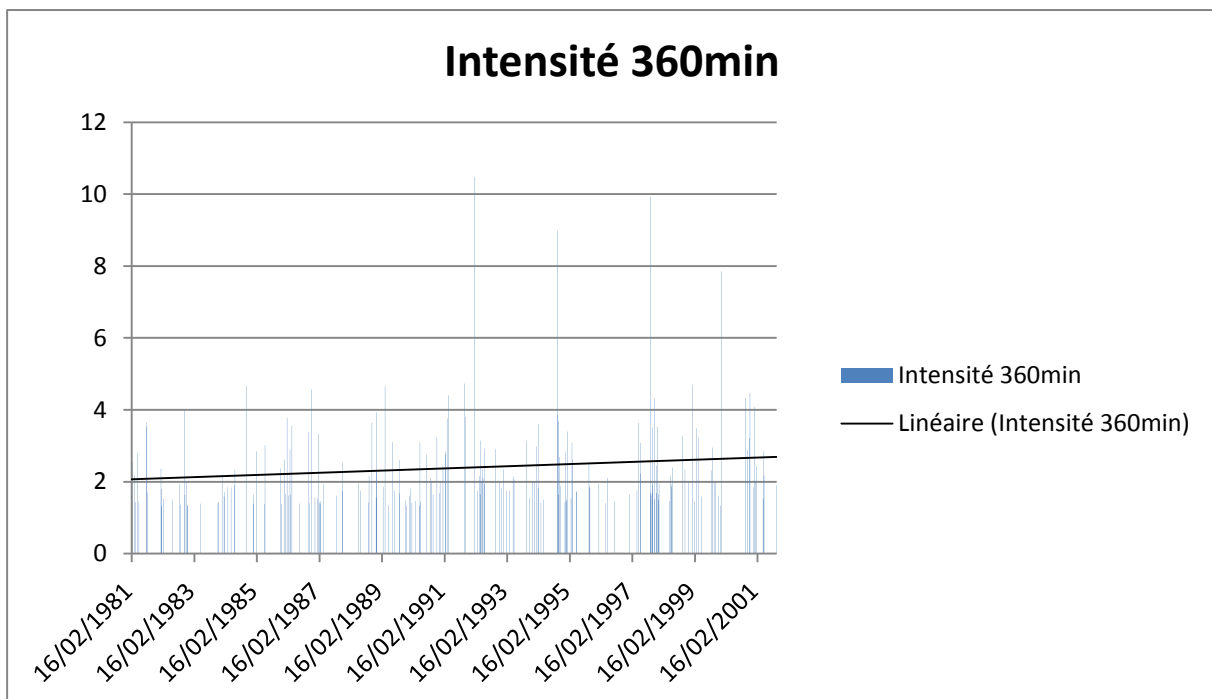


Figure 30 : Histogramme pour la 2<sup>ème</sup> sous série



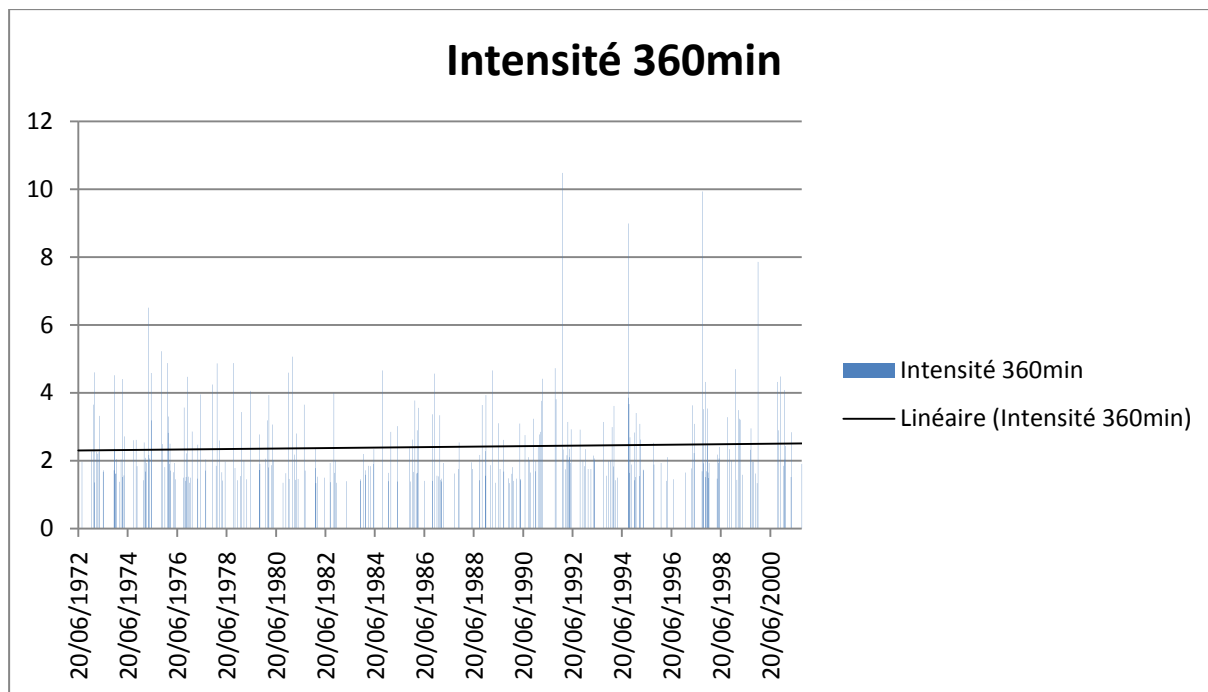


Figure 31 : Histogramme pour la série complète

Station THENIET EL HAD (11605)

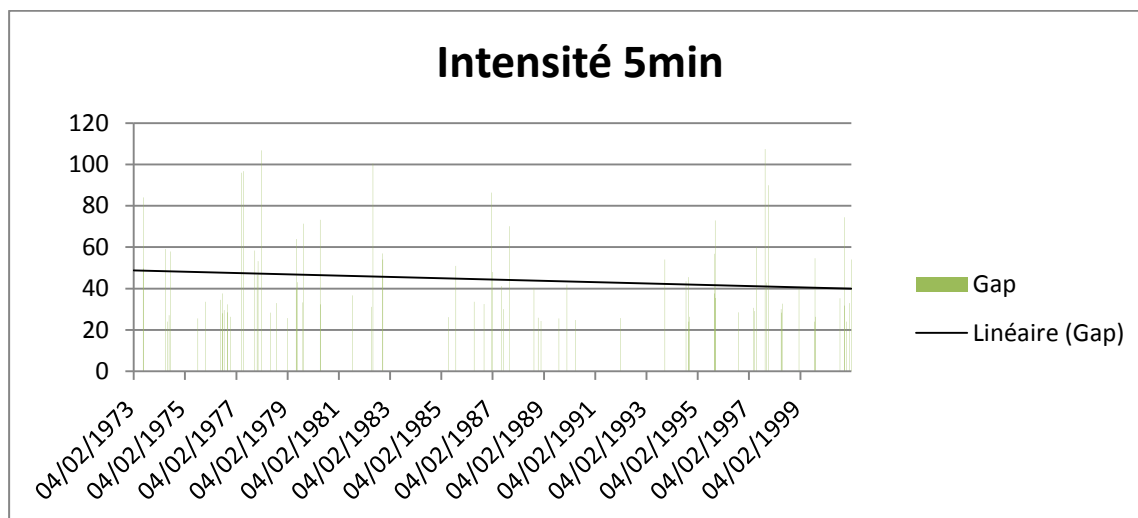


Figure 32: Histogramme pour la série complète

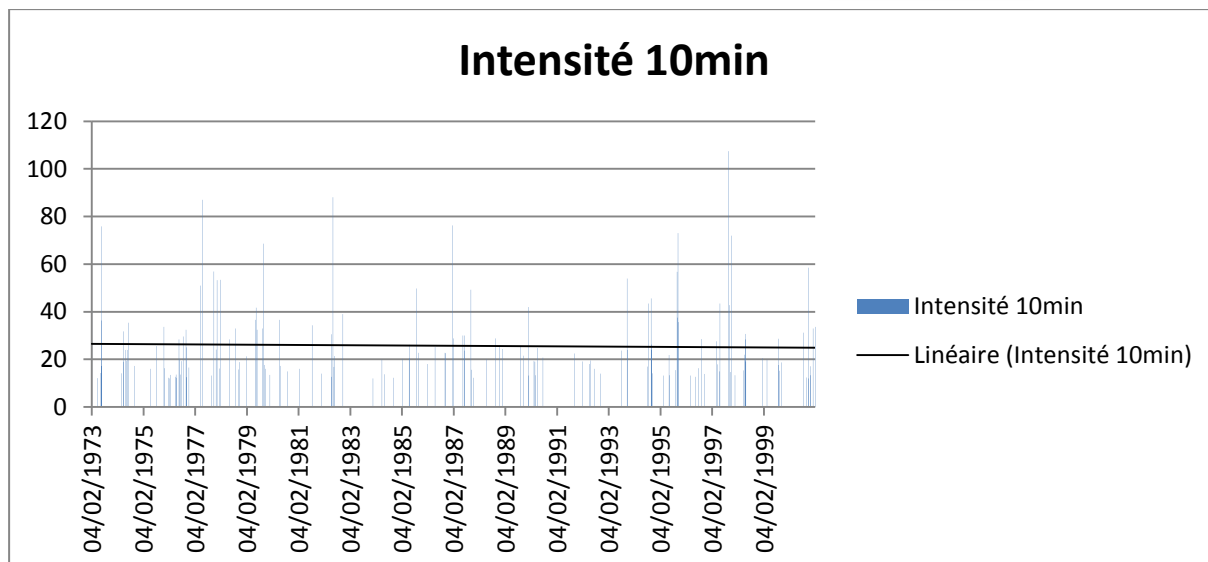


Figure 33 : Histogramme pour la série complète

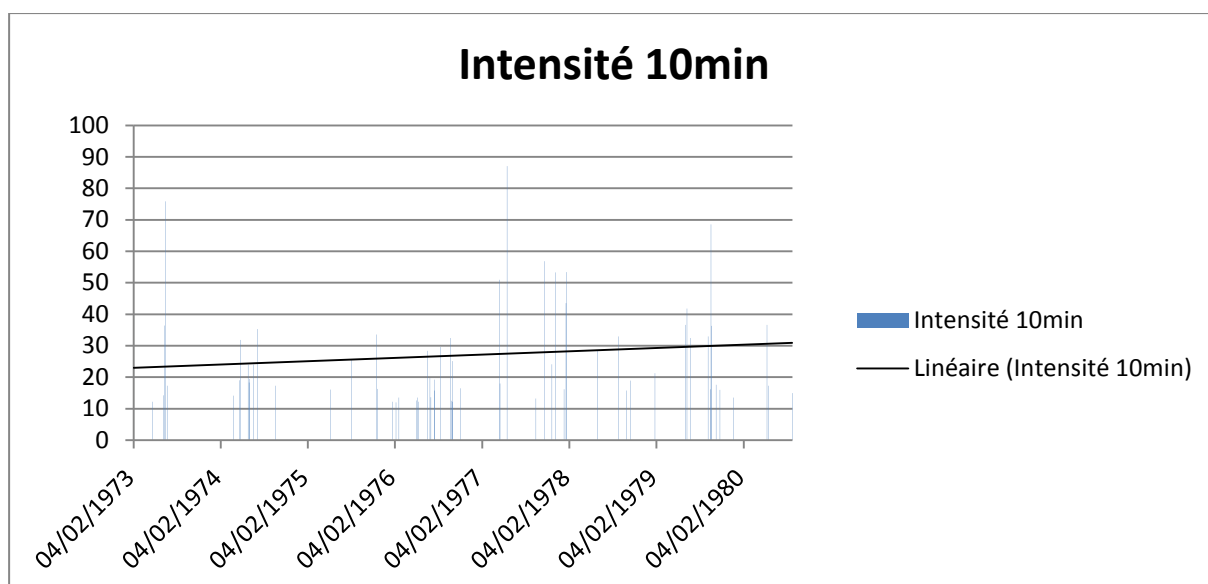


Figure 34: Histogramme pour la 1<sup>er</sup> sous série

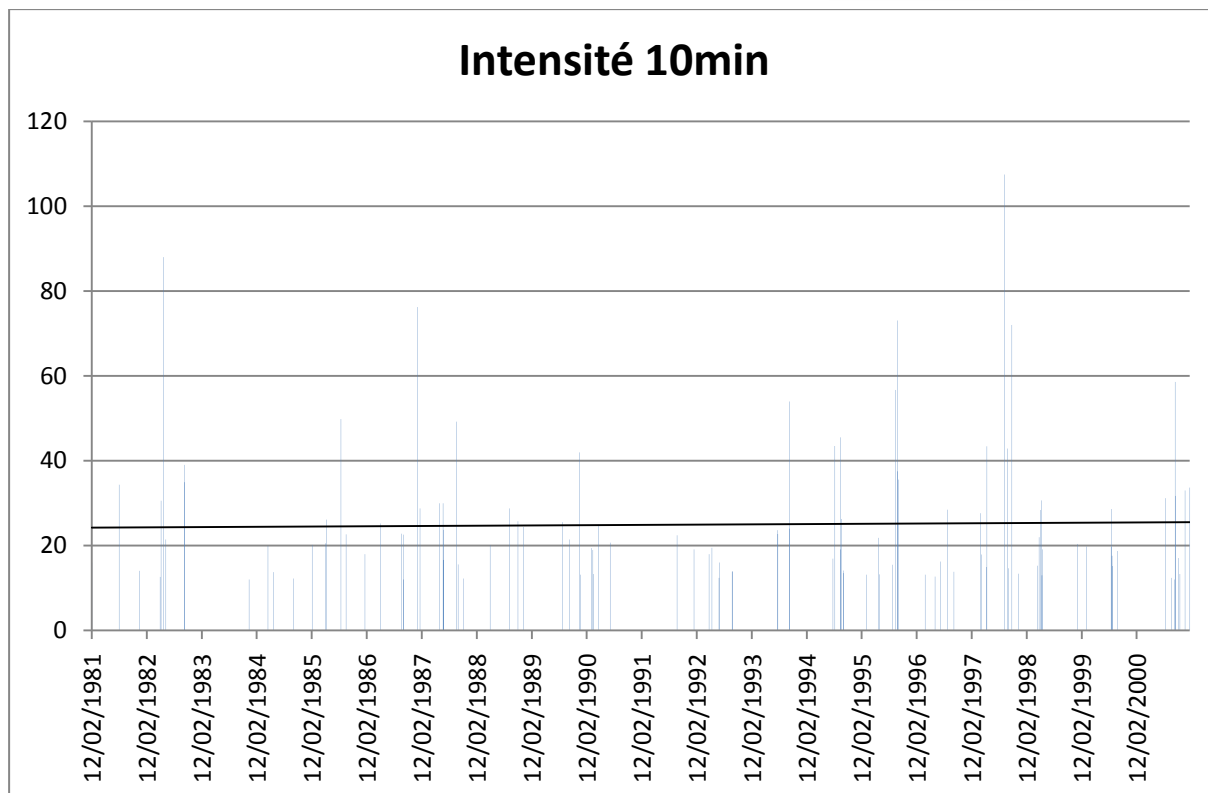


Figure 35 : Histogramme pour la 2<sup>ème</sup> sous série

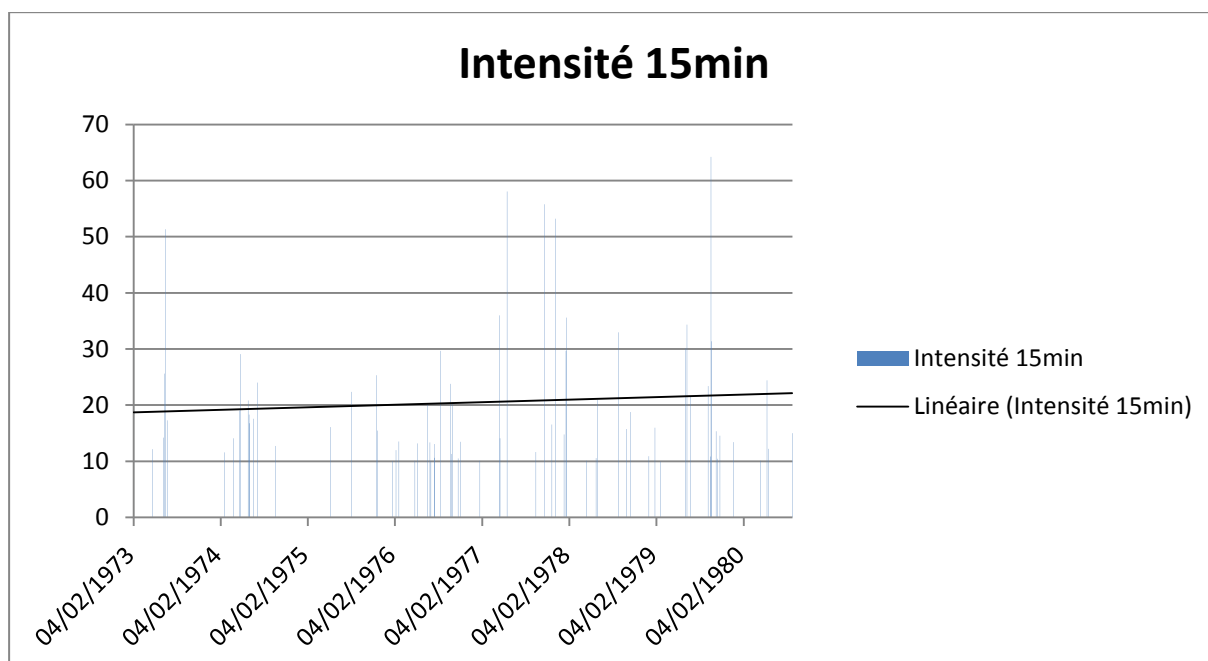


Figure 36: Histogramme pour la 1<sup>ère</sup> sous série

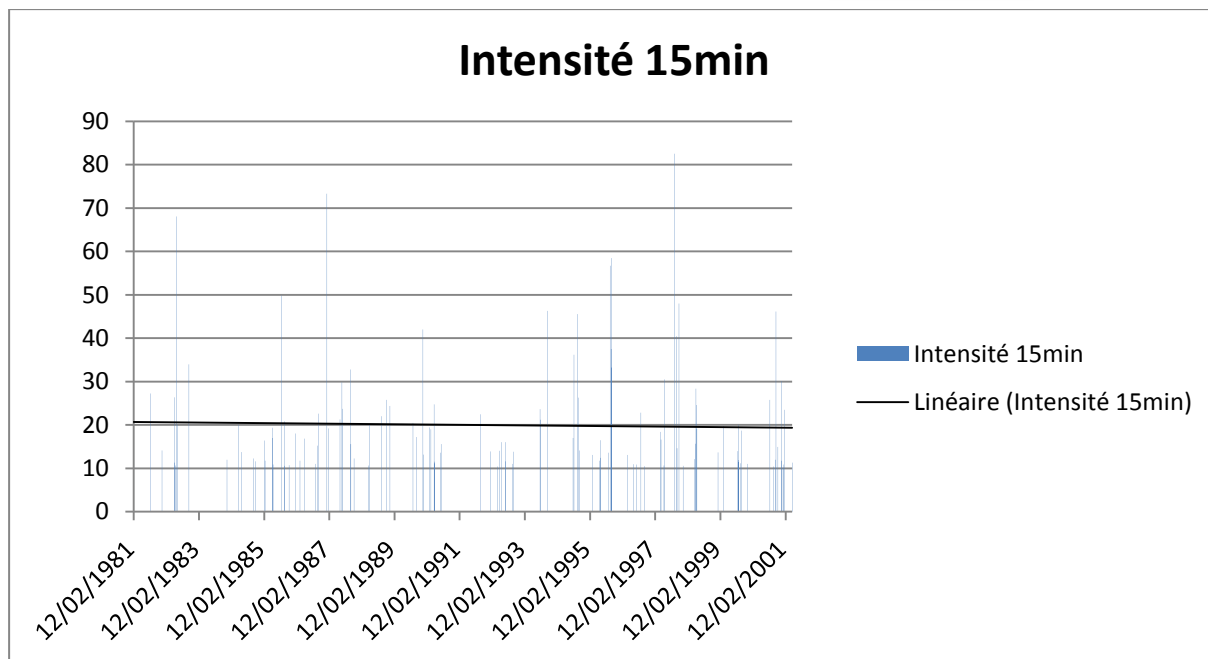


Figure 37 : Histogramme pour la 2ème sous série

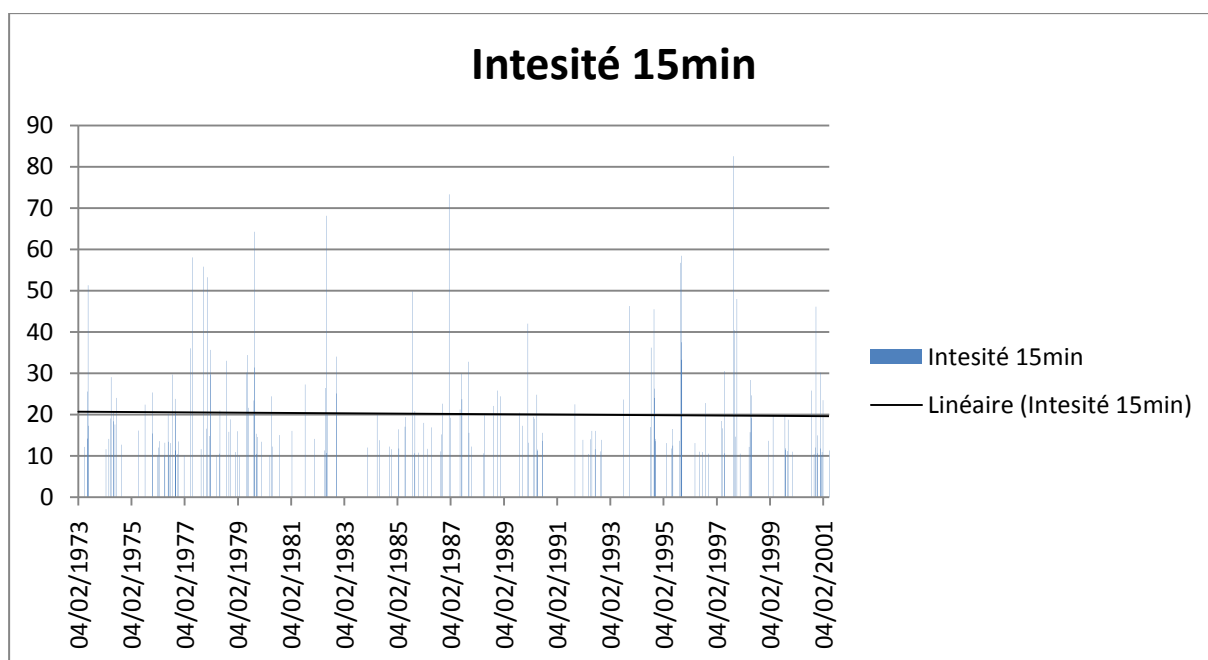
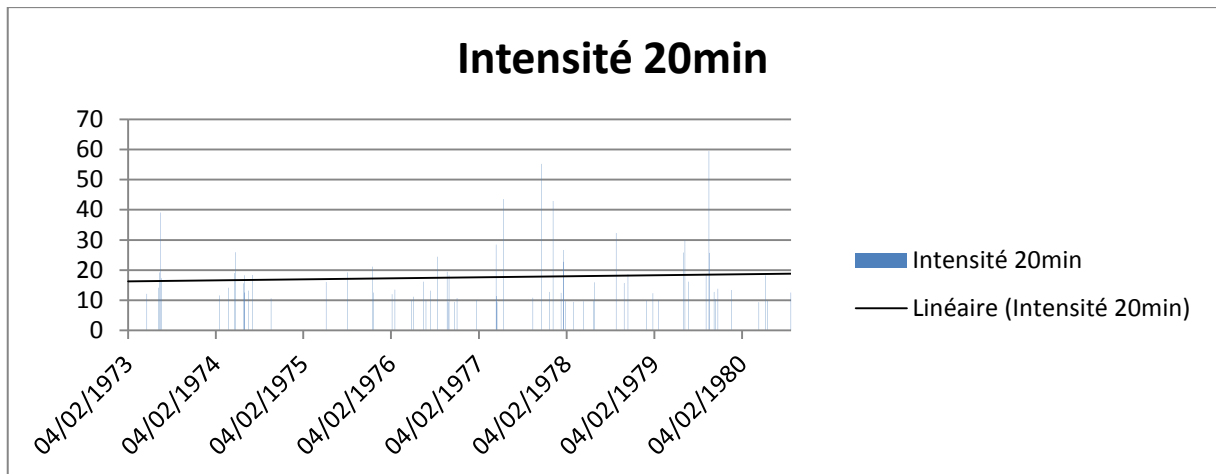
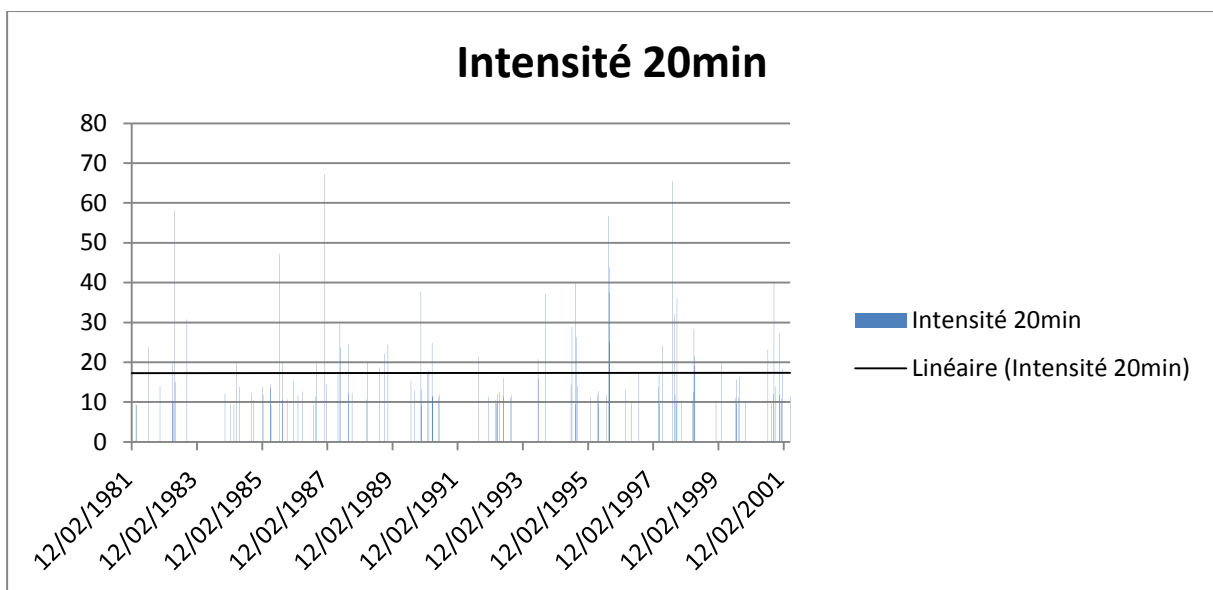


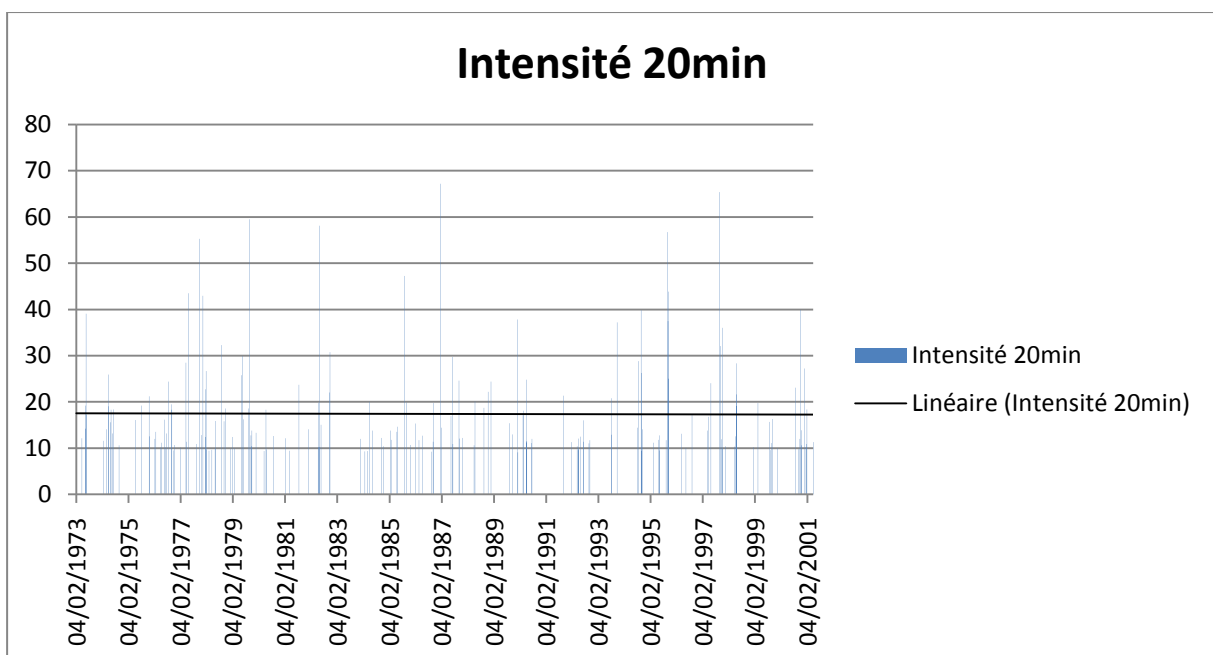
Figure 38 : Histogramme pour la série complète



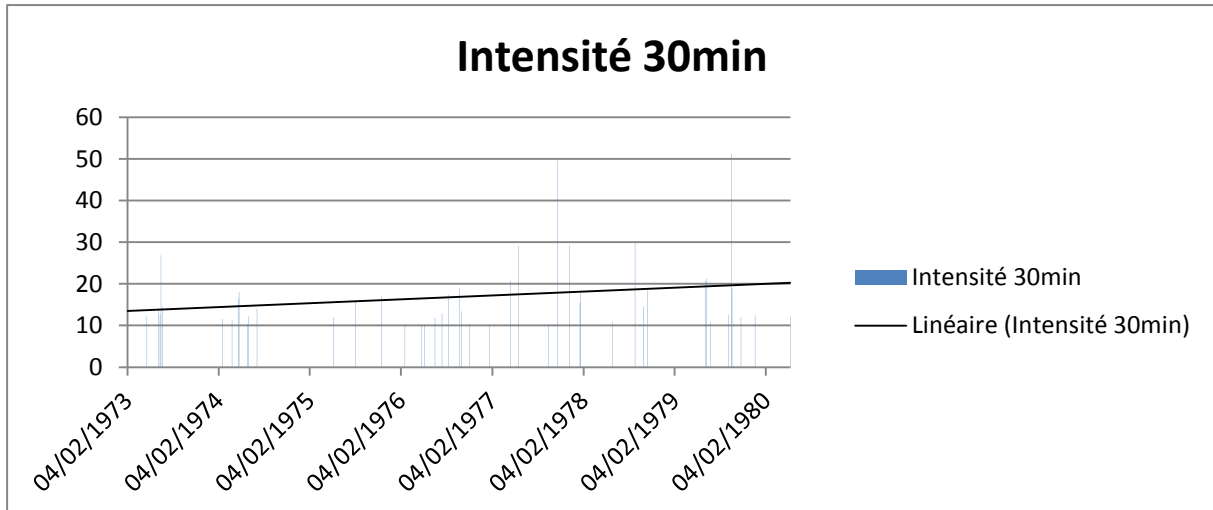
**Figure 39:** Histogramme pour la 1<sup>er</sup> sous série



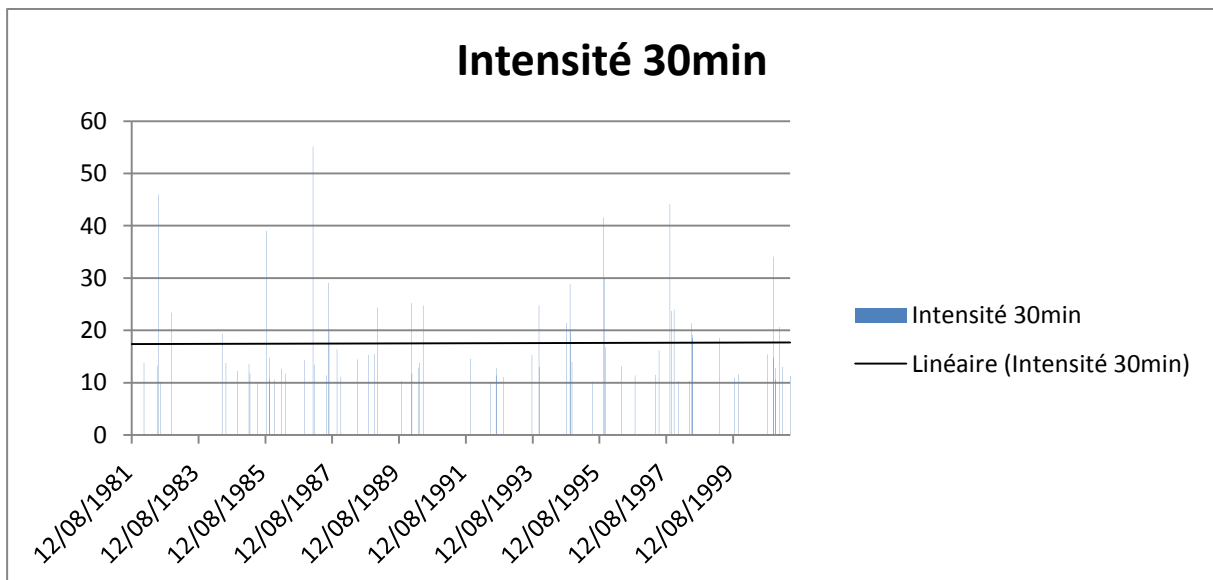
**Figure 40 :** Histogramme pour la 2<sup>ème</sup> sous série



**Figure 41 :** Histogramme pour la série complète



**Figure 42 :** Histogramme pour la 1<sup>er</sup> sous série



**Figure 43 :** Histogramme pour la 2<sup>ème</sup> sous série

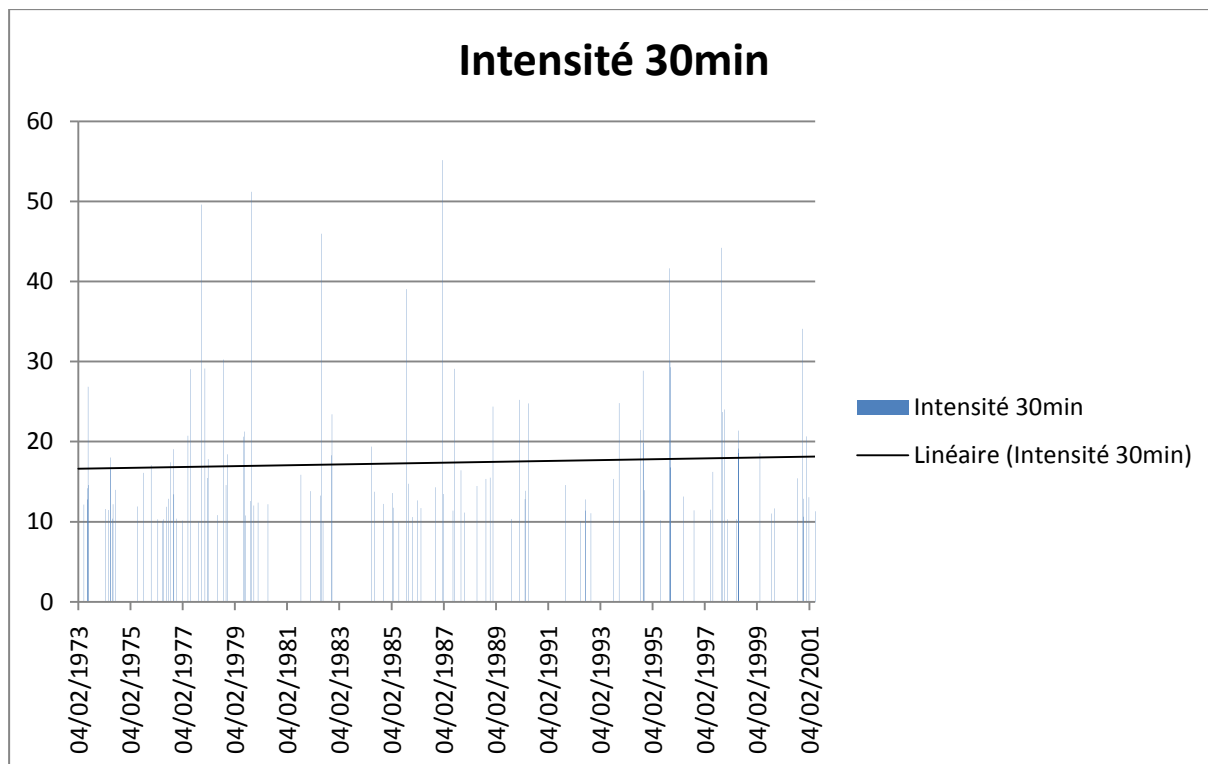


Figure 44 : Histogramme pour la série complète

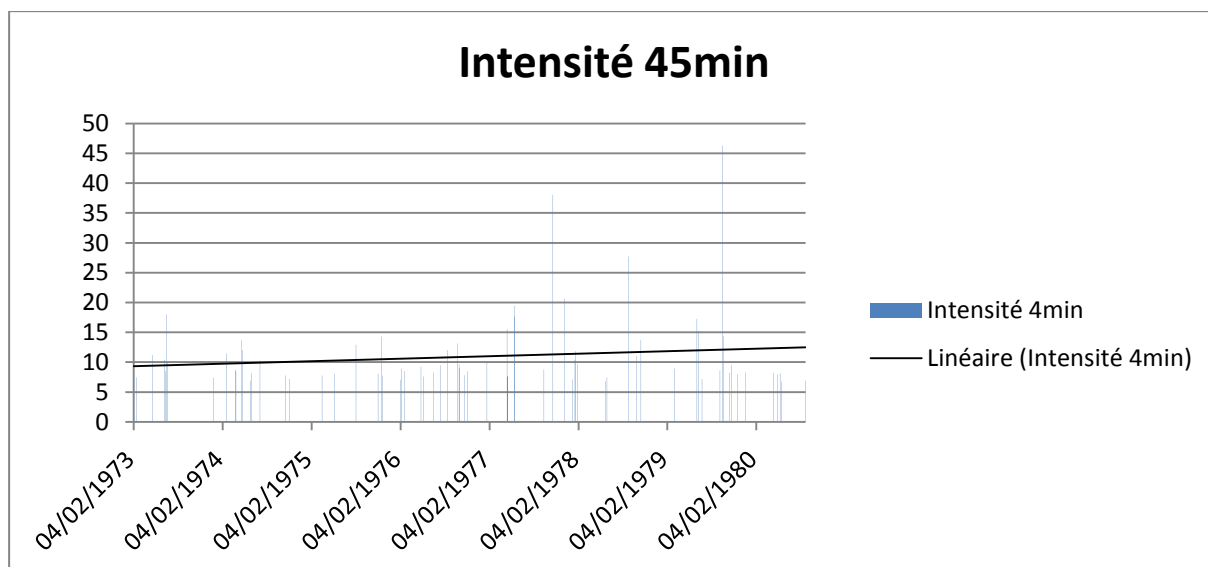


Figure 45: Histogramme pour la 1<sup>er</sup> sous série

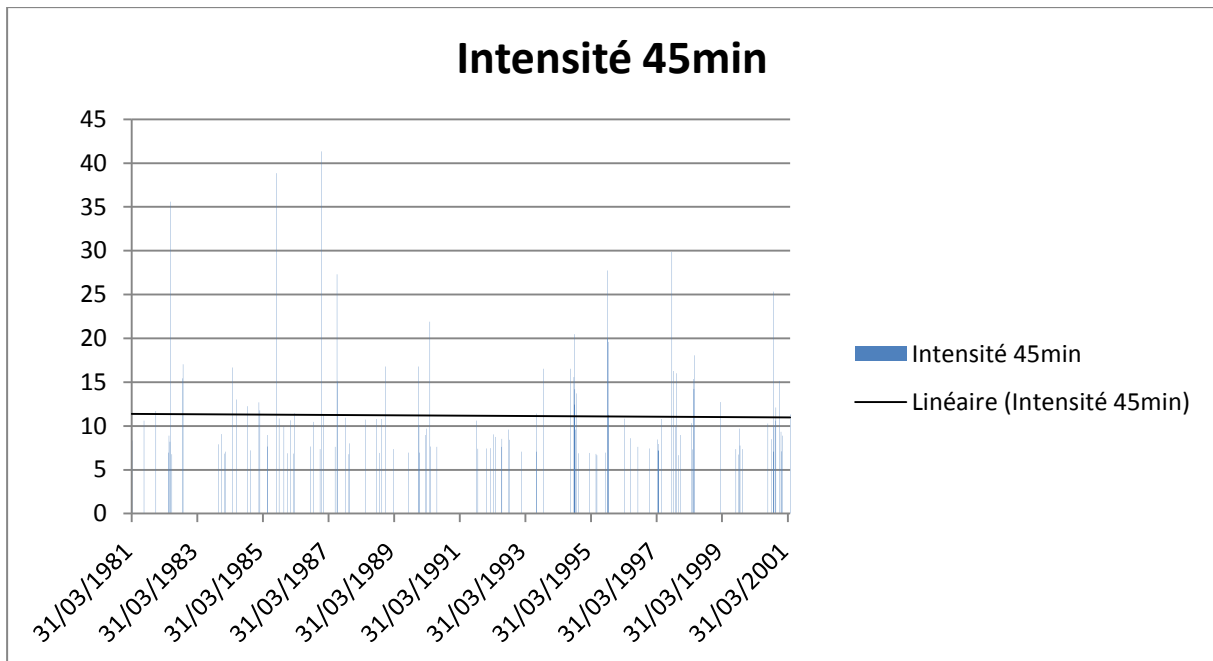


Figure 46 : Histogramme pour la 2ème sous série

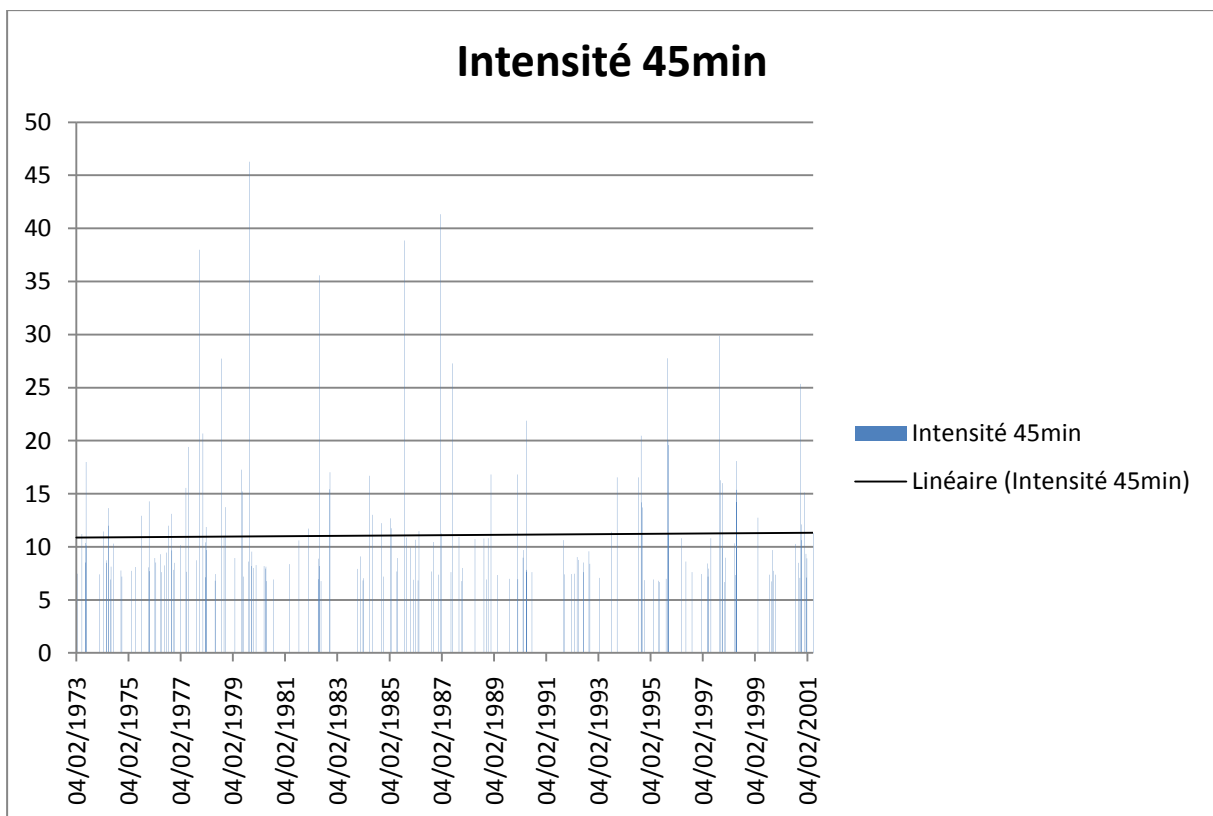
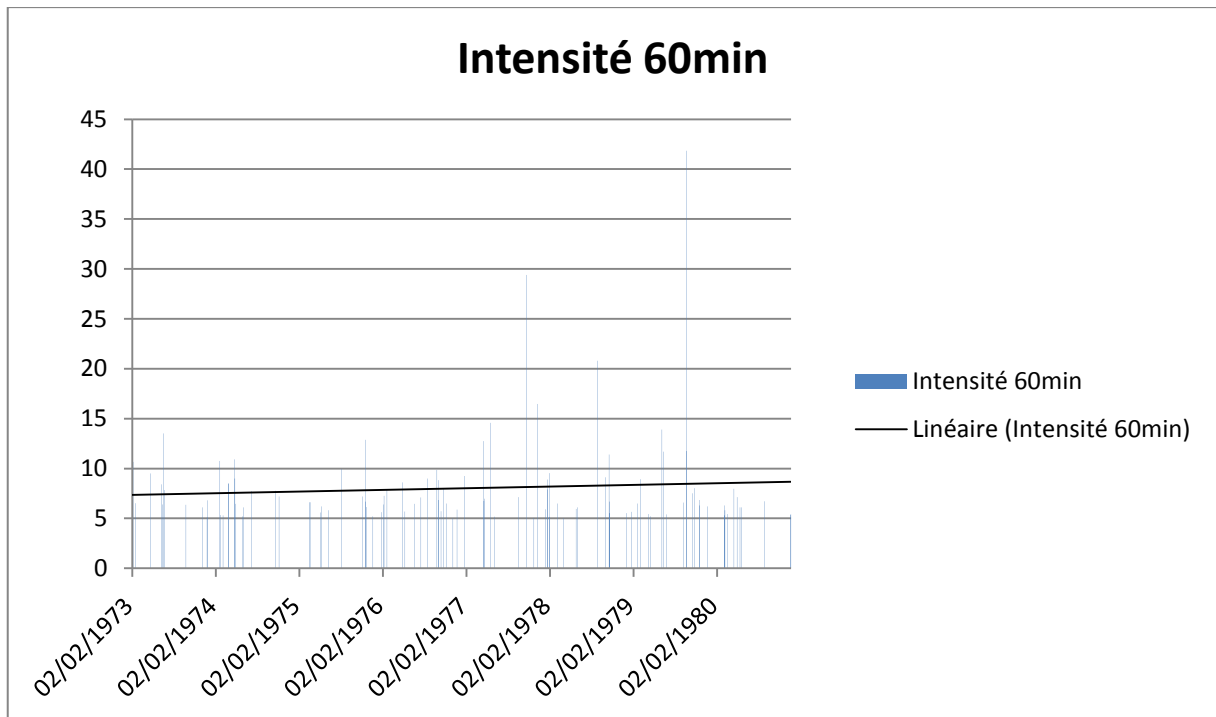
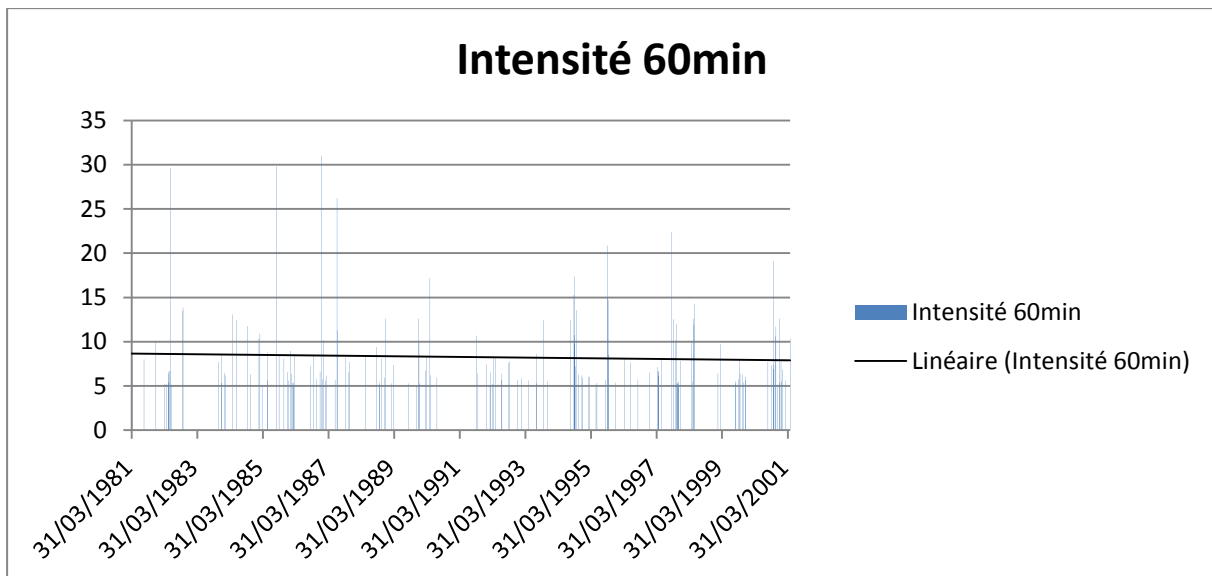


Figure 47 : Histogramme pour la série complète

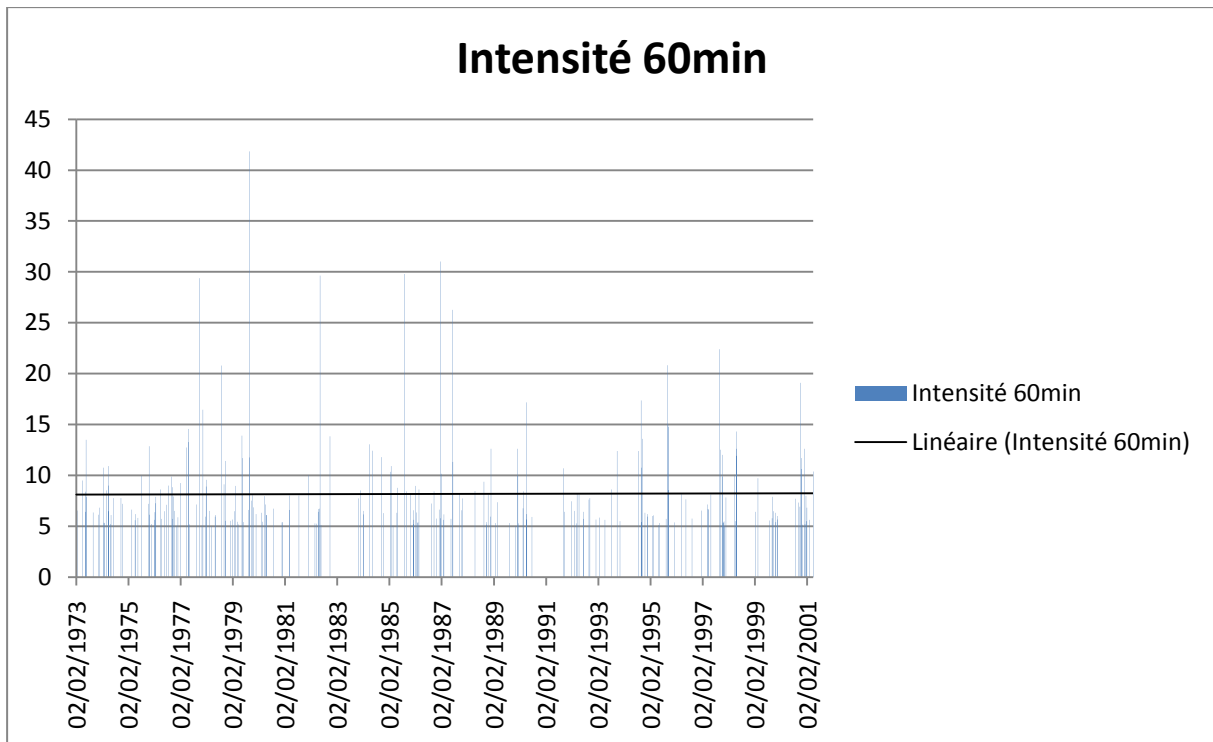




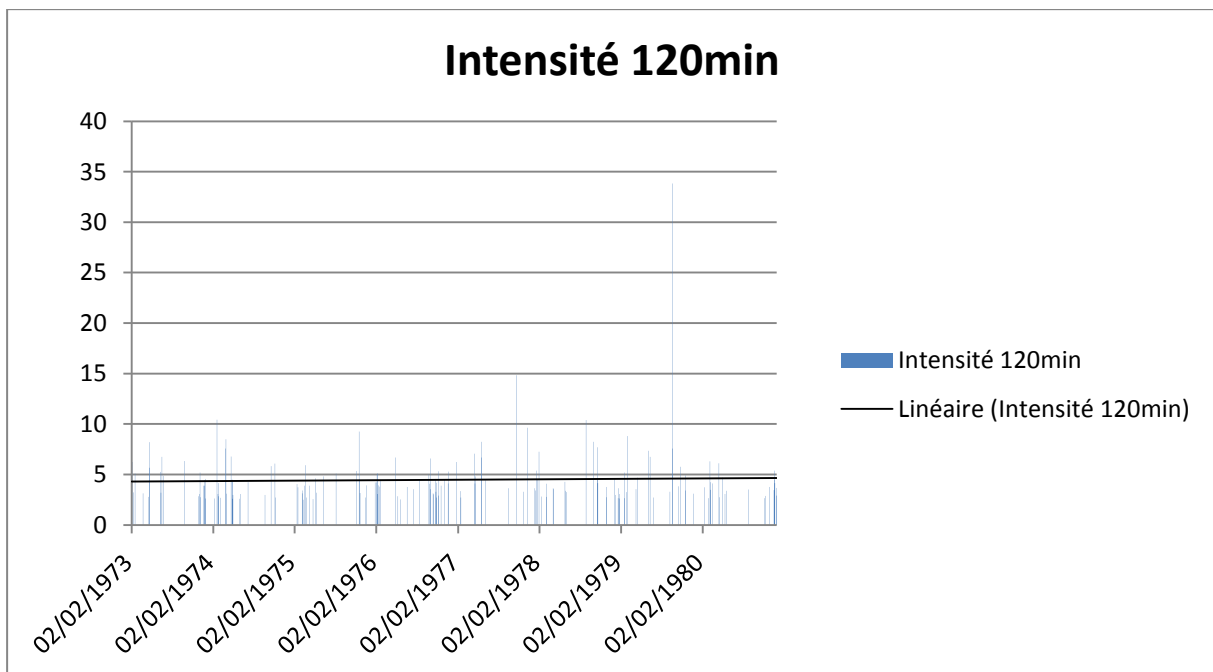
**Figure 48:** Histogramme pour la 1<sup>er</sup> sous série



**Figure 49:** Histogramme pour la 2<sup>ème</sup> sous série



**Figure 50 :** Histogramme pour la série complète



**Figure 51:** Histogramme pour la 1<sup>er</sup> sous série

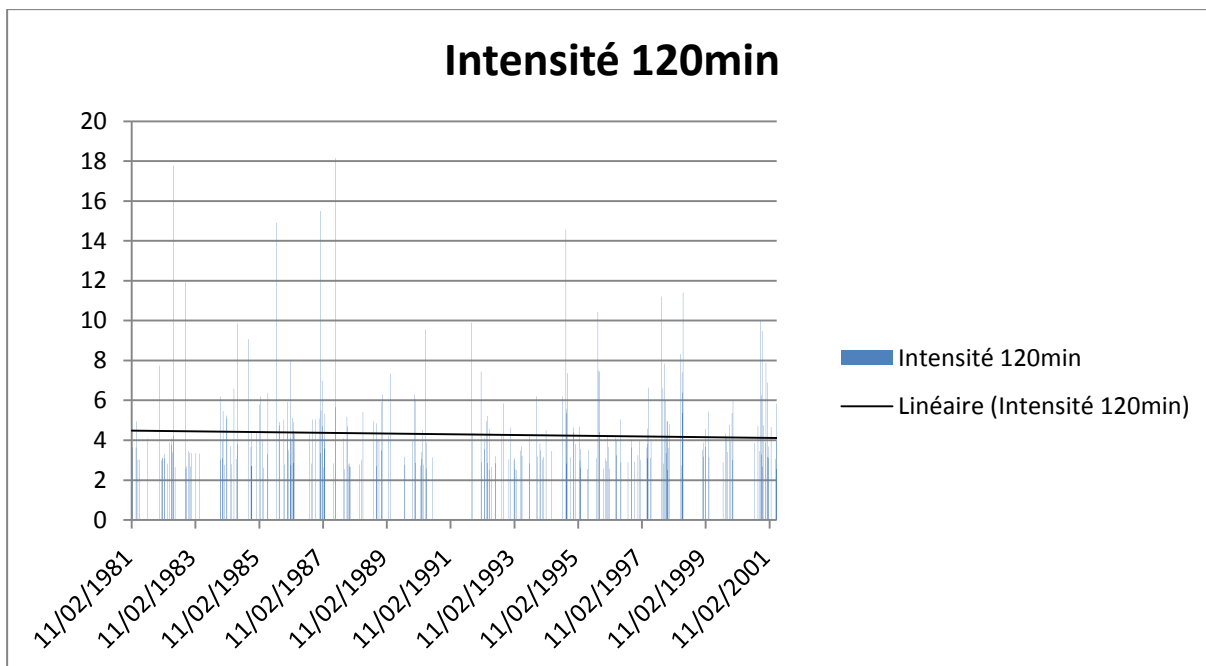


Figure 52 : Histogramme pour la 2<sup>ème</sup> sous série

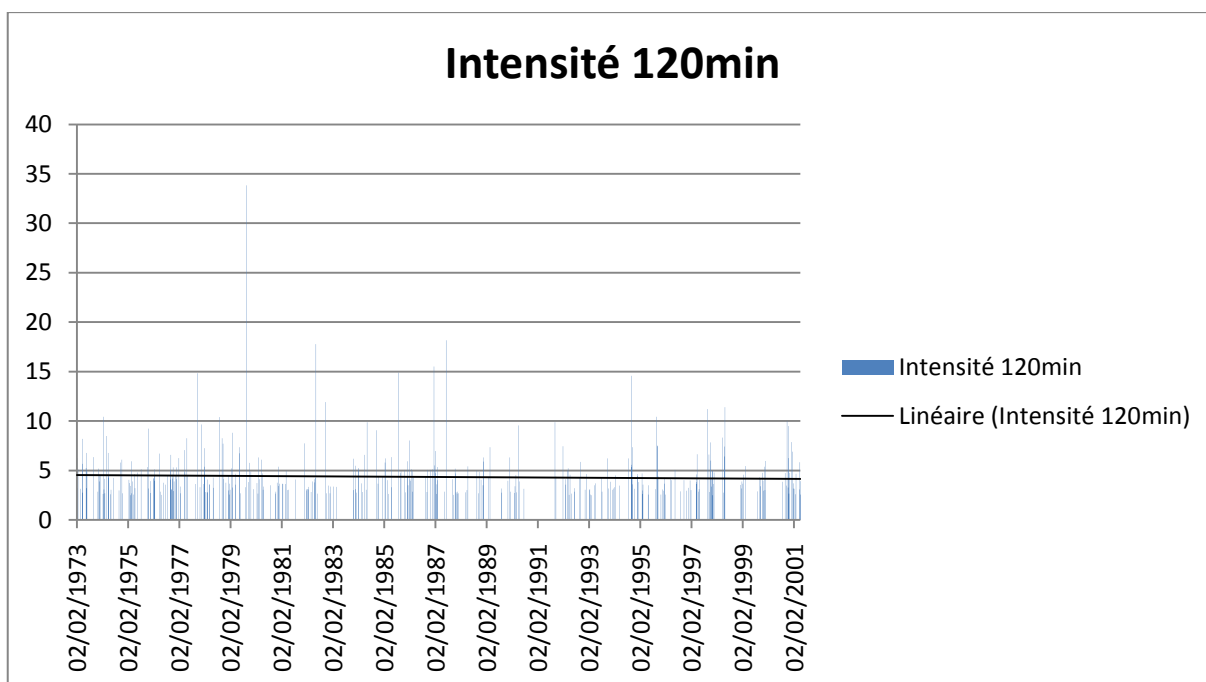


Figure 53 : Histogramme pour la série complète

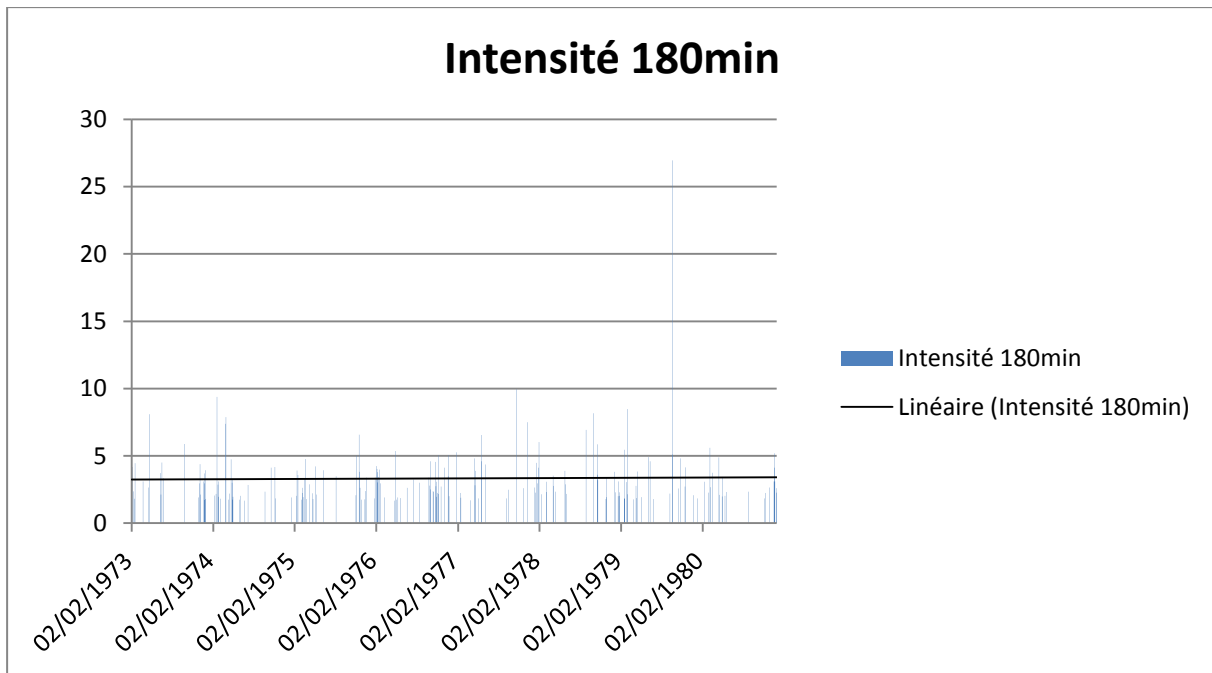


Figure 54: Histogramme pour la 1ère sous série

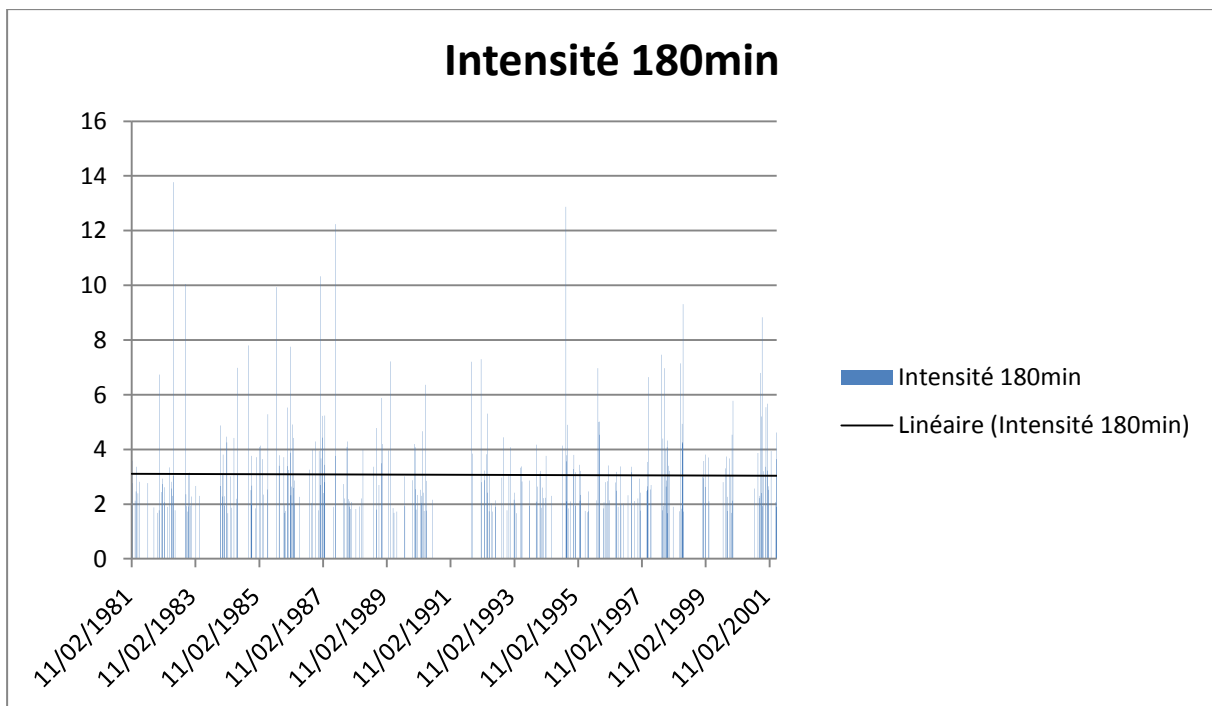


Figure 55 : Histogramme pour la 2ème sous série

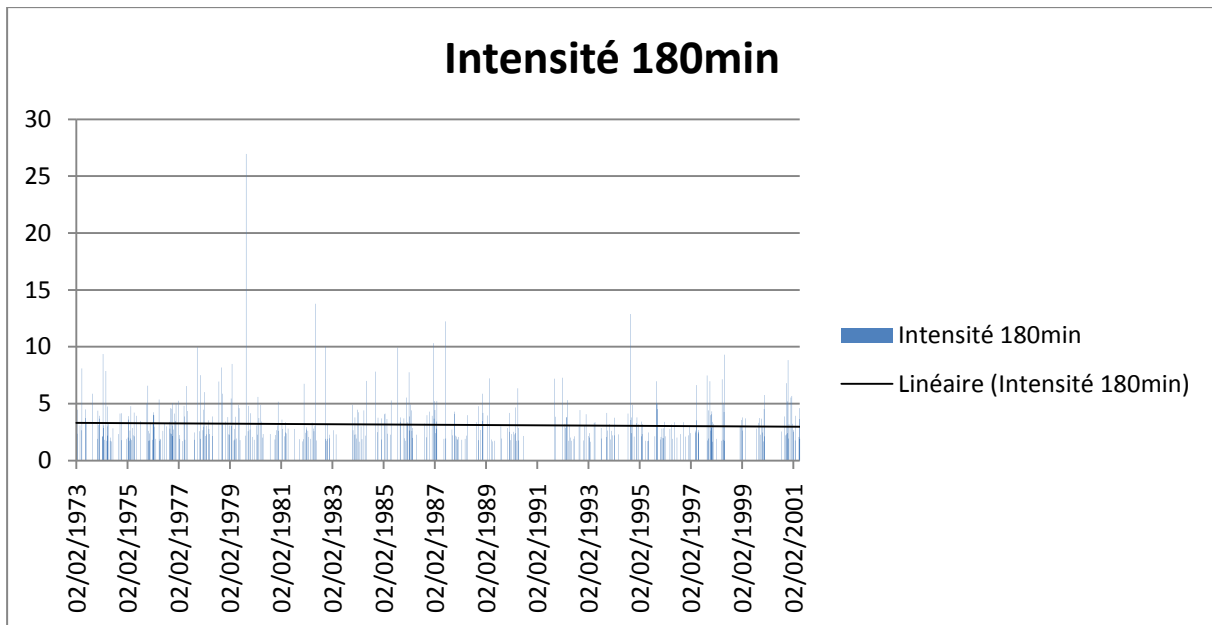


Figure 56 : Histogramme pour la série complète

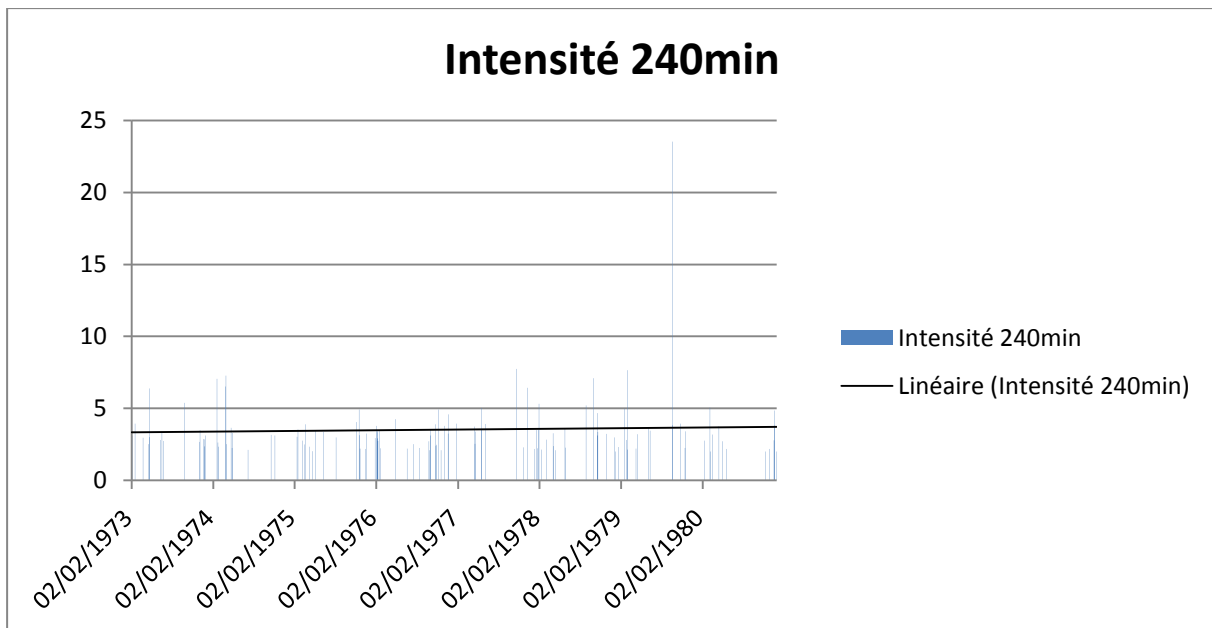


Figure 57: Histogramme pour la 1<sup>er</sup> sous série

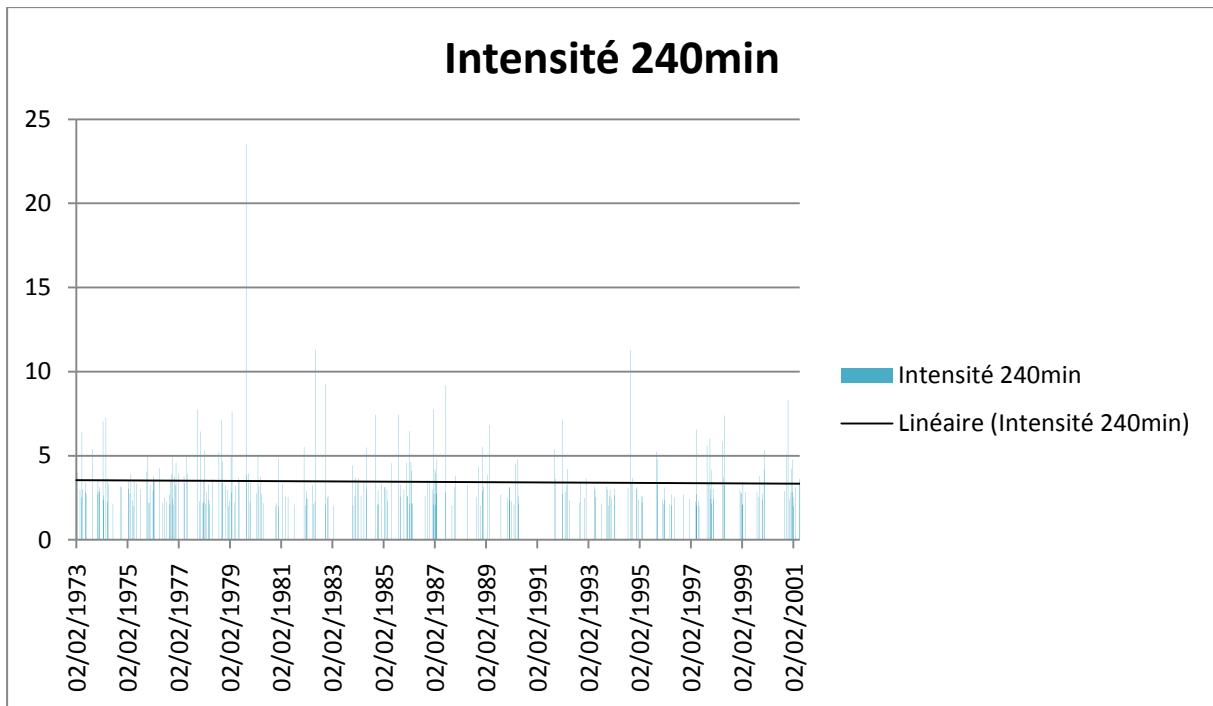


Figure 58 : Histogramme pour la série complète

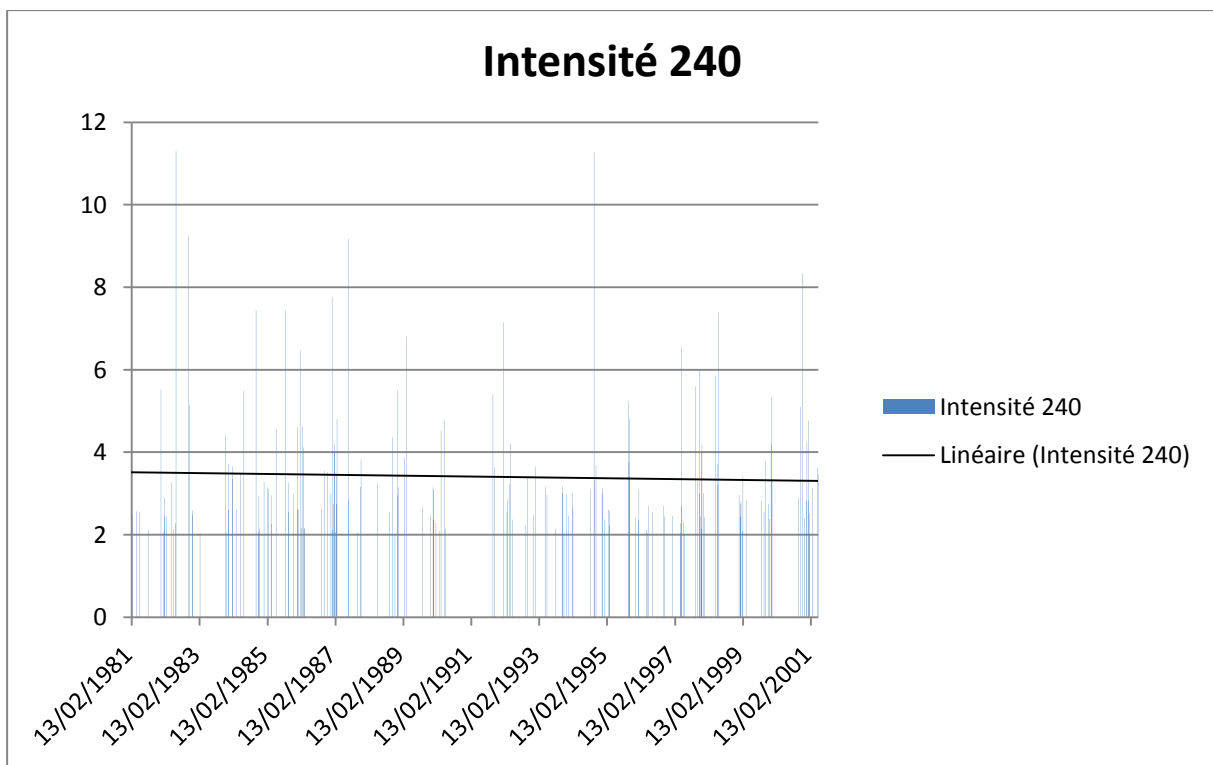
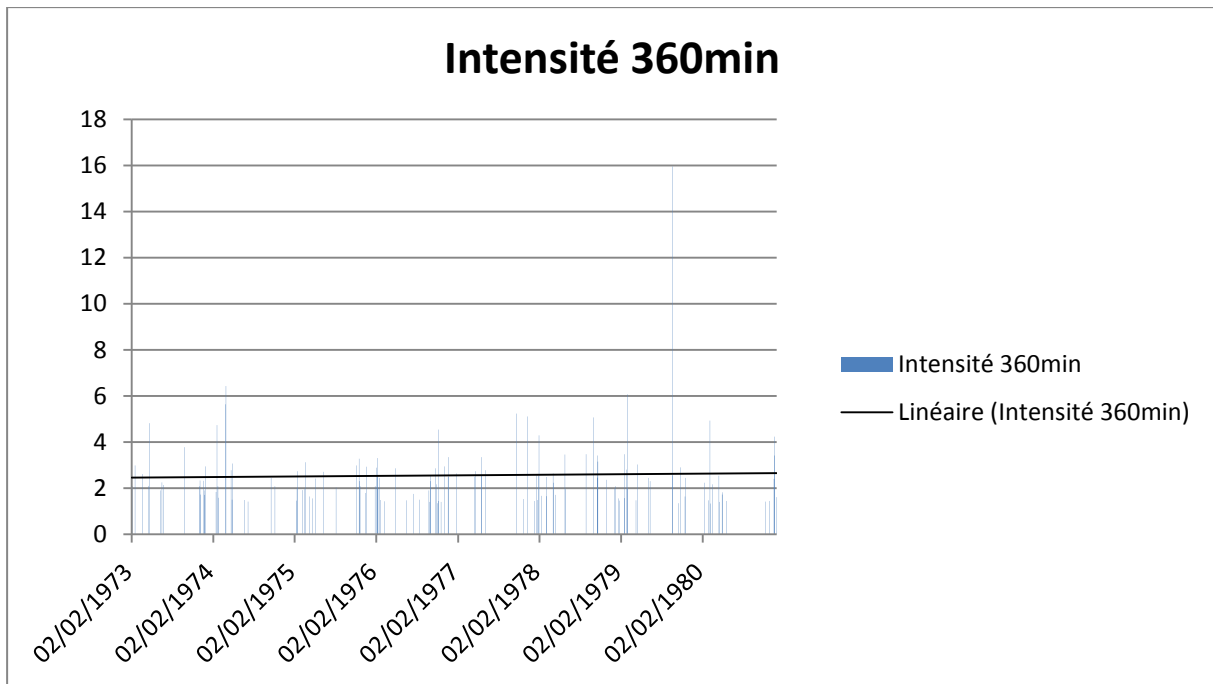
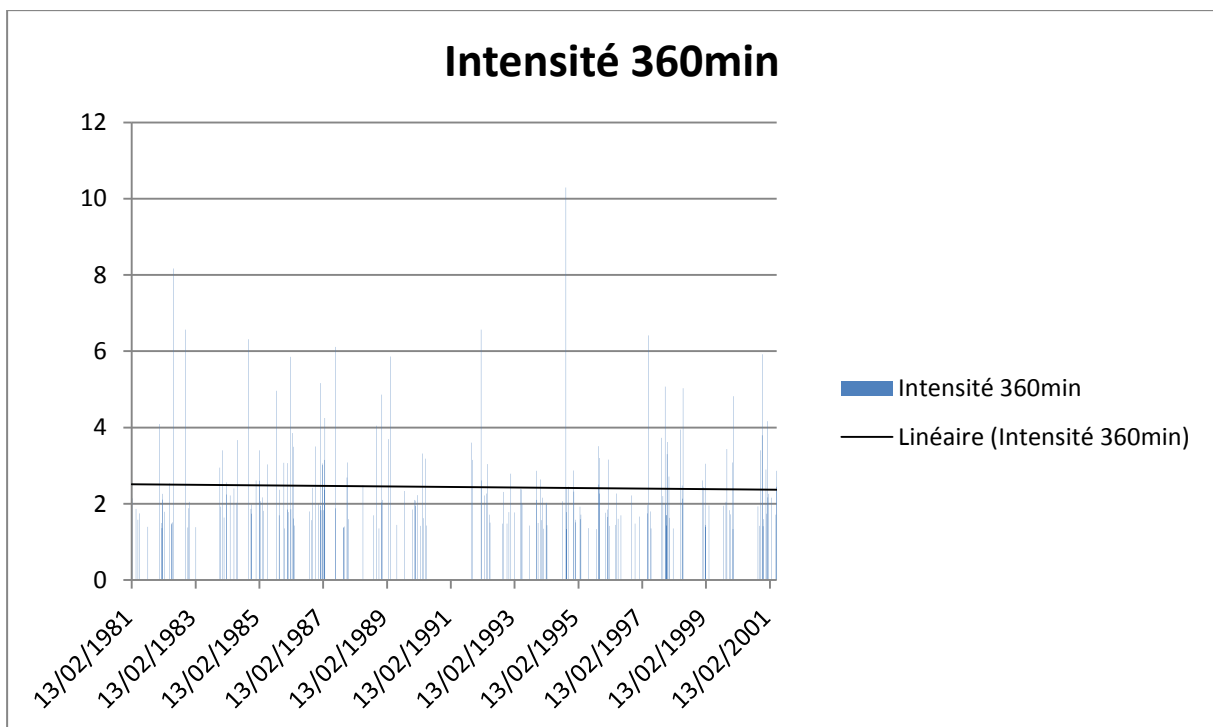
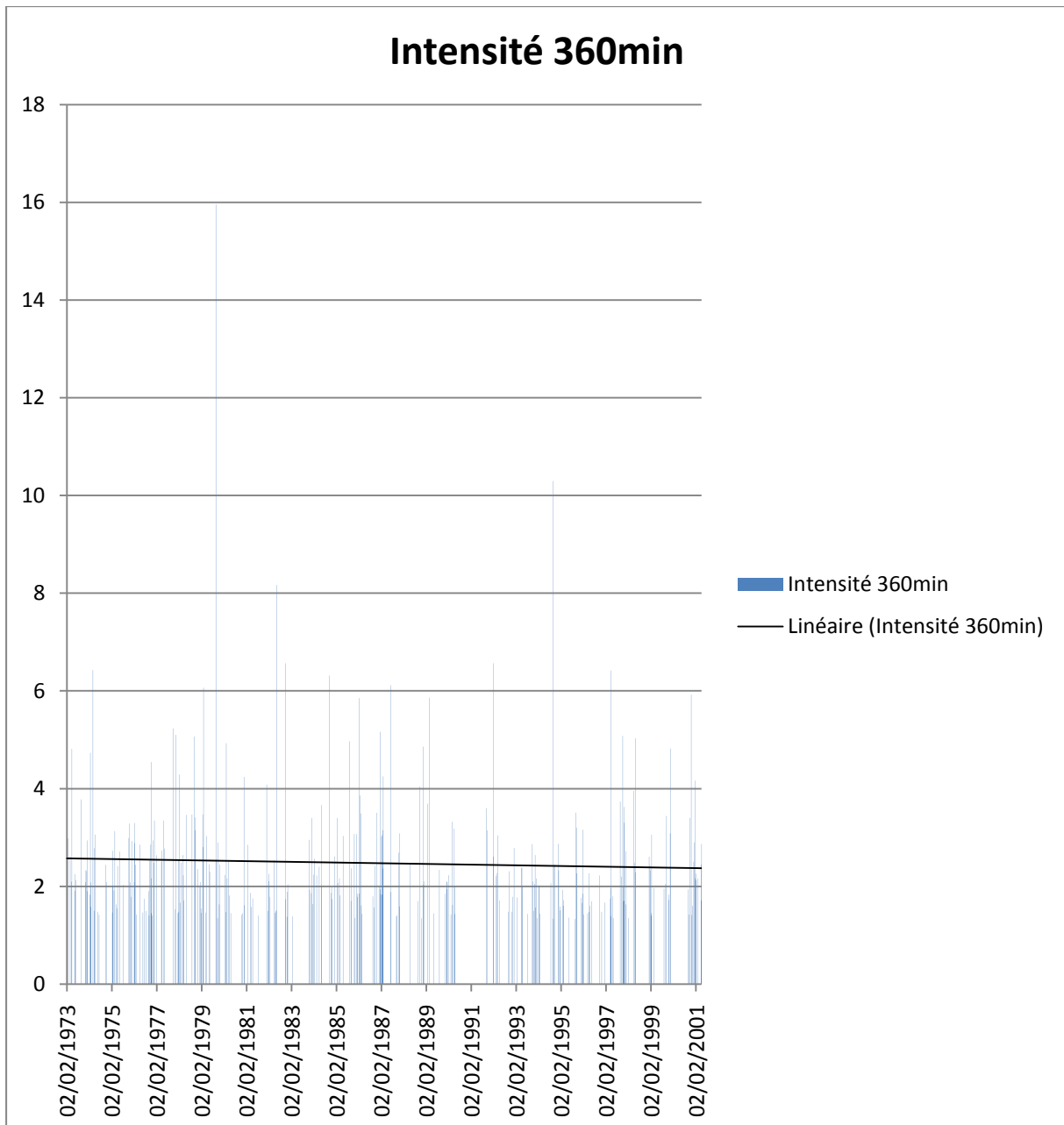


Figure 59 : Histogramme pour la 2ème sous série

**Figure 60:** Histogramme pour la 1<sup>er</sup> sous série**Figure 61 :** Histogramme pour la 2<sup>ème</sup> sous série



**Figure 62 :** Histogramme pour la série complète



**Tableau 1 : Rapports des quantiles (Intensité) par rapport à la série complète et les deux sous séries pour la station pluviométrique 11603**

T (année)	Quantiles (10min)					
	Série comp	1 <sup>er</sup> sous série	Rapport	2 <sup>ème</sup> sous série	Rapport	R*
2	17,36	17,22	0,80	17,16	1,14	-0,34
5	25,91	26,10	0,80	25,70	0,81	-1,56
10	36,15	36,75	-0,73	36,10	0,15	-1,81
20	51,88	53,14	-1,66	52,29	-0,79	-1,62
50	86,68	89,44	-2,42	88,68	-2,31	-0,85
100	130,39	135,10	-3,18	135,07	-3,59	-0,02
200	198,49	206,32	-3,61	208,30	-4,94	0,95
Quantiles (15min)						
2	14,31	15,85	-10,79	13,70	4,28	-15,74
5	21,64	23,51	-8,65	20,72	4,22	-13,43
10	30,88	31,70	-2,64	30,31	1,86	-4,58
20	45,71	43,18	5,52	46,69	-2,15	7,51
50	80,15	66,07	17,57	87,65	-9,36	24,63
100	125,46	92,11	26,59	145,38	-15,88	36,65
200	198,98	129,32	35,01	244,89	-23,07	47,19
Quantiles (20min)						
2	13,07	14,03	-7,41	12,62	3,44	-11,23
5	19,78	21,55	-8,93	19,02	3,84	-13,29
10	28,00	30,62	-9,36	27,15	3,02	-12,77
20	40,85	44,65	-9,29	40,26	1,45	-10,90
50	69,88	75,93	-8,66	70,91	-1,47	-7,08
100	107,08	115,53	-7,89	111,48	-4,11	-3,63
200	166,04	177,64	-6,99	177,66	-7,00	0,01
Quantiles (30min)						
2	13,78	14,94	-8,37	13,22	4,11	-13,02
5	19,93	21,76	-9,18	18,88	5,28	-15,26
10	27,34	28,62	-4,66	26,13	4,42	-9,50
20	38,79	37,76	2,65	37,91	2,28	0,38
50	64,27	54,97	14,47	65,65	-2,15	16,27
100	96,46	73,50	23,80	102,63	-6,39	28,38
200	146,89	98,76	32,77	163,35	-11,21	39,54
Quantiles (45min)						
2	9,44	10,71	-13,46	9,10	3,59	-17,69
5	14,10	16,22	-15,08	13,31	5,58	-21,89
10	19,84	22,08	-11,28	18,61	6,23	-18,67
20	28,89	30,26	-4,72	27,09	6,26	-11,71
50	49,50	46,45	6,15	46,74	5,56	0,62
100	76,07	64,77	14,86	72,54	4,64	10,71
200	118,47	90,82	23,34	114,33	3,49	20,57

Quantiles (60min)						
2	6,67	6,37	4,59	6,78	-1,67	6,16
5	10,10	10,92	-8,12	9,81	2,90	-11,35
10	14,97	20,04	-33,89	13,58	9,29	-47,60
20	23,56	41,46	-75,94	19,57	16,95	-111,83
50	45,89	119,10	-159,53	33,34	27,35	-257,22
100	78,48	272,89	-247,72	51,27	34,67	-432,24
200	136,44	631,75	-363,02	80,11	41,28	-688,59
Quantiles (120min)						
2	3,65	3,62	0,78	3,66	-0,41	1,18
5	5,48	5,54	-1,23	5,44	0,67	-1,91
10	7,66	8,04	-4,97	7,47	2,41	-7,57
20	11,01	12,14	-10,27	10,49	4,69	-15,69
50	18,39	21,91	-19,12	16,89	8,18	-29,73
100	27,65	35,09	-26,91	24,62	10,97	-42,54
200	42,05	56,95	-35,45	36,26	13,77	-57,08
Quantiles (180min)						
2	2,62	2,61	0,17	2,62	-0,02	0,18
5	3,99	4,05	-1,50	3,96	0,74	-2,25
10	5,50	5,66	-2,95	5,43	1,30	-4,30
20	7,68	8,03	-4,50	7,54	1,85	-6,48
50	12,16	12,97	-6,68	11,85	2,58	-9,51
100	17,41	18,86	-8,38	16,86	3,11	-11,85
200	25,09	27,63	-10,10	24,18	3,62	-14,24
T (année)	Quantiles (240 min)					
2	2,80	2,80	0,00	2,80	0,07	-0,07
5	3,97	3,97	-0,22	3,96	0,14	-0,35
10	5,27	5,27	0,02	5,27	-0,13	0,15
20	7,16	7,13	0,52	7,21	-0,62	1,13
50	11,11	10,95	1,49	11,28	-1,52	2,96
100	15,79	15,42	2,38	16,16	-2,34	4,61
200	22,73	21,97	3,35	23,47	-3,23	6,38
T (année)	Quantiles (360min)					
2	1,93	1,95	-0,95	1,92	0,49	-1,45
5	2,88	2,95	-2,55	2,84	1,26	-3,86
10	4,00	4,17	-4,19	3,92	2,02	-6,34
20	5,72	6,07	-6,09	5,56	2,87	-9,23
50	9,49	10,33	-8,86	9,10	4,07	-13,48
100	14,19	15,76	-11,05	13,49	4,98	-16,88
200	21,48	24,33	-13,30	20,21	5,89	-20,39

**Tableau 2:** Rapports des quantiles (Intensité) par rapport à la série complète et les deux sous séries pour la station pluviométrique 11605

T (année)		Quantiles (10min)				
	Série comp	1 <sup>er</sup> sous série	Rapport	2 <sup>ème</sup> sous série	Rapport	R*
2	19,25	19,64	-1,99	19,07	0,93	-2,96
5	31,81	34,25	-7,66	30,55	3,95	-12,09
10	47,58	53,83	-13,14	44,36	6,78	-21,36
20	72,77	86,83	-19,31	65,65	9,79	-32,27
50	131,08	168,04	-28,20	112,96	13,82	-48,76
100	207,49	280,76	-35,31	172,64	16,80	-62,63
200	331,05	472,52	-42,73	265,98	19,66	-77,65
T (année)		Quantiles (20min)				
2	13,09	13,10	-0,08	13,06	0,25	-0,33
5	20,66	21,41	-3,65	20,32	1,60	-5,33
10	30,98	33,67	-8,69	29,98	3,23	-12,31
20	48,64	56,03	-15,21	46,13	5,15	-21,46
50	92,85	116,36	-25,32	85,56	7,85	-36,00
100	155,21	207,55	-33,72	139,86	9,89	-48,40
200	262,82	374,81	-42,61	231,63	11,87	-61,81
T (année)		Quantiles (30min)				
2	13,83	13,46	2,69	14,04	-1,49	4,12
5	20,41	19,96	2,19	20,68	-1,31	3,45
10	28,64	28,56	0,27	28,80	-0,57	0,83
20	41,73	42,87	-2,73	41,50	0,56	-3,32
50	71,90	77,61	-7,94	70,15	2,44	-10,64
100	111,28	125,21	-12,52	106,82	4,01	-17,22
200	174,74	205,27	-17,47	164,91	5,63	-24,47
T (année)		Quantiles (45min)				
2	8,75	8,78	-0,35	8,68	0,73	-1,09
5	12,64	12,04	4,73	13,01	-2,98	7,48
10	17,89	16,10	10,01	19,36	-8,22	16,85
20	26,77	22,52	15,90	30,84	-15,20	26,99
50	48,77	37,23	23,65	61,58	-26,27	39,54
100	79,47	56,34	29,10	107,70	-35,53	47,69
200	131,94	86,99	34,07	191,74	-45,32	54,63
T (année)		Quantiles (60min)				
2	6,54	6,57	-0,45	6,52	0,34	-0,79
5	9,25	8,94	3,41	9,46	-2,25	5,54

10	12,80	11,73	8,36	13,57	-6,03	13,57
20	18,65	15,97	14,39	20,73	-11,13	22,97
50	32,72	25,22	22,94	39,03	-19,29	35,40
100	51,81	36,68	29,21	65,37	-26,16	43,89
200	83,66	54,34	35,05	111,59	-33,38	51,31
T (année)	Quantiles (120min)					
2	3,54	3,68	-3,97	3,47	2,03	-6,12
5	5,10	5,28	-3,49	4,99	2,10	-5,71
10	6,90	6,98	-1,15	6,82	1,15	-2,32
20	9,59	9,37	2,36	9,64	-0,51	2,85
50	15,36	14,11	8,11	15,90	-3,54	11,25
100	22,38	19,50	12,86	23,79	-6,29	18,02
200	33,04	27,20	17,69	36,12	-9,31	24,70
T (année)	Quantiles (180min)					
2	2,48	2,60	-4,63	2,43	2,32	-7,11
5	3,79	4,03	-6,21	3,66	3,46	-10,01
10	5,37	5,72	-6,39	5,16	3,92	-10,73
20	7,81	8,28	-5,94	7,49	4,11	-10,49
50	13,25	13,87	-4,66	12,71	4,06	-9,08
100	20,13	20,80	-3,36	19,35	3,85	-7,50
200	30,90	31,48	-1,89	29,80	3,55	-5,64
T (année)	Quantiles (240min)					
2	2,89	2,96	-2,30	2,85	1,36	-3,70
5	4,04	4,13	-2,13	3,99	1,45	-3,63
10	5,24	5,29	-0,94	5,19	0,91	-1,87
20	6,87	6,80	0,89	6,87	-0,01	0,91
50	10,01	9,61	4,02	10,19	-1,73	5,65
100	13,49	12,58	6,73	13,94	-3,31	9,72
200	18,34	16,58	9,60	19,27	-5,09	13,98
T (année)	Quantiles (360min)					
2	2,04	2,13	-4,68	1,99	2,46	-7,33
5	2,98	3,08	-3,48	2,91	2,15	-5,75
10	3,97	4,00	-0,90	3,93	1,01	-1,93
20	5,33	5,20	2,56	5,37	-0,72	3,25
50	8,01	7,37	7,97	8,30	-3,68	11,23
100	11,01	9,64	12,39	11,70	-6,32	17,60
200	15,23	12,65	16,90	16,64	-9,24	23,93

**Tableau 3:** Rapports des quantiles (Intensité) par rapport à la série complète et les deux sous séries pour la station pluviométrique 11801

T (année)	Quantiles (15min)					
2	13,37	12,52	6,35	14,10	-5,48	11,22
5	18,47	16,55	10,39	19,91	-7,82	16,89
10	24,30	21,39	11,96	26,24	-8,01	18,49
20	32,92	28,85	12,36	35,26	-7,10	18,17
50	51,18	45,41	11,29	53,52	-4,57	15,16
100	73,21	66,27	9,48	74,64	-1,96	11,22
200	106,32	98,86	7,01	105,25	1,01	6,07
T (année)	Quantiles (20min)					
2	11,70	11,09	5,26	12,49	-6,72	11,22
5	16,26	14,37	11,64	17,92	-10,20	19,82
10	21,95	18,29	16,71	24,26	-10,52	24,64
20	31,01	24,30	21,65	33,82	-9,07	28,17
50	51,86	37,56	27,56	54,50	-5,09	31,07
100	79,04	54,20	31,43	79,92	-1,11	32,18
200	122,81	80,08	34,80	118,80	3,27	32,59
T (année)	Quantiles (30min)					
2	12,48	11,57	7,27	13,40	-7,41	13,67
5	16,39	14,53	11,32	17,66	-7,72	17,68
10	20,97	18,45	12,03	21,95	-4,64	15,94
20	27,90	24,97	10,49	27,69	0,72	9,83
50	42,90	40,80	4,91	38,55	10,15	-5,84
100	61,39	62,48	-1,76	50,28	18,11	-24,26
200	89,73	98,94	-10,26	66,31	26,10	-49,20
T (année)	Quantiles (45min)					
2	8,35	8,11	2,93	8,58	-2,74	5,53
5	11,12	10,41	6,34	11,69	-5,17	10,95
10	14,54	13,23	9,06	15,51	-6,66	14,73
20	19,95	17,61	11,71	21,50	-7,76	18,07
50	32,30	27,50	14,86	35,07	-8,56	21,58
100	48,29	40,13	16,89	52,49	-8,71	23,55
200	73,86	60,11	18,62	80,19	-8,56	25,04
T (année)	Quantiles (60min)					
2	6,44	6,28	2,52	6,55	-1,74	4,19
5	8,69	8,45	2,78	8,86	-1,91	4,61
10	11,36	11,17	1,67	11,51	-1,33	2,96
20	15,44	15,52	-0,49	15,47	-0,19	-0,30
50	24,40	25,57	-4,77	23,93	1,93	-6,84
100	35,58	38,71	-8,82	34,20	3,85	-13,19
200	52,88	59,96	-13,39	49,76	5,90	-20,50

T (année)	Quantiles (120min)					
2	3,57	3,58	-0,34	3,56	0,23	-0,57
5	5,02	5,01	0,21	5,02	-0,14	0,35
10	6,55	6,49	0,88	6,58	-0,60	1,48
20	8,67	8,52	1,72	8,77	-1,18	2,87
50	12,85	12,47	3,01	13,12	-2,08	4,98
100	17,57	16,85	4,07	18,07	-2,83	6,71
200	24,24	22,99	5,16	25,12	-3,63	8,49
T (année)	Quantiles (180min)					
2	2,61	2,65	-1,80	2,58	1,11	-2,95
5	3,82	3,85	-0,93	3,79	0,66	-1,60
10	5,05	5,02	0,57	5,06	-0,20	0,76
20	6,71	6,54	2,52	6,80	-1,37	3,83
50	9,87	9,32	5,57	10,19	-3,29	8,58
100	13,30	12,22	8,09	13,96	-4,96	12,44
200	18,01	16,08	10,72	19,23	-6,78	16,38
T (année)	Quantiles (240min)					
2	2,81	2,88	-2,33	2,77	1,46	-3,84
5	3,90	3,94	-1,14	3,86	0,90	-2,06
10	5,06	4,99	1,33	5,09	-0,60	1,91
20	6,68	6,36	4,74	6,87	-2,85	7,38
50	9,89	8,88	10,20	10,56	-6,80	15,91
100	13,52	11,53	14,71	14,93	-10,38	22,73
200	18,70	15,09	19,33	21,38	-14,34	29,45
T (année)	Quantiles (360min)					
2	2,01	2,06	-2,92	1,97	1,88	-4,89
5	2,01	2,98	-48,50	2,87	-43,28	-3,65
10	2,01	3,92	-95,50	3,89	-93,92	-0,81
20	2,01	5,21	-159,52	5,37	-167,74	3,07
50	2,01	7,68	-282,85	8,46	-321,45	9,16
100	2,01	10,41	-418,74	12,11	-503,78	14,08
200	2,01	14,20	-607,61	17,54	-774,04	19,04

**Tableau 4 :** Rapports des quantiles (Intensité) par rapport à la série complète et les deux sous séries pour la station pluviométrique 11901

T (année)	Quantiles (5min)					
	Série comp	1 <sup>er</sup> sous série	Rapport	2 <sup>ème</sup> sous série	Rapport	R*
2	31,24	30,86	1,22	31,66	-1,37	2,55
5	51,28	52,12	-1,64	50,31	1,89	-3,61
10	86,10	92,02	-6,88	80,09	6,98	-14,89
20	158,72	180,74	-13,87	138,05	13,02	-30,92
50	387,89	482,50	-24,39	306,66	20,94	-57,34
100	788,03	1046,60	-32,81	579,95	26,41	-80,46

200	1622,10	2296,60	-41,58	1113,20	31,37	-106,31
T (année)	Quantiles (10min)					
2	18,58	19,66	-5,80	17,68	4,84	-11,19
5	30,78	33,33	-8,28	28,42	7,66	-17,27
10	46,83	50,72	-8,30	42,89	8,43	-18,27
20	73,48	78,81	-7,25	67,36	8,33	-17,00
50	137,92	144,60	-4,84	127,86	7,29	-13,09
100	225,91	231,81	-2,61	212,19	6,07	-9,25
200	373,48	374,28	-0,21	356,19	4,63	-5,08
T (année)	Quantiles (15min)					
2	15,49	15,49	0,02	15,46	0,17	-0,16
5	24,84	26,52	-6,75	23,32	6,13	-13,72
10	36,27	41,68	-14,92	31,85	12,20	-30,89
20	54,13	67,76	-25,18	43,95	18,80	-54,16
50	94,40	133,45	-41,36	68,41	27,54	-95,08
100	145,92	226,67	-55,34	96,60	33,80	-134,66
200	227,48	388,33	-70,71	137,34	39,63	-182,75
T (année)	Quantiles (20min)					
2	13,81	14,31	-3,67	13,31	3,59	-7,53
5	21,16	22,73	-7,40	19,68	7,02	-15,51
10	29,78	33,08	-11,10	26,80	9,99	-23,43
20	42,77	49,33	-15,34	37,16	13,11	-32,74
50	70,91	86,18	-21,53	58,67	17,25	-46,87
100	105,57	133,56	-26,51	84,14	20,30	-58,74
200	158,65	208,94	-31,70	121,80	23,23	-71,54
T (année)	Quantiles (30min)					
2	13,82	14,04	-1,55	13,56	1,92	-3,53
5	19,47	20,12	-3,36	18,67	4,09	-7,78
10	25,84	27,25	-5,49	24,19	6,38	-12,68
20	35,16	38,02	-8,14	31,98	9,03	-18,88
50	54,67	61,36	-12,24	47,64	12,86	-28,81
100	77,93	90,13	-15,66	65,59	15,83	-37,42
200	112,56	134,23	-19,25	91,42	18,78	-46,82
T (année)	Quantiles (45min)					
2	9,00	8,95	0,55	9,10	-1,11	1,64
5	12,74	12,69	0,33	12,75	-0,09	0,42
10	17,24	17,40	-0,93	16,81	2,51	-3,52
20	24,21	24,93	-2,98	22,70	6,23	-9,83
50	39,70	42,34	-6,65	34,86	12,21	-21,48
100	59,28	65,17	-9,93	49,18	17,04	-32,51
200	89,95	102,08	-13,49	70,27	21,87	-45,26
T (année)	Quantiles (60min)					
2	6,93	7,13	-2,89	6,64	4,18	-7,38
5	9,57	9,79	-2,32	9,26	3,28	-5,79

10	12,41	12,55	-1,14	12,33	0,63	-1,78
20	16,42	16,34	0,52	17,00	-3,53	3,91
50	24,46	23,67	3,23	27,16	-11,06	12,86
100	33,66	31,80	5,53	39,74	-18,08	20,00
200	46,88	43,15	7,94	59,10	-26,07	26,98
T (année)	Quantiles (120min)					
2	3,58	3,85	-7,51	3,36	6,27	-14,71
5	5,06	5,49	-8,42	4,62	8,64	-18,68
10	6,65	7,11	-6,97	6,06	8,87	-17,39
20	8,88	9,26	-4,26	8,17	8,04	-13,37
50	13,34	13,25	0,65	12,59	5,58	-5,22
100	18,43	17,51	4,98	17,90	2,88	2,16
200	25,71	23,26	9,56	25,81	-0,38	9,90
T (année)	Quantiles (180min)					
2	2,54	2,68	-5,72	2,41	5,02	-11,31
5	3,65	3,91	-7,30	3,39	7,20	-15,62
10	4,79	5,16	-7,73	4,39	8,26	-17,43
20	6,34	6,83	-7,71	5,77	8,99	-18,36
50	9,32	9,98	-7,17	8,43	9,57	-18,51
100	12,59	13,41	-6,47	11,36	9,76	-17,99
200	17,13	18,09	-5,60	15,45	9,81	-17,08
T (année)	Quantiles (240min)					
2	2,69	2,78	-3,30	2,60	3,27	-6,79
5	3,65	3,85	-5,46	3,43	6,09	-12,30
10	4,66	4,98	-6,89	4,28	8,27	-16,53
20	6,07	6,56	-8,19	5,43	10,48	-20,86
50	8,83	9,68	-9,69	7,65	13,38	-26,62
100	11,93	13,20	-10,66	10,08	15,48	-30,94
200	16,31	18,19	-11,52	13,46	17,51	-35,19
T (année)	Quantiles (360min)					
2	1,93	2,03	-5,38	1,85	4,23	-10,04
5	2,63	2,86	-8,80	2,41	8,55	-18,96
10	3,31	3,67	-10,77	2,92	11,89	-25,71
20	4,19	4,71	-12,41	3,55	15,31	-32,73
50	5,79	6,62	-14,17	4,64	19,88	-42,50
100	7,46	8,60	-15,25	5,72	23,30	-50,26
200	9,67	11,23	-16,14	7,09	26,64	-58,33



**Tableau 5 : Rapports des quantiles (Intensité) par rapport à la série complète et les deux sous séries pour la station pluviométrique 12203**

T (année)	Quantiles (10min)					
	Série comp	1 <sup>er</sup> sous série	Rapport	2 <sup>ème</sup> sous série	Rapport	R*
2	17,22	16,55	3,91	17,80	-3,37	7,04
5	28,18	25,12	10,89	30,68	-8,85	18,14
10	43,67	36,15	17,23	49,81	-14,05	27,43
20	70,91	54,13	23,67	84,88	-19,69	36,23
50	141,37	96,72	31,58	180,04	-27,35	46,28
100	243,80	153,77	36,93	324,67	-33,17	52,64
200	425,32	247,81	41,74	591,25	-39,01	58,09
T (année)	Quantiles (15min)					
2	13,68	13,51	1,21	13,69	-0,07	1,27
5	22,13	20,33	8,15	23,68	-7,03	14,18
10	35,33	30,27	14,33	40,92	-15,81	26,03
20	60,55	48,22	20,36	76,63	-26,56	37,07
50	132,36	96,13	27,37	188,50	-42,41	49,00
100	246,47	167,82	31,91	382,48	-55,18	56,12
200	465,25	298,12	35,92	784,41	-68,60	61,99
T (année)	Quantiles (20min)					
2	12,09	11,84	2,05	12,31	-1,82	3,80
5	19,13	17,61	7,98	20,40	-6,64	13,71
10	29,91	25,74	13,93	33,39	-11,64	22,91
20	50,11	40,01	20,15	58,73	-17,19	31,86
50	106,45	76,86	27,80	132,70	-24,66	42,08
100	194,24	130,31	32,91	252,97	-30,24	48,49
200	359,66	224,85	37,48	488,28	-35,76	53,95
T (année)	Quantiles (30min)					
2	13,32	12,52	6,03	14,30	-7,30	12,43
5	19,28	16,89	12,40	21,26	-10,30	20,58
10	27,16	22,57	16,88	29,79	-9,68	24,22
20	40,31	31,94	20,77	43,14	-7,02	25,96
50	72,29	54,36	24,81	73,30	-1,39	25,84
100	116,21	84,70	27,12	111,95	3,67	24,34
200	190,21	135,18	28,93	173,24	8,92	21,97
T (année)	Quantiles (45min)					
2	8,97	8,72	2,84	9,26	-3,18	5,83
5	12,77	11,68	8,48	13,79	-7,99	15,25
10	17,36	15,00	13,58	19,45	-12,04	22,87
20	24,47	19,82	19,01	28,46	-16,28	30,35
50	40,37	29,82	26,13	49,20	-21,89	39,40

100	60,52	41,65	31,19	76,28	-26,03	45,40
200	92,19	59,13	35,87	119,89	-30,05	50,68
T (année)	Quantiles (60min)					
2	6,75	6,76	-0,19	6,73	0,29	-0,49
5	9,55	9,17	3,93	9,89	-3,59	7,26
10	12,91	11,81	8,51	14,01	-8,55	15,72
20	18,07	15,57	13,84	20,78	-15,01	25,08
50	29,48	23,19	21,33	36,96	-25,37	37,25
100	43,83	32,03	26,92	58,84	-34,25	45,57
200	66,20	44,85	32,24	95,19	-43,80	52,88
T (année)	Quantiles (120min)					
2	3,76	3,74	0,45	3,78	-0,40	0,84
5	5,55	5,51	0,76	5,58	-0,63	1,39
10	7,51	7,42	1,15	7,58	-0,92	2,05
20	10,31	10,14	1,62	10,44	-1,28	2,86
50	16,01	15,63	2,34	16,30	-1,82	4,09
100	22,63	21,97	2,92	23,14	-2,27	5,07
200	32,26	31,12	3,52	33,14	-2,73	6,08
T (année)	Quantiles (180min)					
2	2,70	2,78	-2,96	2,63	2,36	-5,45
5	4,08	4,18	-2,55	4,00	2,04	-4,68
10	5,55	5,65	-1,78	5,48	1,26	-3,08
20	7,61	7,67	-0,75	7,60	0,17	-0,92
50	11,70	11,60	0,87	11,89	-1,63	2,46
100	16,34	15,98	2,22	16,86	-3,20	5,25
200	22,95	22,11	3,63	24,07	-4,88	8,11
T (année)	Quantiles (240min)					
2	2,89	2,89	-0,01	2,89	0,09	-0,10
5	4,16	4,23	-1,66	4,11	1,35	-3,05
10	5,56	5,78	-3,98	5,40	2,96	-7,16
20	7,58	8,11	-7,03	7,20	4,99	-12,65
50	11,70	13,10	-11,96	10,76	8,05	-21,77
100	16,53	19,20	-16,20	14,79	10,52	-29,86
200	23,58	28,48	-20,78	20,51	13,02	-38,86
T (année)	Quantiles (360min)					
2	2,06	2,08	-0,98	2,05	0,66	-1,66
5	3,05	3,15	-3,40	2,97	2,67	-6,24
10	4,09	4,33	-5,90	3,90	4,72	-11,15
20	5,53	6,02	-8,84	5,14	7,07	-17,12
50	8,38	9,49	-13,28	7,51	10,44	-26,49
100	11,59	13,55	-16,96	10,07	13,09	-34,57
200	16,12	19,48	-20,84	13,58	15,75	-43,44

**Tableau 6 : Rapports des quantiles (Intensité) par rapport à la série complète et les deux sous séries pour la station pluviométrique 12605**

T (année)	Quantiles (5min)					
2	31,67	32,29	-1,96	31,13	1,69	-3,71
5	49,43	45,99	6,97	52,18	-5,56	11,86
10	76,50	62,39	18,44	90,47	-18,26	31,03
20	127,18	87,61	31,11	173,48	-36,41	49,50
50	268,09	143,42	46,50	447,53	-66,93	67,95
100	487,15	213,57	56,16	946,14	-94,22	77,43
200	899,06	322,91	64,08	2024,40	-125,17	84,05
T (année)	Quantiles (10min)					
2	17,51	16,99	2,99	17,98	-2,68	5,52
5	27,01	25,34	6,19	28,40	-5,17	10,80
10	38,90	35,49	8,75	41,65	-7,07	14,78
20	57,86	51,31	11,31	63,03	-8,93	18,58
50	101,61	86,85	14,53	113,05	-11,26	23,18
100	158,80	132,13	16,79	179,29	-12,90	26,30
200	251,09	203,59	18,92	287,42	-14,47	29,17
T (année)	Quantiles (15min)					
2	14,57	14,00	3,89	15,02	-3,12	6,80
5	22,12	21,15	4,39	22,85	-3,30	7,44
10	31,40	30,44	3,04	32,07	-2,15	5,08
20	45,95	45,72	0,50	46,07	-0,25	0,75
50	78,94	82,25	-4,19	76,59	2,98	-7,39
100	121,34	131,61	-8,46	114,41	5,71	-15,03
200	188,73	213,62	-13,19	172,65	8,52	-23,73
T (année)	Quantiles (20min)					
2	12,79	12,16	4,92	13,26	-3,64	8,27
5	19,15	18,45	3,67	19,66	-2,66	6,16
10	26,93	27,08	-0,55	26,99	-0,21	-0,34
20	39,10	41,91	-7,17	37,85	3,20	-10,72
50	66,59	79,23	-18,97	60,90	8,54	-30,08
100	101,80	132,12	-29,78	88,75	12,82	-48,87
200	157,61	223,79	-41,99	130,68	17,09	-71,25
T (année)	Quantiles (30min)					
2	13,24	13,23	0,05	13,28	-0,31	0,36
5	19,10	18,73	1,92	19,32	-1,18	3,06
10	26,78	25,53	4,68	27,42	-2,39	6,90
20	39,49	36,24	8,24	41,05	-3,96	11,73
50	70,11	60,64	13,51	74,58	-6,37	18,69

100	111,79	92,16	17,56	121,08	-8,31	23,89
200	181,47	142,48	21,49	200,15	-10,29	28,81
T (année)	Quantiles (45min)					
2	8,53	8,29	2,71	8,69	-1,97	4,59
5	12,10	11,86	1,97	12,28	-1,47	3,39
10	17,01	17,17	-0,94	16,99	0,10	-1,04
20	25,44	26,91	-5,76	24,81	2,49	-8,46
50	46,70	53,40	-14,36	43,72	6,37	-22,14
100	76,85	93,74	-21,99	69,55	9,50	-34,79
200	129,12	168,21	-30,27	112,84	12,61	-49,07
T (année)	Quantiles (60min)					
	Série comp	1 <sup>er</sup> sous série	Rapport	2 <sup>ème</sup> sous série	Rapport	R*
2	6,84	6,84	-0,09	6,83	0,15	-0,24
5	9,69	9,70	-0,09	9,68	0,06	-0,15
10	13,10	13,16	-0,43	13,09	0,09	-0,52
20	18,35	18,53	-0,99	18,31	0,20	-1,19
50	29,97	30,57	-2,01	29,84	0,43	-2,45
100	44,57	45,86	-2,91	44,27	0,66	-3,59
200	67,32	69,93	-3,88	66,71	0,90	-4,83
T (année)	Quantiles (120min)					
2	3,92	3,95	-0,92	3,88	0,85	-1,78
5	5,65	5,65	0,08	5,65	-0,04	0,12
10	7,42	7,34	1,11	7,50	-1,06	2,15
20	9,81	9,58	2,32	10,03	-2,31	4,52
50	14,37	13,78	4,11	14,98	-4,22	7,99
100	19,35	18,28	5,54	20,48	-5,82	10,73
200	26,22	24,38	7,01	28,19	-7,53	13,52
T (année)	Quantiles (180min)					
2	2,86	3,05	-6,82	2,70	5,35	-12,86
5	4,26	4,46	-4,70	4,09	3,96	-9,01
10	5,63	5,74	-1,88	5,56	1,25	-3,17
20	7,43	7,31	1,55	7,61	-2,50	3,95
50	10,73	10,02	6,63	11,68	-8,81	14,19
100	14,21	12,69	10,72	16,27	-14,47	22,00
200	18,87	16,06	14,86	22,80	-20,83	29,54
T (année)	Quantiles (240min)					
2	2,75	2,77	-0,74	2,73	0,59	-1,34
5	3,99	4,08	-2,47	3,90	2,12	-4,69
10	5,50	5,72	-3,90	5,31	3,42	-7,58
20	7,87	8,30	-5,37	7,50	4,76	-10,64
50	13,24	14,20	-7,29	12,38	6,50	-14,75
100	20,11	21,85	-8,68	18,55	7,75	-17,81

200	31,00	34,11	-10,02	28,23	8,93	-20,81
T (année)	Quantiles (360min)					
2	2,00	2,04	-2,10	1,97	1,64	-3,81
5	2,96	3,07	-3,62	2,87	3,06	-6,89
10	4,06	4,22	-3,76	3,93	3,32	-7,32
20	5,69	5,88	-3,26	5,52	3,06	-6,51
50	9,16	9,33	-1,89	8,97	2,08	-4,06
100	13,34	13,41	-0,50	13,21	1,00	-1,51
200	19,63	19,42	1,07	19,69	-0,29	1,36

**Tableau 7:** Rapports des quantiles (Intensité) par rapport à la série complète et les deux sous séries pour la station pluviographique 20201

T (année)	Quantiles (10min)					
200	132,69	149,74	-12,85	126,66	4,54	-18,22
100	90,20	99,97	-10,83	86,72	3,86	-15,28
50	62,31	67,81	-8,84	60,33	3,17	-12,40
20	39,52	42,01	-6,31	38,62	2,27	-8,79
10	28,93	30,25	-4,57	28,45	1,64	-6,32
5	21,87	22,54	-3,06	21,63	1,10	-4,21
2	15,79	16,04	-1,55	15,71	0,53	-2,09
T (année)	Quantiles (15min)					
200	111,25	203,65	-83,06	82,63	25,72	-146,45
100	74,63	117,06	-56,86	59,82	19,84	-95,68
50	50,99	68,92	-35,17	43,91	13,88	-56,95
20	32,04	36,36	-13,48	29,98	6,45	-21,30
10	23,42	24,00	-2,49	23,01	1,75	-4,32
5	17,77	17,08	3,88	18,06	-1,60	5,40
2	13,02	12,28	5,69	13,45	-3,29	8,69
T (année)	Quantiles (20min)					
2	11,71	11,59	1,07	11,80	-0,75	1,80
5	15,85	16,00	-0,95	15,75	0,61	-1,56
10	20,58	21,55	-4,74	19,98	2,89	-7,86
20	27,58	30,45	-10,41	25,93	5,99	-17,45
50	42,42	51,09	-20,42	37,78	10,94	-35,22
100	60,33	78,20	-29,61	51,28	15,00	-52,48
200	87,28	122,13	-39,93	70,60	19,11	-72,99
T (année)	Quantiles (30min)					
2	12,67	12,67	0,01	12,64	0,25	-0,25
5	16,69	17,72	-6,23	16,09	3,54	-10,13
10	21,44	24,57	-14,62	19,92	7,10	-23,38
20	28,67	36,20	-26,27	25,42	11,34	-42,41
50	44,51	65,10	-46,26	36,73	17,47	-77,22
100	64,20	105,56	-64,42	49,98	22,15	-111,20
200	94,62	174,93	-84,87	69,40	26,65	-152,05

T (année)	Quantiles (45min)					
2	8,82	8,88	-0,77	8,79	0,27	-1,05
5	12,13	12,95	-6,82	11,64	3,98	-11,24
10	15,97	18,35	-14,87	14,63	8,43	-25,44
20	21,74	27,36	-25,82	18,73	13,84	-46,02
50	34,17	49,30	-44,31	26,75	21,69	-84,29
100	49,37	79,47	-60,97	35,70	27,69	-122,62
200	72,54	130,36	-79,72	48,27	33,46	-170,09
T (année)	Quantiles (60min)					
2	6,73	6,82	-1,28	6,68	0,80	-2,10
5	9,46	10,15	-7,20	9,06	4,29	-12,00
10	12,69	14,65	-15,48	11,61	8,49	-26,19
20	17,58	22,31	-26,88	15,20	13,55	-46,78
50	28,27	41,34	-46,25	22,37	20,87	-84,83
100	41,51	67,99	-63,79	30,54	26,43	-122,64
200	61,93	113,70	-83,60	42,24	31,79	-169,16
T (année)	Quantiles (120min)					
2	3,93	3,98	-1,18	3,92	0,26	-1,44
5	5,90	6,45	-9,33	5,59	5,28	-15,41
10	8,04	9,57	-19,03	7,19	10,59	-33,13
20	11,10	14,59	-31,50	9,26	16,57	-57,61
50	17,29	26,29	-52,02	13,00	24,81	-102,20
100	24,46	41,71	-70,52	16,88	30,97	-147,01
200	34,85	66,77	-91,60	22,01	36,86	-203,44
T (année)	Quantiles (180min)					
2	2,83	2,94	-3,97	2,78	1,67	-5,73
5	4,48	4,96	-10,93	4,20	6,07	-18,09
10	6,28	7,41	-17,96	5,63	10,35	-31,57
20	8,87	11,20	-26,25	7,54	15,03	-48,58
50	14,15	19,66	-38,90	11,12	21,43	-76,79
100	20,30	30,38	-49,64	14,98	26,21	-102,80
200	29,27	47,21	-61,32	20,24	30,85	-133,30
T (année)	Quantiles (240min)					
2	3,07	3,28	-6,71	2,99	2,59	-9,55
5	4,58	5,34	-16,60	4,19	8,61	-27,58
10	6,23	7,80	-25,09	5,36	14,02	-45,50
20	8,60	11,56	-34,42	6,90	19,78	-67,56
50	13,43	19,86	-47,83	9,74	27,46	-103,79
100	19,05	30,24	-58,72	12,75	33,07	-137,13
200	27,24	46,36	-70,21	16,79	38,38	-176,20
T (année)	Quantiles (360min)					
2	2,28	2,51	-9,82	2,20	3,81	-14,17
5	3,54	4,21	-18,90	3,21	9,36	-31,19
10	4,89	6,11	-24,90	4,22	13,69	-44,71

20	6,79	8,86	-30,53	5,57	18,04	-59,26
50	10,58	14,56	-37,61	8,07	23,68	-80,30
100	14,90	21,27	-42,77	10,76	27,78	-97,69
200	21,08	31,16	-47,83	14,39	31,71	-116,47

**Tableau 8:** Rapports des quantiles (Intensité) par rapport à la série complète et les deux sous séries pour la station pluviographique 40111

T (année)	Quantiles (5min)					
	Série comp	1 <sup>er</sup> sous série	Rapport	2 <sup>ème</sup> sous série	Rapport	R*
2	35,06	38,66	-10,27	34,04	2,93	-13,59
5	49,48	54,24	-9,62	48,03	2,94	-12,95
10	64,62	70,92	-9,74	63,21	2,19	-12,19
20	85,55	94,32	-10,25	84,77	0,92	-11,27
50	126,55	140,99	-11,41	128,30	-1,38	-9,89
100	172,46	194,11	-12,55	178,49	-3,50	-8,75
200	237,15	270,08	-13,89	251,02	-5,85	-7,59
T (année)	Quantiles (10min)					
2	17,51	17,38	0,77	17,56	-0,28	1,05
5	27,40	29,77	-8,68	26,82	2,11	-11,02
10	39,98	48,79	-22,03	37,97	5,03	-28,50
20	60,33	84,58	-40,21	55,19	8,51	-53,24
50	108,03	184,73	-71,00	93,53	13,42	-97,51
100	171,32	341,34	-99,24	141,96	17,14	-140,45
200	274,80	637,35	-131,93	217,81	20,74	-192,62
T (année)	Quantiles (15min)					
2	15,10	15,16	-0,42	15,08	0,09	-0,51
5	22,53	24,29	-7,80	22,10	1,93	-9,92
10	31,06	36,22	-16,62	29,84	3,92	-21,37
20	43,72	55,91	-27,89	41,00	6,22	-36,38
50	70,61	103,19	-46,14	63,88	9,53	-61,53
100	103,14	167,35	-62,26	90,67	12,09	-84,57
200	152,19	274,34	-80,26	129,90	14,65	-111,19
T (année)	Quantiles (20min)					
2	13,17	13,22	-0,32	13,12	0,44	-0,76
5	19,59	20,53	-4,79	19,36	1,19	-6,05
10	27,06	30,49	-12,69	26,47	2,17	-15,18
20	38,26	47,47	-24,08	36,96	3,40	-28,44
50	62,37	89,86	-44,07	59,10	5,24	-52,04
100	91,89	149,47	-62,66	85,71	6,73	-74,38
200	136,87	252,05	-84,15	125,61	8,23	-100,66

T (année)	Quantiles (30min)					
2	14,08	13,51	4,03	14,22	-0,97	4,95
5	19,87	19,46	2,06	20,00	-0,63	2,68
10	26,21	26,60	-1,47	26,28	-0,27	-1,19
20	35,27	37,58	-6,54	35,21	0,16	-6,71
50	53,72	61,92	-15,28	53,28	0,81	-16,22
100	75,14	92,56	-23,18	74,13	1,34	-24,85
200	106,30	140,37	-32,05	104,30	1,88	-34,58
T (année)	Quantiles (45min)					
2	9,19	8,91	3,11	9,29	-1,00	4,07
5	13,57	13,04	3,89	13,75	-1,27	5,10
10	19,10	18,64	2,40	19,27	-0,91	3,28
20	27,95	28,13	-0,63	28,00	-0,17	-0,46
50	48,52	51,66	-6,47	47,93	1,22	-7,78
100	75,59	84,58	-11,89	73,74	2,45	-14,70
200	119,51	140,94	-17,93	115,04	3,74	-22,51

T (année)	Quantiles (60min)					
2	6,88	6,50	5,51	7,05	-2,45	7,77
5	10,07	9,20	8,58	10,38	-3,15	11,37
10	14,03	12,73	9,32	14,41	-2,68	11,69
20	20,33	18,53	8,83	20,64	-1,56	10,23
50	34,77	32,45	6,65	34,54	0,64	6,05
100	53,54	51,32	4,16	52,15	2,60	1,59
200	83,70	82,73	1,16	79,77	4,70	-3,71
T (année)	Quantiles (120min)					
2	3,94	3,75	4,88	4,02	-1,82	6,58
5	5,81	5,37	7,45	5,96	-2,69	9,87
10	7,74	7,01	9,46	8,00	-3,45	12,48
20	10,38	9,19	11,52	10,83	-4,29	15,15
50	15,51	13,30	14,26	16,36	-5,47	18,70
100	21,19	17,74	16,31	22,55	-6,40	21,34
200	29,13	23,79	18,31	31,27	-7,36	23,92
T (année)	Quantiles (180min)					
2	2,89	2,70	6,61	2,97	-2,66	9,03
5	4,34	3,98	8,48	4,48	-3,22	11,33
10	5,78	5,24	9,34	5,98	-3,47	12,38
20	7,67	6,91	9,94	7,95	-3,64	13,10
50	11,16	9,99	10,44	11,58	-3,77	13,70
100	14,86	13,27	10,67	15,43	-3,83	13,96
200	19,83	17,69	10,79	20,59	-3,86	14,10



T (année)	Quantiles (240min)					
2	3,00	2,84	5,37	3,07	-2,23	7,44
5	4,19	3,85	8,15	4,31	-2,88	10,72
10	5,37	4,87	9,37	5,53	-2,83	11,86
20	6,95	6,25	10,05	7,12	-2,45	12,20
50	9,91	8,88	10,31	10,06	-1,57	11,69
100	13,08	11,75	10,10	13,17	-0,70	10,72
200	17,38	15,70	9,64	17,32	0,32	9,35

T (année)	Quantiles (360min)					
2	2,18	2,08	4,47	2,21	-1,73	6,10
5	3,11	2,91	6,20	3,18	-2,30	8,31
10	3,98	3,74	6,19	4,07	-2,25	8,25
20	5,10	4,82	5,43	5,20	-1,95	7,24
50	7,08	6,82	3,53	7,16	-1,27	4,74
100	9,09	8,95	1,56	9,14	-0,59	2,13
200	11,71	11,80	-0,81	11,69	0,19	-1,00

**Tableau 9:** Rapports des quantiles (Intensité) par rapport à la série complète et les deux sous séries pour la station pluviométrique 40612

T (année)	Quantiles (10min)					
	Série comp	1 <sup>er</sup> sous série	Rapport	2 <sup>ème</sup> sous série	Rapport	R*
2	17,82	17,65	0,91	17,84	-0,16	1,06
5	28,71	25,94	9,63	29,39	-2,39	11,74
10	43,12	35,50	17,68	45,18	-4,77	21,43
20	67,15	49,74	25,93	72,19	-7,51	31,11
50	125,55	80,14	36,17	139,89	-11,42	42,71
100	205,68	117,09	43,07	235,43	-14,46	50,27
200	340,60	173,00	49,21	400,41	-17,56	56,79
T (année)	Quantiles (15min)					
2	14,20	13,54	4,70	14,37	-1,19	5,82
5	22,41	19,86	11,38	23,07	-2,94	13,91
10	33,96	28,00	17,55	35,57	-4,74	21,28
20	54,20	41,26	23,87	57,84	-6,73	28,67
50	106,33	72,65	31,68	116,38	-9,45	37,58
100	181,83	114,66	36,94	202,75	-11,51	43,45
200	315,19	183,90	41,65	357,79	-13,52	48,60
T (année)	Quantiles (20min)					
2	12,68	12,34	2,63	12,77	-0,72	3,33

5	19,19	17,29	9,94	19,69	-2,59	12,21
10	27,68	23,05	16,72	28,91	-4,44	20,26
20	41,65	31,73	23,81	44,36	-6,49	28,46
50	75,12	50,49	32,79	82,13	-9,33	38,52
100	120,43	73,54	38,93	134,26	-11,48	45,22
200	195,81	108,77	44,45	222,47	-13,62	51,11
T (année)	Quantiles (30min)					
2	13,07	13,22	-1,15	13,10	-0,28	-0,86
5	19,15	16,85	11,99	19,77	-3,23	14,75
10	27,63	20,05	27,44	29,65	-7,33	32,40
20	42,37	23,88	43,65	47,75	-12,69	50,00
50	80,04	30,26	62,19	96,81	-20,95	68,74
100	134,16	36,39	72,88	171,28	-27,67	78,76
200	229,07	43,93	80,82	308,41	-34,64	85,76
T (année)	Quantiles (45min)					
2	9,32	9,36	-0,38	9,32	-0,03	-0,35
5	13,50	12,20	9,62	13,90	-2,95	12,21
10	18,44	14,80	19,75	19,62	-6,38	24,56
20	25,97	18,02	30,61	28,73	-10,64	37,29
50	42,42	23,57	44,45	49,73	-17,22	52,61
100	62,88	29,07	53,77	77,15	-22,68	62,31
200	94,47	36,06	61,83	121,35	-28,45	70,29
T (année)	Quantiles (60min)					
2	7,12	7,94	-11,46	6,95	2,45	-14,26
5	10,51	10,41	0,90	10,48	0,26	0,65
10	14,61	12,39	15,18	15,13	-3,60	18,13
20	20,97	14,59	30,42	22,87	-9,05	36,20
50	35,22	17,97	48,98	41,63	-18,17	56,83
100	53,33	20,96	60,70	67,28	-26,16	68,85
200	81,82	24,38	70,20	110,37	-34,90	77,91
T (année)	Quantiles (120min)					
2	3,94	4,58	-16,36	3,84	2,55	-19,41
5	6,12	6,74	-10,14	5,97	2,52	-12,99
10	8,68	8,65	0,26	8,54	1,53	-1,29
20	12,53	10,96	12,54	12,53	-0,06	12,59
50	20,86	14,81	29,00	21,45	-2,80	30,93
100	31,12	18,53	40,46	32,74	-5,21	43,41
200	46,83	23,13	50,61	50,48	-7,81	54,19
T (année)	Quantiles (180min)					
2	2,90	3,56	-22,64	2,82	2,72	-26,06
5	4,61	5,28	-14,48	4,46	3,33	-18,42

10	6,46	6,57	-1,69	6,27	2,97	-4,79
20	9,08	7,93	12,59	8,88	2,16	10,66
50	14,33	9,90	30,93	14,24	0,63	30,50
100	20,35	11,53	43,35	20,51	-0,79	43,79
200	29,02	13,31	54,13	29,71	-2,37	55,19
T (année)	Quantiles (240min)					
2	3,07	3,48	-13,33	2,99	2,62	-16,38
5	4,60	4,85	-5,42	4,52	1,77	-7,32
10	6,31	5,95	5,75	6,33	-0,37	6,10
20	8,81	7,18	18,50	9,12	-3,51	21,26
50	14,04	9,09	35,24	15,29	-8,84	40,51
100	20,27	10,80	46,72	23,01	-13,55	53,08
200	29,51	12,77	56,74	35,04	-18,73	63,57
T (année)	Quantiles (360min)					
2	2,23	2,53	-13,11	2,17	2,83	-16,40
5	3,39	3,62	-6,71	3,33	2,00	-8,89
10	4,62	4,61	0,31	4,60	0,51	-0,20
20	6,34	5,82	8,18	6,43	-1,50	9,53
50	9,72	7,88	18,95	10,19	-4,76	22,63
100	13,55	9,90	26,90	14,58	-7,59	32,05
200	18,98	12,45	34,43	21,00	-10,64	40,74

**Tableau 10:** Rapports des quantiles (Intensité) par rapport à la série complète et les deux sous séries pour la station pluviométrique 80102

T (année)	Quantiles (5min)					
	Série comp	1 <sup>er</sup> sous série	Rapport	2 <sup>ème</sup> sous série	Rapport	R*
2	40,66	46,17	-13,55	39,99	1,64	-15,44
5	59,89	53,67	10,39	60,18	-0,49	10,83
10	78,05	57,09	26,86	80,48	-3,10	29,06
20	101,12	59,55	41,11	107,56	-6,37	44,63
50	142,13	61,87	56,47	158,55	-11,55	60,98
100	183,99	63,13	65,69	213,50	-16,04	70,43
200	238,41	64,09	73,12	288,41	-20,97	77,78
T (année)	Quantiles (10min)					
2	22,02	23,43	-6,44	21,91	0,50	-6,97
5	34,25	32,42	5,34	34,43	-0,55	5,86
10	46,26	38,38	17,04	47,14	-1,90	18,59
20	62,01	44,11	28,87	64,23	-3,58	31,32
50	91,03	51,54	43,38	96,66	-6,18	46,67
100	121,70	57,13	53,06	131,89	-8,37	56,69

200	162,78	62,70	61,48	180,25	-10,73	65,22
T (année)	Quantiles (15min)					
2	17,16	19,78	-15,29	16,90	1,52	-17,07
5	26,86	26,33	2,00	26,87	-0,03	2,03
10	37,28	30,70	17,66	38,10	-2,20	19,44
20	51,95	34,92	32,77	54,54	-4,98	35,96
50	81,29	40,44	50,26	88,89	-9,35	54,51
100	114,81	44,61	61,15	129,81	-13,07	65,64
200	162,86	48,79	70,04	190,67	-17,08	74,41
T (année)	Quantiles (20min)					
2	13,70	16,45	-20,08	13,38	2,29	-22,89
5	21,71	21,23	2,18	21,71	-0,04	2,22
10	31,79	24,74	22,20	33,08	-4,06	25,24
20	47,95	28,37	40,83	52,52	-9,54	45,98
50	85,43	33,51	60,77	101,17	-18,42	66,87
100	134,67	37,72	71,99	169,75	-26,05	77,78
200	214,47	42,23	80,31	288,05	-34,31	85,34
T (année)	Quantiles (60min)					
2	7,25	6,65	8,26	7,37	-1,72	9,81
5	10,57	8,37	20,86	10,91	-3,25	23,35
10	14,36	9,87	31,29	14,98	-4,30	34,12
20	19,96	11,66	41,57	21,01	-5,28	44,49
50	31,80	14,65	53,95	33,85	-6,43	56,74
100	46,07	17,49	62,03	49,39	-7,21	64,58
200	67,48	20,99	68,89	72,84	-7,93	71,18
T (année)	Quantiles (120min)					
2	3,81	3,70	2,74	3,83	-0,69	3,40
5	5,61	4,77	15,04	5,76	-2,55	17,15
10	7,62	5,64	26,05	7,95	-4,36	29,14
20	10,53	6,61	37,19	11,21	-6,44	40,99
50	16,54	8,13	50,83	18,11	-9,47	55,08
100	23,63	9,50	59,80	26,44	-11,89	64,07
200	34,07	11,09	67,46	38,98	-14,39	71,56
T (année)	Quantiles (180min)					
2	2,80	2,76	1,24	2,80	-0,21	1,44
5	4,05	3,68	9,29	4,10	-1,32	10,46
10	5,27	4,44	15,83	5,39	-2,29	17,71
20	6,85	5,31	22,51	7,08	-3,37	25,03
50	9,74	6,70	31,22	10,22	-4,93	34,46
100	12,75	7,96	37,55	13,54	-6,18	41,18
200	16,75	9,46	43,53	18,01	-7,49	47,46

T (année)	Quantiles (240min)					
2	2,59	2,41	6,91	2,64	-1,68	8,45
5	3,72	3,48	6,49	3,77	-1,39	7,78
10	5,23	5,30	-1,27	5,23	0,12	-1,39
20	7,77	9,03	-16,22	7,57	2,50	-19,20
50	13,99	20,57	-47,04	13,09	6,45	-57,17
100	22,59	40,35	-78,64	20,40	9,68	-97,78
200	37,18	80,94	-117,71	32,37	12,93	-150,03
T (année)	Quantiles (360min)					
2	1,79	1,57	12,30	1,81	-0,80	13,00
5	2,58	2,89	-11,98	2,57	0,36	-12,39
10	3,56	6,66	-87,03	3,49	2,01	-90,87
20	5,12	18,64	-264,46	4,90	4,13	-280,16
50	8,69	80,91	-831,26	8,05	7,33	-904,89
100	13,34	250,89	-1781,02	12,02	9,86	-1986,75
200	20,81	780,70	-3651,20	18,24	12,37	-4180,86

**Tableau 11:** Rapports des quantiles (Intensité) par rapport à la série complète et les deux sous séries pour la station pluviométrique 160403

T (année)	Quantiles (10min)					
	Série comp	1 <sup>er</sup> sous série	Rapport	2 <sup>ème</sup> sous série	Rapport	R*
2	14,16	13,90	1,87	14,34	-1,27	3,10
5	23,29	21,63	7,13	24,33	-4,47	11,11
10	36,79	32,23	12,39	39,65	-7,77	18,71
20	61,47	50,45	17,93	68,50	-11,43	26,35
50	128,18	96,25	24,91	149,20	-16,40	35,49
100	229,22	161,14	29,70	275,40	-20,15	41,49
200	414,87	273,53	34,07	513,91	-23,87	46,77
T (année)	Quantiles (30min)					
2	13,09	12,79	2,33	13,40	-2,33	4,55
5	19,38	17,92	7,55	20,56	-6,08	12,86
10	28,27	24,53	13,23	31,08	-9,93	21,07
20	43,92	35,33	19,55	50,18	-14,26	29,59
50	84,42	60,95	27,80	101,44	-20,16	39,91
100	143,34	95,32	33,50	178,56	-24,57	46,62
200	247,80	152,05	38,64	319,42	-28,90	52,40
T (année)	Quantiles (45min)					
2	9,07	9,56	-5,46	8,80	2,99	-8,71
5	13,06	13,14	-0,66	12,97	0,67	-1,34
10	17,95	16,66	7,18	18,79	-4,69	11,34
20	25,61	21,27	16,95	28,93	-12,95	26,47

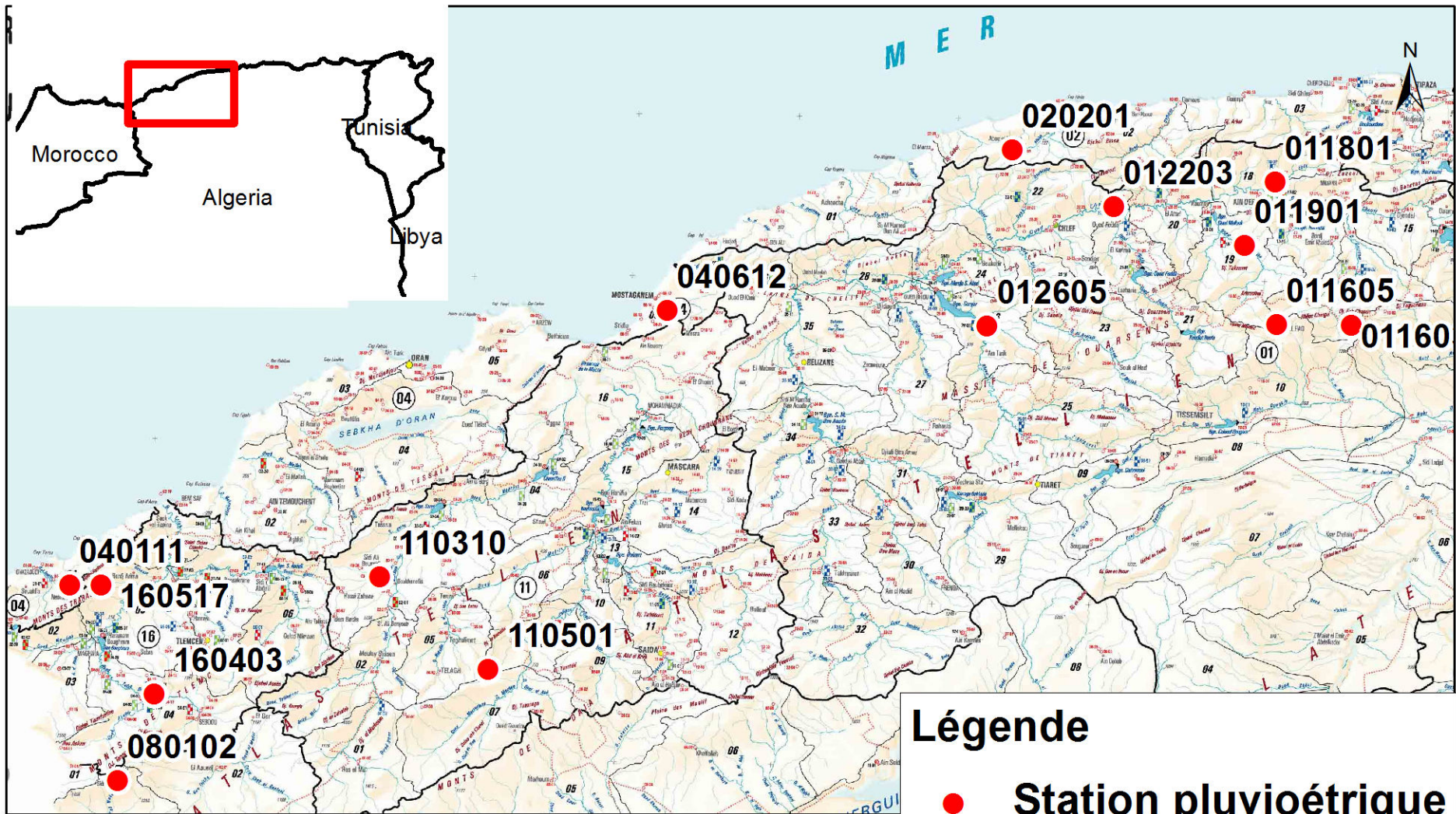
50	42,94	29,76	30,69	54,84	-27,69	45,73
100	65,19	38,74	40,57	92,10	-41,29	57,94
200	100,50	50,76	49,49	157,51	-56,73	67,77
T (année)	Quantiles (60min)					
2	7,08	7,23	-2,05	7,01	1,00	-3,08
5	10,16	10,40	-2,35	10,00	1,50	-3,91
10	13,71	13,89	-1,31	13,53	1,36	-2,71
20	19,03	18,93	0,54	18,86	0,87	-0,33
50	30,42	29,26	3,83	30,49	-0,21	4,03
100	44,31	41,34	6,70	44,87	-1,25	7,86
200	65,40	59,04	9,72	66,99	-2,43	11,86
T (année)	Quantiles (120min)					
2	4,24	4,35	-2,59	4,18	1,46	-4,11
5	6,40	6,65	-3,87	6,25	2,37	-6,39
10	8,59	8,96	-4,27	8,36	2,76	-7,23
20	11,55	12,06	-4,36	11,21	3,02	-7,61
50	17,19	17,91	-4,16	16,64	3,20	-7,61
100	23,34	24,24	-3,84	22,58	3,25	-7,33
200	31,80	32,88	-3,41	30,77	3,24	-6,87
T (année)	Quantiles (180min)					
2	3,37	3,43	-1,94	3,33	1,14	-3,12
5	5,12	5,33	-4,01	5,00	2,45	-6,63
10	6,75	7,14	-5,89	6,50	3,60	-9,84
20	8,77	9,47	-7,98	8,34	4,84	-13,47
50	12,29	13,65	-11,03	11,48	6,58	-18,86
100	15,81	17,95	-13,54	14,55	7,96	-23,36
200	20,31	23,60	-16,20	18,40	9,38	-28,23
T (année)	Quantiles (240min)					
2	3,07	3,05	0,49	3,08	-0,30	0,78
5	4,57	4,69	-2,64	4,50	1,55	-4,26
10	6,25	6,65	-6,36	6,03	3,61	-10,34
20	8,69	9,65	-10,99	8,17	6,02	-18,10
50	13,74	16,25	-18,22	12,43	9,53	-30,67
100	19,70	24,50	-24,36	17,29	12,27	-41,74
200	28,50	37,32	-30,95	24,22	15,02	-54,09
T (année)	Quantiles (360min)					
2	2,25	2,37	-5,54	2,18	3,03	-8,84
5	3,51	3,77	-7,56	3,35	4,38	-12,49
10	4,92	5,34	-8,50	4,67	5,08	-14,31
20	7,01	7,64	-9,11	6,61	5,59	-15,57
50	11,37	12,46	-9,55	10,68	6,05	-16,61
100	16,58	18,19	-9,67	15,54	6,29	-17,03
200	24,36	26,71	-9,68	22,79	6,45	-17,24

**Tableau 12:** Rapports des quantiles (Intensité) par rapport à la série complète et les deux sous séries pour la station pluviométrique 160517

T (année)	Quantiles (10min)					
	Série comp	1 <sup>er</sup> sous série	Rapport	2 <sup>ème</sup> sous série	Rapport	R*
2	17,48	19,45	-11,24	16,91	3,26	-14,99
5	29,45	31,15	-5,78	28,58	2,95	-9,00
10	47,18	44,71	5,24	47,02	0,34	4,92
20	79,60	64,99	18,36	82,58	-3,74	21,30
50	167,36	108,51	35,16	184,98	-10,53	41,34
100	300,41	161,64	46,19	349,36	-16,29	53,73
200	545,12	242,35	55,54	667,39	-22,43	63,69
T (année)	Quantiles (15min)					
2	14,23	13,47	5,32	14,40	-1,24	6,49
5	23,66	24,83	-4,93	23,46	0,85	-5,83
10	37,61	46,91	-24,71	36,19	3,78	-29,61
20	63,10	97,50	-54,51	58,50	7,29	-66,66
50	131,98	275,70	-108,90	115,95	12,15	-137,77
100	236,28	619,60	-162,23	199,11	15,73	-211,18
200	427,86	1403,50	-228,03	345,95	19,14	-305,69
T (année)	Quantiles (30min)					
2	14,14	14,75	-4,29	13,79	2,48	-6,95
5	20,95	20,02	4,48	21,40	-2,15	6,48
10	29,13	24,98	14,24	31,89	-9,48	21,67
20	41,73	31,28	25,03	49,96	-19,73	37,39
50	69,66	42,46	39,05	95,58	-37,20	55,58
100	104,85	53,86	48,64	160,44	-53,02	66,43
200	159,79	68,65	57,04	273,12	-70,92	74,86
T (année)	Quantiles (45min)					
2	8,91	9,03	-1,27	8,87	0,51	-1,79
5	13,17	12,52	4,92	13,48	-2,41	7,16
10	18,92	16,49	12,85	20,19	-6,68	18,31
20	28,70	22,35	22,12	32,25	-12,40	30,71
50	52,97	34,71	34,46	64,30	-21,40	46,02
100	86,93	49,56	42,99	112,04	-28,88	55,76
200	145,14	71,82	50,52	198,52	-36,78	63,82
200	76,34	43,13	43,50	96,00	-25,76	55,08
T (année)	Quantiles (120min)					
2	4,05	3,93	3,09	4,13	-1,87	4,86
5	6,03	5,72	5,08	6,20	-2,83	7,69
10	8,10	7,59	6,39	8,38	-3,37	9,44

20	10,97	10,13	7,60	11,38	-3,80	10,98
50	16,55	15,05	9,06	17,26	-4,26	12,78
100	22,80	20,50	10,09	23,83	-4,55	14,00
200	31,58	28,08	11,06	33,09	-4,79	15,12
T (année)	Quantiles (180min)					
2	3,08	3,17	-2,94	3,03	1,48	-4,49
5	4,71	4,65	1,18	4,73	-0,43	1,60
10	6,31	6,00	4,95	6,46	-2,44	7,21
20	8,42	7,66	9,03	8,82	-4,81	13,21
50	12,32	10,51	14,66	13,35	-8,40	21,27
100	16,44	13,33	18,96	18,32	-11,41	27,26
200	21,98	16,88	23,21	25,20	-14,63	33,00
T (année)	Quantiles (240min)					
2	3,05	3,00	1,69	3,07	-0,84	2,51
5	4,48	4,35	2,84	4,54	-1,35	4,14
10	6,02	5,80	3,74	6,13	-1,75	5,40
20	8,21	7,83	4,66	8,39	-2,16	6,67
50	12,62	11,88	5,88	12,96	-2,69	8,35
100	17,69	16,49	6,79	18,24	-3,10	9,59
200	25,00	23,08	7,68	25,87	-3,49	10,80
T (année)	Quantiles (360min)					
2	2,18	2,15	1,51	2,20	-0,65	2,15
5	3,37	3,34	1,09	3,39	-0,50	1,58
10	4,66	4,64	0,32	4,67	-0,23	0,54
20	6,49	6,53	-0,71	6,48	0,13	-0,85
50	10,17	10,41	-2,36	10,10	0,70	-3,08
100	14,42	14,96	-3,75	14,25	1,17	-4,98
200	20,55	21,63	-5,24	20,21	1,66	-7,02





**Légende**

● Station pluviométrique

90 45 0 90 Km