

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

**Modélisation des courbes IDF à travers les stations pluviométriques de la région Est du pays..**

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 6-0021-16

APA Citation ( APA توثيق ):

**Aris, Khouloud (2016). Modélisation des courbes IDF à travers les stations pluviométriques de la région Est du pays.[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Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...)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، مبداعات، مقالات، دوريات، 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.



Département Hydraulique Urbaine

## MEMOIRE DE MASTER

*Pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique*

**OPTION : Assainissement**

**THEME :**

Modélisation des courbes IDF à travers les stations pluviométriques de la région Est du pays.

Présenté par :

M<sup>lle</sup> : ARIS Khouloud

**DEVANT LES MEMBRES DU JURY**

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M <sup>me</sup> MEDDI Hind	M.C.B	Présidente
M <sup>r</sup> AMMARI Abdelhadi	M.C.B	Examinateur
M <sup>r</sup> HOULI Samia	M.A.A	Examinatrice
M <sup>me</sup> BOUFEKANE Abdelmadjid	M.A.A	Examinateur
M <sup>r</sup> MEDDI Mohamed	Professeur	Promoteur

Session-2016

# Remercîments

*Il m'est impératif d'ouvrir ce mémoire en remerciant toutes les Personnes qui m'ont apporté leurs soutiens pendant mes études et pour l'élaboration de ce travail:*

- + mes parents en premier lieu qui m'ont aidés et m'encouragé pour accomplir mes études.*
- + tous les membres de ma famille qui m'ont aidés et encouragés quel que soit les 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 de choses avec lui.*
- + Je tiens à remercier aussi les membres de jury d'avoir accepté d'évaluer mon travail ;*
- + Tous les enseignants qui ma appris ce que je savais tout au long de ma formation;*
- + Mes amis pour leur présence et leur soutien.*
- + Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration et l'aboutissement de ce mémoire.*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à tous ceux que j'aime*

*A mes parents qui ont toujours été les étoiles de mon ciel et ont éclairé mon*

*Chemin ;*

*A mes frères : Islam et Wassim ;*

*A ma grand-mère paternelle que Dieu la garde ;*

*A mes amis ;*

*A tous mes camarades et spécialement ma promotion ;*

*A tous les membres de ma famille ;*

*A tous les enseignants de l'ENSH qui m'ont accompagné durant mes études.*

Khouloud  
Khouloud

---

# Résumé

---

## ملخص

عرف الشمال الشرقي للجزائر فيضانات تعود للأمطار قصيرة المدة ومرتفعة الشدة تمثل منحنيات الشدة-المدة-التردد وسيلة مهمة في التخطيط ، التسيير و الوقاية من الأخطار الناتجة عن غزارة التساقطات. الهدف من هذه الدراسة هو نمذجة منحنيات الشدة-المدة-التردد للمنطقة الشمالية الشرقية للجزائر بهدف التنبؤ بالقيم الحدودية للتساقطات و التأهب للوقاية من الفيضانات.

في هذا العمل قمنا بحساب الشدات القصوى ابتداء من المعطيات الخاصة بالتساقطات و المعالجة أوليا تمت Hydraccess.

مطابقة سلاسل الشدات القصوى من اجل مختلف مدد الرجوع (2، 3، 4، 5، 7، 10، 15، 20، 50 سنة) بواسطة

.HYFRAN-Plus

أثبتت نتائج التحليل أن سلاسل الشدة القصوى تنطبق جيدا مع قانون GEV.

تحليل المنحنيات الناتجة عن النمذجة مكنتنا من تعيين المناطق المهددة بخطر الفيضانات داخل منطقة الدراسة.

## Résumé

Le Nord-Est Algérien a connu des inondations dévastatrices durant la dernière décennie dues à des averses de courte durée et de forte intensité. Les courbes IDF représentent un outil de première importance dans la planification, la gestion et la prévention du risque pluvial. L'objectif de cette étude est la modélisation des courbes intensité-durée-fréquence pour la région du Nord-est d'Algérie dans le but de prédire des valeurs extrêmes pour la prévention contre les inondations. Dans ce travail on a calculé les intensités maximales à partir des données pluviométriques traitées préalablement avec le logiciel Hydraccess. L'ajustement des séries des intensités maximales pour calculer les quantiles pour les périodes de retour (2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20 et 50 ans) et pour des différentes durées (15, 20, 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 à la loi GEV. L'interprétation des courbes IDF trouvées nous a permis de localiser les zones vulnérables au risque d'inondation dans la région d'étude.

## Abstract

The Algerian northeast has experienced devastating floods in the past decade due to rains of short duration and high intensity. The IDF curves represent an importance tool in the planning, management and prevention of storm risk. The objective of this study is modeling the intensity-duration-frequency curves for the northeast region of Algeria in order to predict extreme values for the prevention against floods. In this work we calculated the maximum intensities from rainfall data previously treated with Hydraccess software. The adjustment of maximum intensities of the series to calculate percentiles for return periods (2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20 and 50 years) and for different durations (15, 20, 45, 60, 120, 180, 240 and 360 minutes) was performed with HYFRAN-Plus software. The results of the frequency analysis show that the series of maximum intensities fit well with the GEV law. The interpretation of the found IDF allow us to situate the area which are vulnerable to the risk of inondation in our region of study.

# SOMMAIRE

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>CHAPITRE I : Synthèse bibliographique</b>	
Introduction .....	3
I.1. Généralités .....	3
I.1.1. Prévision hydrologique .....	3
I.1.2. Le risque d'inondation .....	4
I.1.3. L'utilisation de l'analyse fréquentielle en hydrologie .....	4
I.1.4. Intensité.....	5
I.1.5. Période de retour .....	5
I.1.6. Notion d'averses .....	7
I.2. Qu'est-ce qu'une courbe IDF ?.....	7
I.3. Construction des courbes IDF.....	9
a) Représentation analytique .....	9
b) Présentation statistique (méthode probabiliste) .....	9
I.4. Utilisation des courbes IDF .....	9
I.5. Méthodologie classique d'établissement des IDF.....	10
I.6. Synthèse des travaux sur les IDF .....	10
Conclusion.....	17
<b>CHAPITRE II : Présentation de la région d'étude</b>	
Introduction .....	18
II.1. Situation géographique .....	18
II.2. Caractéristiques générales de la région.....	18
II.3. Relief .....	19
II.4. Hydrographique .....	21
II.5. Géologie.....	22
II.6. Hydrogéologie .....	23
II.7. Climat de la région .....	23
Conclusion.....	25

### **CHAPITRE III : Méthodologie de travail**

Introduction .....	26
III.1. C'est quoi le traitement de données .....	26
III.2. Aperçu sur le logiciel Hydraccess .....	26
III.3. Calcul des intensités maximales.....	28
III.4. Analyse fréquentielles des intensités maximales .....	28
III.4.1. Les différentes lois d'ajustement.....	28
III.4.2. Aperçu sur l'Hyfran-Plus .....	29
III.4.3. Système d'aide à la décision .....	29
III.4.4. Les étapes de l'analyse fréquentielle par Hyfran-plus .....	29
III.5. Construction des courbes IDF .....	35
III.6. Evaluation des exposants climatiques .....	36
Conclusion.....	36

### **CHAPITRE IV : Résultats et discussion**

Introduction .....	37
IV.1. Interprétation des résultats obtenus.....	37
IV.1.1.Côtiers constantinois .....	39
IV.1.2.Chott Hodna .....	41
IV.1.3.Chott Melrhir.....	42
IV.1.4. Hauts-Plateaux constantinois .....	43
IV.1.5.Kebir-Rhumel.....	45
IV.1.6.Medjerda .....	47
IV.1.7.Seybouse .....	48
IV.1.8.Soummam .....	49
IV.2. Evaluation de l'exposant climatique .....	50
IV.3.Localisation des zones vulnérables aux inondations.....	52
Conclusion.....	54
Conclusion générale .....	55

## Liste des tableaux

Tableau I.1 : capacité de dommage d'une crue en fonction de la hauteur de submersion.....	5
Tableau I.2: relation entre période de retour T (en année), probabilité de dépassement .....	7
Tableau II.1: superficies des bassins hydrographiques .....	21
Tableau III.1 : les quantiles obtenus par la loi de GEV pour la station 150708.....	34
Tableau IV.1 : rapports des intensités maximales par rapport aux périodes de retour. ....	38
Tableau IV.2 : rapports des intensités maximales par rapport à la durée de l'averse. ....	38
Tableau IV.3 : les valeurs de l'exposant climatique pour les stations du Côtiers constantinois.....	51
Tableau IV.4: les valeurs de l'exposant climatique pour les stations de Chott Hodna .....	51
Tableau IV.5 : les valeurs de l'exposant climatique pour les stations de Chott Melrhir .....	51
Tableau IV.6 : les valeurs de l'exposant climatique pour les stations des Hauts-Plateaux constantinois.....	51
Tableau IV.7: les valeurs de l'exposant climatique pour les stations de Kebir-Rhumel .....	51
Tableau IV.8: les valeurs de l'exposant climatique pour les stations de Medjerda .....	51
Tableau IV.9 : les valeurs de l'exposant climatique pour les stations du Seybouse .....	52
Tableau IV.10 : les valeurs de l'exposant climatique pour les stations du Soummam.....	52

## Liste des figures

Figure I.1: définition de la notion de période de retour,(Defrance, 2009). .....	6
Figure I.2:Représentation schématique des courbes IDF (S.Hamzaoui, 2015). .....	8
Figure II.1 : Situation de la zone d'étude,(Azzaz Rahmani .F,2016).....	18
Figure II.2 : les limites de la zone d'étude, (Azzaz Rahmani.F, 2016).....	19
Figure II.3 : carte des bassins hydrographiques,(ANRH 2005). .....	22
Figure II.4:carte des précipitations annuelles moyennes du Nord-Est de l'Algérie,(Mebarki.A, 2009).....	25
Figure III.1 : interface du Hydraccess .....	27
Figure III.2 : la fenêtre d'exportation des données. ....	27
Figure III.3 : la série des intensités maximales (mm/h).....	30
Figure III.4 : Caractéristiques générales de l'échantillon .....	30
Figure III.5 : Exemple d'un test d'indépendance.....	31
Figure III.6 : la décision du SAD et choix de la classe de distribution.....	32
Figure III.7 : comparaison et classement entre les modèles d'ajustement.....	32
Figure III.8 : ajustement avec la loi de GEV.....	33
Figure III.9: résultats d'ajustement par la loi de GEV .....	34
Figure III.10 : Le test d'adéquation du Khi-carré. ....	35
Figure III.11 : Courbes IDF de la station pluviométriques 150707 .....	36
Figure IV.1 : courbes IDF de la station 030905 .....	39
Figure IV.2 : courbes IDF de la station 031601.....	39
Figure IV.3 : courbes IDF de la station 030401 .....	40
Figure IV.4 : courbes IDF de la station 051305.....	41
Figure IV.5 : courbes IDF de la station 061811 .....	42
Figure IV.6: courbes IDF de la station 062808.....	42

## Liste des figures

---

Figure IV.7 : courbes IDF de la station 070406.....	43
Figure IV.8 : courbes IDF de la station 070720.....	44
Figure IV.9 : courbes IDF de la station 100104.....	45
Figure IV.11 : courbes IDF de la station 100408.....	46
Figure IV.12 : courbes IDF de la station 120113.....	47
Figure IV.13 : courbes IDF de la station 120510.....	47
Figure IV.14: courbes IDF de la station 140105.....	48
Figure IV.15 : courbes IDF de la station 150612.....	49
Figure IV.16 : courbes IDF de la station 150708.....	50

---

# **Introduction générale**

---

# Introduction générale

---

## 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.

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

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

L'augmentation du risque d'inondation est souvent citée comme l'un des risques les plus importants qui sont parmi les principales préoccupations des décideurs. Il est donc primordial de connaître l'évolution de la fréquence des inondations pour une prise de décision afin de minimiser les conséquences possibles de ces événements potentiels de crues concernent bien la protection des vies humaine que la préservation des installations matérielles et la qualité de l'environnement, donc les aménagements et les infrastructures construites devront se comporter de façon à respecter ces principes de base.

Les courbes intensité- durée- fréquence (IDF) des précipitations représentent un outil de première importance dans la planification et la prévision du risque pluvial. La modélisation des courbes IDF a permis de déterminer les exposants climatiques. Ces derniers ont une relation directe avec la variation de la pluviométrie.

L'objectif de ce présent travail est la modélisation des courbes IDF ; L'obtention de ces courbes nécessite successivement, la transformation des valeurs brutes de précipitations en des séries d'intensité maximale sur différentes durées (15,20, 30 min...), puis ; l'ajustement des lois de probabilité à ces séries de valeurs extrêmes à l'aide de logiciel HYFRAN+ et l'obtention des fréquences d'apparition, l'établissement des IDF et finalement la détermination des exposants climatiques.

La modélisation va être appliqué sur la région du Nord-Est 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.

## Introduction générale

---

Le chapitre I, nous donnera un aperçu théorique sur les courbes Intensité- Durée-Fréquence(IDF).

Le chapitre II sera question de la présentation et caractéristique de la région d'étude.

La présence du chapitre III, aura pour objectif la présentation La méthodologie de travail dans le but de modéliser les courbe Intensité-Durée-Fréquence (IDF).

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

---

# **Chapitre I :**

# **Synthèse bibliographique**

---

# Chapitre I

## Synthèse bibliographique

---

### Introduction

Les courbes IDF sont à la base de tout modèle «pluie-débit» entrant dans les études d'inondations, donc leur élaboration présente un outil de première importance dans la planification, la gestion et la prévention du risque pluvial. Dans ce chapitre on va définir les notions de base sur les courbes IDF.

### I.1. Généralités

Les sciences hydrologiques, à l'instar des autres sciences naturelles, sont très complexes. Celles-ci sont du non seulement à la multitude des phénomènes à identifier et à comprendre, surtout qu'elles ne se répètent jamais de la même manière, (**Meylan et al, 1999**).

Elles traitent 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, (**Organisation Météorologique Mondiale, 1994**).

# Chapitre I

## Synthèse bibliographique

### I.1.2. Le risque d'inondation

Les inondations comprennent les débordements d'un cours d'eau, les remontées de nappes, les ruissellements résultant de fortes pluies.

L'élément majeur à l'origine d'une inondation de plaine est la chute de précipitations importantes sur le bassin versant.

L'aléa d'inondation est caractérisable par sa localisation, sa fréquence d'occurrence, son importance en volume, hauteur d'eau, vitesse des écoulements et durée.

En ce qui concerne les zones exposées aux inondations, et donc exposées au risque de dommage par inondation, il convient de distinguer la notion de zone d'inondation potentielle qui correspond à la zone exposée aux inondations, (**K.Berdane, 2016**)

### 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 (**Organisation Météorologique Mondiale, 1994**).

# Chapitre I

## Synthèse bibliographique

### I.1.4. Intensité

L'intensité d'une crue est généralement caractérisée à travers un, deux, ou trois paramètres qui permettent de quantifier la capacité de dommage :

- Pour les crues, les paramètres importants sont : la hauteur de submersion (voir tableau I.1) et la vitesse/débit de l'eau. D'autres paramètres peuvent être des facteurs aggravants, mais ils ne sont pas souvent pris en considération: la charge sédimentaire (risque d'exhaussement du lit et d'obstruction des ponts, risque d'érosion des berges), transport de flottants, la contamination de l'eau par des polluants, etc.

-Pour les inondations, outre la hauteur de submersion, la durée de submersion peut être un critère important à considérer;

-En zonage d'avalanche ou de lave torrentielle, ce sont surtout la distance d'arrêt (ou plus généralement l'extension) et la poussée/pression d'impact qui servent à spécifier l'intensité de l'écoulement et ses conséquences potentielles.

D'une façon générale, on postule qu'il existe une relation entre intensité I et la période de retour T d'un phénomène hydrologique : plus le phénomène est rare (T grande), plus son intensité I(T) est potentiellement grande (**Christophe Ancey, 2008**).

**Tableau I.1** : capacité de dommage d'une crue en fonction de la hauteur de submersion d'après l'OFEG (**Loat et Petrascheck, 1997**).

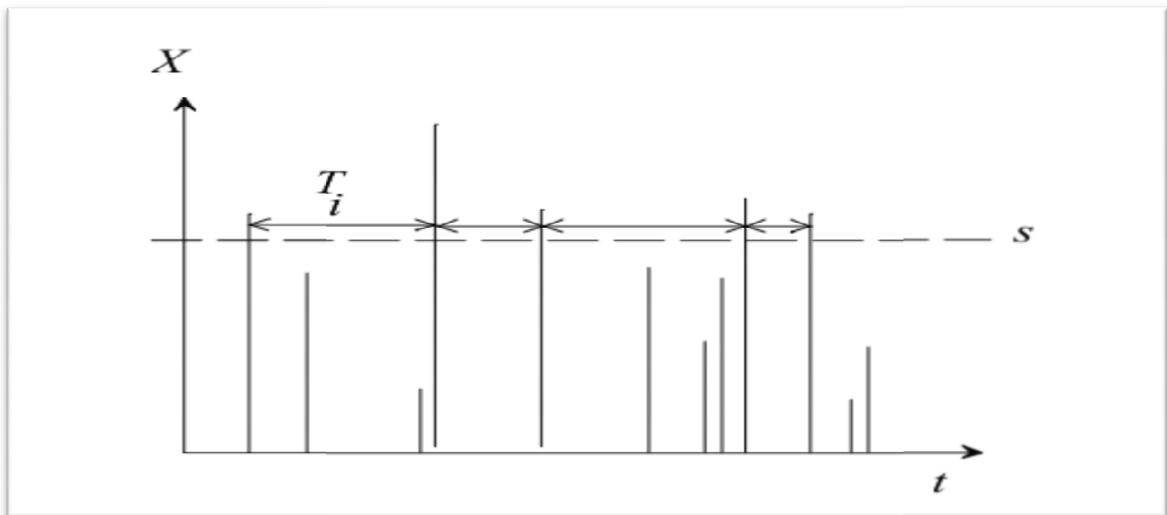
hauteur d'eau h (m)	Potentiel de dommage
$h < 0,5$ m	peu de danger pour les personnes (adultes), caves inondées
$0,5 \leq h < 2$ m	des personnes non abritées peuvent être emportées ou se noyer, dommage au bâti
$h \geq 2$ m	la sécurité des personnes n'est plus assurée dans les bâtiments, ruine possible du bâti

### I.1.5. Période de retour

On définit la période de retour  $T_s$  comme étant l'intervalle de temps moyen entre deux événements, dont l'intensité atteint ou dépasse un certain seuil « s » (voir figure I.2). Cela veut dire que sur un intervalle de temps  $T_s$ , il y a en moyenne un événement d'intensité supérieure ou égale à « s ».  $T_s$  est comptée dans une unité de temps arbitraire; en hydrologie c'est le plus souvent l'année, (**Defrance, 2009**).

# Chapitre I

## Synthèse bibliographique



**Figure I.1:** définition de la notion de période de retour,(Defrance, 2009).

On cherche à savoir la probabilité pour qu'un événement pluvieux (par exemple une intensité de pluie) soit atteinte ou dépassée.

Si par exemple on considère l'intensité de pluie  $i$ . Le temps de retour  $T$  d'un événement est l'inverse de la fréquence d'apparition de cet événement. Cette formule veut dire qu'en moyenne toutes les  $T$  années l'intensité de pluie  $i$  sera atteinte ou dépassée.

$$F(x_i) = 1 - \frac{1}{T} \quad T = \frac{1}{1-F(x_i)} \quad (I.1)$$

$T$  : temps de retour.

$i$  : une variable aléatoire.

$F(x_i)$  : la probabilité appelée fréquence de non dépassement :  $F(x_i) = P(i \leq x_i)$

$1 - F(x_i)$  : est la fréquence d'apparition (ou de dépassement) donnée par complément de  $F(x_i)$  à l'unité.

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 I.2 donne les correspondances entre périodes de retour et probabilité de dépassement et non-dépassement (Christophe Ancey, 2011).

# Chapitre I

## Synthèse bibliographique

**Tableau I.2:** relation entre période de retour T (en année), probabilité de dépassement

$p = 1 / T$  et de non dépassement  $P' = 1 - P$

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

### I.1.6. Notion d'averses

On désigne en général par "averse" un ensemble de pluies associé à une perturbation météorologique bien définie. La durée d'une averse peut donc varier de quelques minutes à une centaine d'heures et intéresser une superficie allant de quelques kilomètres carrés (orages) à quelques milliers (pluies cycloniques). On définit finalement une averse comme un épisode pluvieux continu, pouvant avoir plusieurs pointes d'intensité.

(L'Institut Suisse de Météorologie) et (André Musy et Christophe Higy, 2004).

### I.2. Qu'est-ce qu'une courbe IDF ?

Il est bien connu que l'intensité de la pluie est très variable. Aux profanes cette variabilité peut sembler totalement aléatoire. Pour celui qui s'y intéresse d'un peu plus près, même s'il n'est pas météorologue, il apparaît toutefois qu'il y a certaines « règles » observables qui régissent le phénomène.

De l'observation on déduit que, plus la durée analysée (le D d'IDF) augmente, plus l'intensité diminue : les averses les plus brèves sont souvent les plus violentes; au contraire les longues pluies, d'automne par exemple, sont généralement assez «tranquilles» (de faible intensité). (Paul Meylan et André Musy,1999).

Cette tendance à l'augmentation de l'intensité lorsque la durée diminue, ou inversement à la diminution de l'intensité lorsque la durée augmente, n'est toutefois qu'une moyenne.

Finalement, pour mieux caractériser le phénomène on associe à chaque événement une probabilité d'apparition. Pratiquement les ingénieurs et les hydrologues parlent de temps de retour : tel événement se produit, en moyenne sur une longue période, toutes les années. On parle de fréquence d'apparition.

Ainsi donc, par l'observation soignée des précipitations et l'analyse statistique des résultats il est possible d'établir une « loi » de comportement qui lie l'intensité, la durée et la fréquence : c'est une courbe IDF,(Atlas hydrologique de la Suisse)et (Duban,2000).

## Chapitre I

### Synthèse bibliographique

Donc les courbes IDF mettent la relation entre les intensités, la durée et la fréquence d'apparition des pluies qui sont liées par deux lois générales de pluviosité ;

- pour une même fréquence d'apparition (donc un même temps de retour), l'intensité d'une pluie est d'autant plus forte que sa durée est courte.

- à durée de pluie égale, une précipitation sera d'autant plus intense que sa fréquence d'apparition sera petite (donc que son temps de retour sera grand)

Ces lois permettant d'établir les relations entre les intensités, la durée et la fréquence d'apparition des pluies peuvent être représentées selon des courbes caractéristiques : on parle généralement de courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF). La notion de fréquence est en fait exprimée par la notion de temps de retour. (Duban, 2000) et ( F.Zobiri ,2012) .

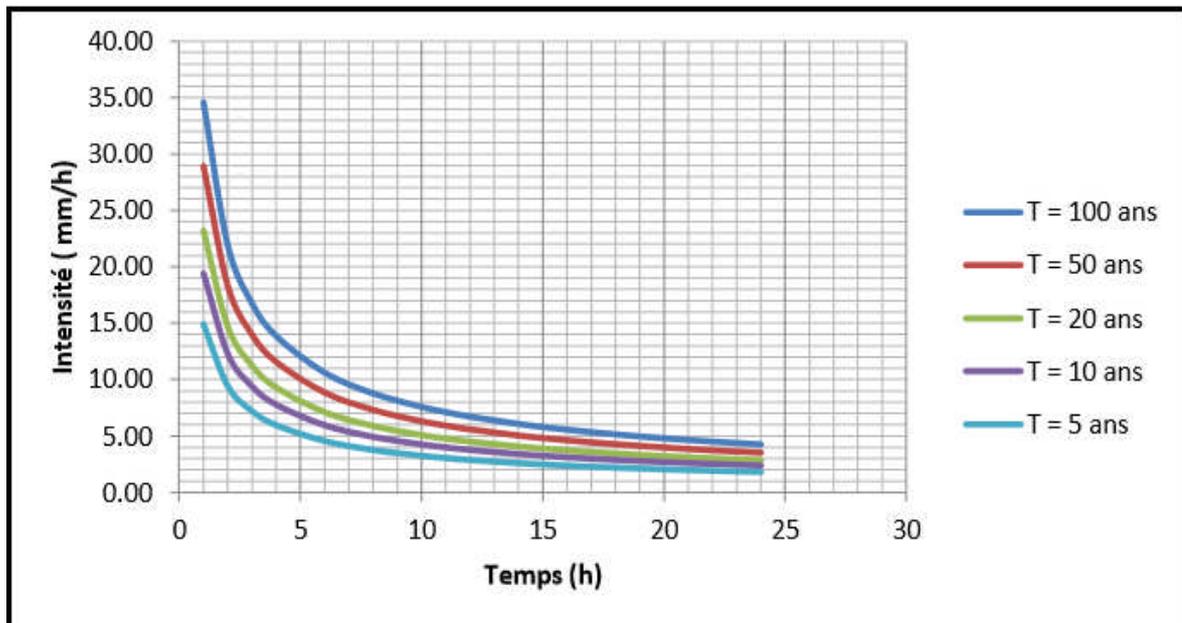


Figure I.2:Représentation schématique des courbes IDF (S.Hamzaoui, 2015).

# Chapitre I

## Synthèse bibliographique

### I.3. Construction des courbes IDF

Les courbes IDF sont établies sur la base de l'analyse d'averses enregistrées à une station au cours d'une longue période. Les courbes obtenues peuvent donc être construites de manière analytique ou statistique, (J.P.Laborde, 2000).

#### a) Représentation analytique

Différentes formules sont proposées pour représenter l'intensité critique d'une pluie en fonction de sa durée.

La forme la plus générale (avec T variable) est la suivante :

$$i=k.T^a/(t+c)^b \quad (I.2)$$

i : intensité [mm/h], [mm/min],  
T : période de retour en années,  
t : durée de référence [h] ou [min],  
k, a, b, c : paramètres d'ajustement.

- Formule de Talbot

$$i = \frac{a}{b+t} \quad (I.3)$$

- Formule de Montana

$$i = a/t^a \quad (I.4)$$

Avec :

i: intensité maximale de la pluie [mm/h],  
t: durée de la pluie [minutes ou heures],  
a, b: constantes locales, (J.P.Laborde, 2000).

#### b) Présentation statistique (méthode probabiliste)

L'analyse fréquentielle peut s'appliquer si on ne présuppose pas une loi connue (de type Montana, etc.) et si on s'intéresse à des événements rares, donc extrêmes. Les données recueillies sont alors ajustées, à un pas de temps choisi, à une loi statistique qui doit décrire relativement bien la répartition des extrêmes, (J.P.Laborde, 2000).

### I.4. Utilisation des courbes IDF

Les courbes IDF ne sont pas une fin en soi, mais sont construites dans un but bien précis. Elles permettent d'une part de synthétiser l'information pluviométrique au droit d'une station donnée, d'autre part de calculer succinctement des débits de projet et d'estimer des débits de crue ainsi que de déterminer des pluies de projet utilisées en modélisation

# Chapitre I

## Synthèse bibliographique

hydrologique (Lahaye et al, 1980 ; Masson, 1980 ; Chocat et al., 1997) et (André Musy et Christophe Higy, 2004).

### I.5. Méthodologie classique d'établissement des IDF

La méthode traditionnelle pour construire des courbes IDF a trois étapes principales basée sur les données brutes : La première étape est d'obtenir la série des intensités pour chaque pas de temps. Après, c'est l'analyse statistique qui doit être faite pour calculer les quantiles pour différentes périodes de retour. Pour finir, les courbes IDF sont habituellement déterminées en adaptant une équation paramétrique indiquée pour chaque période de retour aux évaluations de quantiles, en utilisant des techniques de régression entre les évaluations de quantile et la durée (Meylan, 2002).

### I.6. Synthèse des travaux sur les IDF

De nombreuses formes de courbes IDF sont présentées dans la littérature, citant à titre d'exemple:

✚ (Meyer, 1928). L'établissement des courbes intensité-durée-fréquence date de 1928.

Après, Sherman (1931) a développé une formule empirique applicable au calcul de l'intensité pluviale sous la forme :

$$I = \frac{K \cdot T^a}{(t+c)^b} \quad (I.5)$$

Où, t est la durée en minutes, T est la période de retour, K, a, b, et c sont des constantes selon la situation géographique.

Cette forme d'équation est la plus commune pour l'élaboration des courbes IDF qui reste toujours applicable et largement utilisée.

✚ Bernard (1932) a rendu disponible pour n'importe quelle localité dans les limites de l'étude la formules d'intensité des précipitations pour des fréquences de 5, 10, 15, 25, 50 et 100 ans, applicables pour une durée de précipitation de 120 min à 6000 min sous la forme :

$$I_t^T = \frac{a_0 \times T^{a_1}}{T^{a_2}} \quad (I.6)$$

Où :  $I_t^T$  est l'intensité pluviale suivant une durée t et une période de retour T  
 $a_0$ ,  $a_1$  et  $a_2$  sont des constantes qui dépendent de la situation géographique de la zone d'étude.

✚ Bilham (1935) a édité son article bien connu sur les courbes IDF pour U.K et les fréquences ont été calculées à partir de la formule suivante :

$$n = 1,214 \times 10^5 \times t \times (R + 2,54)^{-3,55} \quad (I.7)$$

Où : R est la hauteur des précipitations en millimètre, n est le numéro des occurrences en 10 ans et t est la durée de pluie en heures.

# Chapitre I

## Synthèse bibliographique

✚ Yarnall (1935) a présenté de telles données sous forme de cartes d'une région avec des courbes isohyètes indiquant la hauteur totale des précipitations qui peut être prévue dans un moment « t », et suivant une fréquence d'une fois en N-années pour les Etats-Unis.

Depuis les années 60, la régionalisation des courbes IDF a été étudiée dans plusieurs pays, et des cartes ont été construites pour fournir les intensités ou les cumuls de précipitations pour différentes fréquences et durées. Ces études ont été la plupart du temps estimées par l'analyse statistique des précipitations pour différentes durées. Les courbes IDF ont suscité l'attention considérable en hydrologie de technologie pendant les décennies passées. Des approches basées sur l'analyse statistique des données ont été développées.

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

✚ Holland(1967) a modifié le travail de Bilham (1935), où il a montré que l'équation de Bilham surestime les probabilités des précipitations de forte intensité (> 35 mm/h).

✚ Bell (1969) a développé pour les États-Unis une formule généralisée caractérisant les courbes intensité-durée-fréquence comme suit :

$$R_t^T = [0,21 \times \ln T + 0,52] [0,54 \times t^{0,25} - 0,50] \times R_1^{10} \quad (I.8)$$

Pour  $2 \leq T$  (en années)  $\leq 100$  et  $5 \leq t(\text{min}) \leq 100$

✚ Baghirathan et Shaw (1978) ont effectué des études de hauteur-durée-fréquence de précipitations pour le Sri Lanka.

✚ En (1979), Raudkivi a présenté une formule régionale des courbes IDF pour la nouvelle Zélande.

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

$$I = \frac{A}{t+B} \quad (I.9)$$

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.

✚ Neimczynowicz (1982) a employé la distribution de Pearson III avec la méthode des moments pour la régionalisation des courbes IDF suivant des pluies de courte durée à Lund, Suède.

✚ Chen (1983) a développé une méthode simple pour dériver des précipitations à partir de la formule généralisées des courbes intensité-durée-fréquence pour tout endroit aux États-Unis sur la base de trois durées et trois périodes de retour ( $P_1^1$  ;  $P_{24}^{10}$  ;  $P_1^{100}$ ) qui décrivent la

## Chapitre I

### Synthèse bibliographique

variation géographique des précipitations en utilisant trois cartes iso-pluviales (de l'exposé technique N°40 du bureau de temps des États-Unis).

$$I_t^T = \frac{a \times I_1^{10} \times \text{Log}(10^{2-x} \times T^{x-1})}{(t+b)^c} \quad (\text{I.10})$$

Où :  $I_t^T$  est l'intensité des précipitations en inches/heure suivant une durée (min) et une période de retour T (en années)

x est le rapport des fréquences ( $R_t^{100} / R_t^{10}$ )

a, b et c sont des paramètres d'orage dépendant du rapport régional ( $R_t^{100} / R_t^{10}$ )

✚ Chen a montré aussi que les précipitations de d=1 heure et T=10ans utilisées dans l'équation de Bell (1969) ne peuvent pas mesurer les variations géographiques des précipitations.

✚ Rao et al (1983) a obtenu la relation entre les précipitations de courte durée et celles de 24 heures comme suit :

$$I(t) = a + bR_{24} + cR_{24}^2 \quad (\text{I.11})$$

Où : a, b et c des constantes

✚ Gert et al, (1987) ont obtenu la formule de l'intensité pluviale suivante pour la Pennsylvanie aux États-Unis.

$$I(t) = (1 + 0,42 \text{Log}^t 24) \times R_{24} \quad (\text{I.12})$$

Où, I (t) est l'intensité pluviale pour une durée « t » en heures

R24 est la quantité de précipitations sur 24 heures

✚ 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 :

$$I = \frac{a}{d+b} \quad (\text{I.13})$$

Modèle de Bernard (appelé aussi modèle de Montana) :

$$I = \frac{a}{d^b} \quad (\text{I.14})$$

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

$$I = \frac{a}{d^{b+c}} \quad (\text{I.15})$$

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

$$I = \frac{a}{(d+c)^b} \quad (\text{I.16})$$

# Chapitre I

## Synthèse bibliographique

✚ Mc Cuen (1989) a donné la représentation mathématique des courbes IDF pour les utiliser dans la conception hydrologique au Baltimore "Maryland" qui s'écrit sous la forme:

$$I = \frac{A}{t+b} \text{ pour } t \leq 2 \text{ heures} \quad (\text{I.17})$$

$$I = c \times t^b \text{ pour } t > 2 \text{ heures} \quad (\text{I.18})$$

Où I est intensité en inches/heure, t = durée en heures et a, b, c et d sont des coefficients qui varient avec la fréquence

✚ Ferreri et Ferro (1990) ont vérifié l'applicabilité de l'équation de Bell pour la Sicile et la Sardaigne dans le méditerranéen.

La comparaison entre les différentes formules de courbes IDF établies par Chow (1964), Raudkivi (1979), Chen (1983), Gert et al (1987), indique que les valeurs des exposants des variables « t » et « T » dans l'équation de Bernard ne varient pas beaucoup d'un endroit à l'autre pour des précipitations de courte durée. L'exposant « T » varie entre 0.18 et 0.26. Pour « t » l'exposant varie de 0.7 à 0.85.

✚ En outre, Koutsoyiannis (1994 ; 1996 ; 1998) a proposé une nouvelle approche qui est l'origine de la formulation et construction des courbes d'intensité-durée-fréquence en utilisant des données des stations d'enregistrement et de non-enregistrement. Plus particulièrement, il a discuté une formule rigoureuse générale pour le rapport d'Intensité-Durée-Fréquence dont les formes spécifiques avaient été explicitement dérivées de la fonction de répartition fondamentale de probabilité des intensités maximales. Et elle a également proposé deux méthodes pour une évaluation fiable des paramètres de courbes IDF. En conclusion, il a discuté le cas de la régionalisation des courbes IDF en incorporant également des données des stations de non-enregistrement.

$$i = \frac{w}{(d^v + \theta)^\eta} \quad (\text{I.19})$$

Où,  $\omega, \theta$  et  $\eta$  sont des coefficients non négatifs dont :  $(v, \eta) \leq 1$ .

✚ 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 à physiographiques. Une distribution régionale de Pareto a été identifiée comme distribution généralisée de Pareto.

✚ Plus récemment, Sivapalan et Bloeschl (1998) ont proposé une méthode de construction des courbes IDF basées sur la structure spatiale de corrélation des précipitations.

✚ Yu et Cheng (1998) ont formulé un modèle régional généralisé des courbes IDF sur la base des séries de maximums annuelles des précipitations pour Taiwan méridional.

# Chapitre I

## Synthèse bibliographique

---

✚ Naghettini (2000) a étudié les propriétés de l'invariance d'échelle de temps des précipitations appliquée aux courbes d'intensité-durée-fréquence pour les précipitations de courte-durée du sud-est du Brésil suivant une étude statistique.

✚ Trefry et al (2000) a appliqué la méthode des moments ou la méthode du maximum de vraisemblance pour adapter une distribution de probabilité appropriée au maximums annuels ou des données de séries de durées partielles pour chaque mesure relative aux courbes IDF du Michigan afin d'arriver à une meilleure estimation pour l'emplacement de ces courbes. De plus, des cartes iso-pluviales ont été développées à partir de ces dernières suivant des procédures d'interpolation.

✚ Davis et Naghettini (2000) ont visé à estimer les courbes IDF régionales sur la base des séries de durée partielles pour l'état brésilien de Rio De Janeiro, tandis que, l'application des L-Moments ont amélioré le paramètre et le quantile d'évaluation des intensités des précipitations extrêmes pour cette étude.

✚ 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.

✚ Yu et al (2004) a développé des formules régionales (IDF) d'Intensité-Durée Fréquence pour des emplacements de non-enregistrement de Taiwan "nord" basés sur la théorie d'échelle sur la base des séries de maximums de précipitations pour différentes durées.

✚ Mohymont et al (2004) a évalué des courbes intensité-durée-fréquence des précipitations pour trois stations en Afrique centrale et a proposé les modèles plus physiquement basés pour l'établissement de ces courbes.

✚ Maurino (2004) a comparé la formule d'intensité-durée-fréquence généralisée de précipitations proposée par Bell 1969 avec les résultats obtenus à partir des données enregistrés dans différentes régions climatiques de l'Argentine.

✚ Amin et Shaaban (2004) ont employé la distribution GEV et Gumbel avec la méthode des moindres carrées pour l'évaluation de la formule régionalisée des courbes IDF pour la Malaisie

✚ Hadadin (2005) a construit la courbe IDF pour le bassin de Mujib - Jordon où il a comparé avec la distribution de Gumbel les résultats par rapport à ceux établis par l'autorité d'eaux de Jordon.

✚ 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.

## Chapitre I

### Synthèse bibliographique

---

✚ Ghahraman et Hosseini (2005) ont effectué une étude pour examiner la performance du modèle des courbes IDF pour trois stations synoptiques en Iran.

✚ Nhat et al (2006) ont construit des courbes IDF pour la région de mousson du Vietnam et ont proposé une formule généralisée utilisant la hauteur des précipitations, et la période de retour de référence pour le delta de fleuve rouge (RRD) du Vietnam.

✚ 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.

✚ Di Baldassarre et al (2006) a examiné les possibilités de sept modèles de courbes différentes de Hauteur-durée-fréquence caractérisées par deux ou trois paramètres pour fournir une évaluation des précipitations de conception pour des durées d'orage plus inférieures à 1 heure, quand leurs paramètres sont calculés sur la base de longues séries de données pluviométriques.

✚ Raiford et al (2007) a mis à jour les courbes existantes d'intensité-durée-fréquence pour les stations de non enregistrement de la Caroline du Sud, de la Caroline du Nord, et de la Géorgie. La méthode des L-moment a été employée pour rechercher des régions homogènes dans le secteur d'étude.

✚ Salas et al (2007) a effectué des études de régionalisation des courbes IDF pour l'Espagne.

✚ Karahan et al (2007) a estimé les paramètres de la formule caractérisant les courbes IDF en se basant sur le principe mathématique présenté par Koutsoyiannis et al (1998) utilisant l'approche génétique d'algorithme. Singh et Zhang (2007) ont dérivé des courbes (IDF) d'intensité-durée-fréquence suivant l'analyse fréquentielle à deux variables par la méthode de copule.

✚ Minh Nhat et al (2007) a développé une étude régionale des courbes IDF pour des stations de non-enregistrement basés sur la théorie d'échelle (Minh Nhat, Y.Tachikawa, T.Sayama, K.Takara, 2006; Dr : NK. Goel & Shibayan Sarkar, 2007 ; B. Mohymont, G. R. Demarée, and D. N. Faka, 2004), (M.Boukhelifa, 2010)

✚ Bernard & Gaston (2010) ,Les auteurs établissent des courbes intensité-durée-fréquence (IDF) des précipitations pour la station de Yangambi située dans la zone tropicale du Congo. Différents modèles de type Montana ont été testés pour des durées d'agrégation variant entre 15 min et 24 h. Cette formulation empirique a été choisie parce qu'elle s'inscrit dans le guide de l'assainissement des villes en usage en France. Par conséquent, des bureaux d'études exécutant des projets en Afrique tropicale font couramment la demande de cette information. Les avantages et les inconvénients des différents modèles type Montana sont discutés. Le choix final s'est porté sur une famille de courbes parallèles ne contenant que

# Chapitre I

## Synthèse bibliographique

quatre paramètres à estimer. Le manque de jeux de données pour les valeurs extrêmes de précipitation pour des durées courtes (au-dessous de 24 h) et pour des périodes de référence suffisamment longues en ce qui concerne l'Afrique tropicale souligne l'importance de cette étude.

✚ Ben Zvi (2009) des travaux concernant l'établissement des courbes intensité-durée-fréquence basées sur les séries des durées partielles (SDP) pour la région d'Israël et qui sont dérivés de la série de maximum d'événement (SME). Ce procédé a été répété pendant onze durées de précipitations, de 5 à 240 minutes, à quatre stations du service météorologique d'Israël. Pour la comparaison, les distributions généralisées pour des extrêmes valeurs (GEV) et la distribution généralisée de Pareto ont été adaptées à la série annuelle de maximum (SMA) et (SDP), alors que les distributions de Gumbel et log-normale ont été adaptées au (SDP) et (SMA). Après l'ajustement: la distribution généralisée de Pareto ne s'adapte pas à la série (SMA) alors que la (SMA) s'adapte bien à la distribution de GEV. Les distributions de Gumbel et log-normale s'ajustent à la majeure partie de (SMA) et un peu (SDP).

✚ Boukhelifa & al (2011), réalisant un travail s'inscrit dans la problématique de la modélisation de la transformation pluie-débit en milieu urbain, la ville de Tipaza a été retenue comme champ d'application de cette étude. La modélisation hydrologique du ruissellement pluvial urbain retenue ayant deux composantes : (i) la pluie (ii) sa transformation en débit à travers le milieu urbain, le premier induisant le second. Une approche basée sur les séries de durées partielles (SDP) est retenue pour l'établissement des courbes IDF. La relation des courbes IDF est établie via un modèle semi-paramétrique, c'est-à-dire que les paramètres dynamiques (caractérisant la région et la durée d'agrégation) sont obtenus par une formulation empirique et les paramètres caractérisant la valeur de l'intensité découlent explicitement de la fonction de probabilité sous-jacente, là où classiquement la formulation de la relation IDF est totalement empirique (Montana, Talbot). La méthode des L-moments est retenue pour le calcul des paramètres des séries.

✚ Khalfi & al (2013), ont testé différentes méthodes pour la construction des courbes IDF, Il s'agit de la méthode classique, du modèle global de Koutsoyiannis et de la méthode marginale. Les deux premières méthodes sont appliquées sur deux types des séries : séries des maxima annuels (SMA) et séries en dessus d'un seuil (SDP) et la troisième est appliquées sur tout l'enregistrement disponible. Elle consiste à estimer la distribution de l'intensité maximale à partir de la distribution moyenne de l'intensité. Pour les SDP, les séries ont été construites en fixant un seuil par un choix mathématique avec une étude de l'indépendance établie.

✚ 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 pleine 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)

## Chapitre I

---

### Synthèse bibliographique

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 pluviométrique en utilisant les courbes IDF ;

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

---

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

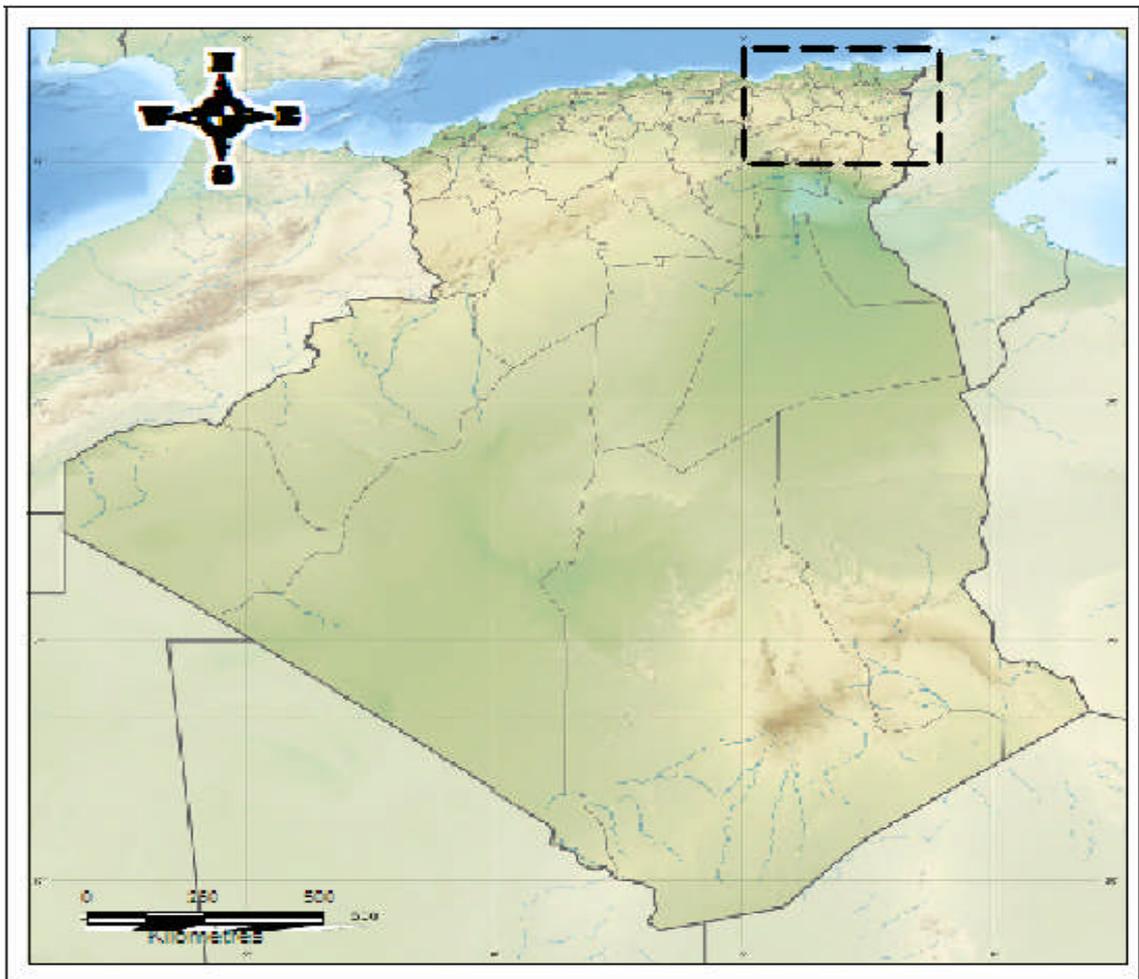
---

## Introduction

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

### II.1. Situation géographique

La région d'étude est limitée, à l'Ouest par une verticale parcourant Béjaïa, les Monts et Chott Hodna jusqu'aux Monts du Zab, à l'Est par la frontière algéro-tunisienne, au Nord par la mer Méditerranée, et enfin au Sud par Chott Melrhir, au droit d'une ligne Ouled Djellal-Negrine .C'est un quadrilatère que délimitent les méridiens  $4^{\circ}40'$  E et  $8^{\circ}30'$  et les parallèles  $37^{\circ}10'$  N et  $34^{\circ}20'$  N,(Mebarki.A, 2009).



**Figure II.1 :** Situation de la zone d'étude,(Azzaz Rahmani .F,2016).

### II .2. Caractéristiques générales de la région

A l'instar de toute l'Algérie, le milieu physique de l'Est a pour principale caractéristique l'ordonnement du relief en éléments longitudinaux quasiment parallèles.

De la mer à l'intérieur se succèdent : le Tell maritime (montagnes surplombant la Méditerranée et plaines côtières), le Tell intérieur (montagnes, collines et bassins intérieurs),

les Hautes Plaines (grandes étendues de hautes terres, fermées à l'Ouest par la diagonale des Monts du Hodna), l'Atlas Saharien (massifs de l'Aurès -Nememcha et du Hodna) et, enfin le Piémont saharien (jusqu'au Chott Melrhir, limite Sud de notre zone d'étude).

L'organisation orographique de l'Algérie orientale est plus qu'ailleurs, affectée d'un fort gradient latitudinal, qui concerne aussi bien les altitudes topographiques que les étages bioclimatiques .Cet édifice est complété, sur le plan géologique, par une variété d'unités structurales,(Mebarki.A,2009).

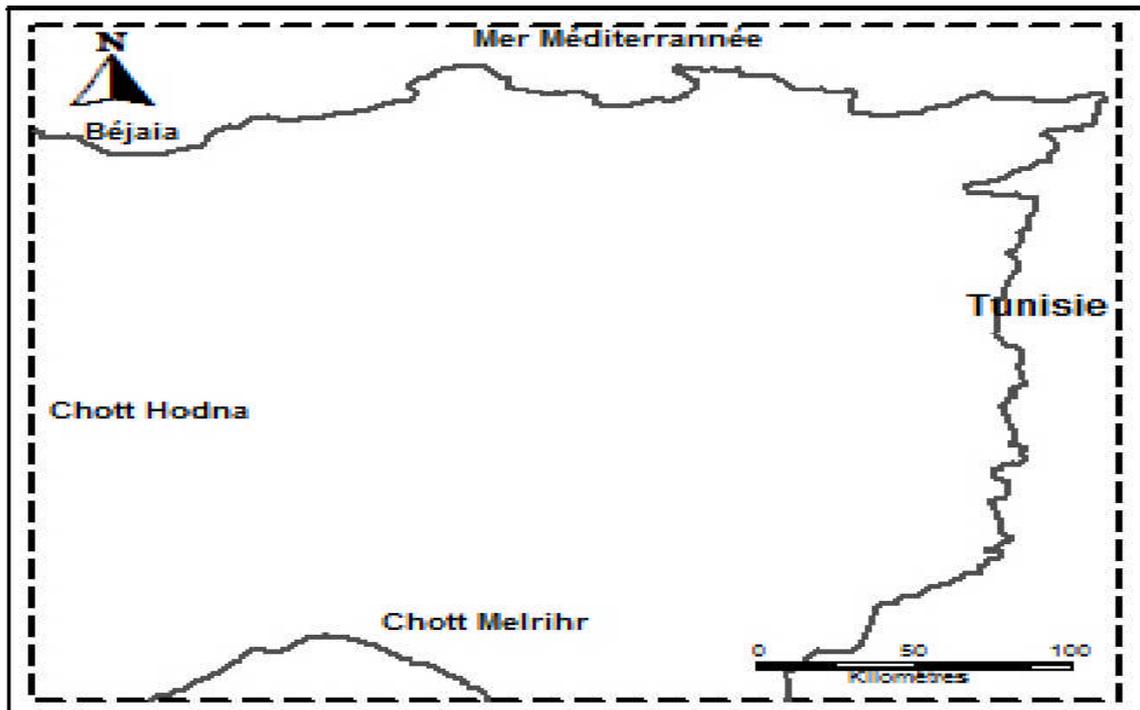


Figure II.2 : les limites de la zone d'étude, (Azzaz Rahmani.F, 2016).

### II.3. Relief

On distingue plusieurs formes de relief : les plaines, les plateaux, les montagnes ...etc. La région de l'Est se compose de trois golfes :golfe de Bougie, entre le cap de Carbon et le cap de Cavallo ; golfe de Philippeville, entre le cap Bou Garoun et le cap de Fer ; golfe de Bône, entre le cap de Garde et le cap de Rosa,(Niox.C,1980).

✚ Les montagnes de Tell ferment deux rides :

➤ La chaîne des Babor , entre l'oued Sahel et l'oued El Kebir ; ses ramifications confuse forment la petite Kabylie (djebel Adrar ,1994m ; Grand-Babor, 1970m) ; elle se prolonge entre l'oued El Kebir et l'oued Safsaf, par les monts d'El Kantour.

➤ La chaîne de Bibane (ou des portes de Fer) ; djebel Maghriz ,1722m au nord de Sétif ; elle se prolonge par les monts de Oulad Kebbab et les monts de Constantine. Les derniers plis des montagnes du tell sur la frontière de la Tunisie sont compris sous le nom des monts de Medjerda et les monts de Kroumirie, (Azzaz Rahmani.F, 2016).

#### ✚ Les Hauts plateaux :

Les hauts plateaux de l'Est n'ont pas la même uniformité ni le même étendue que ceux de l'Ouest, ils sont divisés par de petites rides montagneuses, en un assez grand nombre de bassins ; dont des bas fonds qui renferment de petits chotts ; des Guerahs (la plus grande est la Guerah El-Tarf a l'Est). des Sbakh (pluriel de sebkha), d'où le nom de la plaine de Sbakh, Ils sont creusés à l'Ouest par une large et profonde dépression, qui renferme le grand chott El Hodna, dont l'altitude n'est que 500 mètres environ.

Il est circonscrit au nord par les monts de Hodna (djbel Maadhid, 1840m), les Righa (djbel Bou Thaleb, 1345m), les monts de Batna (djbel Touggour, 2100m), qui relie les monts de Titeri aux monts de l'Aurès, en soutenant les Hauts plateaux de Constantine.

La chaîne Saharienne comprend :

- Les monts du Zab, au sud de chott El Hodna
- Le massif de l'Aurès, formé de plis étroits et élevés et dont la cime djbel Chelia 2328m qui le point culminant de l'Algérie.
- Les monts de Nemencha (djebel Chediada, 1400m) ; qui se rattachent à la chaîne saharienne de Tunisie, (**Azzaz Rahmani.F, 2016**).

#### ✚ Les cours d'eaux :

✓ L'oued Sahel (oued Soumam), qui forme la ceinture de la grande Kabylie ; Ses affluents de droite, dont le principal est l'oued Bou-Selam, rivière de Sétif qui traversent la plaine de Medjana ;

- ✓ L'oued Agrioun, qui traverse les pittoresques défilés El-Akra ;
- ✓ L'oued El-Kebir, formé de la réunion du Rémel rivière de Constantine et de l'oued Endja qui vient de la petite Kabylie ;
- ✓ L'oued Safsaf, qui finit à Philippeville ;
- ✓ La Seybouse, la seule rivière algérienne qui porte barque à quelque distance de son embouchure. Elle est formée, en amont de Guelma, de réunion de oued Zenati et oued Cherf, qui viennent des Hauts-Plateaux ;

✓ La Medjerda et son principal affluent, l'oued Mallégué descendent des Hauts-Plateaux entre Souk Ahraras et Constantine ;

✓ Le Chott El-Hodna reçoit quelques cours d'eau importants par sa longueur :

- ❖ L'oued Chellal à l'Ouest réunit les eaux sud du Titeri ;
- ❖ L'oued Ksob et quelques autres descendent des monts de Hodna ;
- ❖ L'oued Barika et l'oued Bitam viennent des Batna ;
- ❖ L'oued Chair et l'oued Dermel au sud-ouest, viennent des monts des Oulad

Nayl.

✓ Toutes les rivières du versant saharien se réunissent dans le bassin du chott Melrhir, celles de l'ouest ont pour collecteur l'oued Djedi, (**Azzaz ahmani.F, 2016**).

#### II.4. Hydrographique

La région de l'Est se décompose en huit bassins hydrographiques réparti en deux catégories :

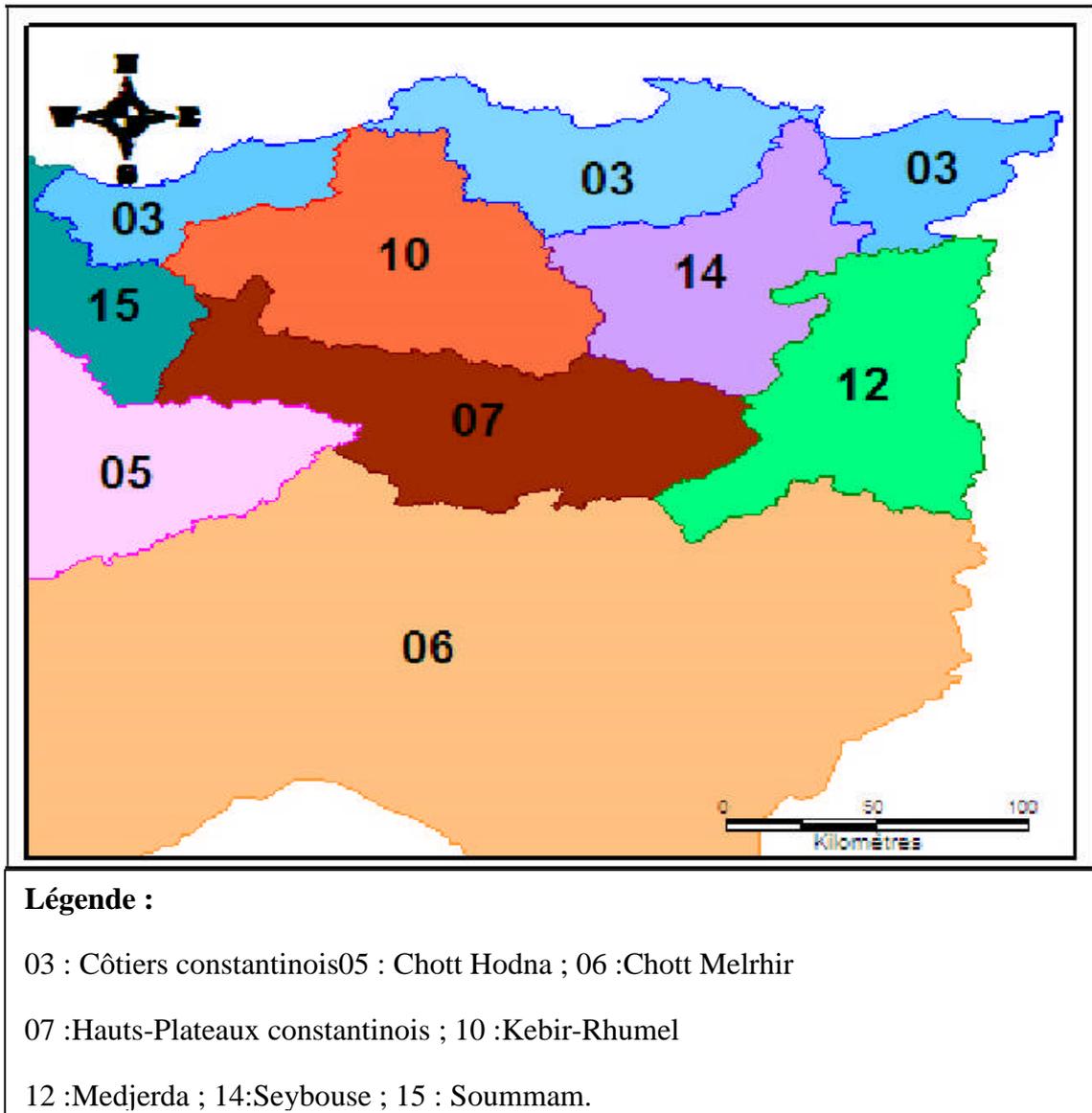
✚ Les bassins tributaires de la mer méditerranée ; au nombre de cinq ; des oueds drainent l'atlas (Côtiers constantinois -3, Kebir-Rhumel-10, Medjerda-12, Seybouse-14, Soummam-15).

✚ Les bassins endoréiques, au nombre de trois ; des oueds dont les écoulements se font vers les chotts (Chott Hodna -5, Chott Melrhir-6, Hauts-Plateaux constantinois-7), (**Azzaz Rahmani.F, 2016**).

**Tableau II.1:** superficies des bassins hydrographiques

Bassins	Nom	Superficies en Km <sup>2</sup>
03	Côtiers constantinois	11400
05	Chott Hodna	6220
06	Chott Melrhir	42760
07	Hauts-Plateaux constantinois	9560
10	Kebir-Rhumel	8810
12	Medjerda	7870
14	Seybouse	6450
15	Soummam	3060

Source : (Azzaz Rahmani.F, 2016).



**Figure II.3 :** carte des bassins hydrographiques, (ANRH 2005).

## II.5. Géologie

La région est caractérisée du Nord au Sud par nombreuses unités empilées au cours de phases tectoniques successives (Vila 1980 ; Wildi 1983). Ces unités sont caractérisées par la complexité et la diversité des styles mais aussi par la diversité de la nature des matériaux qui les composent, (Boudoukha.A et Messaid.B, 2014).

- Le domaine interne qui comprend le socle cristallin et sa couverture sédimentaire chevauchant les unités plus méridionales ;
- Le domaine des nappes des Flyschs composé par les séries du Crétacé intérieur formées par des Flyschs grésopélitiques et par les séries gréseuses de l'Oligocène ;
- Le domaine externe constitué par les unités ultratellines formées des marnocalcaires du Crétacé inférieur ;

○ L'avant –pays allochtone qui se présente sous forme de vastes panneaux du domaine Sud sétifien à dominance carbonatée du Secondaire, de la nappe néritique constantinoise sous forme de séries carbonatées du Mésozoïque, des formations allochtones de type Sellaoua constituées de marnes et de marno-calcaire du Valanginien-Maestrichtien.

Cet édifice complexe de l'Algérie du Nord est partiellement effacé par une sédimentation Moi-Plio Quaternaire essentiellement continentale. Ces terrains post nappes occupent de vastes espaces entre le méridien de Bordj Bou Arreridj à l'Ouest et celui de Tébessa à l'Est, **(Boudoukha.A et Messaid.B, 2014)**.

#### **II.6. Hydrogéologie**

Cette configuration géologique s'est traduit sur le plan hydrogéologique par la présence de deux grands types d'aquifères, le premier à porosité d'interstice ; le second à perméabilité de fissure et /ou karstique. Le premier type d'aquifère est facilement accessible à l'aide de puits d'une cinquantaine de mètres de profondeur au maximum alors que le second se trouve à des profondeurs moyennes allant de 100 à 250 m .les aquifères superficiels se trouvent dans les plaines côtières et le long des vallées alluviales comme les nappes de la nappe de Annaba ;de la vallée su Safsaf ;de la vallée Guebli ; du bas-Kebir ;de la plaine de Jijel... etc. On retrouve également ces aquifères dans les formations du Moi-Plio Quaternaire des Hauts-Plateaux qui s'étalent de Sétif à l'Ouest jusqu'à Tébessa à l'Est en passant par Ain Mlila ; Constantine ; Oum El Bouaghi ; Sedrata ; Khenchela ; Ain Baida ;Meskiana .Le second type d'aquifère se trouve dans les formations carbonatées comme témoigne d'émergence de grosses sources en partie thermales avec un débit relativement important. Lors de la réalisation des forages au niveau de ces aquifères, la karstification se manifeste par des pertes importantes de bentonite, **(Boudoukha.A et Messaid.B,2014)**.

#### **II.7. Climat de la région**

L'Est algérien est la région la plus variée du pays sur le plan climatique. Aussi, tout bilan hydrologique se trouve-t-il directement influencé par les nuances du climat, plus spécialement par deux paramètres déterminants : pluviométrique (conditionnant l'alimentation en eau des rivières) et évaporométrique (pertes ou retour de l'eau l'atmosphère), **(Mebarki.A, 2009)**.

Par ailleurs, toute mise en valeur hydro-agricole doit tenir compte de cette variété même s'il est vrai que l'irrigation est nécessaire, quel que soit la situation géographique, pour faire face au déficit hydrique des mois « secs » et aux irrégularités interannuelles des pluies, **(Mebarki.A ,2009)** .

#### Les précipitations

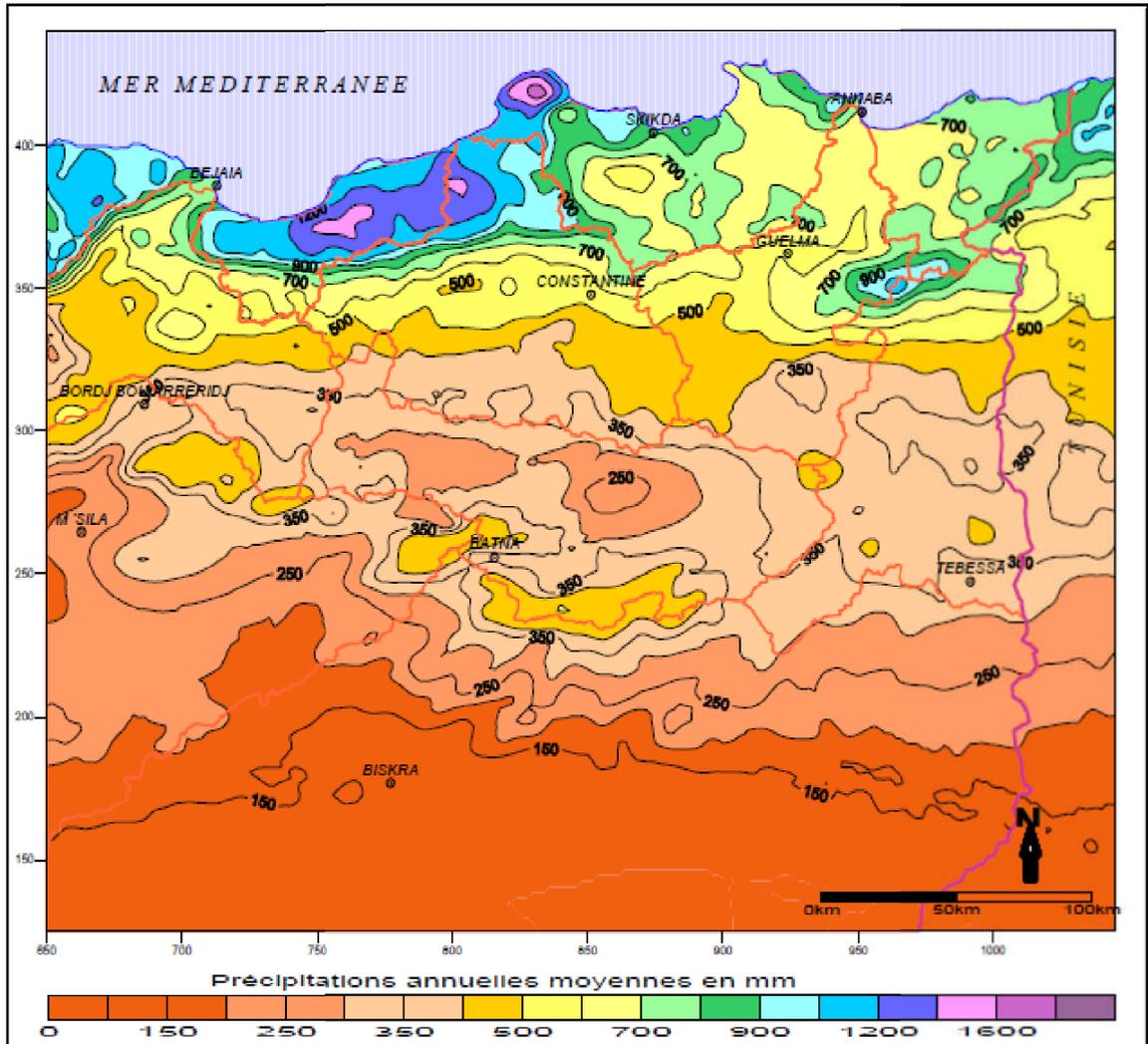
Schématiquement, les précipitations décroissent du littoral vers l'intérieur, suivant un fort gradient latitudinal, altéré néanmoins par l'effet orographique de l'Atlas saharien, avant de s'accroître à nouveau dans le Piémont saharien où les pluies se raréfient. Les cartes pluviométriques de l'Algérie (Seltzer P., 1946 ; Gaussen H., 1948 ; Chaumont M. et Paquin C., 1971 ; A.N.R.H., 1993) retracent toutes cet ordonnancement des précipitations.

La dernière carte en date permet de faire ressortir des zones de fortes précipitations supérieures à 900 mm) dans la zone montagneuse Nord-Ouest, allant de Bejaia à Collo, ainsi que dans les tranches d'altitude les plus élevées des Monts de la Medjerda et du massif de l'Edough dans le Nord-Est. La pluie atteint plus de 1 400 mm sur les hauteurs d'Erraguène et jusqu'à 1 800 mm sur le massif de Collo, avec 1 689 mm à la station de Zitouna. Les isohyètes de 600 à 800 mm balayent tout le reste de l'Atlas tellien avec cependant des contrées beaucoup plus pluvieuses dans la région extrême Est (El Kala).

Les Hautes Plaines sont nettement cernées dans leur bordure Nord par l'isohyète 500 mm. La pluviométrie décroît vers la bordure Sud (350 mm) avec des creux assez nets (moins de 300 mm voire moins de 200 mm) dans la zone des lacs salés. C'est le même creux que l'on observe sur la cuvette du Chott Hodna, traversée par les isohyètes 300 et 250 mm.

L'Atlas saharien, en raison de l'effet orographique et l'exposition du versant Nord, enregistre une remontée du total pluviométrique, vers des valeurs de 400 à 600 mm par an : les sommets de l'Aurès pouvant recevoir plus de 600 mm. L'isohyète 300 mm marque l'amorce de la décroissance des précipitations sur le piémont Sud de l'Atlas, dont la bordure Méridionale est jalonnée par l'isohyète 200 mm et même 150 mm.

Deux groupes de facteurs, géographiques (éloignement par rapport à la mer, altitude, «exposition des versants par rapport aux vents pluvieux du Nord-Ouest) et météorologiques (déplacement des masses d'air polaire océanique, froid et humide, des masses d'air tropical chaud et humide de l'Atlantique Sud, et enfin des masses d'air tropical continental ou anticyclone saharien) influencent la répartition spatiale des précipitations, mais aussi les structures des régimes pluviométriques (M. Chaumont et C. Paquin, 1971). Le caractère d'irrégularité temporelle des précipitations est, par ailleurs, une donnée fondamentale du climat de l'Est algérien, (Mebarki.A, 2009).



**Figure II .4:** carte des précipitations annuelles moyennes du Nord-Est de l'Algérie,(Mebarki.A, 2009).

### Conclusion

La zone d'étude concerne la partie orientale de l'Algérie, la surface totale de cette zone est d'environ 96130 Km<sup>2</sup> regroupe huit bassins versants, les précipitations moyennes varient selon un gradient Nord-Sud.

---

# **Chapitre III :** **méthodologie de travail**

---

#### Introduction

Il existe des méthodes diverses pour la construction des courbes IDF, en utilisant les formules analytiques ou bien les lois statistiques, dans le présent chapitre on montrera la méthodologie qui nous a permis d'aboutir aux courbes IDF.

#### III.1. C'est quoi le traitement de données

Toute donnée hydrologique brute nécessite souvent un traitement préalable ou traitement primaire afin de la rendre pertinente et exploitable. Il s'agit pour l'essentiel de la conversion de la mesure effectuée en une grandeur qui soit hydrologiquement significative (par exemple : transformation de la hauteur d'eau en débits, génération de données à pas de temps constant à partir de mesures effectuées à pas de temps variables...etc.

Dans notre cas ce traitement est effectué par un logiciel qui s'appelle Hydraccess.

#### III.2. Aperçu sur le logiciel Hydraccess

Hydraccess est un logiciel complet, homogène et convivial, permettant d'importer et de stocker tous types de données hydrologiques dans une base au format Microsoft Access 2000 et de réaliser les traitements de base dont un hydrologue peut avoir besoin. Il a été développé par un hydrologue, P. Vauchel, pour des hydrologues, depuis l'année 2000 jusqu'à nos jours. Le logiciel appartient à l'IRD.

Comme résultat de ses traitements, Hydraccess crée des fichiers Excel. Il offre de nombreuses possibilités de visualiser les données, en graphes simples ou comparatifs, que l'on peut dérouler sous Excel grâce à une petite macro incluse dans le logiciel.

Hydraccess permet l'analyse des événements pluie-débit, ainsi que des intensités de pluie. Il intègre l'expérience accumulée par l'IRD dans le traitement de données hydrologiques.

Hydraccess fournit de nombreuses possibilités de visualiser les données, en graphes simples ou comparatifs, que l'on peut dérouler librement sous Excel grâce à une petite macro incluse dans le logiciel. On peut ainsi visualiser les données au pas de temps qui convient à la variabilité de ces données, **(A.Ould Amara et Y.Pepin, 2006)**.

## Chapitre III

### Méthodologie de travail

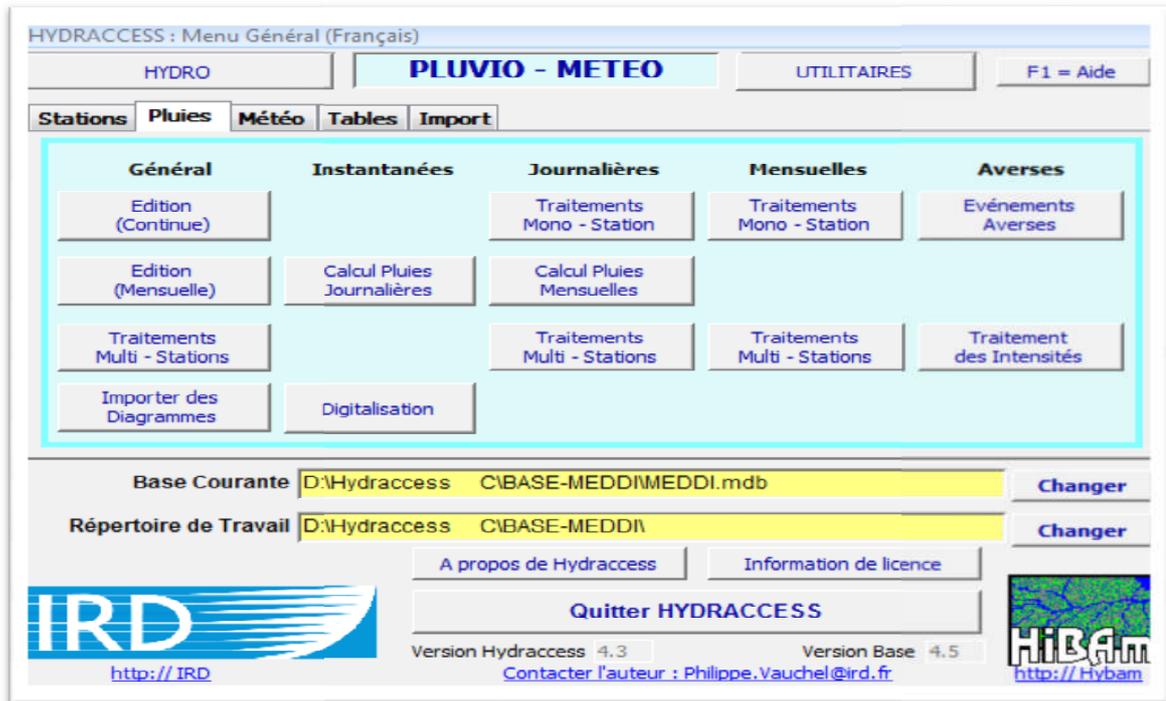


Figure III.1 : interface du Hydraccess

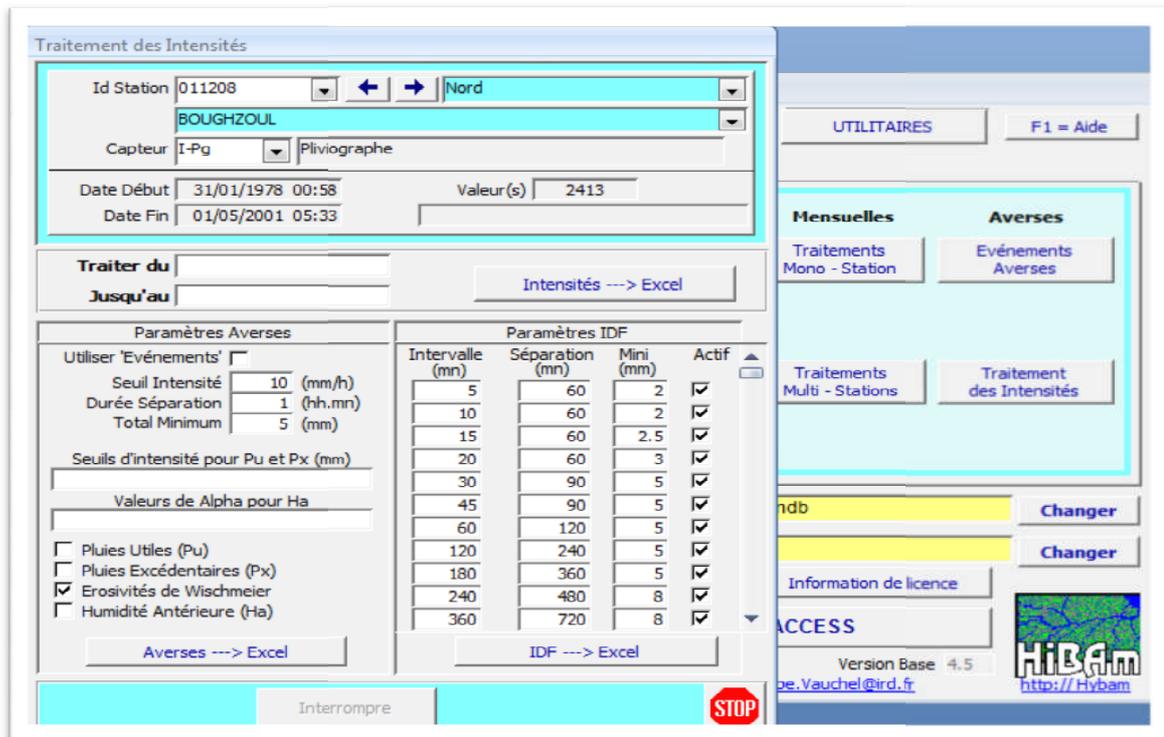


Figure III.2 : la fenêtre d'exportation des données.

#### III.3. Calcul des intensités maximales

L'intensité d'une averse caractérise la force est l'énergie de la pluie plutôt que sa auteur. En fait une pluie de 10mm 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 représente la lame d'eau tombée par unité de temps, (**Cours d'hydrologie de surface**).

##### Formule générale de l'intensité de pluie

$$I=p/t \quad (III.1)$$

I : intensité de pluie (mm/h).

P : la lame d'eau précipité (mm).

t : durée de l'averse (h).

Dans notre cas à partir des pluies maximales tirées de l'Hydraccess, le calcul s'effectue avec l'Excel par la formule suivante :

$$I_{\max} = \frac{(P_{\max} \times 60)}{dr} \quad (III.2)$$

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

$P_{\max}$  : précipitation maximale (mm).

dr : la durée de l'averse (minute).

#### III.4. Analyse fréquentielles des intensités maximales

L'ajustement des pluies maximales journalières a été effectué à l'aide du logiciel HYFRAN-Plus. On a effectué l'ajustement de la série des pluies maximales journalières à des lois déférentes, en utilisant le logiciel HYFRAN-Plus, avec une comparaison entre les lois. La courbe de distribution expérimentale de la série de l'intensité maximale a été ajustée à différentes lois statiques pour déterminer les quantiles.

##### III.4.1. Les différentes lois d'ajustement

Il existe plusieurs lois (modèles) d'ajustement citant à titre d'exemple :

- La loi normale (de Gauss) ;
- La loi exponentielle ;
- Loi des extrêmes généralisée (GEV) ;
- Loi de Pareto généralisée (GP) ;
- Loi log- normale (Gualton) ;
- Loi de Guembel ;
- Loi de Halphen ;

- Loi gamma ;
- Loi gamma généralisée ;
- Loi gamma inverse ;
- Loi Pearson type III ;
- Loi log- Pearson type III.

#### III.4.2. Aperçu sur l'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.4.3. 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.El Adlouni et B.Bobée, 2014**).

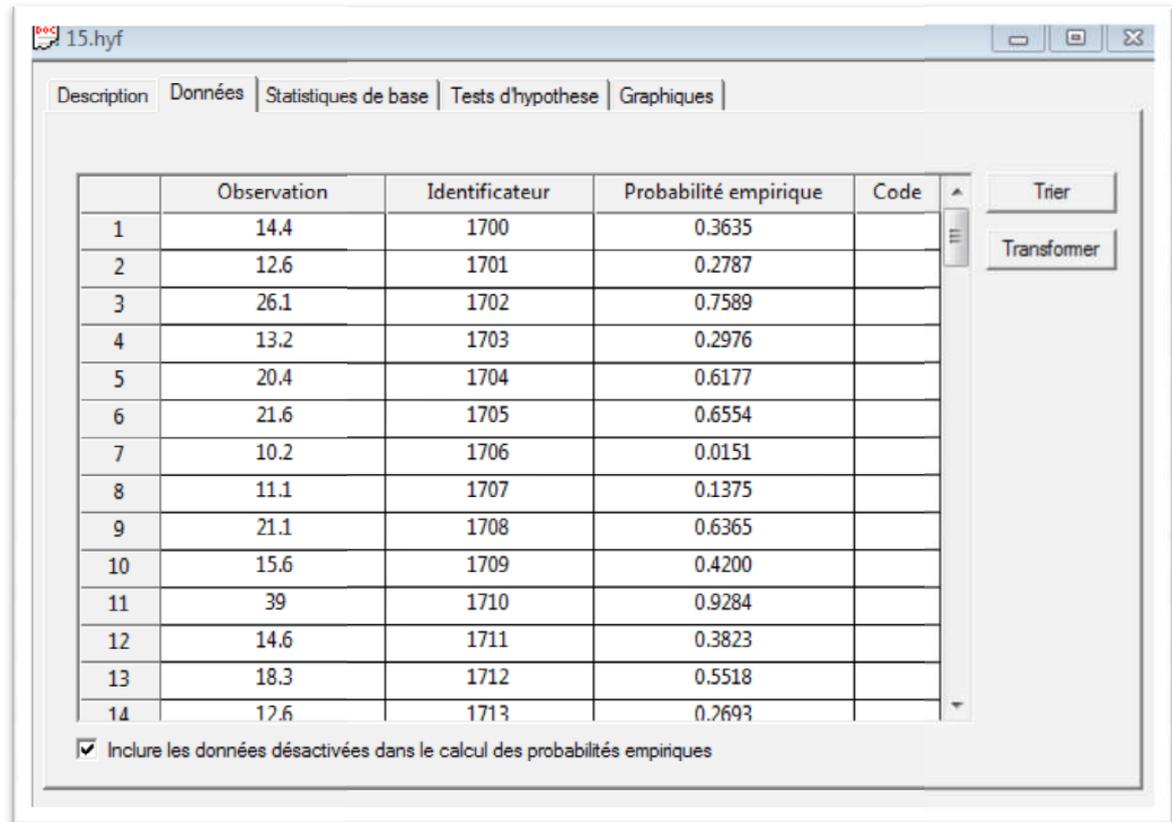
Le SAD est la principale addition à la version antérieure de l'Hyfran-plus (version 2.0); il s'agit dans l'Hyfran-plus (version 2.1) d'un système d'aide à la décision pour permettre le choix de la classe de distributions la plus adéquate pour représenter une série de données, (**S.El Adlouni et B.Bobée, 2014**).

#### III.4.4. 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).

## Chapitre III

### Méthodologie de travail



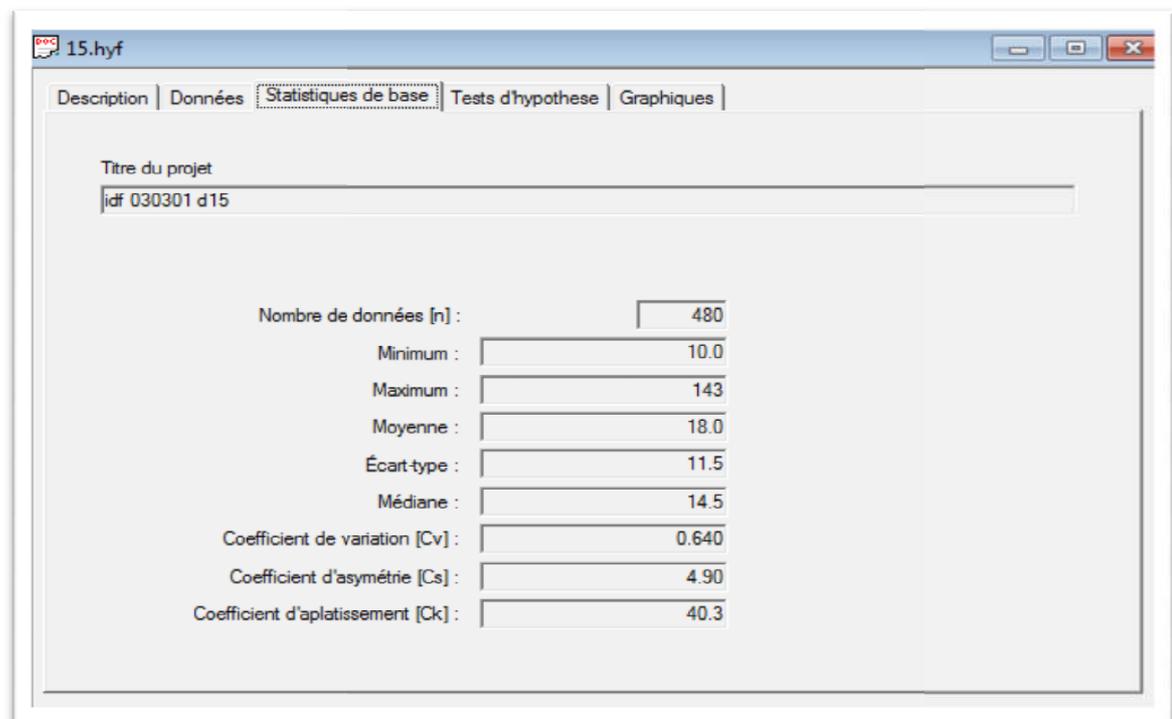
15.hyf

Description | Données | Statistiques de base | Tests d'hypothèse | Graphiques

	Observation	Identificateur	Probabilité empirique	Code
1	14.4	1700	0.3635	
2	12.6	1701	0.2787	
3	26.1	1702	0.7589	
4	13.2	1703	0.2976	
5	20.4	1704	0.6177	
6	21.6	1705	0.6554	
7	10.2	1706	0.0151	
8	11.1	1707	0.1375	
9	21.1	1708	0.6365	
10	15.6	1709	0.4200	
11	39	1710	0.9284	
12	14.6	1711	0.3823	
13	18.3	1712	0.5518	
14	12.6	1713	0.2693	

Inclure les données désactivées dans le calcul des probabilités empiriques

Figure III.3 : la série des intensités maximales (mm/h)



15.hyf

Description | Données | Statistiques de base | Tests d'hypothèse | Graphiques

Titre du projet  
idf 030301 d15

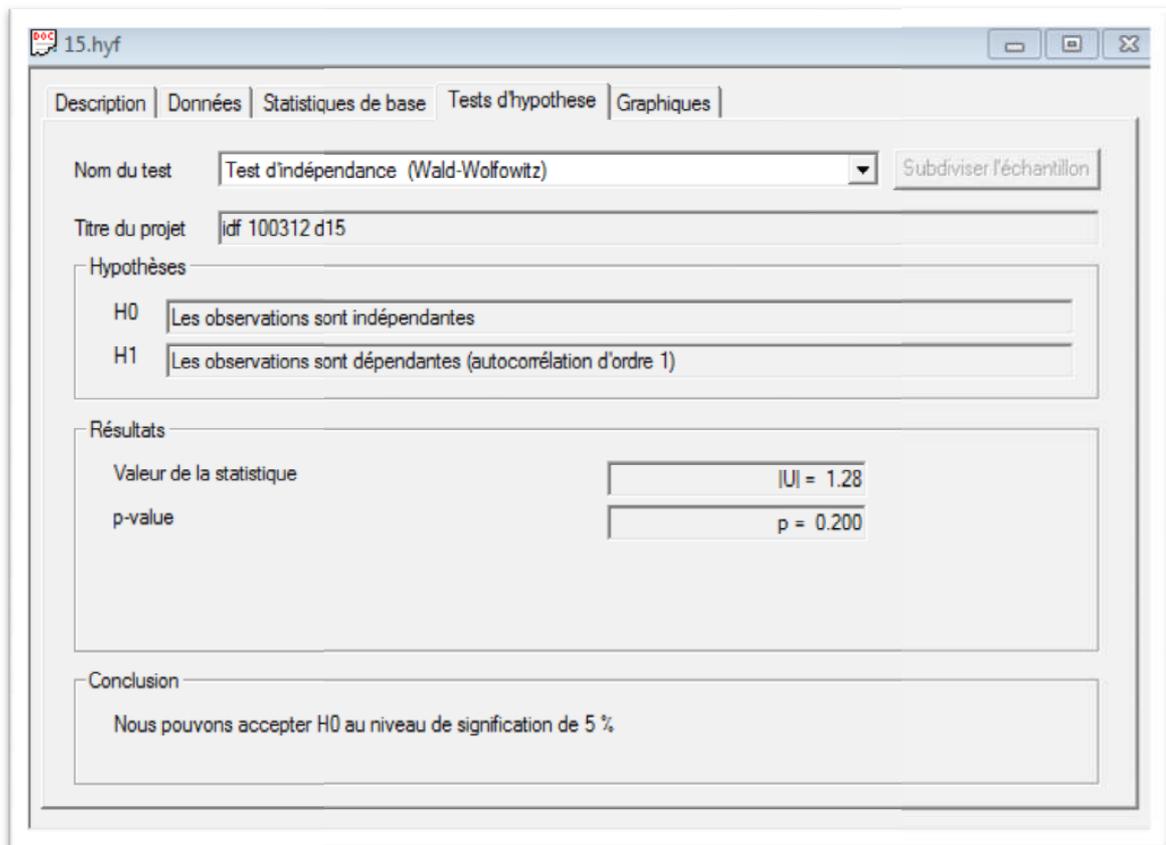
Nombre de données [n] :	480
Minimum :	10.0
Maximum :	143
Moyenne :	18.0
Écart-type :	11.5
Médiane :	14.5
Coefficient de variation [Cv] :	0.640
Coefficient d'asymétrie [Cs] :	4.90
Coefficient d'aplatissement [Ck] :	40.3

Figure III.4 : Caractéristiques générales de l'échantillon

Avant de procéder à l'ajustement de l'échantillon à l'aide d'une distribution statistique, on vérifié si les données sont indépendantes et identiquement distribuées (IID),(S.El Adlouni 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.5** : 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.

## Chapitre III

### Méthodologie de travail

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.El Adlouni et B.Bobée,2014).

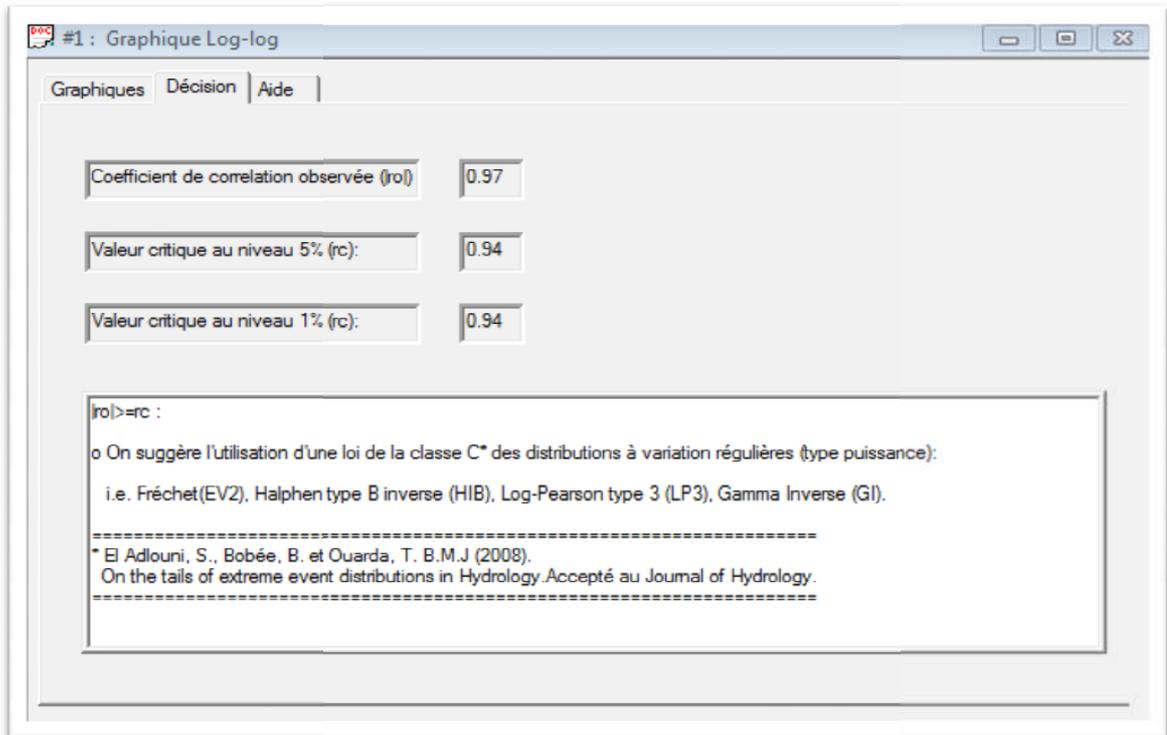


Figure III.6 : la décision du SAD et choix de la classe de distribution

The screenshot shows a software 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 this 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.7 : comparaison et classement entre les modèles d'ajustement

## Chapitre III

### Méthodologie de travail

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

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

Avec :

a : paramètre de position.

b : paramètre de dispersion.

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

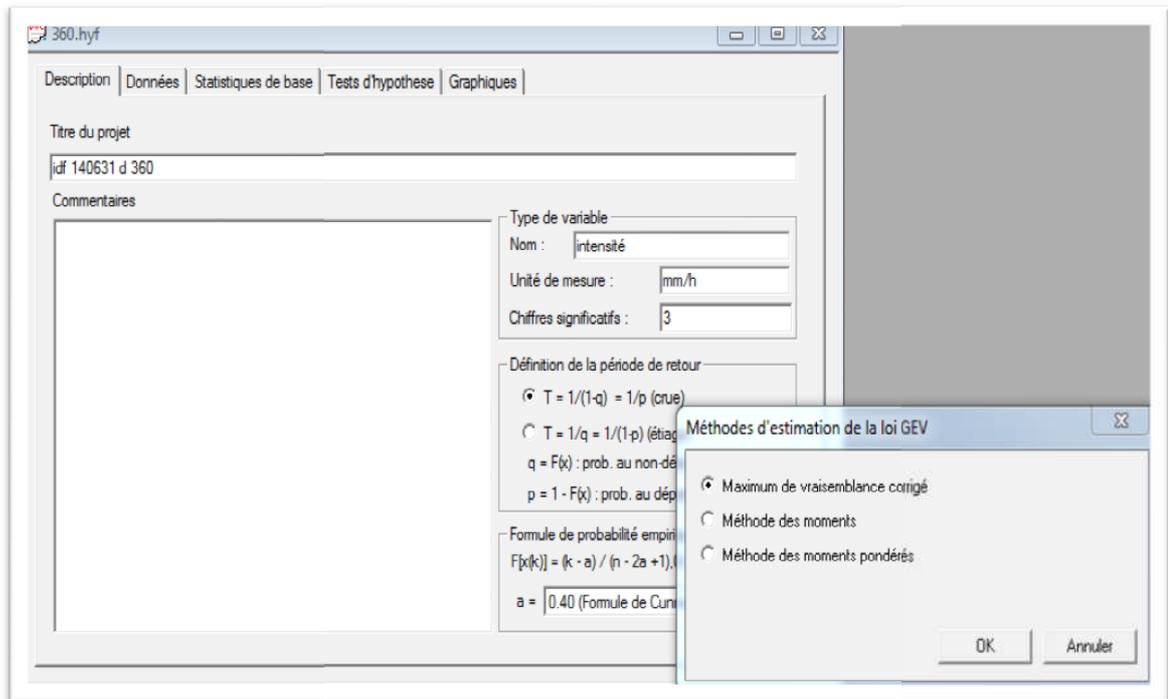
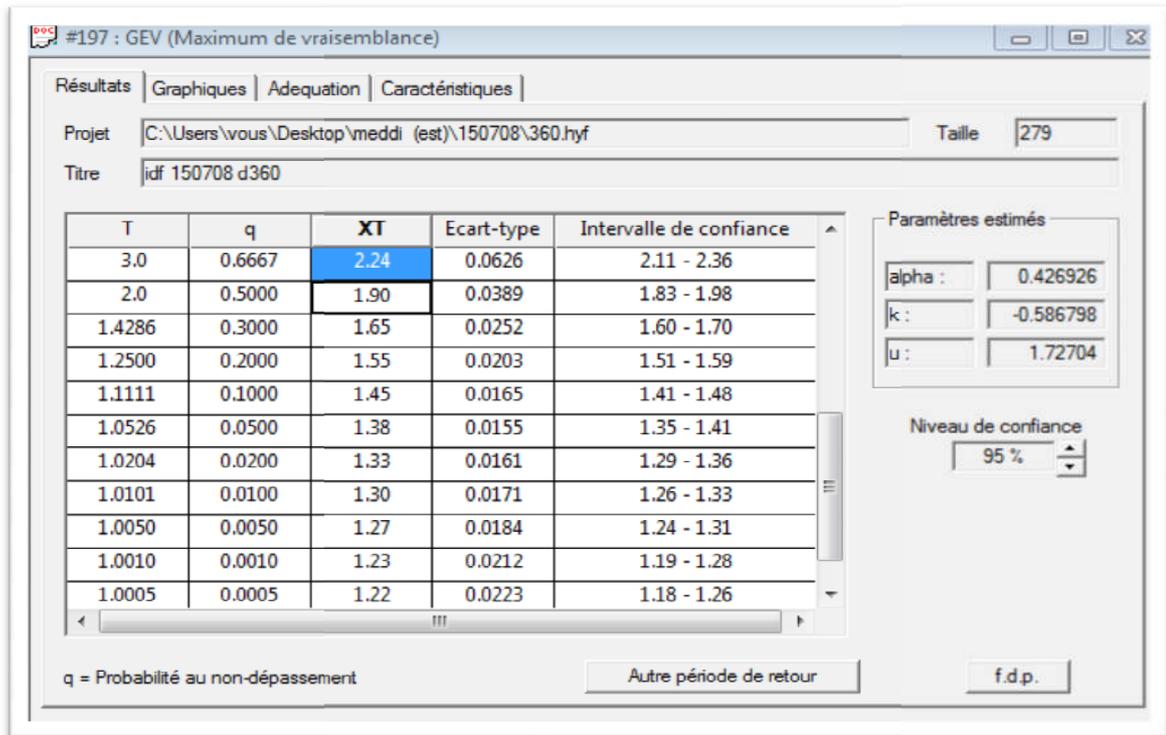


Figure III.8 : ajustement avec la loi de GEV

## Chapitre III

### Méthodologie de travail



**Figure III.9:** résultats d'ajustement par la loi de GEV

- Le tableau suivant représente un exemple des résultats d'ajustement par la loi de GEV.

**Tableau III.1 :** les quantiles obtenus par la loi de GEV pour la station 150708.

<b>Station pluviométrique 150708</b>									
Durée (min)	15	20	30	45	60	120	180	240	360
Période de retour (an)									
<b>50</b>	134.00	109.00	78.30	43.90	33.50	16.30	11.20	11.40	8.18
<b>20</b>	61.40	51.00	41.80	25.50	19.20	9.92	7.05	6.98	5.16
<b>15</b>	48.70	40.70	34.80	21.70	16.30	8.56	6.15	6.03	4.49
<b>10</b>	35.80	30.30	27.40	17.60	13.10	7.02	5.13	4.94	3.72
<b>7</b>	27.80	23.80	22.60	14.80	11.00	5.94	4.41	4.18	3.18
<b>5</b>	22.40	19.30	19.10	12.70	9.46	5.12	3.84	3.59	2.75
<b>4</b>	19.50	17.20	17.00	11.60	8.59	4.65	3.52	3.26	2.51
<b>3</b>	16.70	15.30	14.60	10.30	7.66	4.13	3.17	2.88	2.24
<b>2</b>	13.70	13.10	12.10	8.90	6.60	3.52	2.73	2.43	1.90

#### 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.El Adlouni et B.Bobée, 2014).

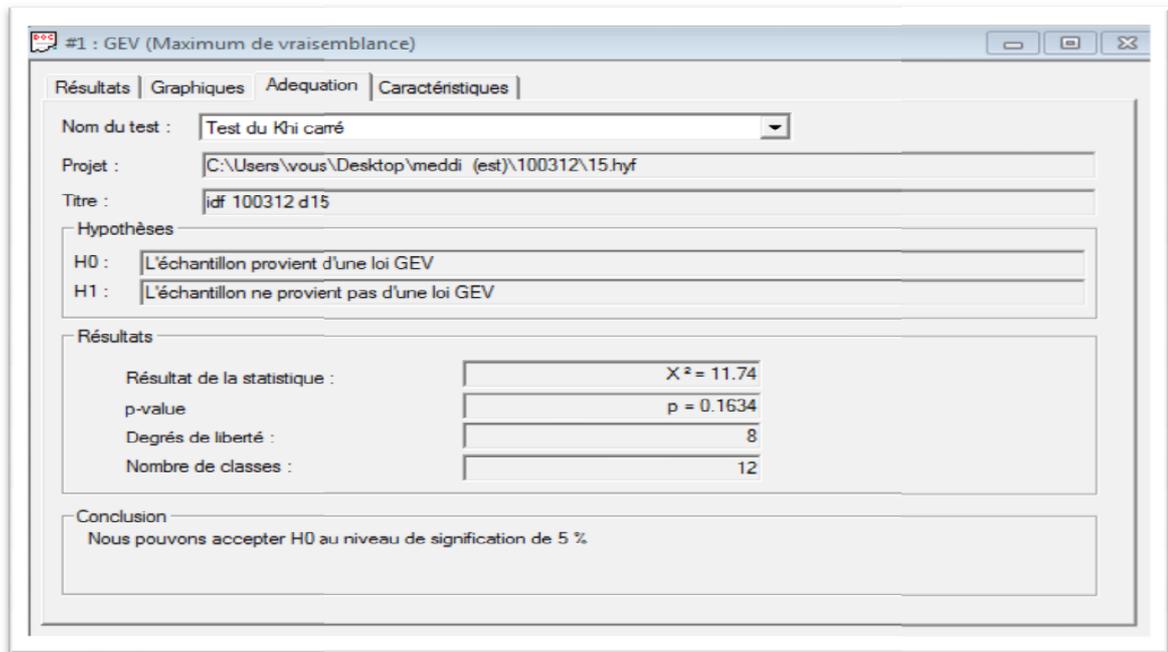
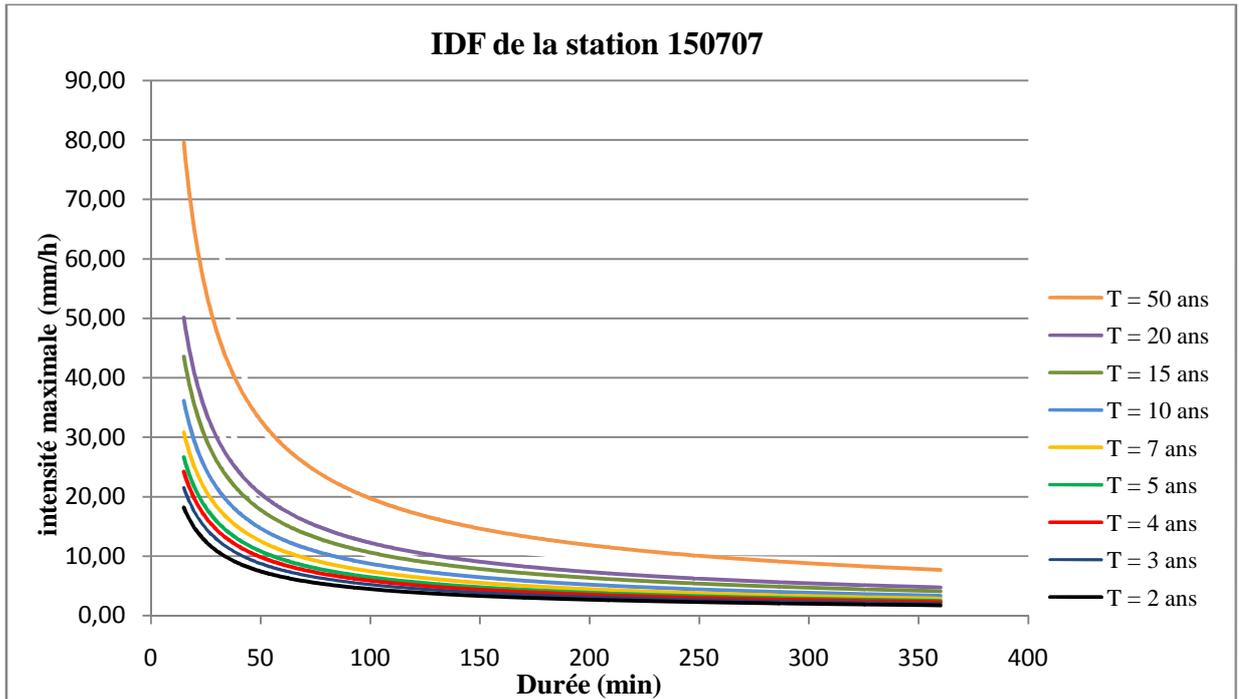


Figure III.10 : Le test d'adéquation du Khi-carré.

#### III.5. Construction des courbes IDF

A partir de l'ajustement on a trouvé les quantiles c.à.d. les intensités maximales de pluie pour chaque période de retour (2,3,4,5,7,10,15,20 et 50 ans) et pour les durées suivantes(15,30,20,45,60,120,180,240 et 360), on se basant de ces résultats on trace les courbes IDF pour chacune des stations pluviométriques.

La figure ci-dessous (Figure III.11) représente un exemple des courbes IDF obtenues.



**Figure III.11** : Courbes IDF de la station pluviométrique 150707

### III.6. Détermination des exposants climatiques

La modélisation mathématique des courbes IDF a permis de déterminer l'exposant climatique de chaque station ou zone d'étude, par la recherche d'un modèle régressif entre l'intensité moyenne maximale et la durée de l'intervalle de référence pour chacune des périodes de retour. Pour notre cas la modélisation a été faite par le modèle de Montana (équation exponentielle).

$$i = a.t^{-b} \tag{III.4}$$

Avec :

- i: intensité maximale de la pluie [mm/h],
- t: durée de la pluie [minutes ou heures],
- a, b: constantes locales (**J.P.Laborde,2000**).

Les résultats obtenus sont récapitulés sous forme de tableaux dans le chapitre suivant

### Conclusion

Dans ce chapitre on a illustré les différentes étapes qui nous ont permis de tracer les courbes IDF pour les trente cinq stations pluviométriques.

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

---

# **Chapitre IV:**

## **résultats et discussion**

---

## Chapitre IV

### Résultats et discussion

---

#### Introduction

Les courbes IDF sont déterminées à partir de l'étude statistique des événements extrêmes, en procédant les étapes données dans le chapitre III ; la modélisation des courbes IDF donne une vision sur la variation spatio-temporelle des intensités maximales.

Dans cette optique, ce chapitre sera consacré aux résultats obtenus et l'interprétation de ces résultats pour aboutir à la localisation des zones sensibles aux inondations dans le Nord-Est d'Algérie.

#### IV.1. Interprétation des résultats obtenus

Dans ce chapitre on va présenter quelques courbes IDF choisies de telle sorte qu'elles soient représentatives 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 graphes des courbes IDF seront données dans l'annexe I.

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

✚ Le rapport entre les intensités maximales de deux périodes de retour pour une même durée pour visualiser la manière de l'évolution de l'intensité maximale en fonction de la période de retour (l'augmentation du risque avec la période de retour)

✚ Le rapport entre les intensités maximales de deux durées pour une même période de retour, toute en prenant la durée de 15 min comme durée de référence, ce rapport nous donne une idée sur la diminution de l'intensité avec l'augmentation de la durée de l'averse.

✚ 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.

## Chapitre IV

### Résultats et discussion

**Tableau IV.1** : rapports des intensités maximales par rapport aux périodes de retour.

Station 030301								
Durée Rapport des intensités	15	20	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	4.873	5.197	5.892	6.401	5.385	4.968	4.669	4.026
$i_{50}/i_5$	3.280	3.492	3.934	4.200	3.454	3.340	2.894	2.669
$i_{50}/i_{10}$	2.362	2.481	2.744	2.882	2.428	2.356	2.120	1.991
$i_{50}/i_{20}$	1.659	1.710	1.820	1.869	1.680	1.635	1.546	1.483
$i_{20}/i_{10}$	1.423	1.568	1.979	1.922	2.728	1.888	1.509	1.881
$i_{10}/i_2$	2.063	2.094	2.148	2.221	2.218	2.108	2.202	2.022

**Tableau IV.2** : rapports des intensités maximales par rapport à la durée de l'averse.

Station 030301				
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
50	1.048	1.569	3.295	4.436
20	1.080	1.767	3.336	4.371
15	1.091	1.832	3.355	4.383
10	1.102	1.915	3.387	4.426
7	1.108	1.968	3.417	4.465
5	1.116	2.010	3.470	4.518
4	1.117	2.041	3.505	4.505
3	1.119	2.063	3.565	4.507
2	1.118	2.061	3.641	4.522

# Chapitre IV

## Résultats et discussion

### IV.1.1. Côtiers constantinois

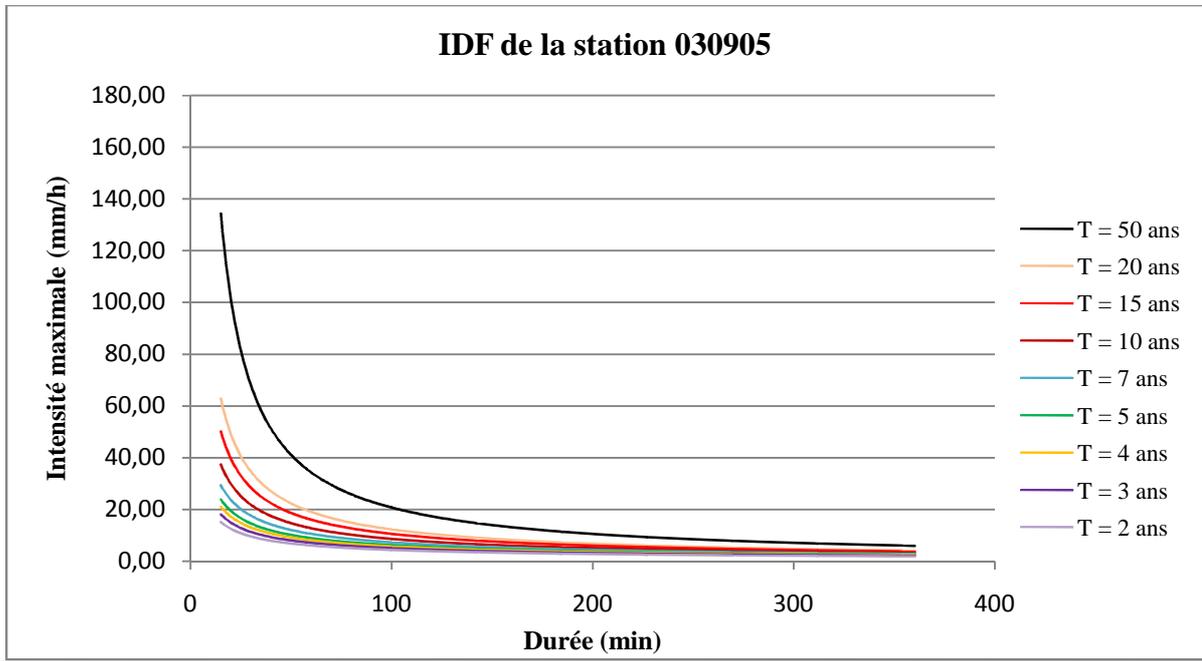


Figure IV.1 : courbes IDF de la station 030905

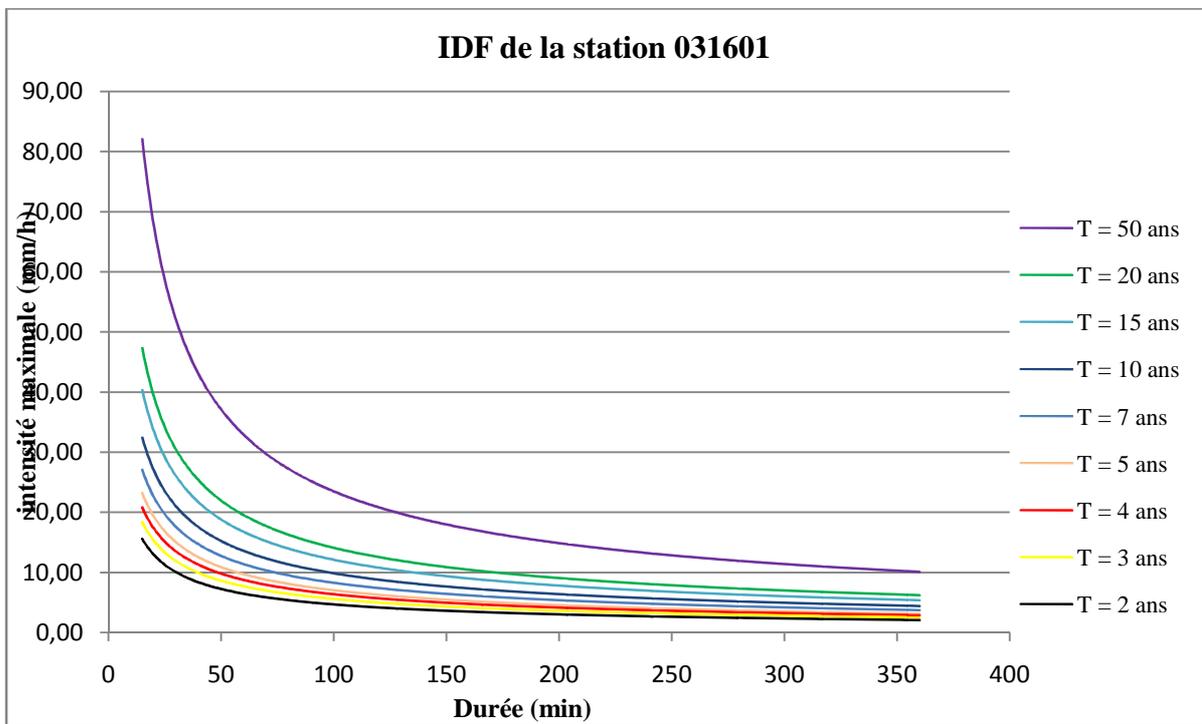


Figure IV.2 : courbes IDF de la station 031601

## Chapitre IV

### Résultats et discussion

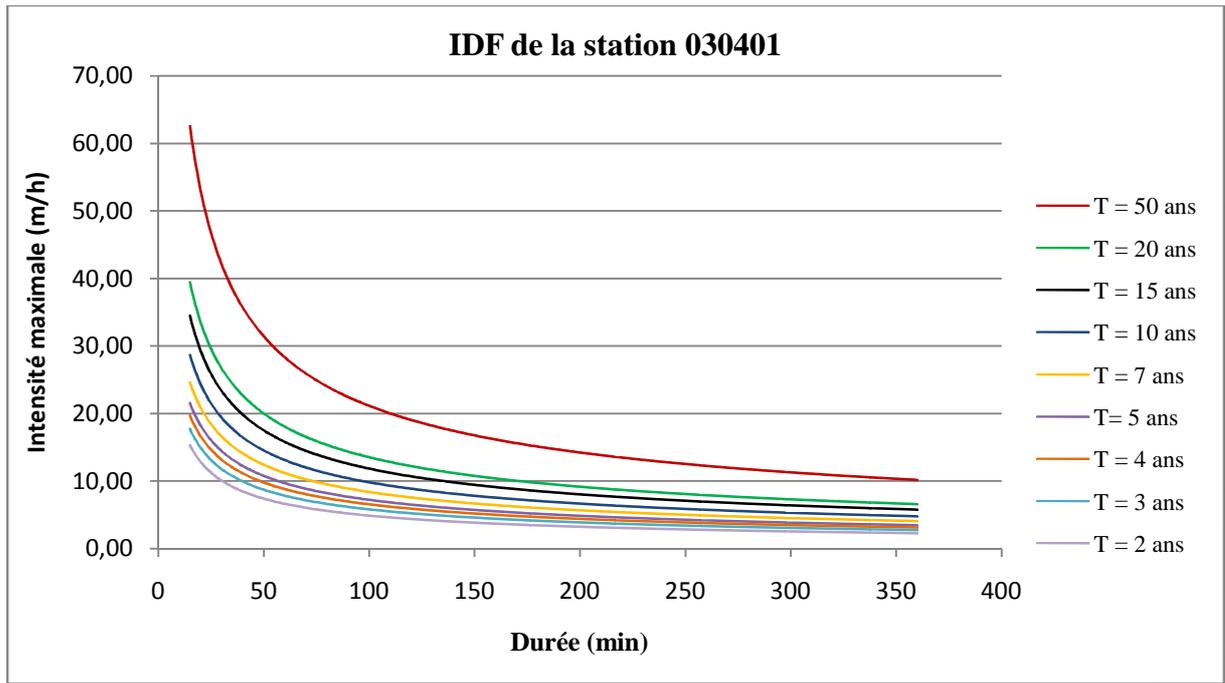


Figure IV.3 : courbes IDF de la station 030401

#### ✚ Par rapport aux périodes de retour

A long terme, le rapport entre les intensités maximales est très important (énorme) aux niveaux de la station 030303.

On remarque qu'il est aussi important dans les stations 030905, 030302, 030708, Il reste existant pour la station 030315 et 031601 mais il est plus au moins faible pour les stations à 030301, 030401, 031301 et 031717.

Entre 10 et 50 ans pour les stations 030303, 030302 et 030905, le rapport est un peu important, pour les autres stations ce rapport est faible.

#### ✚ Par rapport aux durées d'averses

Pour ce bassin on remarque qu'il ya plusieurs stations (030303, 030708 et 030905), le rapport commence à être important pour une durée de 60 minutes.

Pour les mêmes durées ce rapport est moins important pour les stations 030315, 030401, 031601, 031301 et 030302 et est faible au niveau de la station 030301.

Pour la station 030905 le rapport des intensités reste très faible même pour les longues durées (120 minutes).

### IV.1.2.Chott Hodna

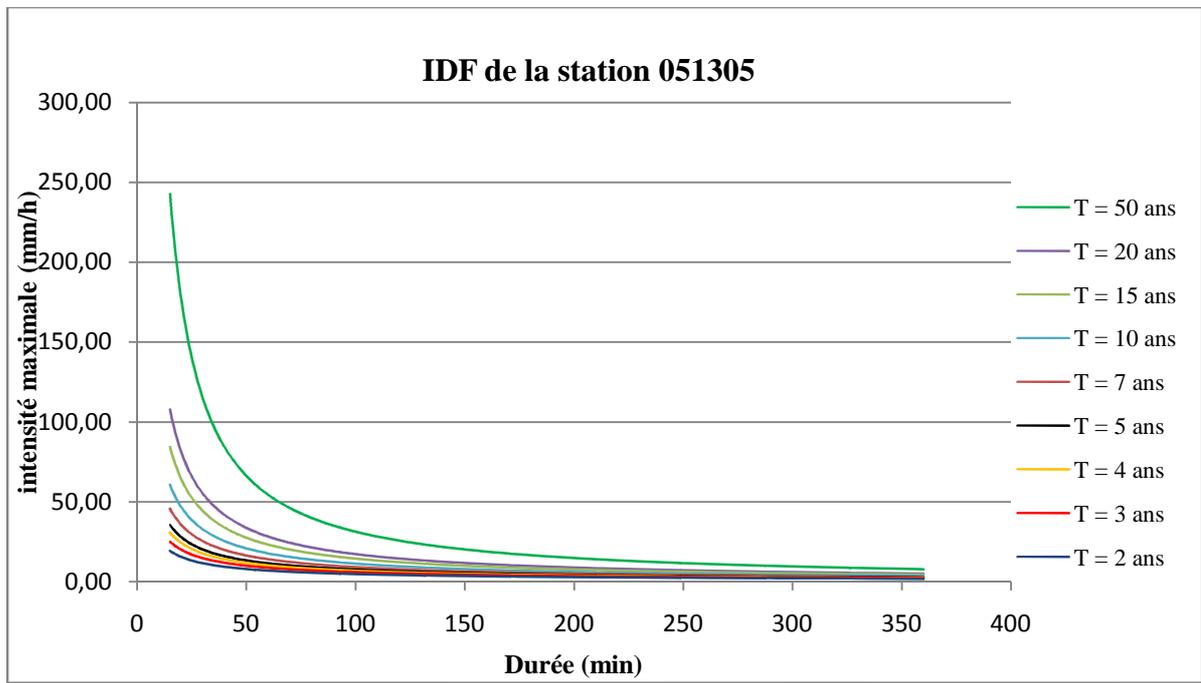


Figure IV.4 : courbes IDF de la station 051305

#### ✚ Par rapport aux périodes de retour

Le rapport entre les intensités au niveau de la station étudiée dans ce bassin est très élevé à long terme.

Entre 10 ans et 50 ans on remarque aussi que l'augmentation (la variation) de l'intensité reste relativement importante

#### ✚ Par rapport aux durées des averses

A partir de la variation des rapports (intensités) suivant les durées, on remarque que les pluies de courtes durées provoquent un risque, pour les longues durées (égale ou supérieure à 60 minutes), le risque diminue rapidement.

## Chapitre IV

### Résultats et discussion

#### IV.1.3.Chott Melhir

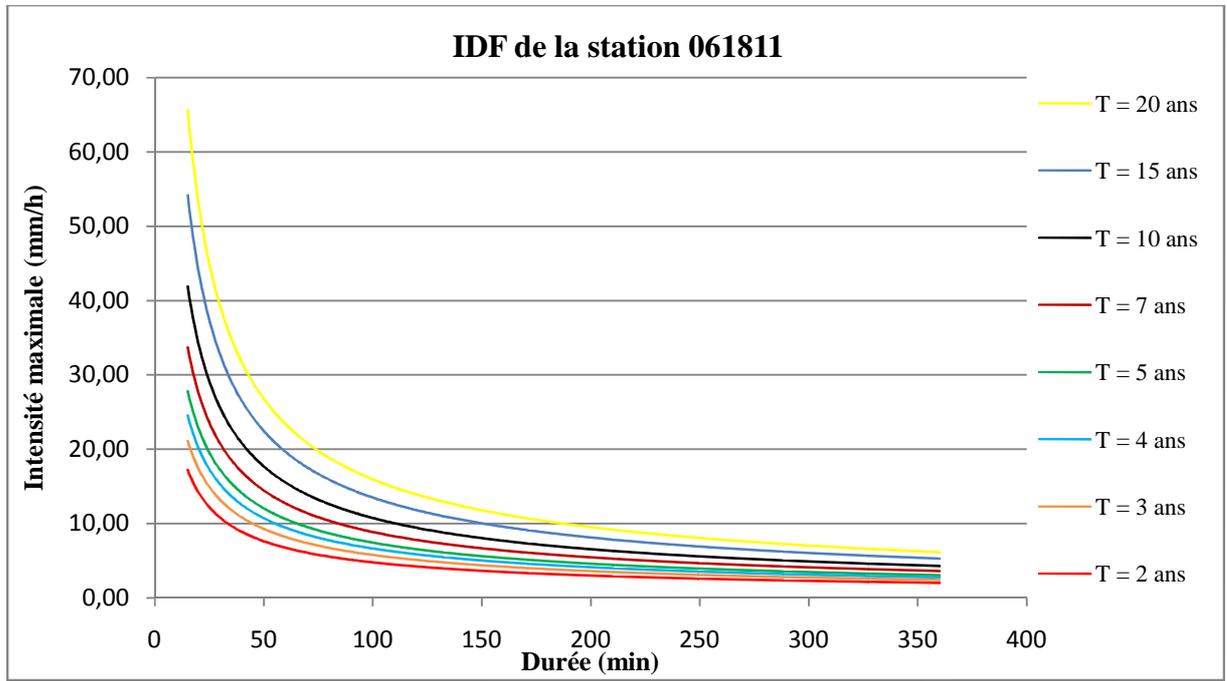


Figure IV.5 : courbes IDF de la station 061811

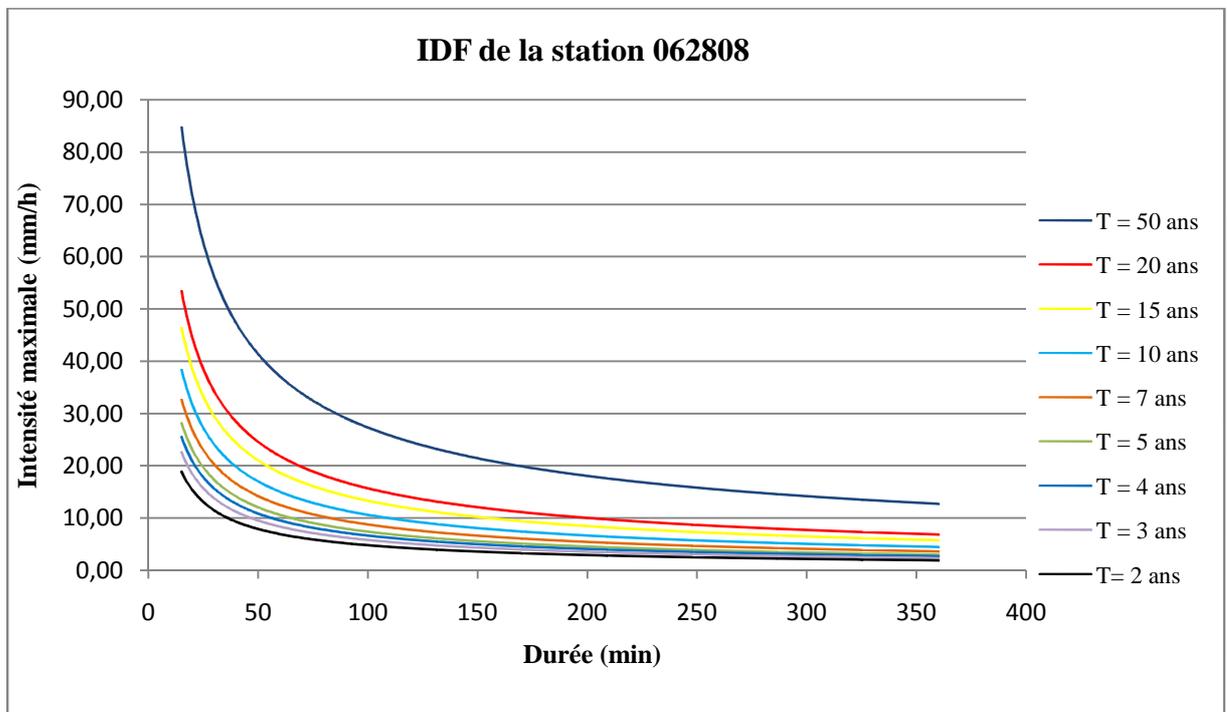


Figure IV.6: courbes IDF de la station 062808

## Chapitre IV

### Résultats et discussion

#### ✚ Par rapport aux périodes de retour

A long terme le rapport est assez important pour trois stations 061811,061805, et 062802 mais la variation de l'intensité est moins grave pour les autres stations qui sont 060602 ,062402 et 062808.

A court terme (entre deux ans et dix ans) l'évolution de l'intensité n'est pas très importante.

#### ✚ Par rapport aux durées des averses

Pour les stations 062402 et 062808 le rapport reste faible jusqu'à 60 minutes donc les intensités sont proches pour les durées moyennes inférieures à 60 minutes.

Pour les stations 060602, 061805,061811 et 062802 le rapport est un peu plus important donc le risque est plus faible pour les moyennes et longues durées.

#### IV.1.4. Hauts-Plateaux constantinois

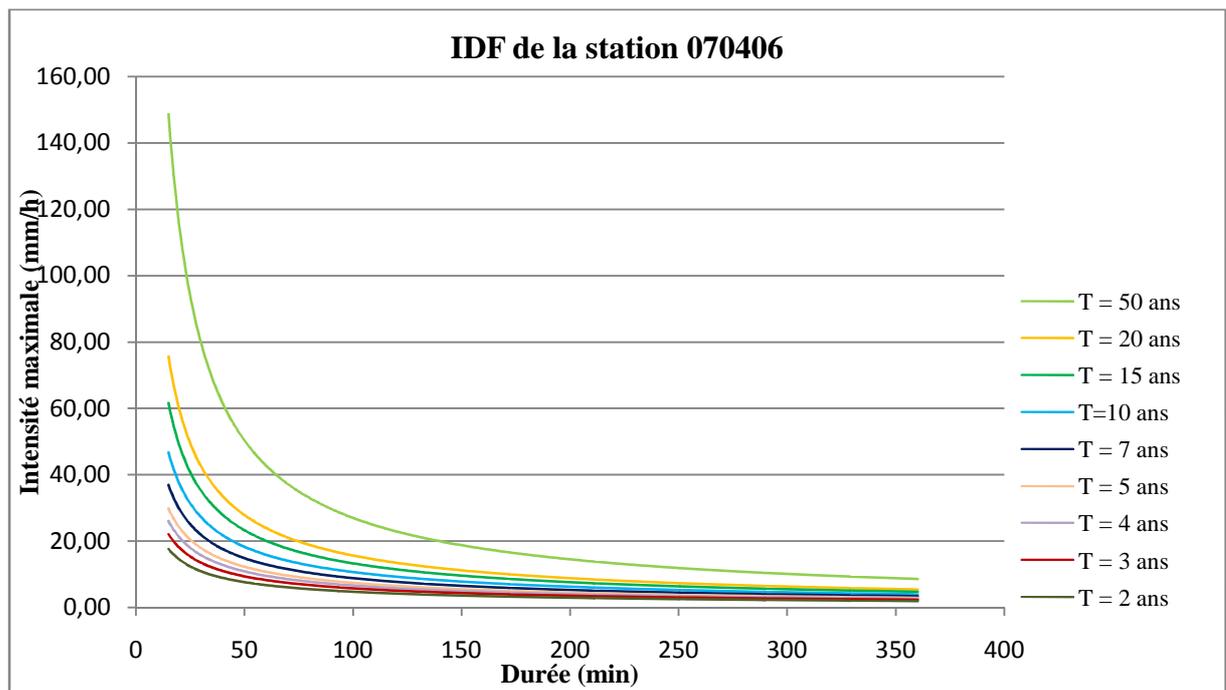


Figure IV.7 : courbes IDF de la station 070406

## Chapitre IV

### Résultats et discussion

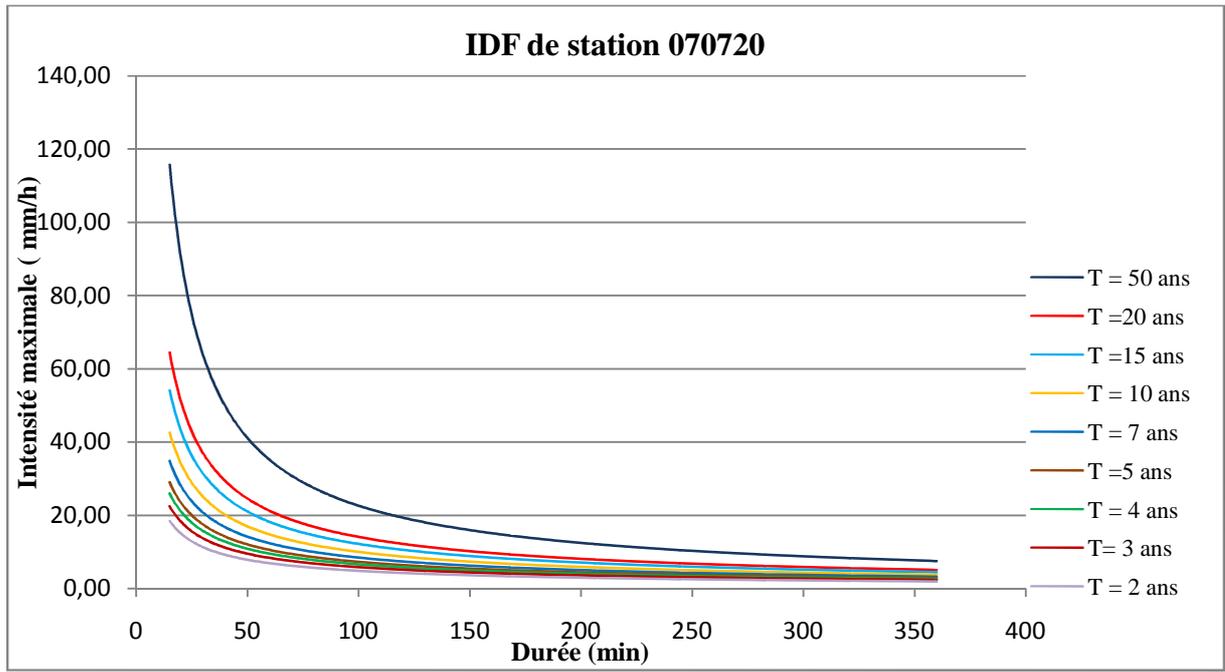


Figure IV.8 : courbes IDF de la station 070720

#### ✚ Par rapport aux périodes de retour

A long terme le rapport est important pour toutes les stations mais il est plus important dans la station 070406 que les autres stations 70604 et 070720, même pour 50/10 risque pour les périodes importantes.

A court terme il est moins important pour toutes les stations.

#### ✚ Par rapport aux durées des averses

A partir des rapports calculés, on remarque que le risque est important pour les petites durées, il diminue d'une manière plus au moins similaire (homogène) pour les trois stations de ce bassin mais il est légèrement plus important pour la station 070406 par rapport aux deux autres stations (070604 et 070720). Ce rapport n'est pas important, ce qui implique que l'importance de l'intensité reste persistante jusqu'à une durée proche d'une heure.

### IV.1.5.Kebir-Rhumel

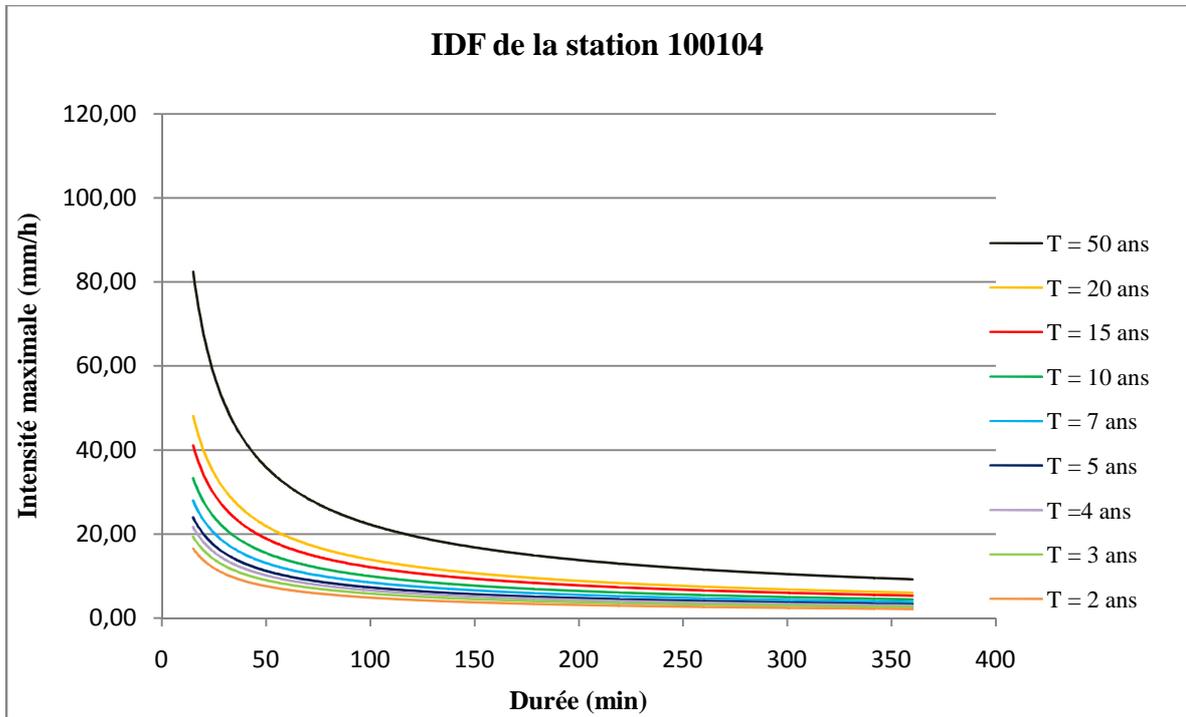


Figure IV.9 : courbes IDF de la station 100104

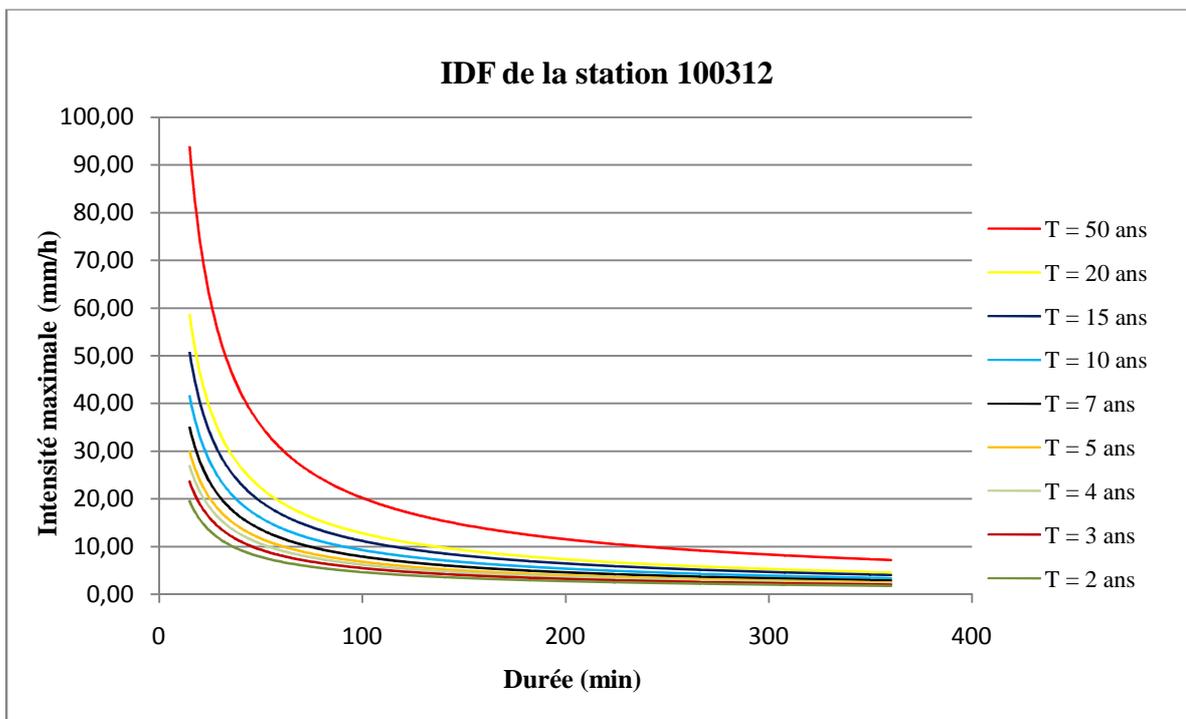


Figure IV.10 : courbes IDF de la station 100312

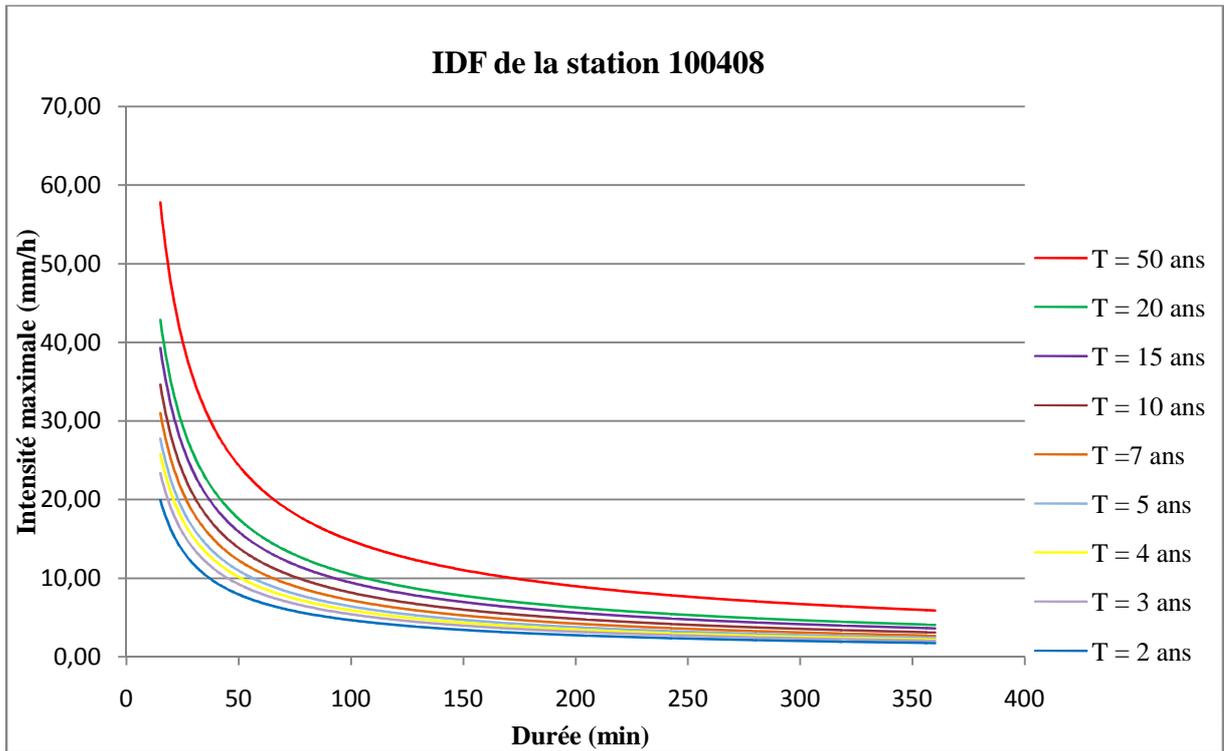


Figure IV.11 : courbes IDF de la station 100408

#### Par rapport aux périodes de retour

L'importance du rapport, ce qui signifie l'évolution de l'intensité par rapport à la période de retour varie d'une station à une autre comme suit :

Le rapport des intensités est plus élevé respectivement dans les stations 100511, 100104, 100603, 100208 et 100312.

Ce rapport est faible au niveau de la station 100408 par rapport aux autres.

A Court terme le rapport est moins important.

#### Par rapport aux durées

Pour les stations 100208 et 100312 le rapport est faible, ce qui nous indique que les pluies de longues durées sont aussi importantes que celles de courtes durées et qu'elles sont dangereuses (60 minutes).

Pour les autres stations (100104, 100408, 100511 et 100603), la diminution de l'intensité de pluie en fonction 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 importante (60 minutes et plus) ne provoquent aucun un risque ou bien que le risque est faible pour les longue durées.

IV.1.6. Medjerda

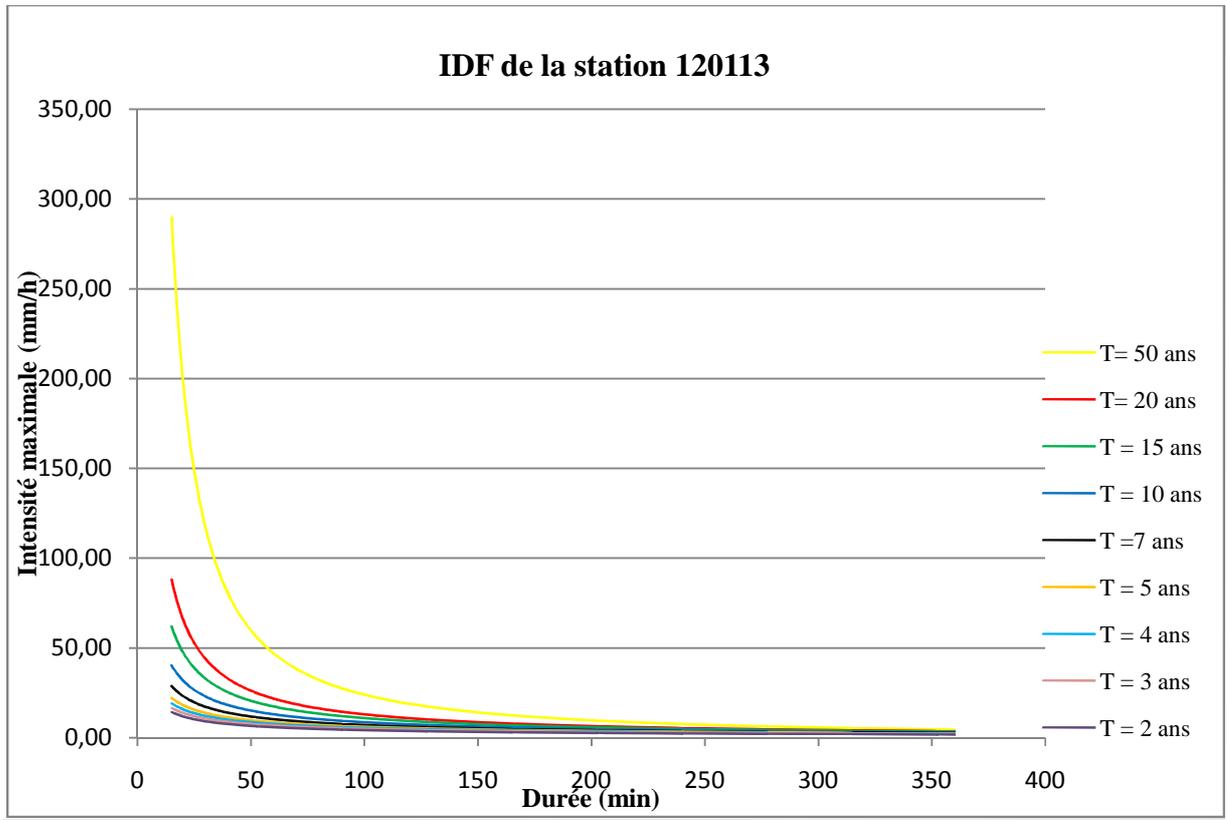


Figure IV.12 : courbes IDF de la station 120113

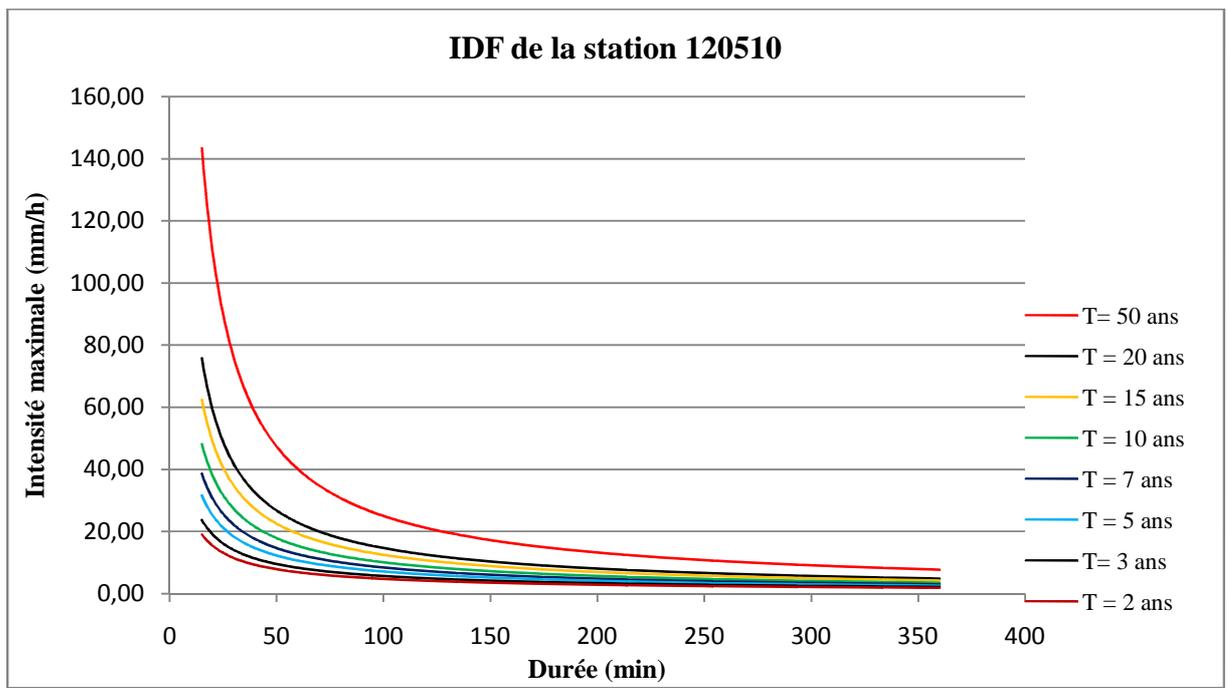


Figure IV.13 : courbes IDF de la station 120510

## Chapitre IV

### Résultats et discussion

#### ✚ Par rapport aux périodes de retour

A long terme le rapport est important pour les deux stations 120113 et 120115, il a moins d'importance aux niveaux des stations 120301 et 120510 mais il reste important comme même.

On remarque aussi qu'à court terme le même ordre d'importance est enregistré.

#### ✚ Par rapport aux durées de l'averse

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

L'intensité diminue très rapidement pour la station 120113 ;

La diminution reste remarquable en terme de durée dans la station 120115 ;

Le rapport est faible pour les stations 120301 et 120510.

#### IV.1.7.Seybouse

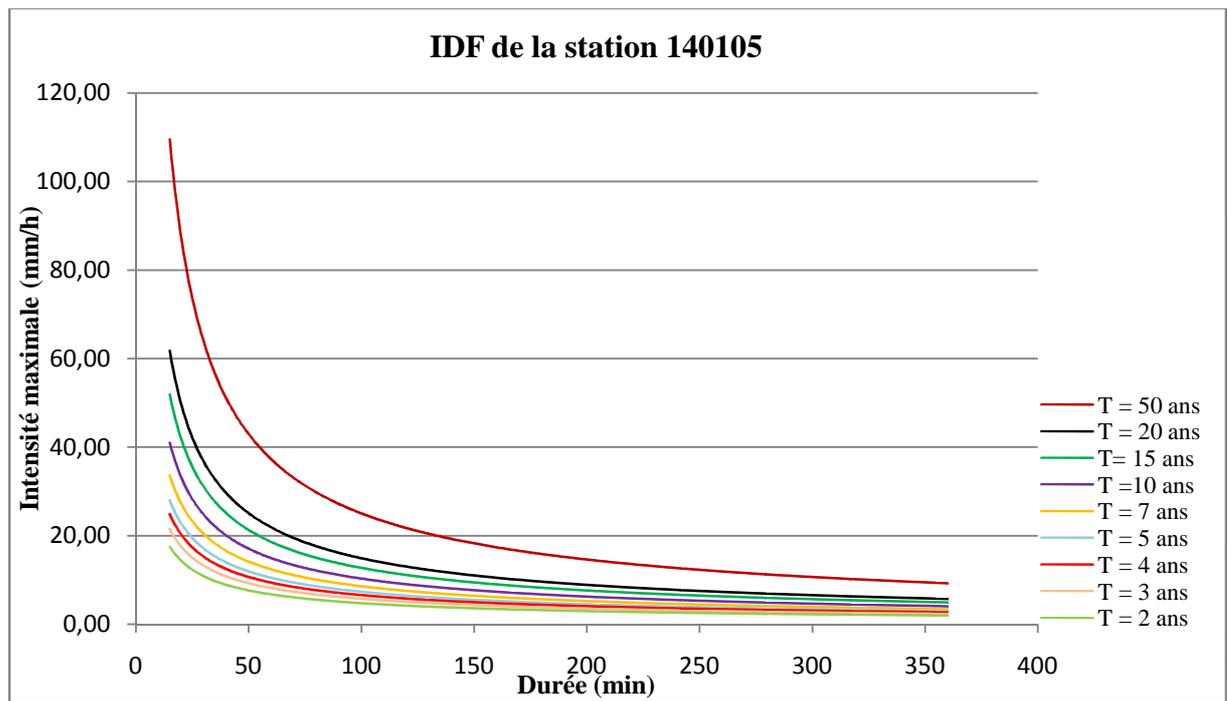


Figure IV.14: courbes IDF de la station 140105

## Chapitre IV

### Résultats et discussion

✚ Par rapport aux périodes de retour

Le rapport est relativement important pour les deux stations 140105 et 140412, mais il est plus élevé au niveau de cette dernière.

✚ Par rapport aux durées de l'averse

Le rapport est plus grand dans la station 140105 que la station 140412, le contraire est remarqué à partir d'une durée de 60 minutes

#### IV.1.8.Soummam

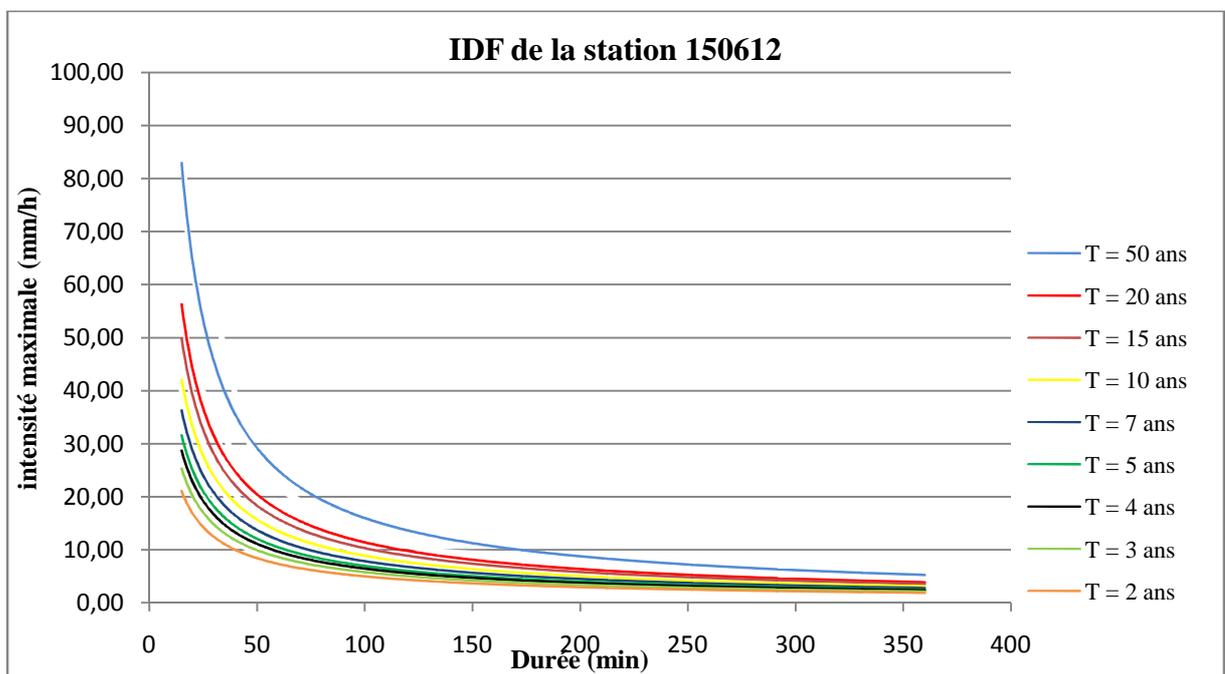


Figure IV.15 : courbes IDF de la station 150612

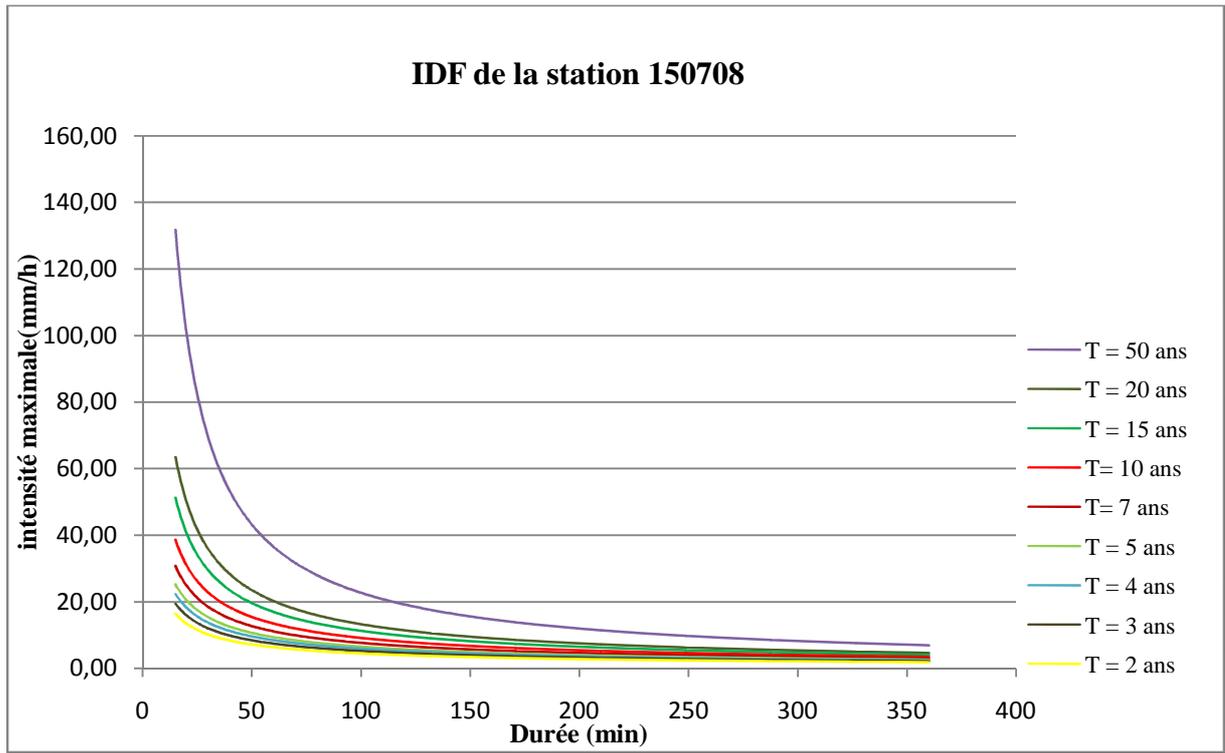


Figure IV.16 : courbes IDF de la station 150708

✚ Par rapport aux périodes de retour

A long terme la variation de l'intensité est un peu faible pour les deux stations 150612 et 150707 mais elle est assez importante pour la station 150708.

✚ Par rapport aux durées de l'averse

Pour les stations 150612 et 150708 le rapport est suffisamment grand, donc on peut dire que le risque peut se provoquer seulement pour les très courtes durées.

Ce rapport est moins important pour la station 150707, ce qui nous permet de dire que l'intensité de pluie pour les précipitations de longues durées a le même ordre d'importance que celle de courtes durées.

#### IV.2. Evaluation de l'exposant climatique

La détermination de l'exposant climatique a été faite par la méthode citée dans le chapitre III, ce coefficient est une valeur constante pour chaque station pluviométrique (région).

Les tableaux ci-dessous donnent l'exposant climatique au niveau de chaque station pluviométrique dans les huit bassins de la zone d'étude.

## Chapitre IV

### Résultats et discussion

**Tableau IV.3 :** les valeurs de l'exposant climatique pour les stations du Côtiers constantinois

<b>Station</b>	030301	030302	030303	030315	030401	030708	030905	031301	031601	031717
<b>L'exposant climatique (b)</b>	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>	<b>0.9</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>

**Tableau IV.4:** les valeurs de l'exposant climatique pour les stations de Chott Hodna

<b>Station</b>	051305
<b>L'exposant climatique (b)</b>	<b>0.8</b>

**Tableau IV.5 :** les valeurs de l'exposant climatique pour les stations de Chott Melrhir

<b>Station</b>	060602	061805	061811	062402	062802	062808
<b>L'exposant climatique (b)</b>	<b>0.8</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>	<b>0.3</b>	<b>0.8</b>	<b>0.7</b>

**Tableau IV.6 :** les valeurs de l'exposant climatique pour les stations des Hauts-Plateaux constantinois

<b>Station</b>	070406	070604	070720
<b>L'exposant climatique (b)</b>	<b>0.8</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>

**Tableau IV.7:** les valeurs de l'exposant climatique pour les stations de Kebir-Rhumel

<b>Station</b>	100104	100208	100312	100408	100511	100603
<b>L'exposant climatique (b)</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>

**Tableau IV.8:** les valeurs de l'exposant climatique pour les stations de Medjerda

<b>Station</b>	120113	120115	120301	120510
<b>L'exposant climatique (b)</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>

## Chapitre IV

### Résultats et discussion

**Tableau IV.9 :** les valeurs de l'exposant climatique pour les stations du Seybouse

Station	140105	140412
L'exposant climatique (b)	0.7	0.8

**Tableau IV.10 :** les valeurs de l'exposant climatique pour les stations du Soummam

Station	150612	150707	150708
L'exposant climatique (b)	0.8	0.7	0.8

A partir des tableaux ci-dessus on remarque une variation de la valeur de l'exposant climatique (b) que ce soit dans un même bassin ou bien entre le bassin, ce caractère revient à une relation directe avec la variation de la pluviométrie, donc cet exposant nous donne la variation spatiale de la pluviométrie (intensité) dans la région d'étude.

#### IV.3. Localisation des zones vulnérables aux inondations

A partir des résultats obtenus et leur interprétation qui a été faite pour chacun des bassins versant de la région concernée, on a pu tirer des informations sur les zones les plus sensibles aux inondations dans chaque bassin de notre région et donc on a abouti au positionnement des points sensible de la région Nord-Est du pays.

Les perceptions acquises sont les suivantes :

##### Côtiers constantinois

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

✓ la zone de la station 030303 est la zone la plus sensible, par la suite les stations 030905, 030302 et 030708 qui enregistrent une augmentation assez importante des valeurs de l'intensité, on remarque que la vulnérabilité au risque d'inondation reste permanente pour des durées d'averses assez lentes

✓ La station 030303 présente une zone de faible altitude (< 300 m) et proche de littorale (Jijel).

✓ Les autres stations sont situées à l'intérieur dans des zones d'altitude un peu plus importante.

✓ Pour la station 030708 située à l'Est du bassin avec une altitude assez importante

## Chapitre IV

### Résultats et discussion

---

(1085 m), il ya un grand nombre de cours d'eau en site à titre d'exemple Oued Guebli et Oued Fessa).

#### Chott Hodna

On remarque que la zone du bassin concerné par l'étude est très vulnérable au en terme de période de retour et pour des assez longues durées. Cette partie est située dans le Sud-Ouest de La région d'étude (Barika), avec une altitude légèrement supérieure à 300m et à Coté de l'oued Mellah.

#### Chott Melrhir

A partir de l'évolution temporelle de l'intensité maximale dans ce bassin on a tiré comme information que les zones inondables sont les localités des trois stations : 061811,061805 et 062802 qui se situent dans la partie Nord-Est du bassin à des altitudes assez importantes, le risque est minimal par rapport aux longues durées.

#### Hauts-Plateaux constantinois

Les résultats trouvés confirment que tout le bassin subie à un risque surtout à long terme, le potentiel de risque est plus important en terme de grandeur et aussi la persistance pour les longues durées qui provoquent un risque aussi important que les courtes durées

Ce risque apparaît plus sérieux pour la station 070406, qui représente une zone dont l'altitude est importante (des montagnes), elle très proche de Timgad (Wiliaya de Batna).

#### Kebir-Rhumel

Les pluies de courtes durées peuvent provoquer un risque à long et même à moyenne terme surtout dans l'entourage des deux stations 100511 et 100104 dont l'altitude est supérieure à 686 m à coté de l'oued Kercha (Ain M'LILA).

#### Medjerda

Ce bassin situe à l'Est de la région d'étude. Les stations 120113 et 120115 présentent des zones de haute sensibilité aux inondations, le risque reste existant pour les stations 120301 et 120510 mais d'une façon moins importante. Les zones qui présentent un danger sont situé dans des montagnes de la tranche intérieure du bassin.

#### Seybouse

Le bassin de Seybouse englobe une région dont laquelle les inondations présentent un risque permanent, ce risque est plus grand à coté de la station 140412 .

La station située dans le Nord-Est du bassin et de la région d'étude (Guelma) à une altitude de moyenne importance (proche de 300 m).

## Chapitre IV

### Résultats et discussion

---

#### Soummam

La station 150708 entoure la localité la plus sensible du bassin (la partie comprise dans la région d'étude), mais 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.

La station 150708 se trouve au Nord-Est du bassin altitude 1362 m à côté d'oued Bou- Sellam.

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

❖ 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 constantinois, Chott Hodna, Medjerda et Seybouse, on remarque aussi que d'une manière globale ce risque augmente de l'ouest vers l'Est (le bassin de Medjerda) et de l'intérieur vers le littorale (Côtiers constantinois).

#### Conclusion

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

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

## **Chapitre IV**

---

### **Résultats et discussion**

---

# **Conclusion générale**

---

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

L'objectif général de ce travail était de faire une prévision des inondations dans le Nord-Est du pays à partir de la modélisation des courbes IDF toute en basant sur les données pluviométriques enregistrées aux niveaux des stations pluviométriques de la région

Le travail a été fait suivant les étapes ultérieures :

La définition des notions relatives aux courbes IDF et donner une synthèse sur les travaux qui ont été fait sur ce sujet.

Après avoir fait l'étude bibliographique, on a passé à la présentation de notre région d'étude en situant ces différentes caractéristiques : géomorphologie, topographie, climat et réseau hydrographique.

Comme troisième étape une modélisation des courbes IDF a été faite, La méthode consiste a trouvé 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 tracé les courbes IDF suivant le modèle de Montana et déterminé l'exposant climatique pour chaque station.

L'interprétation des résultats conduit à la localisation des zones vulnérable au risque d'inondation dans la région Nord-Est de l'Algérie, ce dernier est plus pour les zone littorale et qui situé au coté Est de la région concerné par l'étude

Finalement, le présent document peut servir les décideurs à gérer la situation vis-à-vis le risque violant d'inondation au niveau de notre zones d'étude.

---

# **Références bibliographiques**

---

## Références Bibliographiques

---

### Références Bibliographiques

- ABDOU et AL**, 2004 ; Modélisation de l'invariance d'échelle des champs de pluie sahéliens Application aux algorithmes d'estimation et aux études de variabilité climatique, thèse de doctorat.
- AÏT-MESBAH SONIA**, 2012 ; Analyse du comportement hydrologique du bassin versant de l'Orgeval : tendance sur les cinquante dernières années. Université Pierre & Marie Curie Paris VI, UMR Sisyphe, Paris, France.
- ANDRE MUSY, CHRISTOPHE HIGY** ,1998 ; Hydrologie Appliquée. Editions \*H\*G\*A\*, Bucarest.
- AZERKI OULD AMARA**, 2006 ; Analyse Des Données Hvdro-Pluviometriques Sur Bassins Versants En Algérie Bassin Versant N° 9: Oued Isser.
- AZZAZ RAHMANI FATMA ZOHRA**, 2016 ; thèse de magister régionalisation de la sécheresse en Algérie orientale, 105p.
- BERDANE KHAYRA**, 2016 ; Crues et inondations en zone aride : cas du bassin de l'oued Deffa dans le sud-ouest Algérien. MEMOIRE DE MAGISTER (ENSH).
- BEN-ZVI A**, 2009 ; Rainfall intensity-duration-frequency relationships derived from large partial duration series. Journal of Hydrology 367, pp.104-114.
- BOUDOUKHA .A et MESSAID.B**, 2014 ; Caractérisation électrique des formations aquifères de l'Est algérien, Courier du savoir – N° 18, pp.77-82.
- BOUKHELIFA .M**, 2011 ; Contribution à la modélisation de la relation « pluie débit » en absence de données hydrométriques : cas d'une zone urbaine (ville deTipaza). Thèse de magister, (ENSH).
- CHRISTOPHE ANCEY**, 2008 ; 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.
- DEFRANCE**, 2009 ; Plan de prévention des risques naturels d'inondation (PPRNi) Brévenne – Turdine. Compte-Rendu de la 1èrereunion publique le 1er octobre 2009 à Tarare. Chef de Service Environnement Risques et Développement durable (SERDD). 16p.
- FARAH ABDELHAFIDKARIMI**, 2014 ; Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est algérien Thèse Magistère en Ecologieet Environnement.
- GAUME.E**, 2002 ; Un parcours dans l'étude des phénomènes extrêmes en hydrologies. Mémoire. H.D.R. Ecole National des Ponts et Chaussées.

## Références Bibliographiques

---

**LABORDE.J.P**, 2000 ; Eléments d'hydrologie de surface. L'Université de Nice-Sophia Antipolis, Edition Centre National de la Recherche Scientifique (C.N.R.S), pp.8-137.

**KHELFI MOHAMED EL AMINE**, 2012 ; pour obtenir le grade de l'Etude 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).

**KINGUMBI AHMADI, MAILHOT ALAIN**, 2010 ; Courbes Intensité–Durée Fréquence (IDF): comparaison des estimateurs des durées partielles et des maximums annuels, Hydrological Sciences Journal, 55:2, pp.162-176.

**KOUTSOYIANNIS.D**, 2004 ; Statistics of extremes and estimation of extremerainfall: II. Empirical investigation of long rainfall records. Hydrological Sciences Journal, 49(4), pp.591-610.

**KRAJEWSKI BERTRAND** et *AL*, 2000 ; Cours d'Hydrologie Urbaine Partie 2 : La pluie. Paris (France) : éditions du Seuil (15/03/2007).

**LAHLAH.S**, décembre 2004 ; Actes des Journées Techniques/ Risques Naturels: Inondation, Prévision, Protection /Batna.

**MEBARKI.A**, 2009; Ressources en eau et aménagement en Algérie. Les bassins hydrographiques de l'Est Office des publications universitaires, Algérie ,389p.

**MEYLAN.P** et **MUSY.A** ,1999 ; Hydrologie fréquentielle. Editions .HGA, Bucarest.Hongrie.

**MEYLAN.P**, 2002 ; Courbes intensité-durée-fréquence (IDF), Proposition d'un modèle global. AIC Ingénieurs conseils SA, Lausanne, pp.1-9.

**MOHYMONT BERTRAND** et **GASTON R**, 2006 ; Courbes intensité–durée–fréquence des précipitations à Yangambi, Congo, au moyen de différents modèles de type Montana, Institut Royal Météorologique, Avenue Circulaire 3, B-1180 Bruxelles, Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques, 51(2), 239p.

**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.

**NIOX.C** ,1980 ; géographie militaire ;2<sup>ème</sup> édition, Algérie et Tunisie.

**ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE**, 1994 ; Guide Des pratiques Hydrologiques; acquisition et traitement des données, analyses, prévision et autres applications. Cinquième édition OMM N : 168p.

## Références Bibliographiques

---

**PAUL MEYLAN**, 2005 ; Courbes intensité-durée-fréquence (IDF) Proposition d'un modèle global.

**SALAHEDDINE EL ADLOUNIET BERNARDBOMBEE**, 2014 ; Analyse fréquentielle hydrologique : logiciel HYFRAN-Plus (version-V2.1).

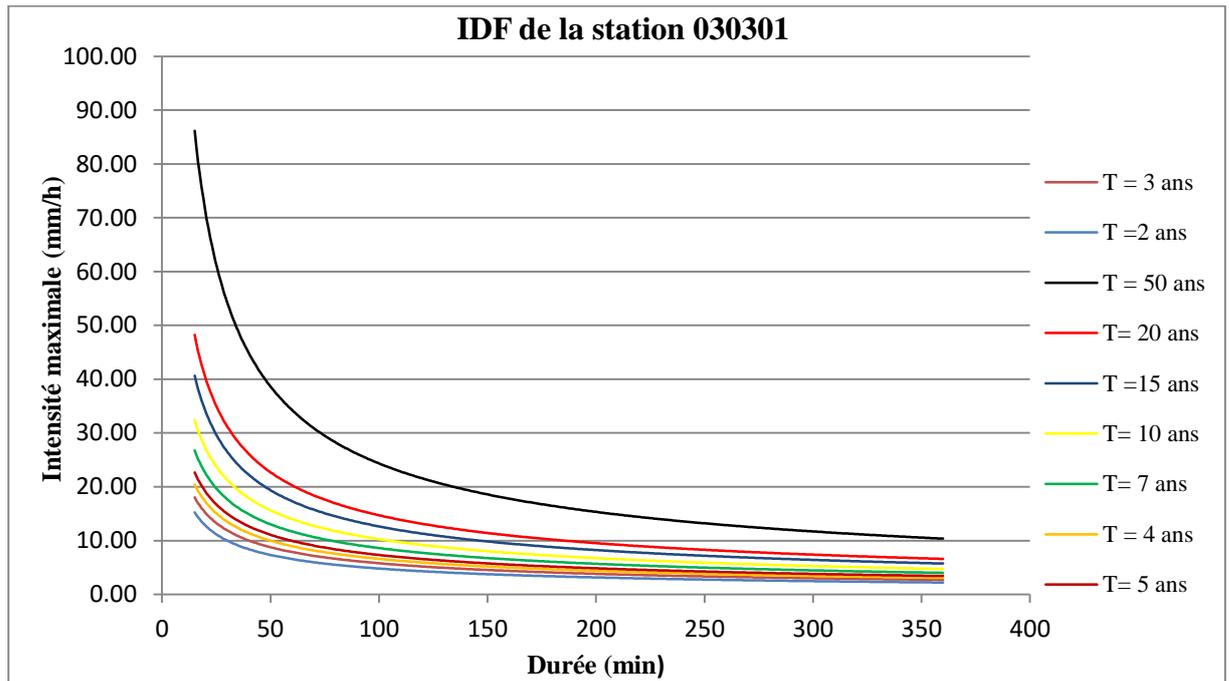
**ZOBIRI FOUZIA**, 2012 ;développement des courbes IDF dans la région centre-ville de soumaa, mouzaia et oued zeboudj ,mémoire magister (ENSH).

---

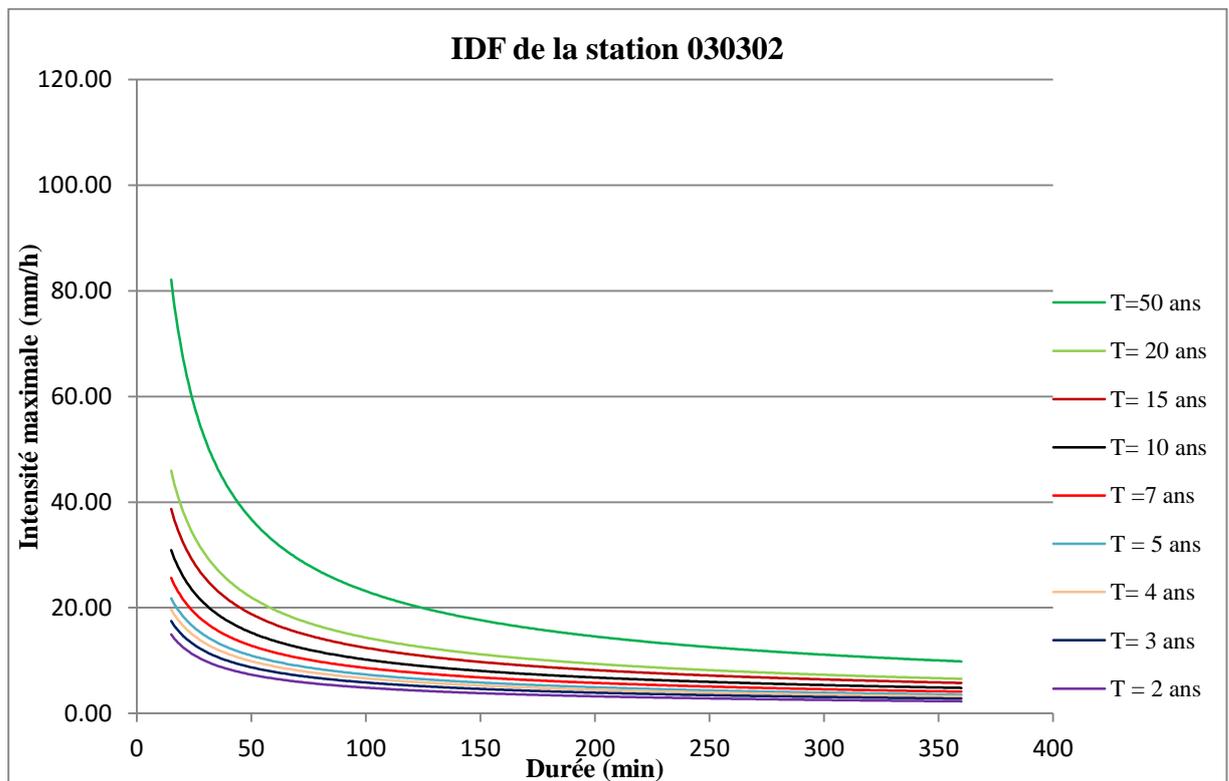
# **Annexes**

---

## Annexe I

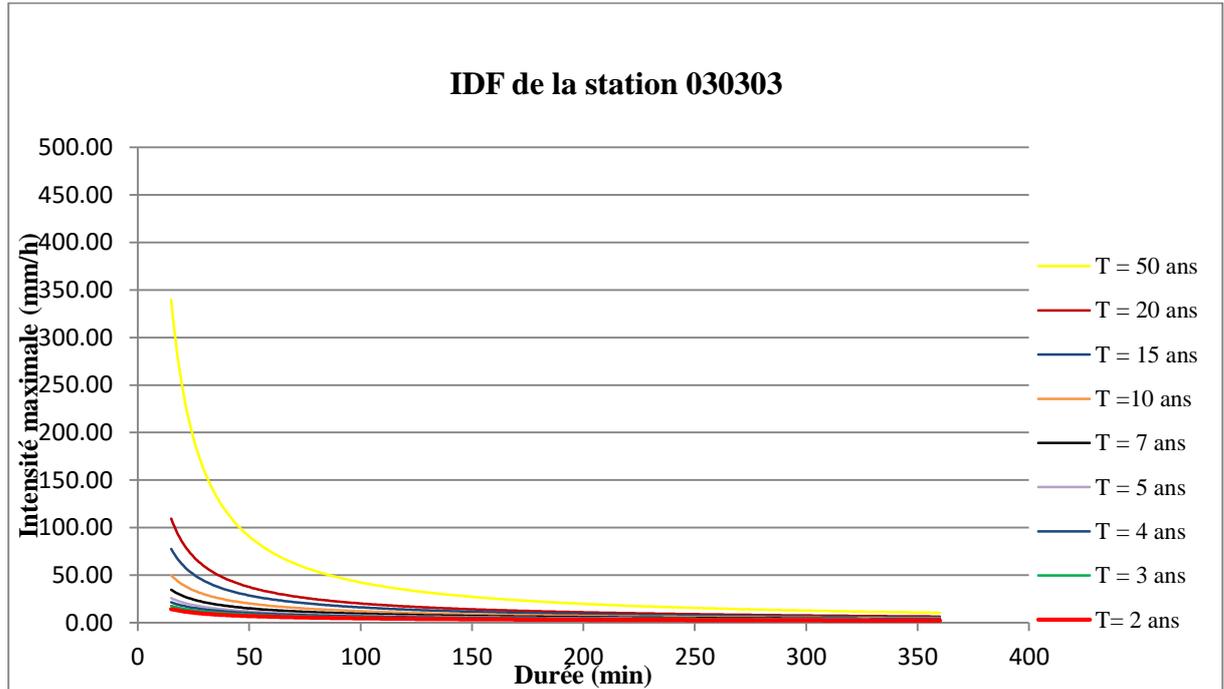


**Figure 1** : courbes IDF de la station pluviométrique 030301

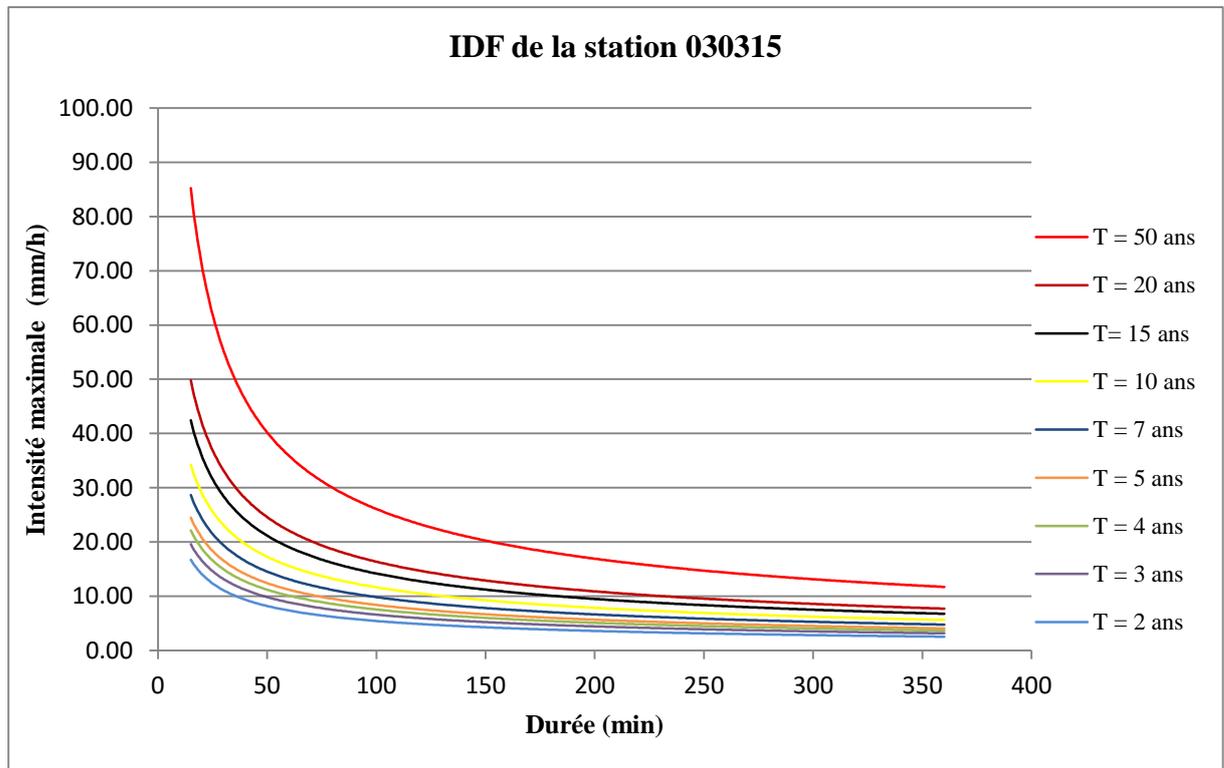


**Figure 2** : courbes IDF de la station pluviométrique 030302

## Annexe I

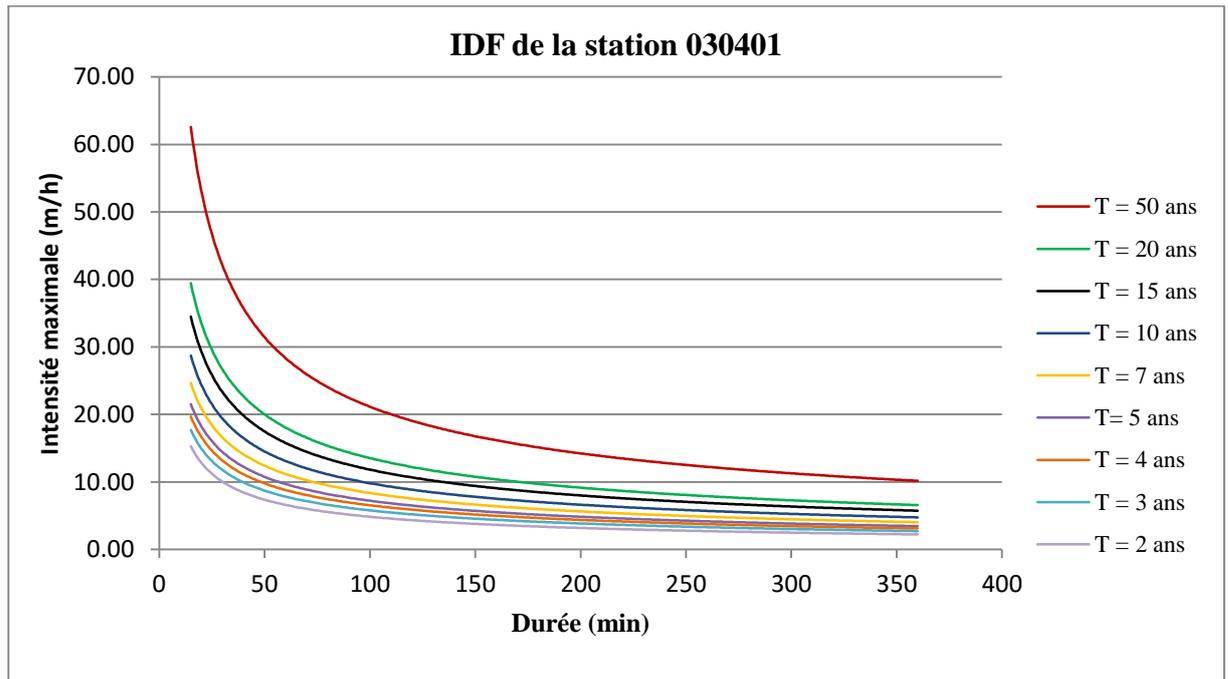


**Figure 3 :** courbes IDF de la station pluviométrique 030303

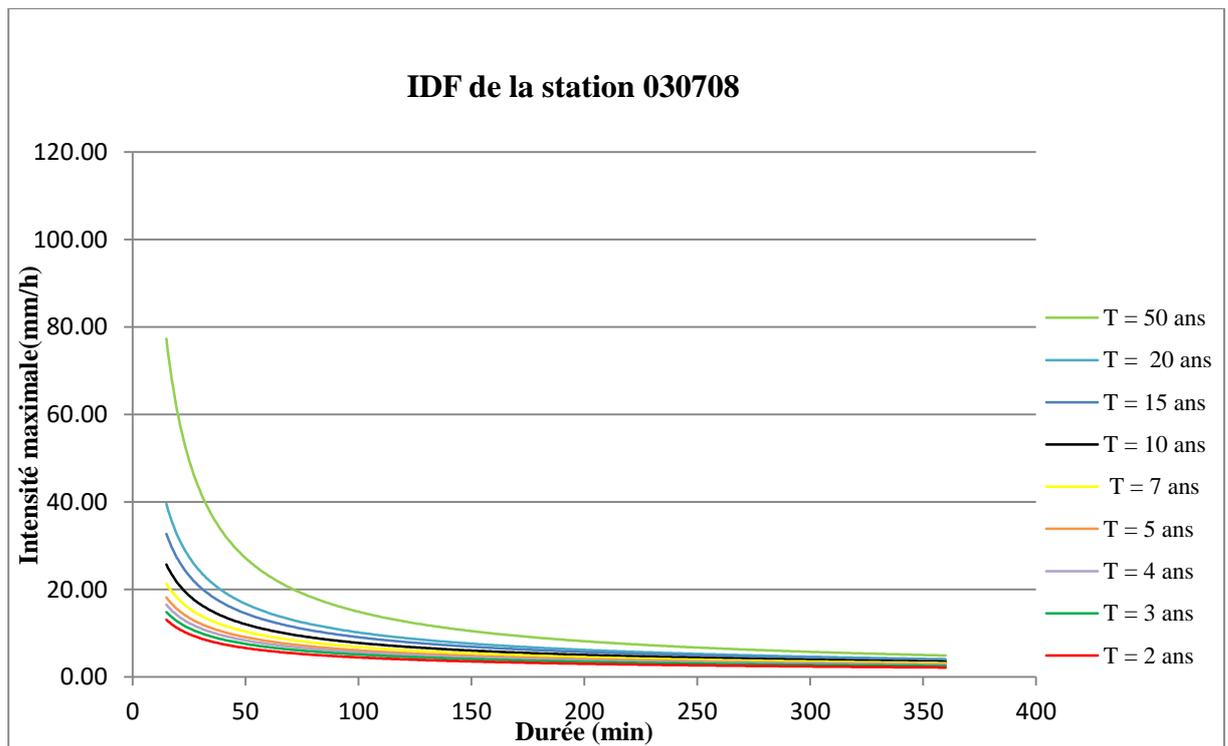


**Figure 4 :** courbes IDF de la station pluviométrique 030315

## Annexe I



**Figure 5:** courbes IDF de la station pluviométrique 030401



**Figure 6 :** courbes IDF de la station pluviométrique 030708

## Annexe I

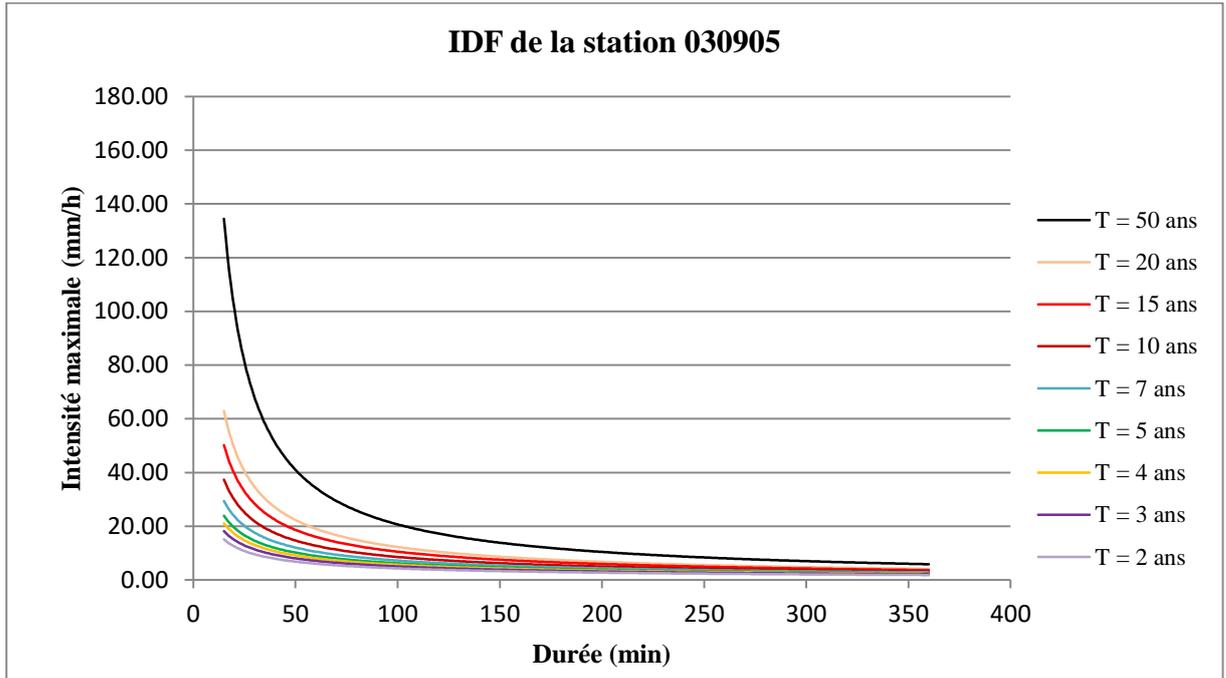


Figure 7 : courbes IDF de la station pluviométrique 030905

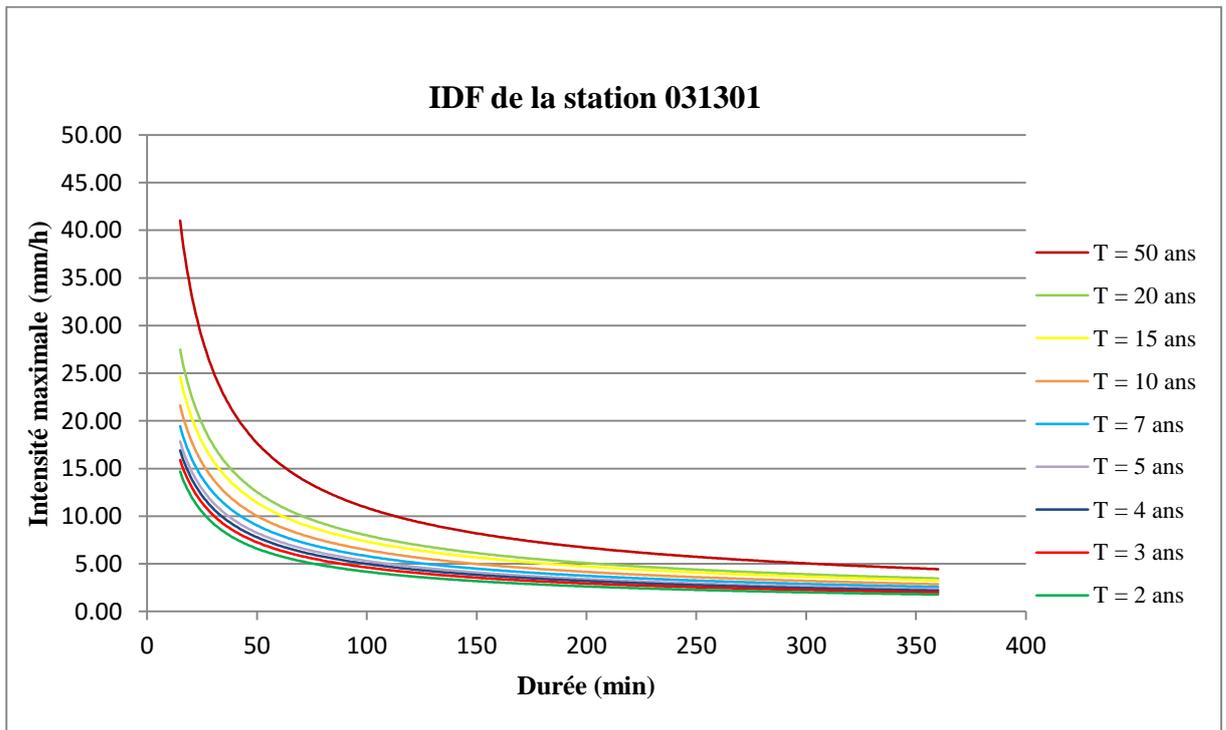
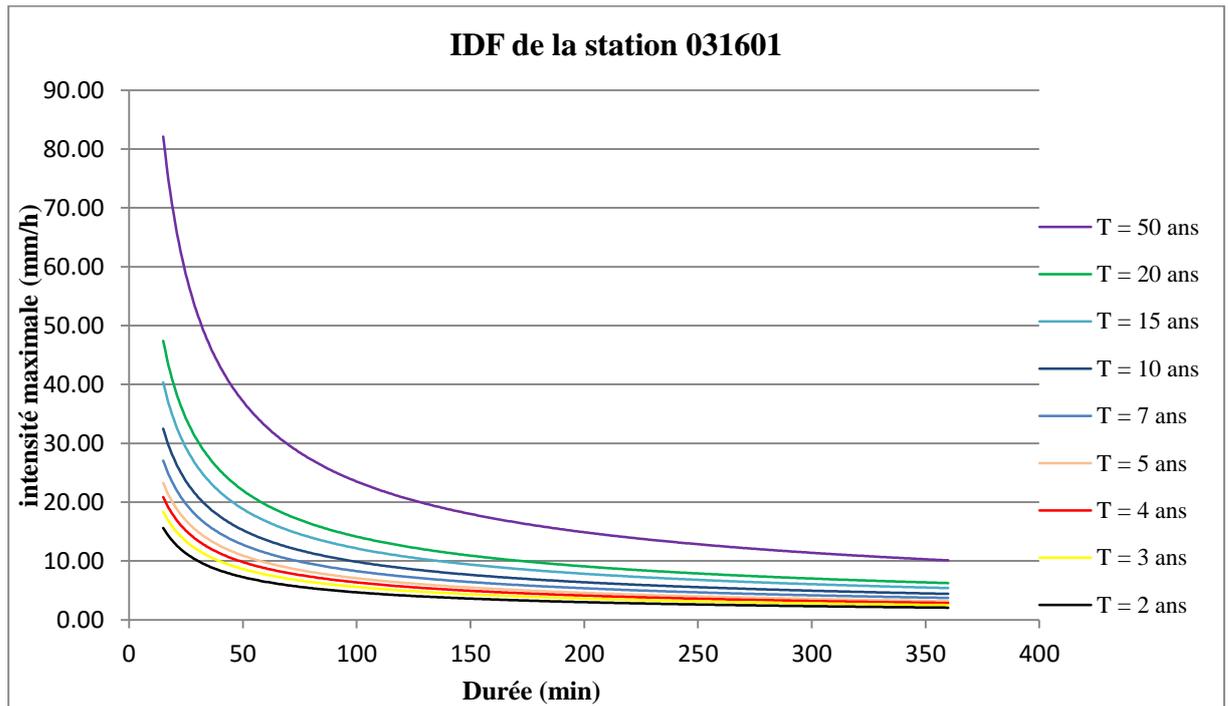
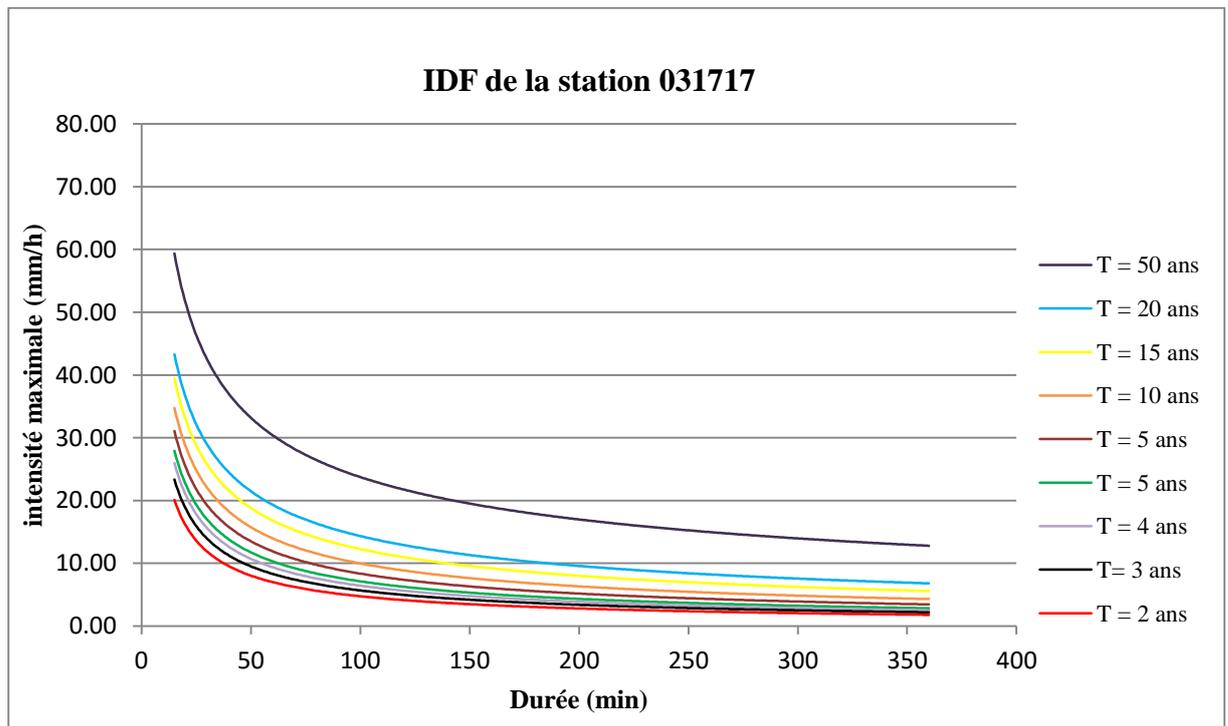


Figure 8 : courbes IDF de la station pluviométrique 031301

## Annexe I

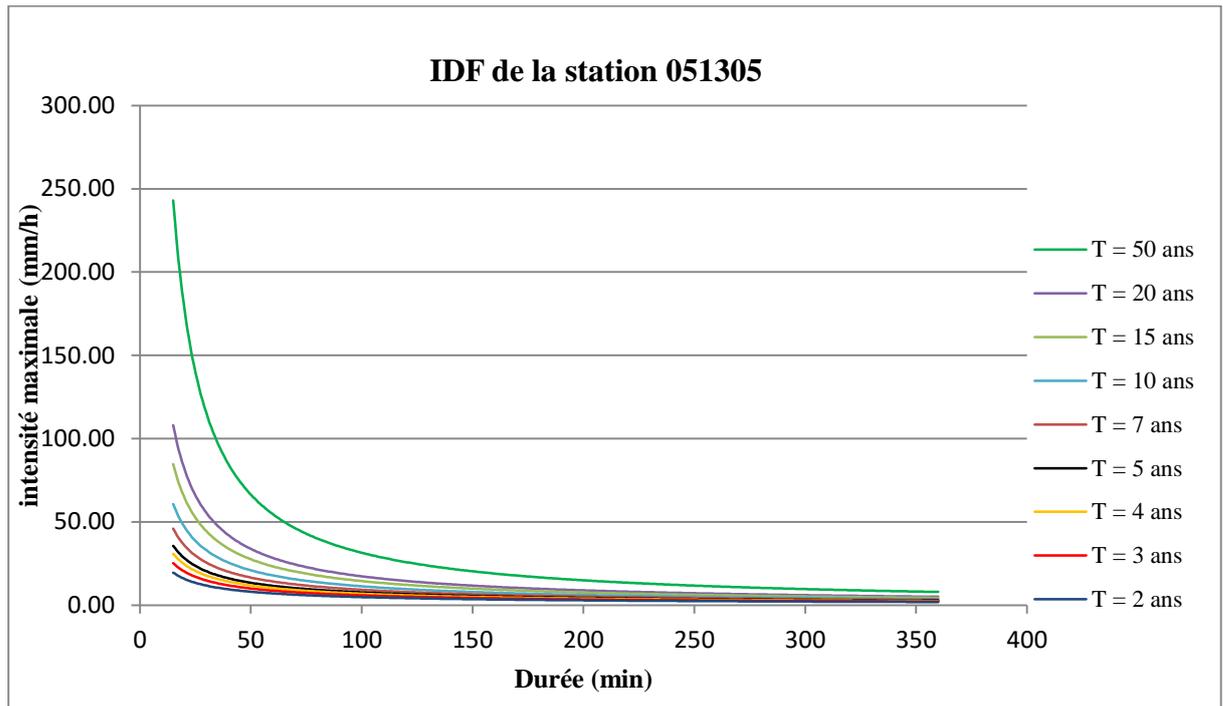


**Figure 9** : courbes IDF de la station pluviométrique 031601

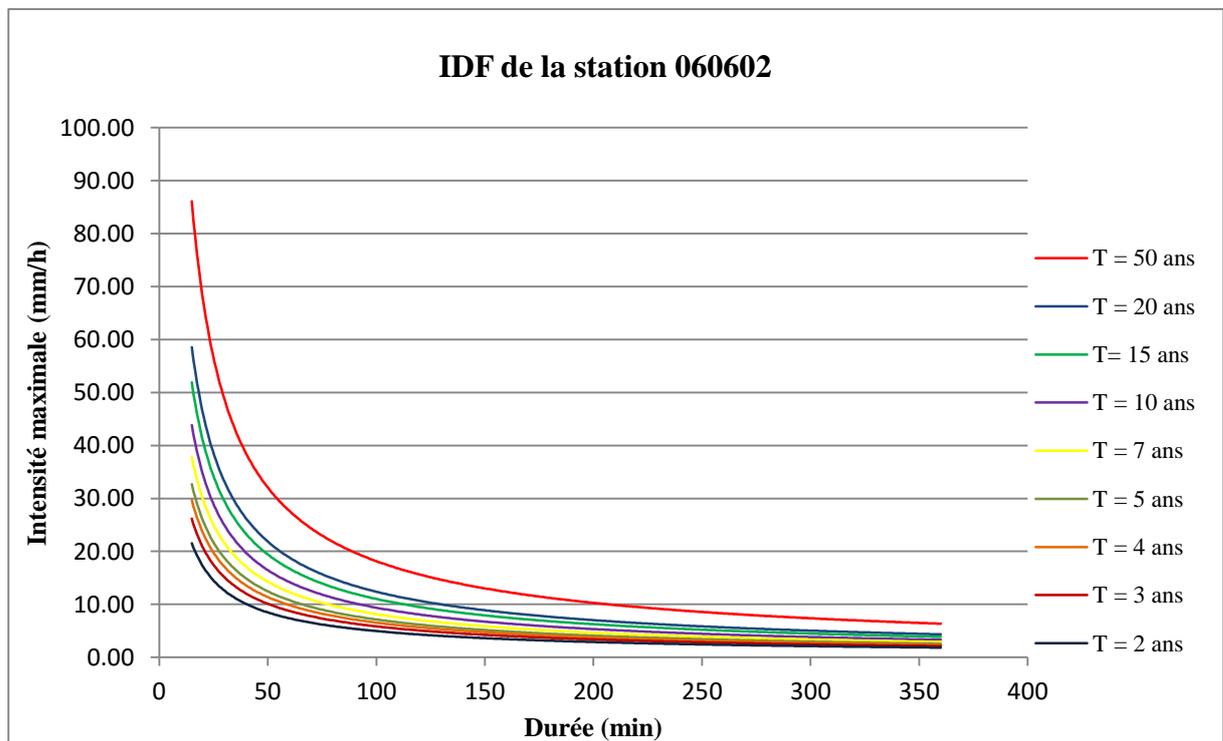


**Figure 10**: courbes IDF de la station pluviométrique 031717

## Annexe I

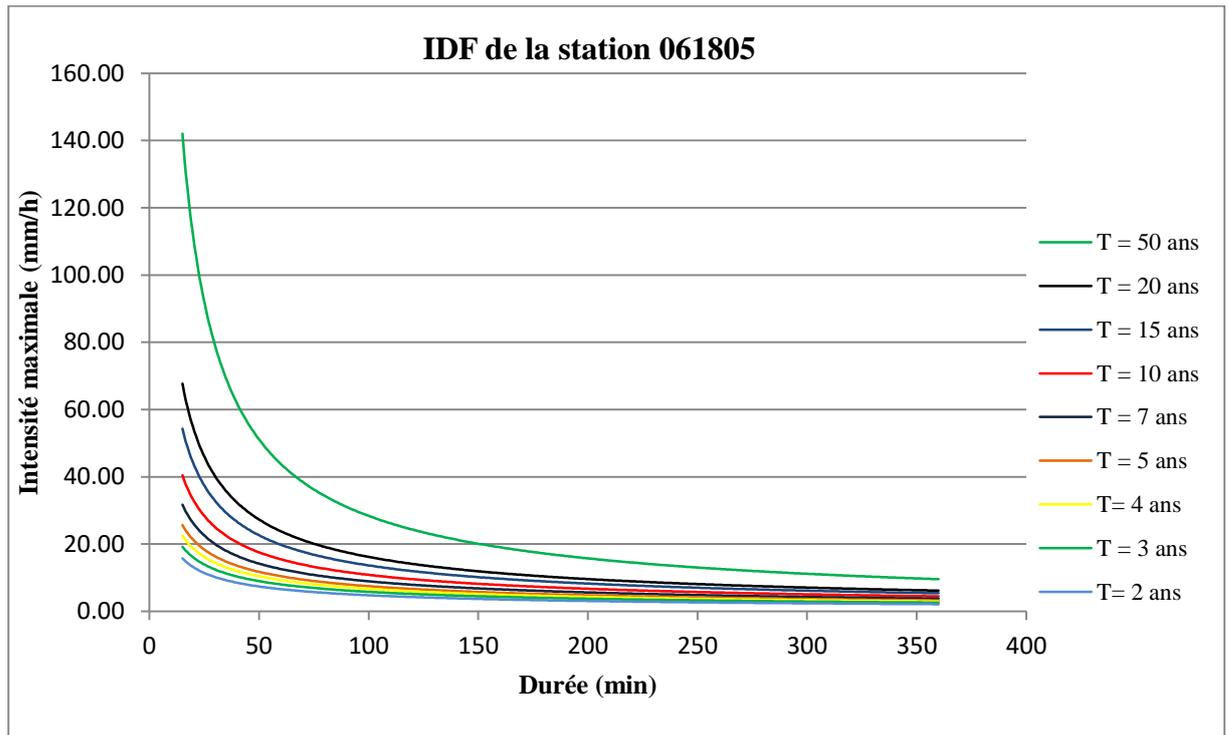


**Figure 11** : courbes IDF de la station pluviométrique 051305

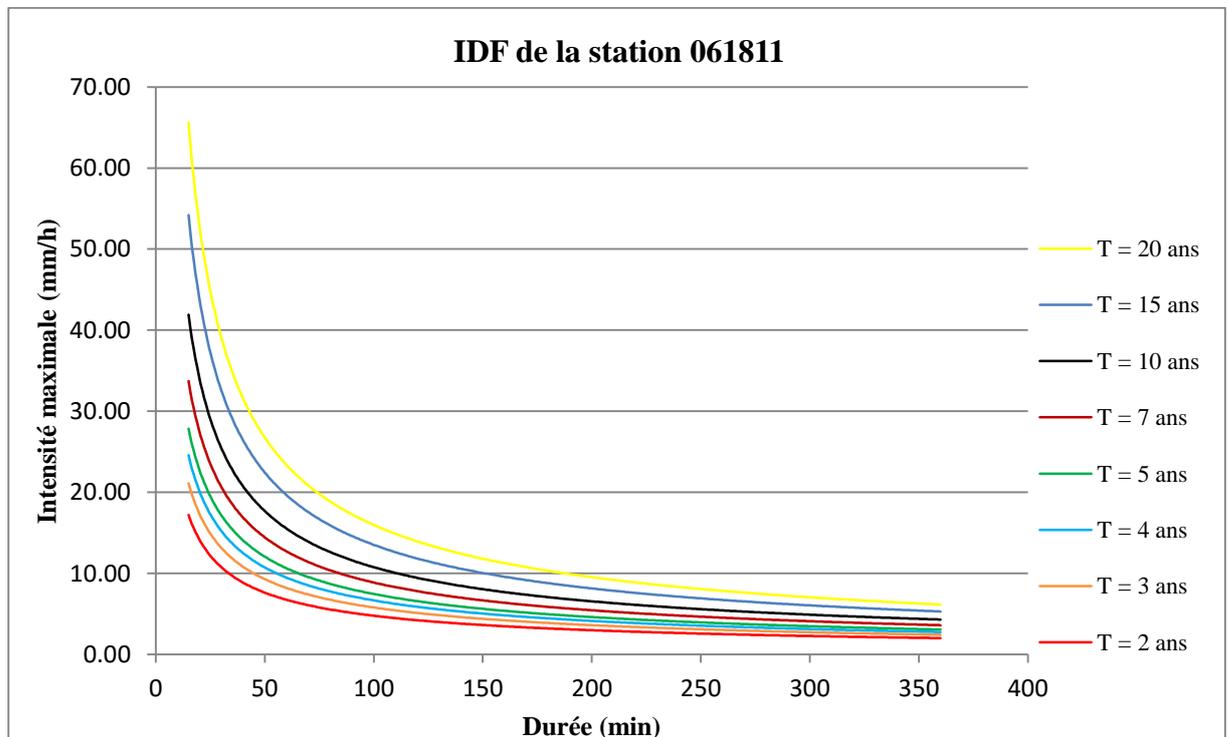


**Figure 12** : courbes IDF de la station pluviométrique 060602

## Annexe I

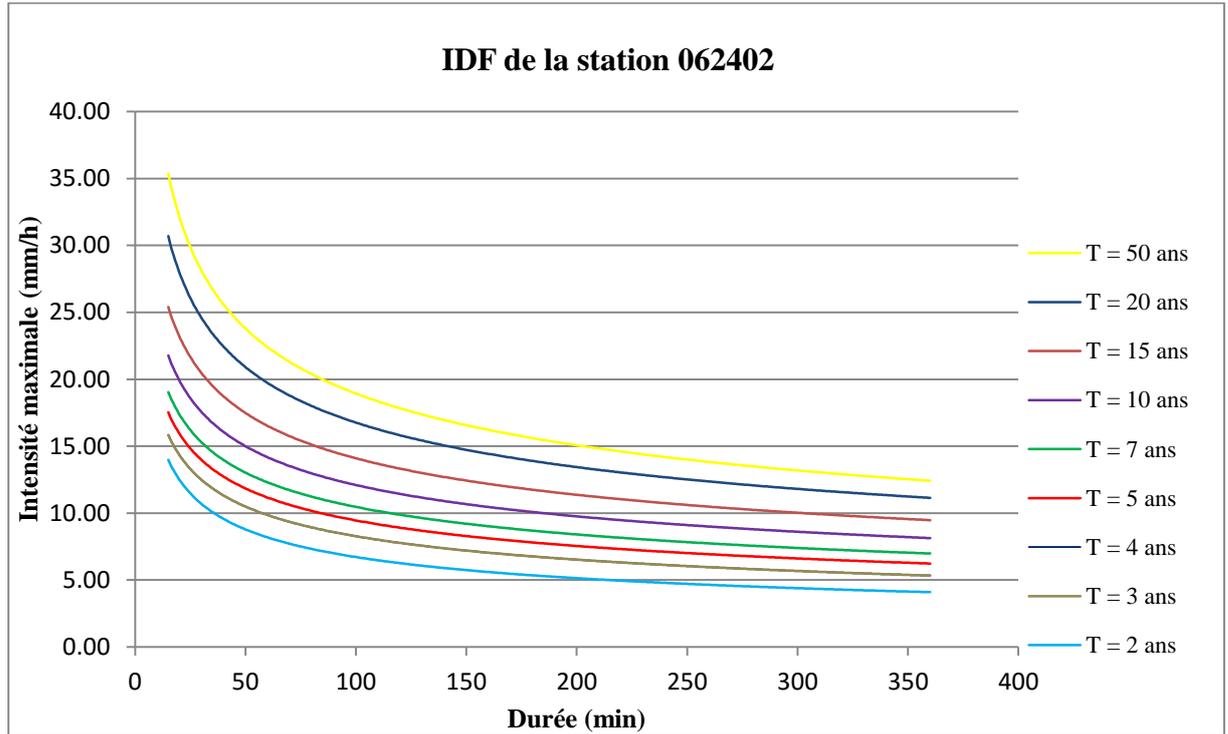


**Figure 13:** courbes IDF de la station pluviométrique 061805

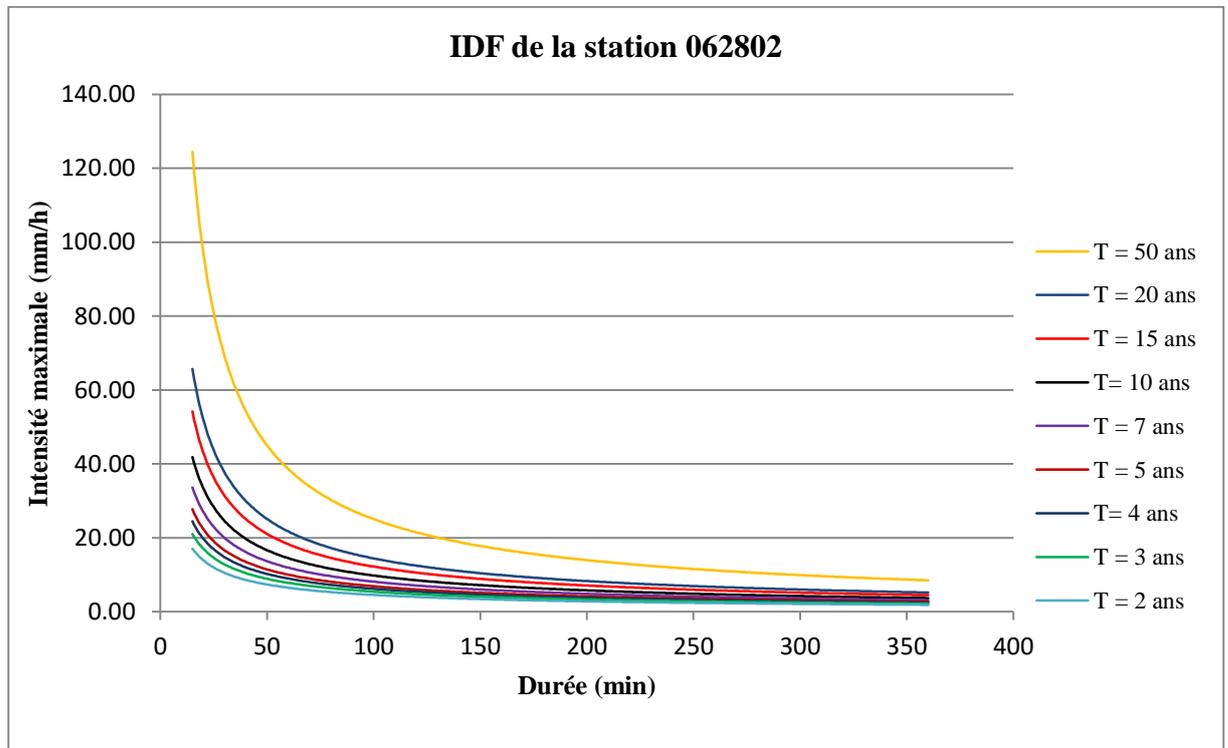


**Figure 14 :** courbes IDF de la station pluviométrique 061811

## Annexe I

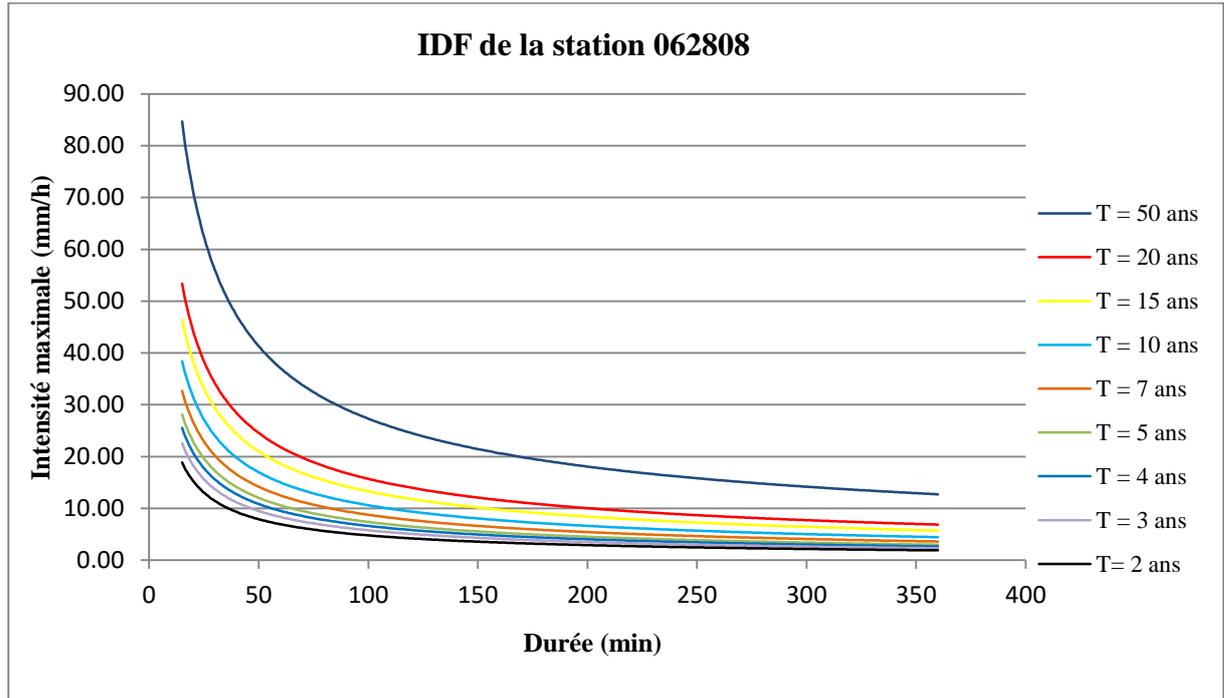


**Figure 15 :** courbes IDF de la station pluviométrique 062402

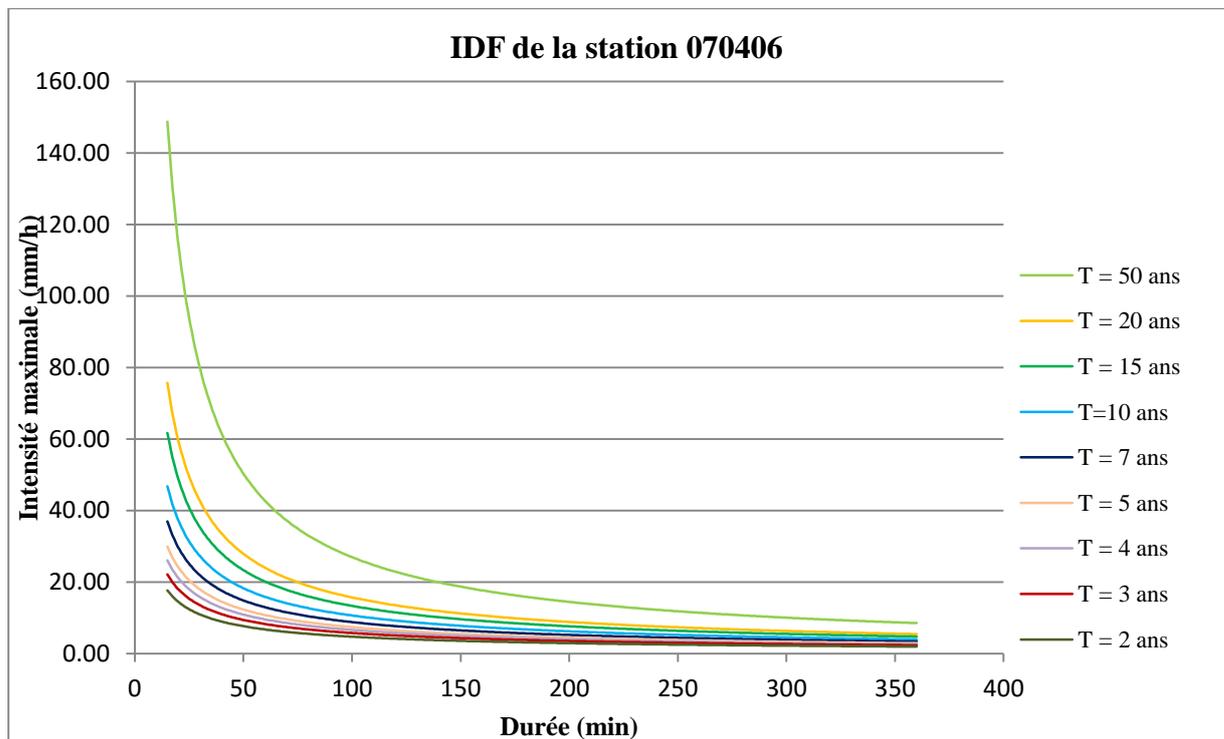


**Figure 16 :** courbes IDF de la station pluviométrique 062802

## Annexe I

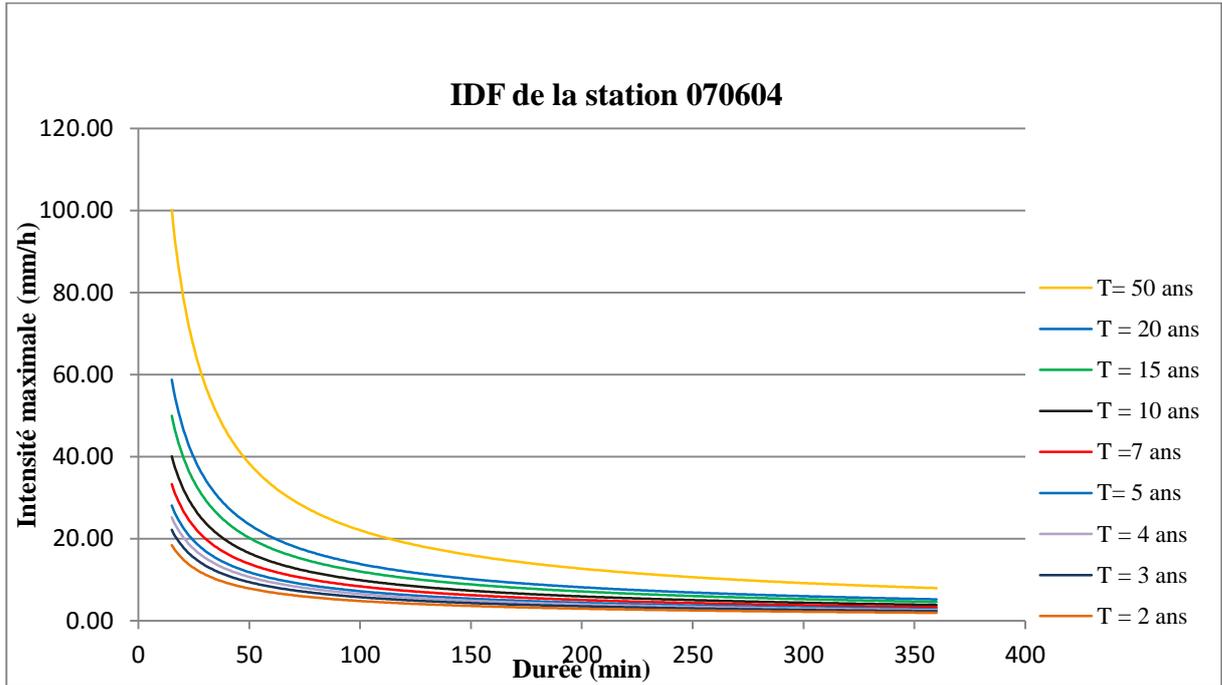


**Figure 17** : courbes IDF de la station pluviométrique 062808

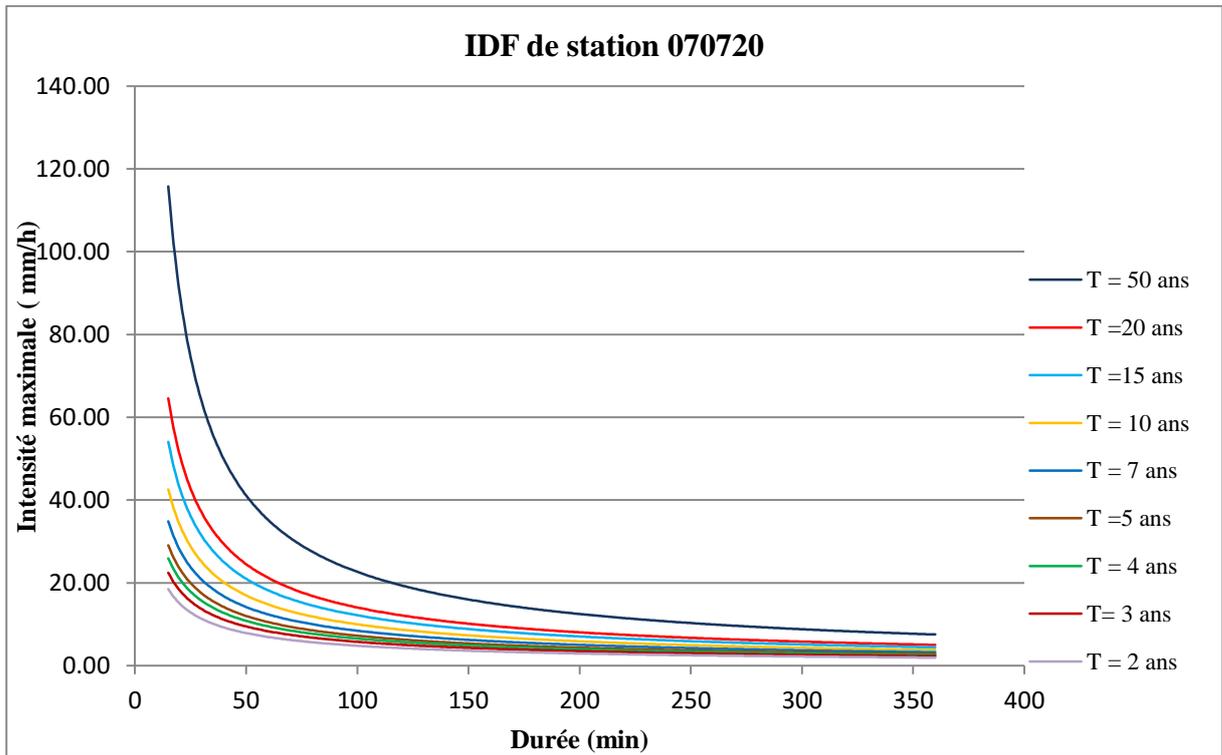


**Figure 18** : courbes IDF de la station pluviométrique 070406

## Annexe I

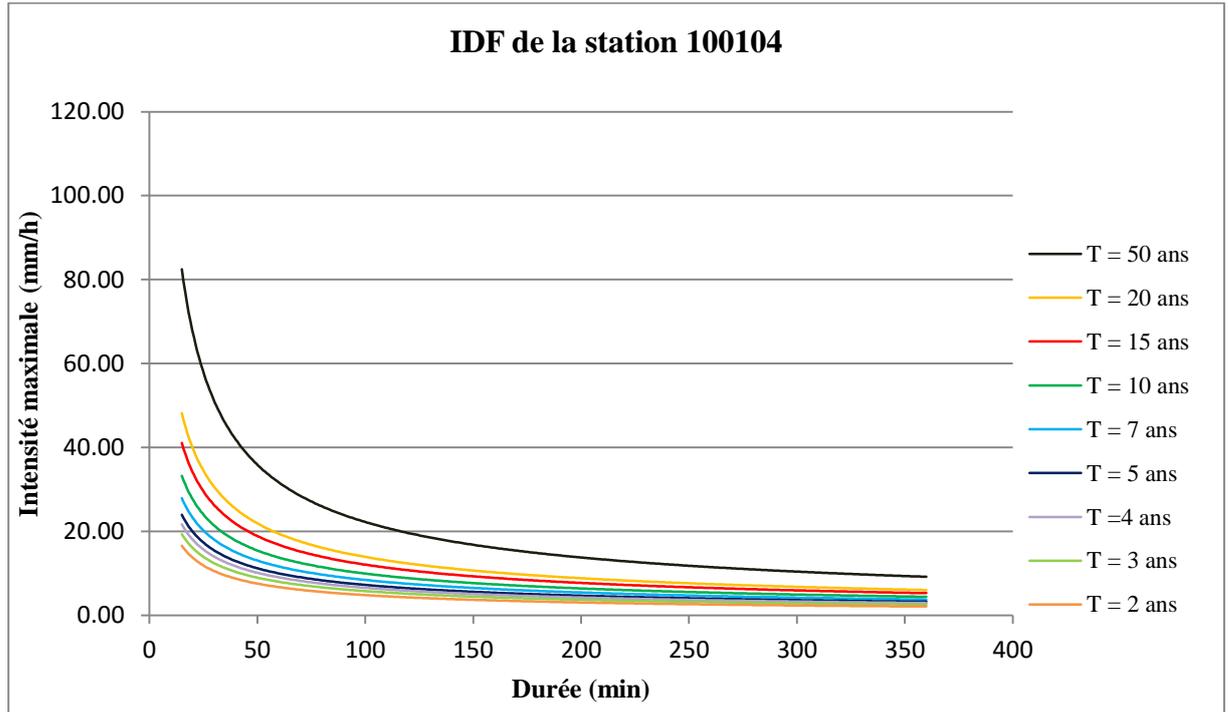


**Figure 19** : courbes IDF de la station pluviométrique 070604

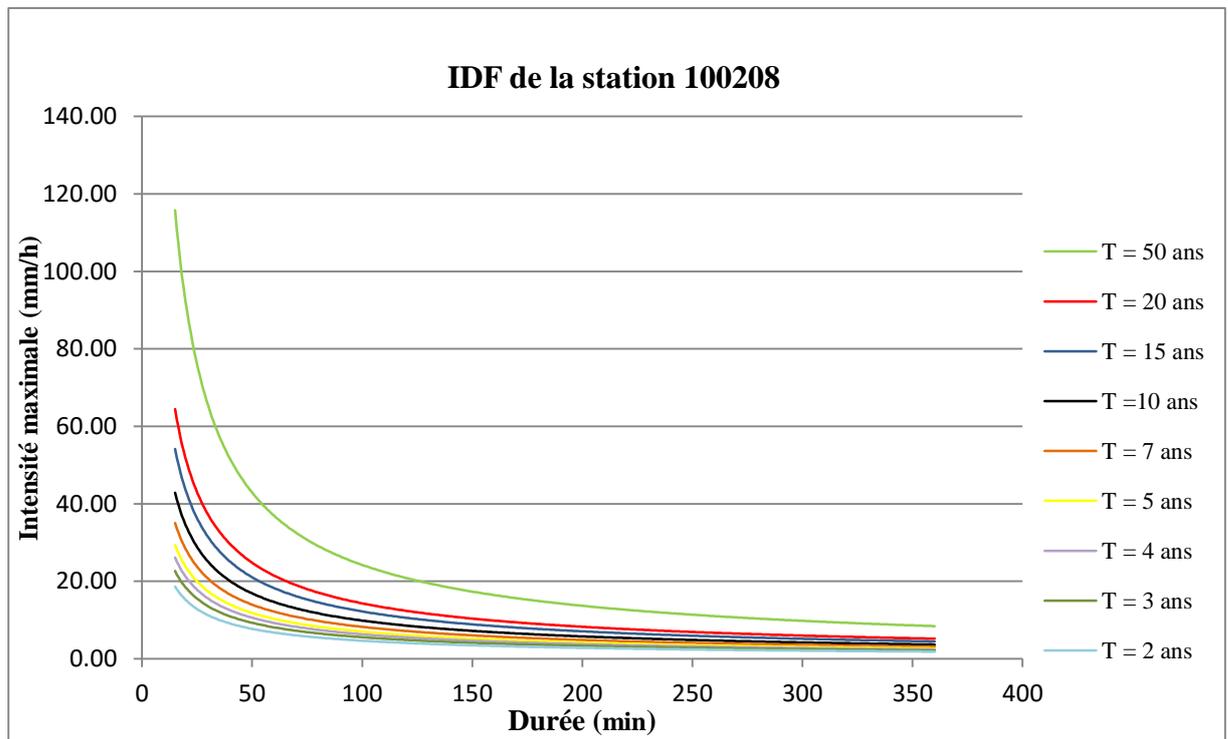


**Figure 20** : courbes IDF de la station pluviométrique 070720

## Annexe I

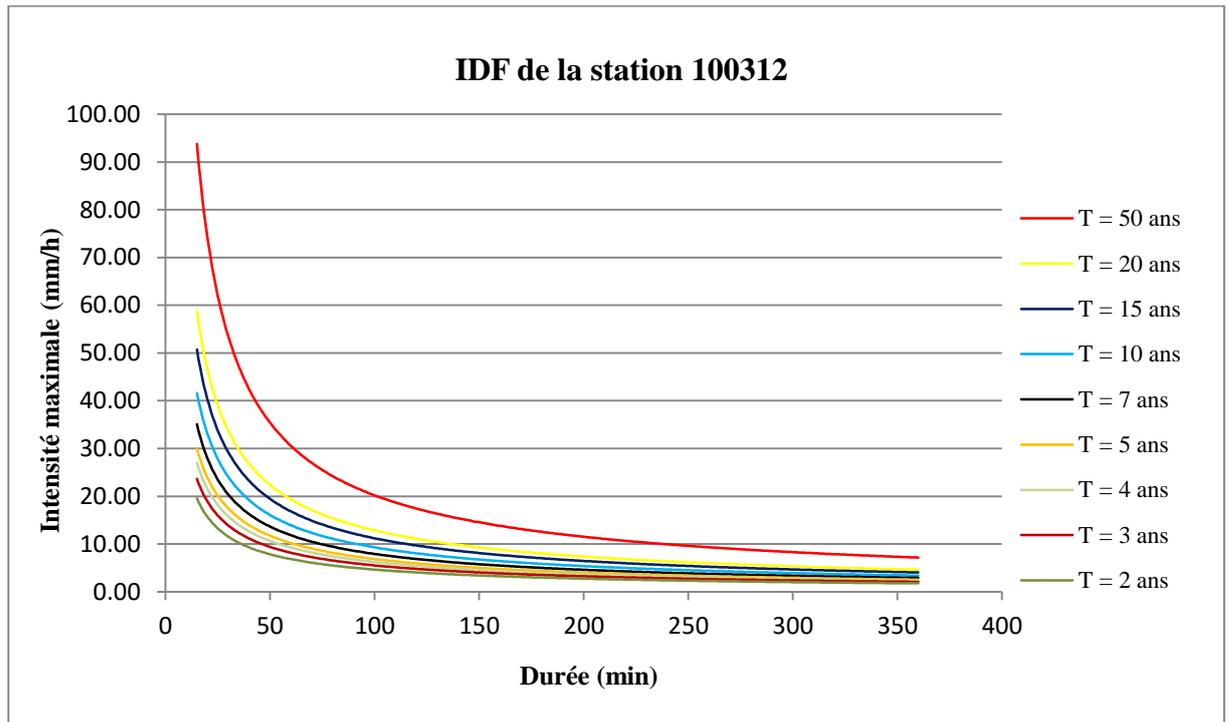


**Figure 21** : courbes IDF de la station pluviométrique 100104

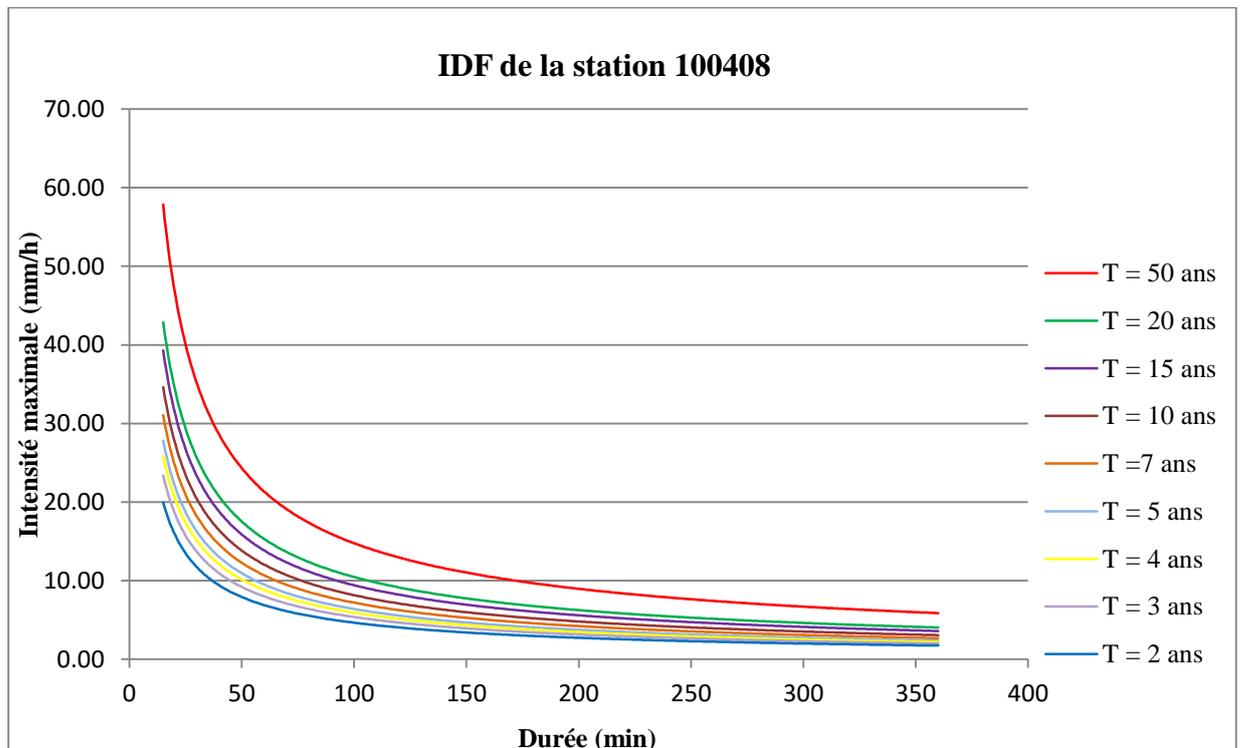


**Figure 22** : courbes IDF de la station pluviométrique 100208

## Annexe I

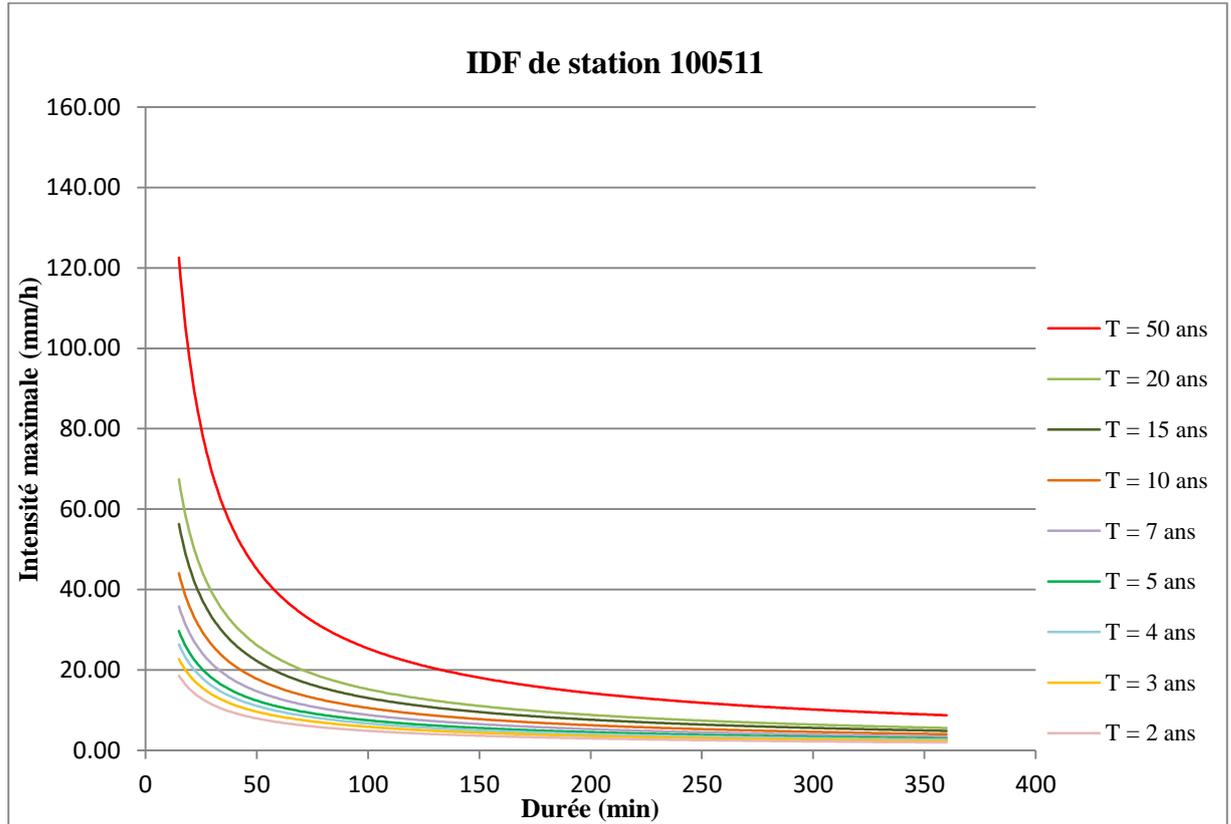


**Figure 23:** courbes IDF de la station pluviométrique 100312

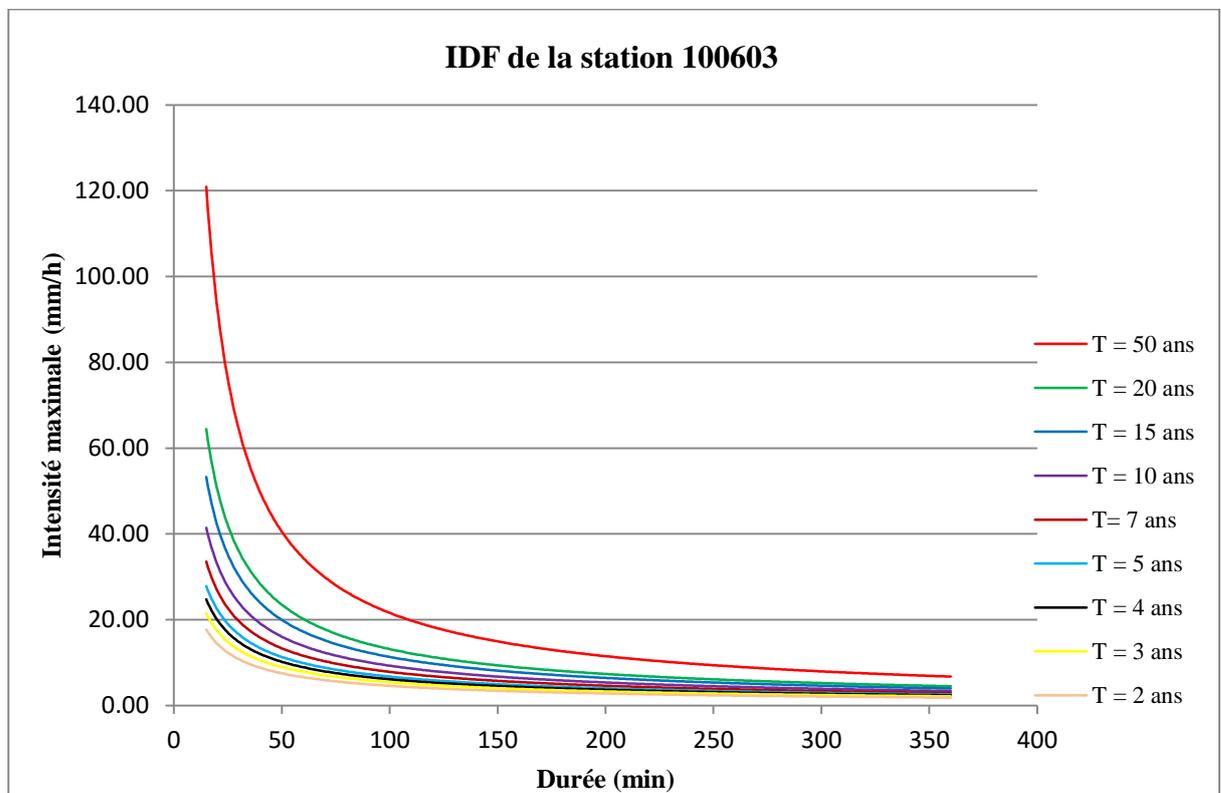


**Figure 24 :** courbes IDF de la station pluviométrique 100408

## Annexe I

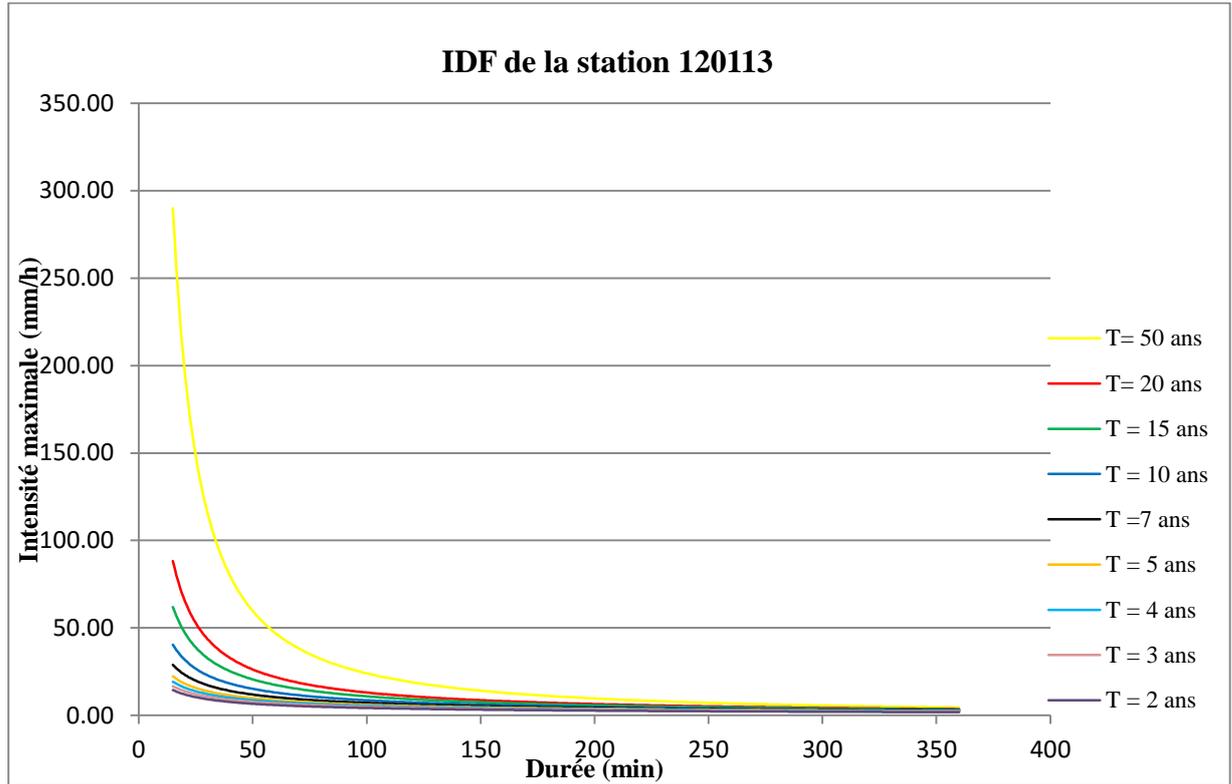


**Figure 25 :** courbes IDF de la station pluviométrique 100511

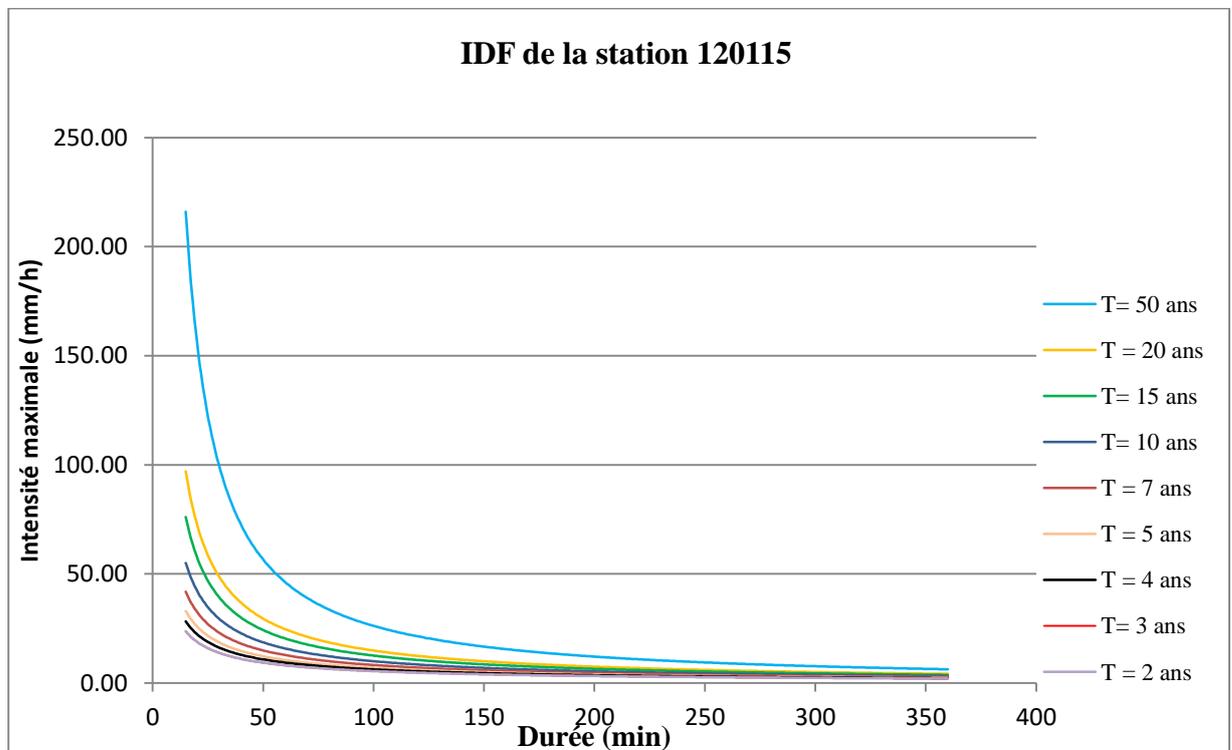


**Figure 26 :** courbes IDF de la station pluviométrique 100603

## Annexe I

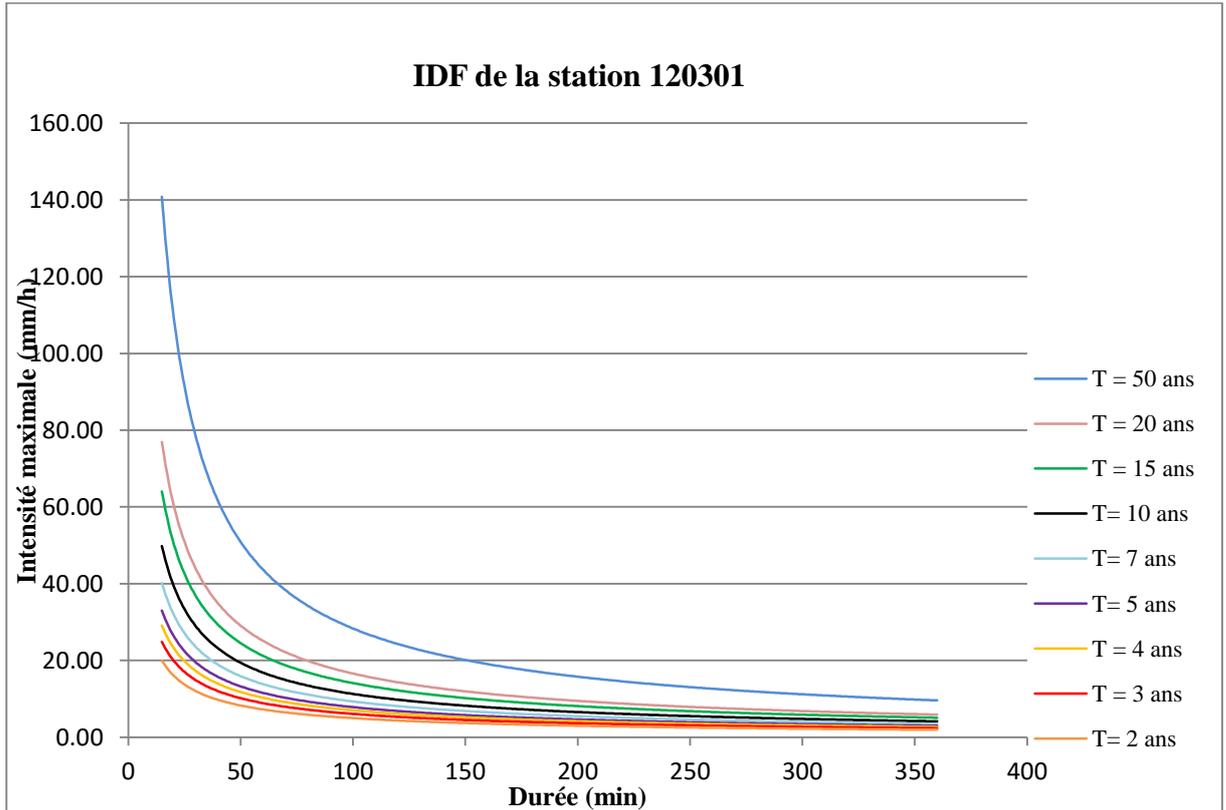


**Figure 27 :** courbes IDF de la station pluviométrique 120113

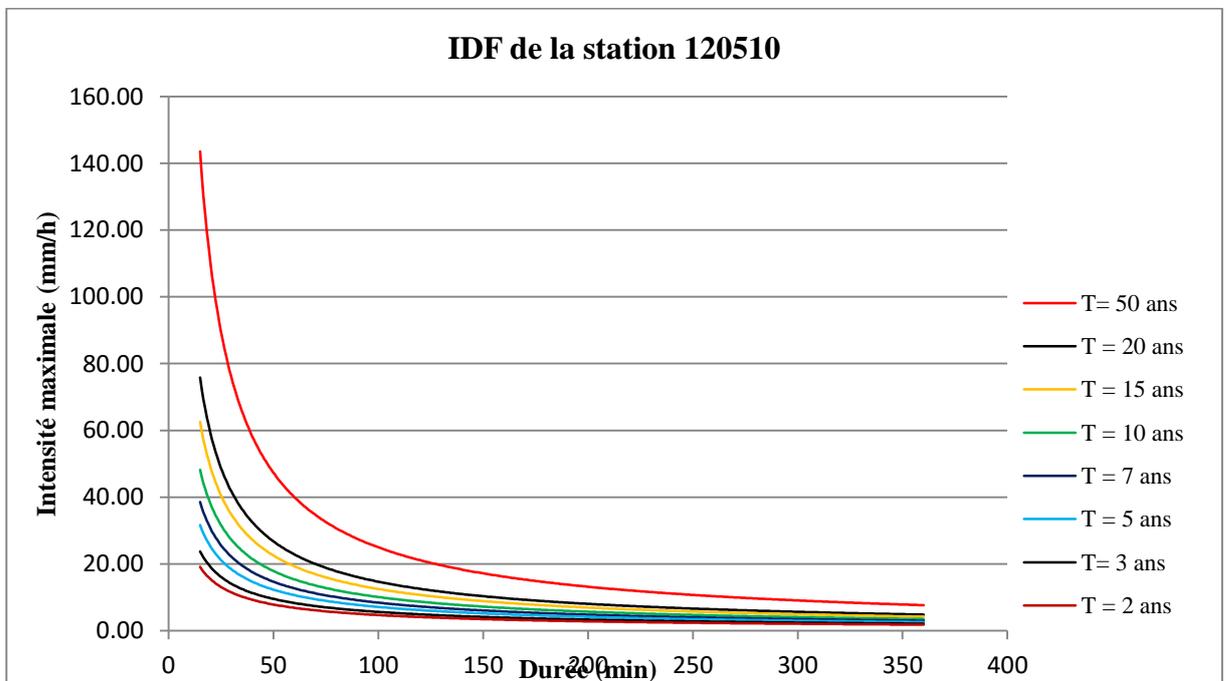


**Figure 28:** courbes IDF de la station pluviométrique 12011

## Annexe I

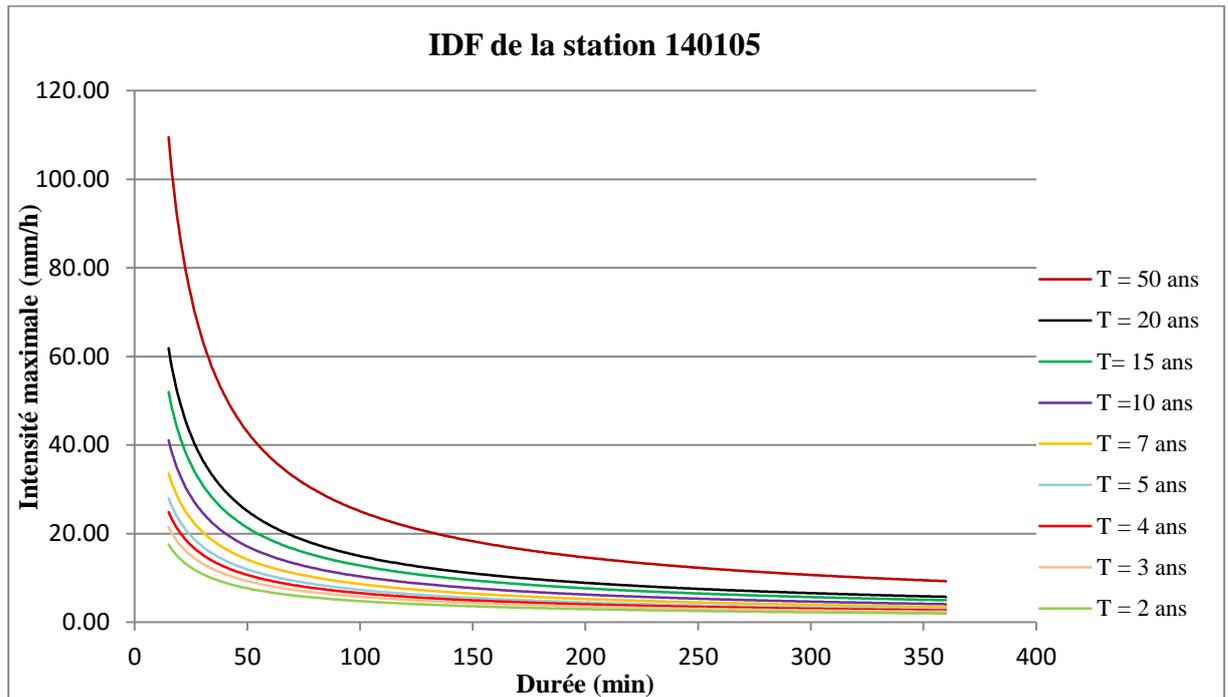


**Figure 29** : courbes IDF de la station pluviométrique 120301

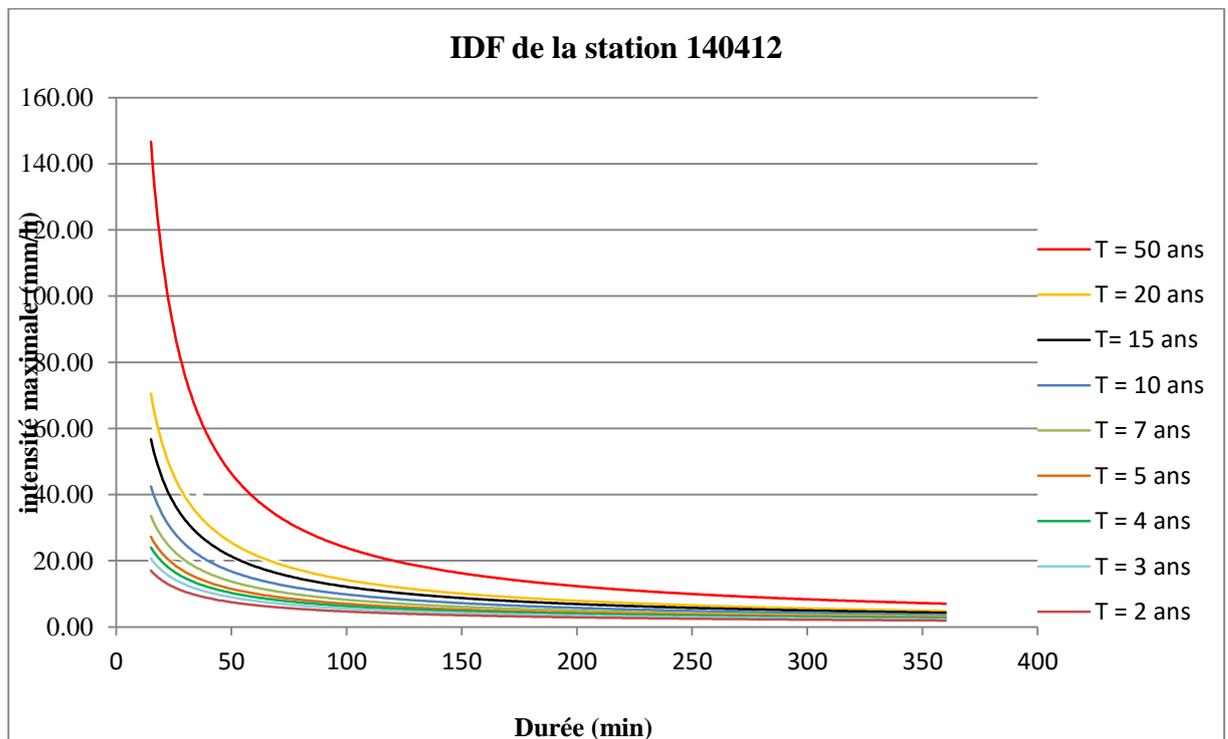


**Figure 30** : Courbes IDF de la station pluviométrique 120510

## Annexe I

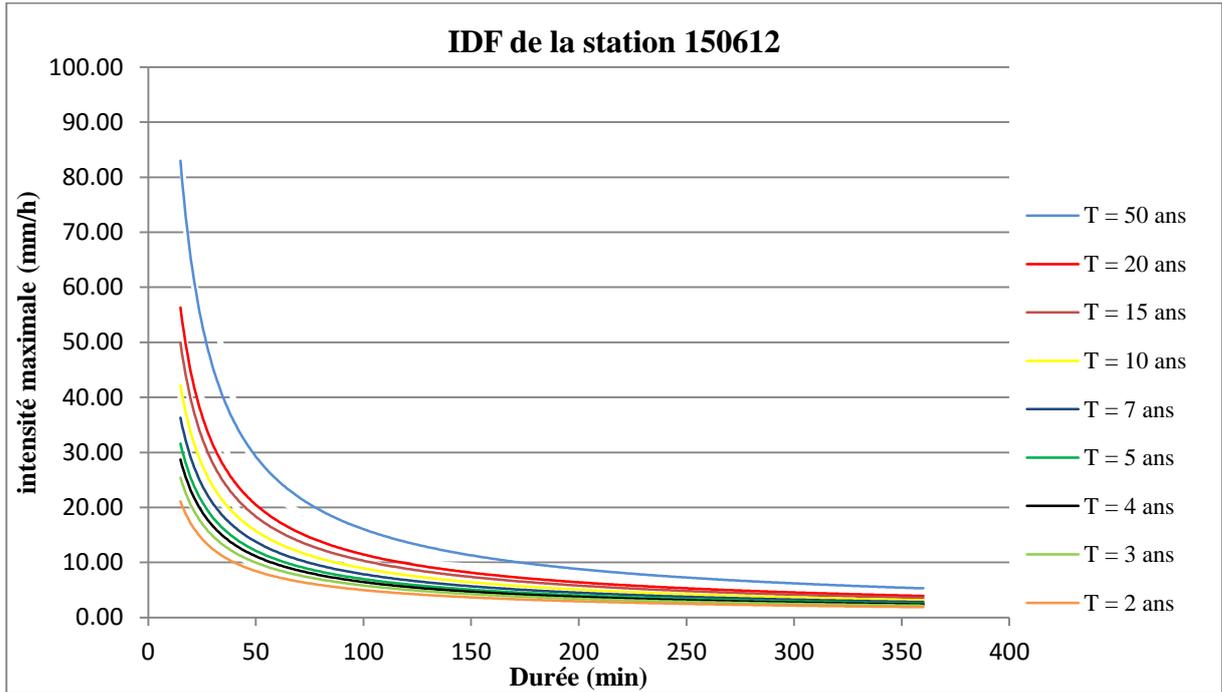


**Figure 31** : courbes IDF de la station pluviométrique 140105

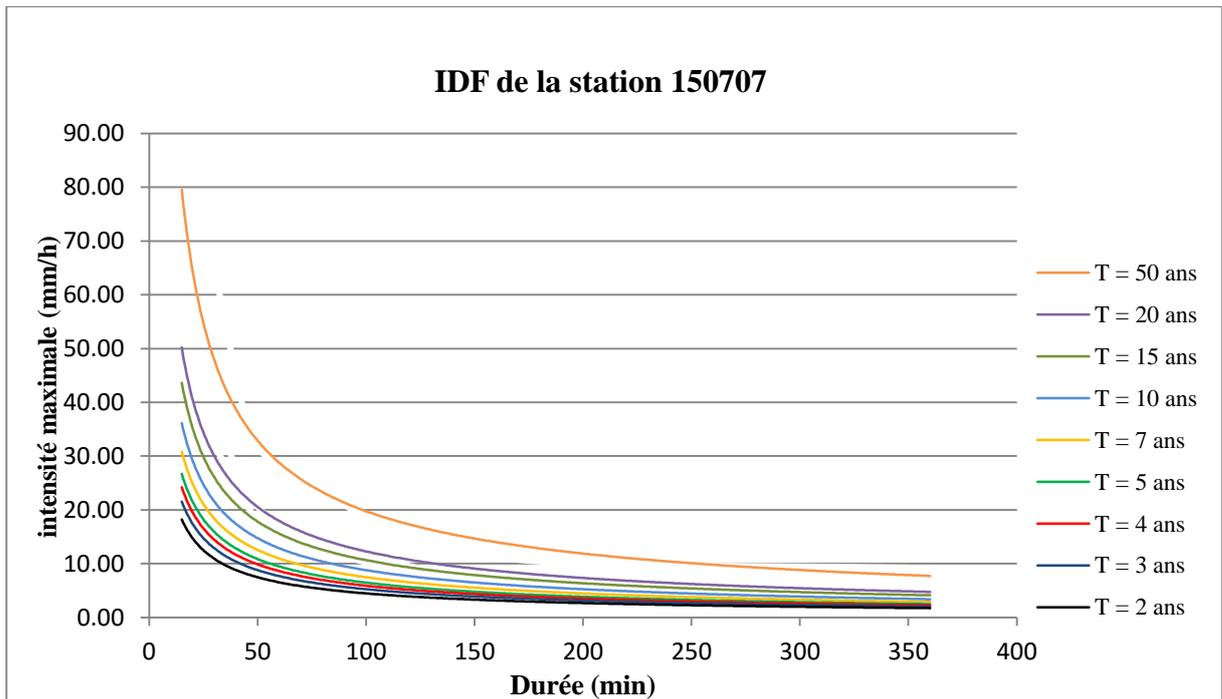


**Figure 32** : courbes IDF de la station pluviométrique 140412

## Annexe I

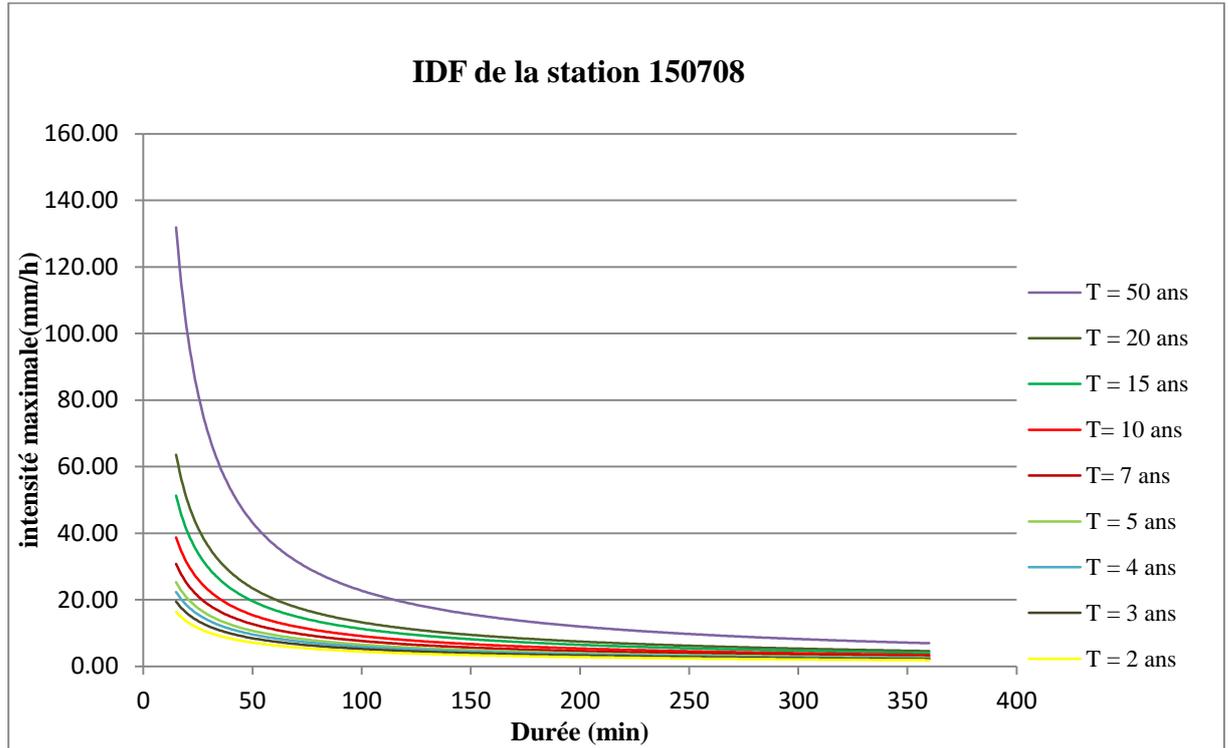


**Figure 33 :** courbes IDF de la station pluviométrique 150612



**Figure 34 :** courbes IDF de la station pluviométrique 150707

## Annexe I



**Figure 35:** courbes IDF de la station pluviométrique 150708

## Annexe II

**Tableau 1 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 030301**

Station 030301								
Durée Rapport des intensités	15	20	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	4.873	5.197	5.892	6.401	5.385	4.968	4.669	4.026
$i_{50}/i_5$	3.280	3.492	3.934	4.200	3.454	3.340	2.894	2.669
$i_{50}/i_{10}$	2.362	2.481	2.744	2.882	2.428	2.356	2.120	1.991
$i_{50}/i_{20}$	1.659	1.710	1.820	1.869	1.680	1.635	1.546	1.483
$i_{20}/i_{10}$	1.423	1.568	1.979	1.922	2.728	1.888	1.509	1.881
$i_{10}/i_2$	2.063	2.094	2.148	2.221	2.218	2.108	2.202	2.022

**Tableau 2 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 030302**

Station 030302								
Durée Rapport des intensités	15	20	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	8.222	4.976	3.451	4.197	4.509	4.744	4.932	4.809
$i_{50}/i_5$	5.236	3.399	2.504	2.922	2.978	3.122	3.087	3.054
$i_{50}/i_{10}$	3.394	2.449	1.934	2.175	2.170	2.229	2.226	2.190
$i_{50}/i_{20}$	2.071	1.695	1.475	1.577	1.570	1.590	1.584	1.567
$i_{20}/i_{10}$	1.639	1.445	1.311	1.380	1.382	1.402	1.405	1.397
$i_{10}/i_2$	2.422	2.032	1.784	1.930	2.078	2.128	2.216	2.196

**Tableau 3 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 030303**

Station 030303								
Durée Rapport des intensités	15	20	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	36.172	17.712	10.537	12.589	5.653	6.505	6.630	6.872
$i_{50}/i_5$	18.898	10.195	6.493	7.465	3.668	4.159	4.004	4.179
$i_{50}/i_{10}$	8.802	5.588	3.988	4.409	2.563	2.789	2.718	2.794
$i_{50}/i_{20}$	3.589	2.765	2.267	2.404	1.738	1.843	1.775	1.817
$i_{20}/i_{10}$	2.452	2.021	1.759	1.834	1.475	1.513	1.532	1.538
$i_{10}/i_2$	4.109	3.169	2.643	2.855	2.205	2.332	2.440	2.460

## Annexe II

**Tableau 4 : Rappports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 030315**

<b>Station 030315</b>									
Durée Rapport des intensités	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>	<b>240</b>	<b>360</b>
$i_{50}/i_2$	5.797	5.196	4.710	4.433	4.436	4.742	4.718	4.838	4.828
$i_{50}/i_5$	3.747	3.603	3.132	3.074	3.009	3.023	2.998	3.020	3.000
$i_{50}/i_{10}$	2.608	2.543	2.311	2.259	2.197	2.180	2.136	2.190	2.150
$i_{50}/i_{20}$	1.751	1.728	1.641	1.614	1.583	1.563	1.532	1.577	1.548
$i_{20}/i_{10}$	1.489	1.472	1.408	1.400	1.388	1.395	1.394	1.389	1.389
$i_{10}/i_2$	2.223	2.043	2.038	1.962	2.019	2.175	2.209	2.209	2.245

**Tableau 5 : Rappports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 030401**

<b>Station 030401</b>								
Durée Rapport des intensités	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>45</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>	<b>240</b>	<b>360</b>
$i_{50}/i_2$	3.986	3.871	5.283	3.915	4.360	4.479	4.377	4.523
$i_{50}/i_5$	2.752	2.661	3.724	2.813	2.930	3.029	2.746	2.868
$i_{50}/i_{10}$	2.057	2.004	2.678	2.136	2.155	2.288	1.943	2.084
$i_{50}/i_{20}$	1.525	1.499	1.810	1.561	1.561	1.617	1.456	1.522
$i_{20}/i_{10}$	1.349	1.337	1.480	1.368	1.381	1.415	1.335	1.369
$i_{10}/i_2$	1.938	1.932	1.972	1.833	2.023	1.957	2.253	2.170

**Tableau 6 : Rappports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 030708**

<b>Station 030708</b>								
Durée Rapport des intensités	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>45</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>	<b>240</b>	<b>360</b>
$i_{50}/i_2$	7.694	6.176	2.940	3.053	2.842	3.040	2.677	2.717
$i_{50}/i_5$	5.213	4.417	2.264	2.395	2.101	2.146	1.992	1.968
$i_{50}/i_{10}$	3.482	3.102	1.831	1.919	1.691	1.692	1.619	1.595
$i_{50}/i_{20}$	2.120	1.997	1.431	1.488	1.354	1.347	1.318	1.301
$i_{20}/i_{10}$	1.642	1.553	1.279	1.289	1.249	1.256	1.228	1.226
$i_{10}/i_2$	2.210	1.991	1.606	1.591	1.680	1.797	1.653	1.704

## Annexe II

**Tableau 7 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 030905**

station 030905								
Durée Rapport des intensités	15	20	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	12.206	6.710	5.575	5.084	4.353	4.067	3.839	3.427
$i_{50}/i_5$	7.281	4.333	3.849	3.561	3.064	2.995	2.634	2.474
$i_{50}/i_{10}$	4.323	2.930	2.725	2.569	2.270	2.314	1.940	1.913
$i_{50}/i_{20}$	2.375	1.887	1.823	1.758	1.625	1.639	1.478	1.462
$i_{20}/i_{10}$	1.820	1.553	1.494	1.462	1.397	1.412	1.313	1.308
$i_{10}/i_2$	2.824	2.290	2.046	1.979	1.918	1.757	1.979	1.792

**Tableau 8 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 031301**

Station 031301								
Durée Rapport des intensités	15	20	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	3.941	2.830	2.545	2.227	2.202	1.977	2.727	3.328
$i_{50}/i_5$	3.121	2.281	2.137	1.813	1.793	1.569	2.070	2.506
$i_{50}/i_{10}$	2.409	1.898	1.772	1.540	1.525	1.358	1.652	1.963
$i_{50}/i_{20}$	1.729	1.539	1.379	1.293	1.286	1.185	1.339	1.492
$i_{20}/i_{10}$	1.394	1.234	1.285	1.190	1.186	1.146	1.234	1.315
$i_{10}/i_2$	1.636	1.491	1.436	1.447	1.443	1.456	1.651	1.695

**Tableau 9 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 031601**

Station 031601								
Durée Rapport des intensités	15	20	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	5.184	5.359	5.162	4.956	5.000	4.966	5.000	4.884
$i_{50}/i_5$	3.417	3.518	3.554	3.400	3.298	3.289	3.200	3.153
$i_{50}/i_{10}$	2.427	2.531	2.552	2.446	2.359	2.360	2.286	2.263
$i_{50}/i_{20}$	1.682	1.728	1.750	1.700	1.649	1.652	1.611	1.606
$i_{20}/i_{10}$	1.443	1.465	1.459	1.439	1.430	1.429	1.418	1.409
$i_{10}/i_2$	2.136	2.117	2.022	2.026	2.120	2.105	2.188	2.158

## Annexe II

**Tableau 10 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 031717**

Station 031717								
Durée Rapport des intensités	15	20		45	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	3.886	2.907	2.647	3.113	8.462	6.690	7.854	4.683
$i_{50}/i_5$	2.769	2.157	1.731	2.276	5.350	4.342	4.893	3.092
$i_{50}/i_{10}$	2.250	1.608	1.395	1.864	3.329	2.938	3.194	2.234
$i_{50}/i_{20}$	1.648	1.268	1.200	1.535	1.897	1.891	1.983	1.597
$i_{20}/i_{10}$	1.365	1.268	1.163	1.215	1.755	1.553	1.611	1.399
$i_{10}/i_2$	1.727	1.807	1.897	1.670	2.542	2.278	2.459	2.096

**Tableau 11 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 051305**

Station 051305									
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	12.317	12.420	8.623	11.242	6.806	5.417	4.767	4.593	5.240
$i_{50}/i_5$	6.558	7.558	4.612	6.522	4.262	3.502	3.197	3.069	3.539
$i_{50}/i_{10}$	3.855	4.314	3.091	3.832	2.857	2.462	2.293	2.255	2.524
$i_{50}/i_{20}$	2.186	2.344	2.034	2.096	1.851	1.691	1.618	1.612	1.728
$i_{20}/i_{10}$	1.763	1.841	1.519	1.828	1.544	1.456	1.417	1.398	1.461
$i_{10}/i_2$	3.195	2.879	2.790	2.934	2.382	2.201	2.079	2.037	2.077

**Tableau 12 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 060602**

Station 060602									
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	3.485	3.981	3.700	4.267	3.869	4.336	3.811	3.301	2.959
$i_{50}/i_5$	2.331	2.554	2.546	2.893	2.664	2.963	2.839	2.215	2.161
$i_{50}/i_{10}$	1.807	1.880	1.941	2.134	2.007	2.183	2.104	1.763	1.722
$i_{50}/i_{20}$	1.429	1.393	1.464	1.550	1.498	1.584	1.540	1.390	1.371
$i_{20}/i_{10}$	1.265	1.349	1.325	1.376	1.340	1.378	1.367	1.268	1.257
$i_{10}/i_2$	1.929	2.118	1.907	2.000	1.928	1.986	1.811	1.873	1.718

## Annexe II

**Tableau 13 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 061805**

Station 061805								
Durée Rapport des intensités	15	20	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	8.299	9.375	7.120	6.454	5.718	5.367	4.689	4.562
$i_{50}/i_5$	5.062	5.687	4.580	4.174	3.614	3.652	2.857	3.000
$i_{50}/i_{10}$	3.253	3.561	3.061	2.844	2.508	2.561	2.075	2.181
$i_{50}/i_{20}$	2.000	2.113	1.938	1.850	1.702	1.723	1.527	1.571
$i_{20}/i_{10}$	1.627	1.685	1.579	1.538	1.474	1.486	1.358	1.389
$i_{10}/i_2$	2.551	2.633	2.326	2.270	2.279	2.096	2.260	2.091

**Tableau 14 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 061811**

Station 061811								
Durée Rapport des intensités	15	20	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	9.149	6.541	5.130	5.864	5.139	6.259	5.314	5.469
$i_{50}/i_5$	5.584	4.107	3.298	3.652	3.333	3.967	3.495	3.559
$i_{50}/i_{10}$	3.544	2.768	2.338	2.524	2.369	2.793	2.400	2.500
$i_{50}/i_{20}$	2.111	1.813	1.634	1.709	1.659	1.845	1.651	1.707
$i_{20}/i_{10}$	1.679	1.527	1.430	1.476	1.429	1.514	1.453	1.464
$i_{10}/i_2$	2.582	2.363	2.194	2.324	2.169	2.241	2.214	2.188

**Tableau 15 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 062402**

Station 062402									
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	5.797	5.196	4.710	4.433	4.436	4.742	4.718	4.838	4.828
$i_{50}/i_5$	3.747	3.603	3.132	3.074	3.009	3.023	2.998	3.020	3.000
$i_{50}/i_{10}$	2.608	2.543	2.311	2.259	2.197	2.180	2.136	2.190	2.150
$i_{50}/i_{20}$	1.751	1.728	1.641	1.614	1.583	1.563	1.532	1.577	1.548
$i_{20}/i_{10}$	1.489	1.472	1.408	1.400	1.388	1.395	1.394	1.389	1.389
$i_{10}/i_2$	2.223	2.043	2.038	1.962	2.019	2.175	2.209	2.209	2.245

## Annexe II

**Tableau 16 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 062802**

Station 062802								
Durée Rapport des intensités	15	20	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	7.025	7.926	6.170	5.415	4.863	5.182	5.323	4.600
$i_{50}/i_5$	4.253	4.820	4.057	3.632	3.260	3.595	3.438	3.167
$i_{50}/i_{10}$	2.832	3.138	2.790	2.567	2.345	2.572	2.418	2.312
$i_{50}/i_{20}$	1.835	1.956	1.833	1.742	1.648	1.736	1.686	1.640
$i_{20}/i_{10}$	1.543	1.604	1.522	1.473	1.423	1.482	1.434	1.410
$i_{10}/i_2$	2.481	2.526	2.211	2.110	2.074	2.015	2.202	1.989

**Tableau 17 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 062808**

Station 062808									
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	4.357	4.372	3.931	5.565	7.200	6.140	7.047	6.036	5.487
$i_{50}/i_5$	2.911	2.935	2.740	3.662	4.539	3.873	4.163	4.132	3.591
$i_{50}/i_{10}$	2.144	2.156	2.058	2.581	3.000	2.651	2.841	2.780	2.518
$i_{50}/i_{20}$	1.555	1.562	1.524	1.771	1.884	1.769	1.851	1.813	1.717
$i_{20}/i_{10}$	1.379	1.381	1.350	1.457	1.592	1.499	1.535	1.533	1.466
$i_{10}/i_2$	2.032	2.028	1.910	2.156	2.400	2.316	2.480	2.171	2.179

**Tableau 18 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 070406**

Station 070406							
Durée Rapport des intensités	15	20	45	60	120	180	360
$i_{50}/i_2$	9.136	9.714	5.788	4.973	4.987	5.242	5.317
$i_{50}/i_5$	5.230	5.574	3.768	3.313	3.270	3.341	3.428
$i_{50}/i_{10}$	3.282	3.452	2.622	2.363	2.337	2.354	2.422
$i_{50}/i_{20}$	1.997	2.054	1.762	1.656	1.638	1.640	1.672
$i_{20}/i_{10}$	1.643	1.680	1.488	1.427	1.427	1.436	1.449
$i_{10}/i_2$	2.784	2.814	2.208	2.105	2.134	2.227	2.195

## Annexe II

**Tableau 19 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 070604**

Station 070604									
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	6.363	6.195	3.649	4.429	4.915	4.815	4.452	3.797	4.623
$i_{50}/i_5$	3.949	4.273	2.362	3.043	3.324	3.187	3.140	2.451	3.087
$i_{50}/i_{10}$	2.678	2.858	1.838	2.238	2.390	2.298	2.265	1.881	2.244
$i_{50}/i_{20}$	1.774	1.846	1.422	1.602	1.662	1.625	1.605	1.441	1.600
$i_{20}/i_{10}$	1.509	1.548	1.293	1.397	1.438	1.414	1.411	1.305	1.402
$i_{10}/i_2$	2.376	2.168	1.985	1.979	2.056	2.095	1.966	2.019	2.060

**Tableau 20 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 070720**

Station 070720									
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	6.222	6.333	4.843	5.372	4.938	5.601	4.680	3.822	3.473
$i_{50}/i_5$	3.855	4.018	3.229	3.563	3.315	3.654	3.333	2.459	2.421
$i_{50}/i_{10}$	2.628	2.714	2.338	2.515	2.371	2.556	2.439	1.840	1.863
$i_{50}/i_{20}$	1.752	1.788	1.650	1.716	1.657	1.737	1.679	1.421	1.432
$i_{20}/i_{10}$	1.500	1.518	1.417	1.466	1.430	1.471	1.453	1.295	1.301
$i_{10}/i_2$	2.367	2.333	2.071	2.136	2.083	2.191	1.919	2.078	1.865

**Tableau 21 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 100104**

Station 100104									
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	360	
$i_{50}/i_2$	7.063	5.081	3.795	4.833	3.579	3.810	5.070	5.378	
$i_{50}/i_5$	4.469	3.599	2.564	3.407	2.594	2.589	3.200	3.361	
$i_{50}/i_{10}$	2.979	2.540	1.984	2.479	2.000	1.956	2.271	2.359	
$i_{50}/i_{20}$	1.902	1.732	1.492	1.717	1.503	1.476	1.602	1.642	
$i_{20}/i_{10}$	1.566	1.467	1.329	1.444	1.331	1.326	1.418	1.437	
$i_{10}/i_2$	2.371	2.000	1.913	1.949	1.789	1.947	2.232	2.280	

## Annexe II

**Tableau 22 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 100208**

Station 100208									
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	5.838	5.641	4.780	6.190	7.033	6.196	4.964	4.939	3.555
$i_{50}/i_5$	3.648	3.685	3.210	3.919	4.500	4.080	3.486	3.218	2.504
$i_{50}/i_{10}$	2.518	2.548	2.407	2.613	3.019	2.803	2.551	2.274	1.922
$i_{50}/i_{20}$	1.707	1.726	1.778	1.657	1.921	1.838	1.732	1.622	1.460
$i_{20}/i_{10}$	1.474	1.477	1.354	1.577	1.571	1.525	1.473	1.402	1.316
$i_{10}/i_2$	2.319	2.214	1.986	2.369	2.330	2.210	1.946	2.171	1.850

**Tableau 23 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 100312**

la station 100312									
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	360	
$i_{50}/i_2$	5.769	5.677	3.121	3.873	5.375	3.904	4.093	4.665	
$i_{50}/i_5$	3.591	3.877	2.047	2.674	3.587	2.689	2.753	3.220	
$i_{50}/i_{10}$	2.495	2.635	1.642	2.026	2.520	2.022	2.046	2.345	
$i_{50}/i_{20}$	1.697	1.756	1.321	1.522	1.703	1.505	1.512	1.656	
$i_{20}/i_{10}$	1.470	1.500	1.243	1.332	1.480	1.343	1.353	1.416	
$i_{10}/i_2$	2.313	2.155	1.901	1.911	2.133	1.930	2.000	1.989	

**Tableau 24 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 100408**

Station 100408									
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	3.478	3.182	2.280	3.500	2.599	2.807	3.548	3.190	3.861
$i_{50}/i_5$	2.336	2.237	1.772	2.525	1.966	2.100	2.570	2.344	2.694
$i_{50}/i_{10}$	1.794	1.750	1.502	1.925	1.605	1.730	2.046	1.799	1.980
$i_{50}/i_{20}$	1.388	1.376	1.289	1.439	1.317	1.436	1.469	1.481	1.410
$i_{20}/i_{10}$	1.292	1.271	1.166	1.338	1.219	1.204	1.393	1.215	1.405
$i_{10}/i_2$	1.939	1.818	1.517	1.818	1.619	1.623	1.734	1.774	1.950

## Annexe II

**Tableau 25 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 100511**

Station 100511									
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	8.774	6.849	5.681	3.921	4.670	5.026	5.743	4.784	4.707
$i_{50}/i_5$	5.113	4.175	3.787	2.712	3.126	3.283	3.908	2.954	3.123
$i_{50}/i_{10}$	3.238	2.784	2.647	2.031	2.268	2.343	2.773	2.085	2.260
$i_{50}/i_{20}$	1.980	1.813	1.778	1.511	1.614	1.644	1.810	1.533	1.606
$i_{20}/i_{10}$	1.636	1.535	1.489	1.344	1.405	1.425	1.532	1.361	1.407
$i_{10}/i_2$	2.710	2.460	2.146	1.931	2.059	2.145	2.071	2.294	2.083

**Tableau 26 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 100603**

Station 100603									
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	6.709	6.862	5.729	5.904	5.008	4.095	4.051	4.200	3.807
$i_{50}/i_5$	4.093	4.405	3.699	4.055	3.484	2.843	2.906	2.823	2.650
$i_{50}/i_{10}$	2.746	2.923	2.610	2.821	2.515	2.124	2.185	2.087	2.005
$i_{50}/i_{20}$	1.797	1.872	1.764	1.860	1.729	1.554	1.577	1.544	1.497
$i_{20}/i_{10}$	1.528	1.562	1.479	1.516	1.455	1.367	1.386	1.352	1.340
$i_{10}/i_2$	2.443	2.348	2.195	2.093	1.991	1.928	1.854	2.012	1.898

**Tableau 27 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 120113**

Station 120113									
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	360	
$i_{50}/i_2$	21.074	20.763	16.435	10.991	3.406	4.167	3.612	3.670	
$i_{50}/i_5$	12.944	13.172	11.250	7.655	2.544	3.007	2.515	2.543	
$i_{50}/i_{10}$	6.948	7.164	6.517	4.806	1.991	2.250	1.921	1.940	
$i_{50}/i_{20}$	3.180	3.262	3.129	2.605	1.500	1.625	1.459	1.467	
$i_{20}/i_{10}$	2.185	2.196	2.083	1.844	1.327	1.385	1.317	1.323	
$i_{10}/i_2$	1.863	1.839	1.726	1.593	1.278	1.336	1.309	1.311	

## Annexe II

**Tableau 28 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 120115**

Station 120115								
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	360
$i_{50}/i_2$	13.292	11.600	6.209	8.419	7.273	4.887	4.308	4.128
$i_{50}/i_5$	7.110	6.905	3.688	5.326	4.784	3.327	2.907	2.849
$i_{50}/i_{10}$	4.115	4.056	2.561	3.439	3.190	2.396	2.141	2.123
$i_{50}/i_{20}$	2.277	2.263	1.733	2.079	1.992	1.680	1.555	1.553
$i_{20}/i_{10}$	1.808	1.793	1.478	1.655	1.601	1.427	1.377	1.367
$i_{10}/i_2$	3.230	2.860	2.424	2.448	2.280	2.040	2.012	1.944

**Tableau 29 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 120301**

Station 120301									
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	7.006	7.355	4.790	6.690	8.553	4.876	5.167	4.632	5.327
$i_{50}/i_5$	4.133	4.634	2.915	4.181	5.250	3.177	3.523	2.883	3.464
$i_{50}/i_{10}$	2.793	2.938	2.134	2.811	3.365	2.280	2.456	2.125	2.442
$i_{50}/i_{20}$	1.867	1.807	1.550	1.828	2.044	1.615	1.679	1.550	1.683
$i_{20}/i_{10}$	1.495	1.626	1.377	1.538	1.646	1.412	1.463	1.371	1.452
$i_{10}/i_2$	2.508	2.503	2.245	2.380	2.542	2.139	2.103	2.180	2.181

**Tableau 30 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 120510**

Station 120510									
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	6.587	7.329	6.944	6.125	7.116	4.743	4.413	4.213	4.474
$i_{50}/i_5$	3.971	4.315	4.413	4.000	4.589	3.165	3.139	2.779	3.080
$i_{50}/i_{10}$	2.670	2.838	2.964	2.749	3.069	2.288	2.313	2.058	2.261
$i_{50}/i_{20}$	1.768	1.829	1.895	1.818	1.941	1.620	1.629	1.529	1.616
$i_{20}/i_{10}$	1.510	1.552	1.564	1.512	1.581	1.412	1.420	1.346	1.399
$i_{10}/i_2$	2.467	2.582	2.343	2.228	2.319	2.073	1.907	2.047	1.979

## Annexe II

**Tableau 31 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 140105**

Station 140105								
Durée Rapport des intensités	15	20	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	6.263	5.607	5.382	6.801	5.118	4.859	4.850	4.588
$i_{50}/i_5$	3.924	3.584	3.453	4.252	3.351	3.301	3.116	3.095
$i_{50}/i_{10}$	2.684	2.492	2.429	2.843	2.381	2.339	2.279	2.254
$i_{50}/i_{20}$	1.780	1.703	1.679	1.840	1.653	1.635	1.625	1.610
$i_{20}/i_{10}$	1.508	1.463	1.447	1.545	1.441	1.431	1.403	1.400
$i_{10}/i_2$	2.333	2.250	2.216	2.392	2.150	2.077	2.128	2.035

**Tableau 32 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 140412**

Station 140412									
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	9.366	8.276	6.608	6.184	5.817	4.620	4.000	4.109	4.073
$i_{50}/i_5$	5.660	5.381	4.029	4.110	3.911	3.166	2.822	2.725	2.760
$i_{50}/i_{10}$	3.547	3.659	2.589	2.823	2.724	2.307	2.156	1.989	2.061
$i_{50}/i_{20}$	2.104	2.151	1.746	1.851	1.812	1.640	1.572	1.483	1.520
$i_{20}/i_{10}$	1.685	1.701	1.483	1.525	1.503	1.406	1.372	1.341	1.356
$i_{10}/i_2$	2.641	2.262	2.552	2.190	2.135	2.003	1.855	2.066	1.976

**Tableau 33 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 150612**

Station 150612									
Durée Rapport des intensités	15	20	30	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	4.845	3.669	3.874	3.067	2.878	2.748	3.354	2.808	3.337
$i_{50}/i_5$	3.045	2.431	2.729	2.262	2.067	1.989	2.325	2.121	2.411
$i_{50}/i_{10}$	2.182	1.851	2.059	1.792	1.656	1.605	1.800	1.711	1.876
$i_{50}/i_{20}$	1.563	1.416	1.526	1.399	1.331	1.308	1.398	1.367	1.444
$i_{20}/i_{10}$	1.396	1.307	1.349	1.281	1.244	1.227	1.287	1.252	1.299
$i_{10}/i_2$	2.221	1.982	1.881	1.712	1.737	1.712	1.863	1.641	1.779

## Annexe II

**Tableau 34 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 150707**

Station 150707								
Durée pport s intensités	15	20	30	45	60	120	180	360
$i_{50}/i_2$	4.273	4.763	4.833	3.950	4.126	4.347	4.143	4.978
$i_{50}/i_5$	2.843	3.167	3.394	2.802	2.927	3.006	2.826	3.411
$i_{50}/i_{10}$	2.098	2.296	2.463	2.109	2.195	2.221	2.101	2.449
$i_{50}/i_{20}$	1.532	1.628	1.706	1.549	1.588	1.599	1.543	1.696
$i_{20}/i_{10}$	1.369	1.411	1.444	1.362	1.383	1.389	1.362	1.444
$i_{10}/i_2$	2.037	2.074	1.962	1.873	1.880	1.957	1.972	2.032

**Tableau 35 : Rapports des intensités par rapport aux périodes de retour pour la station pluviométrique 150708**

Station 150708									
Durée pport s intensités	15	20	30	45	60	120	180	240	360
$i_{50}/i_2$	9.781	8.321	6.471	4.933	5.076	4.631	4.103	4.691	4.305
$i_{50}/i_5$	5.982	5.648	4.099	3.457	3.541	3.184	2.917	3.175	2.975
$i_{50}/i_{10}$	3.743	3.597	2.858	2.494	2.557	2.322	2.183	2.308	2.199
$i_{50}/i_{20}$	2.182	2.137	1.873	1.722	1.745	1.643	1.589	1.633	1.585
$i_{20}/i_{10}$	1.715	1.683	1.526	1.449	1.466	1.413	1.374	1.413	1.387
$i_{10}/i_2$	2.613	2.313	2.264	1.978	1.985	1.994	1.879	2.033	1.958

## Annexe III

**Tableau 1 :** Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 030301

<b>Station 030301</b>				
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.048	1.569	3.295	4.436
<b>20</b>	1.080	1.767	3.336	4.371
<b>15</b>	1.091	1.832	3.355	4.383
<b>10</b>	1.102	1.915	3.387	4.426
<b>7</b>	1.108	1.968	3.417	4.465
<b>5</b>	1.116	2.010	3.470	4.518
<b>4</b>	1.117	2.041	3.505	4.505
<b>3</b>	1.119	2.063	3.565	4.507
<b>2</b>	1.118	2.061	3.641	4.522

**Tableau 2 :** Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 030302

<b>Station 030302</b>				
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.785	3.725	6.201	7.500
<b>20</b>	1.460	2.836	4.702	5.757
<b>15</b>	1.383	2.624	4.343	5.359
<b>10</b>	1.287	2.387	3.964	4.925
<b>7</b>	1.216	2.195	3.700	4.642
<b>5</b>	1.158	2.078	3.527	4.473
<b>4</b>	1.127	2.006	3.438	4.379
<b>3</b>	1.102	1.947	3.389	4.320
<b>2</b>	1.080	1.901	3.401	4.327

**Tableau 3 :** Rapports des intensités par rapport aux pour la station pluviométrique 030303

<b>Station 030303</b>				
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	2.215	5.441	21.840	24.628
<b>20</b>	1.706	3.644	10.574	12.647
<b>15</b>	1.561	3.191	8.427	10.128
<b>10</b>	1.406	2.725	6.360	7.804
<b>7</b>	1.279	2.372	5.022	6.277
<b>5</b>	1.195	2.149	4.239	5.420
<b>4</b>	1.144	2.026	3.842	4.950
<b>3</b>	1.110	1.937	3.562	4.613
<b>2</b>	1.085	1.893	3.413	4.429

### Annexe III

**Tableau 4 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 030315**

<b>Station 030315</b>					
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.197	1.391	2.569	4.066	5.138
<b>20</b>	1.181	1.303	2.322	3.630	4.495
<b>15</b>	1.176	1.274	2.250	3.538	4.362
<b>10</b>	1.167	1.232	2.164	3.399	4.207
<b>7</b>	1.157	1.198	2.109	3.325	4.134
<b>5</b>	1.151	1.162	2.063	3.281	4.111
<b>4</b>	1.145	1.145	2.030	3.270	4.125
<b>3</b>	1.113	1.134	1.989	3.260	4.149
<b>2</b>	1.072	1.130	1.965	3.326	4.181

**Tableau 5 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 030401**

<b>Station 030401</b>				
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.131	2.165	3.461	3.959
<b>20</b>	1.111	2.216	3.542	4.197
<b>15</b>	1.106	2.227	3.576	4.293
<b>10</b>	1.102	2.248	3.626	4.404
<b>7</b>	1.095	2.231	3.652	4.358
<b>5</b>	1.094	2.213	3.684	4.357
<b>4</b>	1.097	2.199	3.714	4.364
<b>3</b>	1.096	2.173	3.742	4.385
<b>2</b>	1.098	2.126	3.786	4.448

**Tableau 6 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 030708**

<b>Station 030708</b>				
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.430	5.048	9.173	11.371
<b>20</b>	1.347	3.543	5.859	7.223
<b>15</b>	1.316	3.175	5.171	6.384
<b>10</b>	1.274	2.782	4.455	5.524
<b>7</b>	1.243	2.514	4.000	5.000
<b>5</b>	1.212	2.319	3.697	4.680
<b>4</b>	1.190	2.203	3.536	4.503
<b>3</b>	1.171	2.102	3.429	4.431
<b>2</b>	1.148	2.003	3.388	4.493

### Annexe III

**Tableau 7 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 030905**

<b>Station 030905</b>				
Rapport d'intensités période de retour	<b><math>i_{15}/i_{20}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{60}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{120}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{180}</math></b>
<b>50</b>	1.995	4.970	11.216	15.229
<b>20</b>	1.585	3.679	7.673	10.511
<b>15</b>	1.477	3.327	6.823	9.390
<b>10</b>	1.352	2.954	5.890	8.153
<b>7</b>	1.261	2.661	5.216	7.073
<b>5</b>	1.188	2.431	4.720	6.264
<b>4</b>	1.152	2.309	4.467	5.846
<b>3</b>	1.121	2.192	4.228	5.440
<b>2</b>	1.097	2.070	4.000	5.075

**Tableau 8 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 031301**

<b>Station 031301</b>					
Rapport d'intensités période de retour	<b><math>i_{15}/i_{20}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{30}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{60}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{120}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{180}</math></b>
<b>50</b>	1.467	1.661	3.229	6.662	6.848
<b>20</b>	1.306	1.325	2.402	4.567	5.306
<b>15</b>	1.234	1.282	2.231	4.165	4.793
<b>10</b>	1.156	1.222	2.044	3.755	4.696
<b>7</b>	1.106	1.176	1.924	3.494	4.575
<b>5</b>	1.072	1.137	1.856	3.348	4.543
<b>4</b>	1.061	1.112	1.819	3.286	4.557
<b>3</b>	1.057	1.084	1.799	3.266	4.640
<b>2</b>	1.054	1.073	1.804	3.343	4.739

**Tableau 9 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 031601**

<b>Station 031601</b>				
Rapport d'intensités période de retour	<b><math>i_{15}/i_{20}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{60}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{120}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{180}</math></b>
<b>50</b>	1.111	2.241	4.053	5.184
<b>20</b>	1.141	2.265	3.974	5.090
<b>15</b>	1.148	2.269	3.963	5.072
<b>10</b>	1.159	2.259	3.940	5.040
<b>7</b>	1.159	2.239	3.916	5.010
<b>5</b>	1.144	2.230	3.912	4.989
<b>4</b>	1.162	2.216	3.911	4.988
<b>3</b>	1.158	2.186	3.902	4.972
<b>2</b>	1.148	2.143	3.910	4.966

### Annexe III

**Tableau 10 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 031717**

<b>Station 031717</b>				
Rapport d'intensités période de retour	<b><math>i_{15}/i_{20}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{60}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{120}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{180}</math></b>
<b>50</b>	1.462	1.900	2.487	3.638
<b>20</b>	1.125	1.383	2.862	4.175
<b>15</b>	1.047	1.266	3.159	4.343
<b>10</b>	1.045	1.178	3.680	4.750
<b>7</b>	1.123	1.156	4.295	5.279
<b>5</b>	1.138	1.188	4.805	5.704
<b>4</b>	1.127	1.230	5.100	5.959
<b>3</b>	1.118	1.268	5.347	7.324
<b>2</b>	1.093	1.294	5.415	6.263

**Tableau 11 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 051305**

<b>Station 051305</b>					
Rapport d'intensités période de retour	<b><math>i_{15}/i_{20}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{30}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{60}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{120}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{180}</math></b>
<b>50</b>	1.036	1.697	3.885	9.712	15.188
<b>20</b>	1.111	1.579	3.288	7.512	11.241
<b>15</b>	1.	1.484	3.107	6.924	10.239
<b>10</b>	1.159	1.361	2.879	6.201	9.034
<b>7</b>	1.182	1.272	2.682	5.647	8.135
<b>5</b>	1.194	1.194	2.525	5.185	7.404
<b>4</b>	1.144	1.149	2.426	4.916	7.005
<b>3</b>	1.103	1.201	2.302	4.624	6.555
<b>2</b>	1.045	1.188	2.147	4.271	5.878

**Tableau 12 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 060602**

<b>Station 060602</b>					
Rapport d'intensités période de retour	<b><math>i_{15}/i_{20}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{30}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{60}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{120}</math></b>	<b><math>i_{15}/i_{180}</math></b>
<b>50</b>	1.066	1.231	2.269	4.269	6.266
<b>20</b>	1.039	1.261	2.378	4.733	6.751
<b>15</b>	1.069	1.288	2.438	4.915	6.989
<b>10</b>	1.109	1.322	2.520	5.157	7.297
<b>7</b>	1.140	1.337	2.562	5.328	7.517
<b>5</b>	1.167	1.344	2.593	5.426	7.630
<b>4</b>	1.181	1.347	2.602	5.447	7.465
<b>3</b>	1.202	1.345	2.584	5.446	7.278
<b>2</b>	1.217	1.307	2.519	5.312	6.853

### Annexe III

**Tableau 13 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 061805**

<b>Station 061805</b>				
Rapport d'intensité période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.017	2.681	5.471	7.262
<b>20</b>	1.074	2.480	4.656	6.256
<b>15</b>	1.095	2.420	4.468	6.012
<b>10</b>	1.113	2.344	4.218	5.716
<b>7</b>	1.134	2.267	4.046	5.520
<b>5</b>	1.142	2.211	3.906	5.239
<b>4</b>	1.152	2.179	3.855	5.060
<b>3</b>	1.153	2.137	3.795	4.866
<b>2</b>	1.148	2.085	3.769	4.696

**Tableau 14 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 061811**

<b>Station 061811</b>				
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.461	2.676	6.324	7.633
<b>20</b>	1.255	2.167	4.967	6.670
<b>15</b>	1.201	2.046	4.613	6.401
<b>10</b>	1.141	1.906	4.228	6.017
<b>7</b>	1.100	1.815	3.953	5.655
<b>5</b>	1.074	1.750	3.775	5.423
<b>4</b>	1.058	1.726	3.673	5.302
<b>3</b>	1.048	1.713	3.597	5.227
<b>2</b>	1.044	1.715	3.552	5.222

**Tableau 15 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 062402**

<b>Station 062402</b>				
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.117	1.784	2.607	2.656
<b>20</b>	1.123	1.545	2.084	2.338
<b>15</b>	1.124	1.488	1.980	2.215
<b>10</b>	1.123	1.430	1.864	2.103
<b>7</b>	1.123	1.400	1.810	2.059
<b>5</b>	1.117	1.379	1.784	2.040
<b>4</b>	1.113	1.392	1.807	2.069
<b>3</b>	1.111	1.402	1.852	2.146
<b>2</b>	1.110	1.457	2.022	2.408

### Annexe III

**Tableau 16 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 062802**

<b>Station 062802</b>				
Rapport d'intensité période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.037	2.883	6.236	7.817
<b>20</b>	1.106	2.738	5.602	7.396
<b>15</b>	1.125	2.690	5.409	7.269
<b>10</b>	1.150	2.613	5.165	7.101
<b>7</b>	1.170	2.536	4.969	6.891
<b>5</b>	1.176	2.462	4.780	6.608
<b>4</b>	1.179	2.406	4.656	6.389
<b>3</b>	1.180	2.337	4.529	6.156
<b>2</b>	1.170	2.222	4.317	5.766

**Tableau 17 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 062808**

<b>Station 062808</b>					
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.079	1.200	1.310	2.886	3.821
<b>20</b>	1.084	1.176	1.588	3.284	4.550
<b>15</b>	1.085	1.167	1.692	3.398	4.770
<b>10</b>	1.085	1.152	1.833	3.568	5.063
<b>7</b>	1.088	1.138	1.943	3.716	5.292
<b>5</b>	1.088	1.130	2.043	3.840	5.465
<b>4</b>	1.087	1.115	2.088	3.908	5.547
<b>3</b>	1.087	1.106	2.141	3.983	5.612
<b>2</b>	1.083	1.083	2.166	4.067	6.181

**Tableau 18 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 070406**

<b>Station 070406</b>				
Rapport d'intensités période de	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.088	3.989	7.789	10.496
<b>20</b>	1.132	3.308	6.388	8.616
<b>15</b>	1.132	3.114	6.022	8.144
<b>10</b>	1.145	2.873	5.547	7.529
<b>7</b>	1.154	2.674	5.176	7.060
<b>5</b>	1.160	2.527	4.871	6.706
<b>4</b>	1.161	2.426	4.685	6.481
<b>3</b>	1.164	2.312	4.488	6.261
<b>2</b>	1.157	2.172	4.252	6.022

### Annexe III

**Tableau 19 :** Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 070604

<b>Station 070604</b>					
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.082	2.043	2.862	5.489	7.685
<b>20</b>	1.126	1.637	2.681	5.027	6.951
<b>15</b>	1.140	1.531	2.628	4.891	6.748
<b>10</b>	1.155	1.402	2.555	4.710	6.498
<b>7</b>	1.160	1.299	2.472	4.551	6.294
<b>5</b>	1.171	1.222	2.410	4.431	6.111
<b>4</b>	1.173	1.173	2.350	4.350	5.879
<b>3</b>	1.116	1.170	2.292	4.260	5.643
<b>2</b>	1.054	1.172	2.211	4.153	5.377

**Tableau 20 :** Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 070720

<b>Station 070720</b>					
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.078	1.450	2.746	4.795	7.072
<b>20</b>	1.100	1.365	2.597	4.754	6.775
<b>15</b>	1.108	1.336	2.543	4.730	6.690
<b>10</b>	1.113	1.290	2.477	4.663	6.561
<b>7</b>	1.120	1.253	2.417	4.623	6.463
<b>5</b>	1.123	1.214	2.361	4.545	6.115
<b>4</b>	1.129	1.188	2.316	4.513	5.896
<b>3</b>	1.127	1.154	2.257	4.432	5.636
<b>2</b>	1.097	1.129	2.179	4.317	5.320

**Tableau 21 :** Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 100104

<b>Station 100104</b>					
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.462	2.095	4.073	6.645	7.014
<b>20</b>	1.331	1.644	3.218	5.155	5.907
<b>15</b>	1.295	1.535	3.007	4.787	5.650
<b>10</b>	1.246	1.395	2.734	4.363	5.347
<b>7</b>	1.212	1.292	2.537	4.077	5.160
<b>5</b>	1.177	1.202	2.364	3.850	5.022
<b>4</b>	1.156	1.163	2.268	3.731	4.963
<b>3</b>	1.102	1.138	2.171	3.634	4.943
<b>2</b>	1.051	1.126	2.063	3.584	5.035

### Annexe III

**Tableau 22 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 100208**

<b>Station 100208</b>					
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.142	1.386	1.922	4.344	6.818
<b>20</b>	1.154	1.443	2.162	4.675	6.915
<b>15</b>	1.154	1.393	2.231	4.759	6.915
<b>10</b>	1.156	1.325	2.304	4.837	6.909
<b>7</b>	1.159	1.270	2.354	4.873	6.755
<b>5</b>	1.153	1.219	2.370	4.858	6.514
<b>4</b>	1.152	1.194	2.385	4.831	6.351
<b>3</b>	1.145	1.152	2.373	4.770	6.137
<b>2</b>	1.103	1.135	2.315	4.611	5.797

**Tableau 23 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 100312**

<b>Station 100312</b>					
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.049	2.098	2.475	6.322	8.708
<b>20</b>	1.086	1.634	2.484	5.608	7.760
<b>15</b>	1.095	1.520	2.497	5.391	7.488
<b>10</b>	1.108	1.381	2.500	5.125	7.143
<b>7</b>	1.121	1.275	2.508	4.912	6.892
<b>5</b>	1.132	1.195	2.471	4.733	6.675
<b>4</b>	1.134	1.145	2.452	4.617	6.543
<b>3</b>	1.088	1.132	2.397	4.457	6.355
<b>2</b>	1.032	1.135	2.305	4.278	6.178

**Tableau 24 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 100408**

<b>Station 100408</b>					
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.278	1.920	3.421	6.710	6.710
<b>20</b>	1.267	1.783	3.245	7.102	7.102
<b>15</b>	1.257	1.713	3.172	7.382	7.382
<b>10</b>	1.246	1.608	3.061	7.654	7.654
<b>7</b>	1.239	1.530	2.971	7.593	7.593
<b>5</b>	1.224	1.457	2.879	7.383	7.383
<b>4</b>	1.213	1.408	2.810	7.249	7.249
<b>3</b>	1.199	1.340	2.709	7.068	7.068
<b>2</b>	1.169	1.259	2.557	6.844	6.844

### Annexe III

**Tableau 25 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 100511**

<b>Station 100511</b>					
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.429	1.663	3.919	7.010	8.000
<b>20</b>	1.309	1.493	3.195	5.822	7.316
<b>15</b>	1.274	1.438	3.000	5.471	7.117
<b>10</b>	1.228	1.359	2.745	5.072	6.852
<b>7</b>	1.195	1.298	2.566	4.763	6.594
<b>5</b>	1.167	1.231	2.396	4.501	6.115
<b>4</b>	1.154	1.196	2.320	4.361	5.844
<b>3</b>	1.134	1.140	2.201	4.185	5.540
<b>2</b>	1.115	1.076	2.086	4.016	5.236

**Tableau 26 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 100603**

<b>Station 100603</b>					
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.119	1.391	3.193	7.211	9.550
<b>20</b>	1.166	1.366	3.073	6.237	8.381
<b>15</b>	1.179	1.351	3.025	5.947	8.042
<b>10</b>	1.191	1.322	2.924	5.578	7.598
<b>7</b>	1.199	1.293	2.820	5.269	7.195
<b>5</b>	1.205	1.257	2.718	5.010	6.780
<b>4</b>	1.205	1.238	2.644	4.852	6.524
<b>3</b>	1.195	1.202	2.539	4.656	6.203
<b>2</b>	1.145	1.188	2.383	4.401	5.766

**Tableau 27 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 120113**

<b>Station 120113</b>					
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.041	1.349	11.644	18.889	28.239
<b>20</b>	1.068	1.328	5.493	9.651	12.956
<b>15</b>	1.072	1.305	4.380	7.825	10.236
<b>10</b>	1.073	1.266	3.336	6.117	7.809
<b>7</b>	1.070	1.222	2.676	5.039	6.333
<b>5</b>	1.059	1.173	2.288	4.388	5.487
<b>4</b>	1.050	1.135	2.103	4.068	5.091
<b>3</b>	1.036	1.100	1.962	3.844	4.847
<b>2</b>	1.025	1.052	1.882	3.735	4.840

### Annexe III

**Tableau 28 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 120115**

<b>Station 120115</b>					
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.230	2.480	4.385	12.370	19.633
<b>20</b>	1.222	1.888	3.837	9.126	13.409
<b>15</b>	1.219	1.730	3.650	8.230	11.909
<b>10</b>	1.212	1.543	3.399	7.202	10.216
<b>7</b>	1.204	1.399	3.163	6.409	8.963
<b>5</b>	1.194	1.286	2.951	5.788	8.027
<b>4</b>	1.192	1.220	2.802	5.403	7.478
<b>3</b>	1.148	1.174	2.629	5.000	6.921
<b>2</b>	1.073	1.158	2.399	4.548	6.364

**Tableau 29 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 120301**

<b>Station 120301</b>					
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.088	1.810	2.036	6.294	8.000
<b>20</b>	1.052	1.502	2.228	5.443	7.194
<b>15</b>	1.094	1.450	2.338	5.292	7.137
<b>10</b>	1.144	1.383	2.453	5.139	7.036
<b>7</b>	1.186	1.330	2.556	4.993	6.967
<b>5</b>	1.220	1.277	2.586	4.839	6.818
<b>4</b>	1.234	1.239	2.588	4.731	6.600
<b>3</b>	1.203	1.243	2.586	4.601	6.338
<b>2</b>	1.142	1.238	2.486	4.381	5.900

**Tableau 30 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 120510**

<b>Station 120510</b>					
Rapport d'intensité période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.028	1.108	2.240	6.286	1.210
<b>20</b>	1.063	1.187	2.458	5.759	14.455
<b>15</b>	1.076	1.208	2.527	5.606	9.482
<b>10</b>	1.093	1.230	2.575	5.386	9.757
<b>7</b>	1.106	1.236	2.597	5.186	9.135
<b>5</b>	1.117	1.231	2.589	5.009	8.481
<b>4</b>	1.124	1.225	2.579	4.900	7.631
<b>3</b>	1.130	1.208	2.530	4.739	7.515
<b>2</b>	1.144	1.168	2.420	4.526	7.438

### Annexe III

**Tableau 31 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 140105**

<b>Station 140105</b>				
Rapport d'intensité période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.245	1.931	5.010	7.080
<b>20</b>	1.191	1.996	4.653	6.505
<b>15</b>	1.176	2.022	4.564	6.350
<b>10</b>	1.156	2.045	4.444	6.169
<b>7</b>	1.142	2.069	4.350	6.045
<b>5</b>	1.137	2.092	4.278	5.957
<b>4</b>	1.128	2.085	4.218	5.878
<b>3</b>	1.124	2.097	4.161	5.719
<b>2</b>	1.114	2.097	4.094	5.493

**Tableau 32 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 140412**

<b>Station 140412</b>					
Rapport d'intensité période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.108	1.610	3.367	8.110	11.466
<b>20</b>	1.133	1.336	2.899	6.320	8.564
<b>15</b>	1.137	1.263	2.760	5.831	7.854
<b>10</b>	1.143	1.176	2.586	5.274	6.970
<b>7</b>	1.106	1.145	2.433	4.850	6.239
<b>5</b>	1.054	1.146	2.327	4.537	5.718
<b>4</b>	1.030	1.145	2.248	4.352	5.423
<b>3</b>	1.006	1.144	2.179	4.187	5.162
<b>2</b>	0.979	1.136	2.091	4.000	4.897

**Tableau 33 : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 150612**

<b>Station 150612</b>					
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.415	1.583	4.041	8.120	9.648
<b>20</b>	1.281	1.545	3.442	6.792	8.631
<b>15</b>	1.245	1.525	3.275	6.430	8.328
<b>10</b>	1.200	1.494	3.069	5.973	7.960
<b>7</b>	1.162	1.457	2.889	5.596	7.630
<b>5</b>	1.129	1.419	2.743	5.304	7.366
<b>4</b>	1.112	1.387	2.657	5.109	7.187
<b>3</b>	1.093	1.341	2.548	4.891	6.978
<b>2</b>	1.071	1.266	2.401	4.606	6.679

### Annexe III

**Tableau 34** : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 150707

<b>Station 150707</b>					
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.070	1.078	2.448	4.497	6.615
<b>20</b>	1.137	1.201	2.537	4.692	6.662
<b>15</b>	1.152	1.232	2.552	4.724	6.639
<b>10</b>	1.171	1.266	2.563	4.761	6.626
<b>7</b>	1.181	1.284	2.545	4.770	6.604
<b>5</b>	1.192	1.287	2.521	4.754	6.576
<b>4</b>	1.197	1.281	2.491	4.720	6.537
<b>3</b>	1.191	1.261	2.446	4.673	6.477
<b>2</b>	1.193	1.220	2.364	4.574	6.414

**Tableau 35** : Rapports des intensités par rapport aux durées pour la station pluviométrique 150708

<b>Station 150708</b>					
Rapport d'intensités période de retour	$i_{15}/i_{20}$	$i_{15}/i_{30}$	$i_{15}/i_{60}$	$i_{15}/i_{120}$	$i_{15}/i_{180}$
<b>50</b>	1.229	1.711	4.000	8.221	11.964
<b>20</b>	1.204	1.469	3.198	6.190	8.709
<b>15</b>	1.197	1.399	2.988	5.689	7.919
<b>10</b>	1.182	1.307	2.733	5.100	6.979
<b>7</b>	1.168	1.230	2.527	4.680	6.304
<b>5</b>	1.161	1.173	2.368	4.375	5.833
<b>4</b>	1.134	1.147	2.270	4.194	5.540
<b>3</b>	1.092	1.144	2.180	4.044	5.268
<b>2</b>	1.046	1.132	2.076	3.892	5.018

## Annexe IV

**Tableau 1 : Equation de Montana (exponentielle) pour chaque station du Côtiers constantinois**

bassin	<u>Côtiers constantinois</u>									
Station										
Période de retour	030301	030302	030303	030315	030401	030708	030905	031301	031601	031717
<b>50</b>	$y = 523.8x^{-0.6}$	$y = 500.8x^{-0.7}$	$y = 6640.x^{-0.9}$	$y = 461.4x^{-0.6}$	$y = 294.6x^{-0.6}$	$y = 808.8x^{-0.8}$	$y = 1946.x^{-0.9}$	$y = 272.7x^{-0.6}$	$y = 489.8x^{-0.7}$	$y = 219.5x^{-0.6}$
<b>20</b>	$y = 262.6x^{-0.6}$	$y = 241.7x^{-0.6}$	$y = 1225x^{-0.9}$	$y = 243.7x^{-0.6}$	$y = 181.7x^{-0.6}$	$y = 274.6x^{-0.7}$	$y = 648.7x^{-0.8}$	$y = 160.3x^{-0.6}$	$y = 266.6x^{-0.7}$	$y = 209.6x^{-0.6}$
<b>15</b>	$y = 215.7x^{-0.6}$	$y = 196.1x^{-0.6}$	$y = 730.9x^{-0.9}$	$y = 202.6x^{-0.6}$	$y = 158.8x^{-0.6}$	$y = 203.7x^{-0.7}$	$y = 467.9x^{-0.8}$	$y = 138.7x^{-0.6}$	$y = 224.2x^{-0.6}$	$y = 209.1x^{-0.6}$
<b>10</b>	$y = 166.7x^{-0.6}$	$y = 150.6x^{-0.6}$	$y = 383.5x^{-0.9}$	$y = 159.2x^{-0.6}$	$y = 132.8x^{-0.6}$	$y = 141.0x^{-0.6}$	$y = 306.8x^{-0.8}$	$y = 121.2x^{-0.6}$	$y = 177.8x^{-0.6}$	$y = 206.5x^{-0.6}$
<b>7</b>	$y = 135x^{-0.6}$	$y = 122.0x^{-0.6}$	$y = 224.8x^{-0.8}$	$y = 131.8x^{-0.6}$	$y = 115.1x^{-0.6}$	$y = 107.9x^{-0.6}$	$y = 217.9x^{-0.8}$	$y = 108.7x^{-0.6}$	$y = 147.1x^{-0.6}$	$y = 202.6x^{-0.6}$
<b>5</b>	$y = 113.6x^{-0.6}$	$y = 102.7x^{-0.6}$	$y = 148.1x^{-0.8}$	$y = 112.8x^{-0.6}$	$y = 102.3x^{-0.6}$	$y = 86.43x^{-0.6}$	$y = 164.2x^{-0.8}$	$y = 100.8x^{-0.6}$	$y = 127.0x^{-0.6}$	$y = 196.6x^{-0.6}$
<b>4</b>	$y = 102.3x^{-0.6}$	$y = 92.72x^{-0.6}$	$y = 116.2x^{-0.8}$	$y = 102.6x^{-0.6}$	$y = 94.85x^{-0.6}$	$y = 76.23x^{-0.6}$	$y = 138.0x^{-0.8}$	$y = 96.47x^{-0.6}$	$y = 113.5x^{-0.6}$	$y = 190.8x^{-0.6}$
<b>3</b>	$y = 91.11x^{-0.6}$	$y = 83.19x^{-0.6}$	$y = 92.22x^{-0.7}$	$y = 92.31x^{-0.6}$	$y = 87.23x^{-0.6}$	$y = 67.68x^{-0.6}$	$y = 114.1x^{-0.8}$	$y = 92.88x^{-0.6}$	$y = 100.8x^{-0.6}$	$y = 175.7x^{-0.6}$
<b>2</b>	$y = 79.13x^{-0.6}$	$y = 73.99x^{-0.6}$	$y = 74.25x^{-0.7}$	$y = 83.08x^{-0.6}$	$y = 78.78x^{-0.6}$	$y = 60.69x^{-0.6}$	$y = 91.07x^{-0.8}$	$y = 88.49x^{-0.6}$	$y = 87.70x^{-0.6}$	$y = 157.8x^{-0.6}$

## Annexe IV

**Tableau 2 : Equation de Montana (exponentielle) pour chaque station de Chott Hodna**

bassin	<u>Chott Hodna</u>
<b>Station</b> <b>Période</b> <b>de retour</b>	<b>051305</b>
<b>50</b>	$y = 4499.x^{-0.9}$
<b>20</b>	$y = 1477.x^{-0.9}$
<b>15</b>	$y = 1055.x^{-0.9}$
<b>10</b>	$y = 670.3x^{-0.8}$
<b>7</b>	$y = 454.5x^{-0.8}$
<b>5</b>	$y = 321.0x^{-0.8}$
<b>4</b>	$y = 265.5x^{-0.8}$
<b>3</b>	$y = 201.7x^{-0.8}$
<b>2</b>	$y = 144.8x^{-0.8}$

**Tableau 3 : Equation de Montana (exponentielle) pour chaque station de Chott Melrhir**

bassin	<u>Chott Melrhir</u>					
<b>Station</b> <b>Période</b> <b>de retour</b>	<b>060602</b>	<b>061805</b>	<b>061811</b>	<b>062402</b>	<b>062802</b>	<b>062808</b>
<b>50</b>	$y = 793.4x^{-0.8}$	$y = 1415.x^{-0.8}$	$y = 1044.x^{-0.8}$	$y = 86.29x^{-0.3}$	$y = 1228x^{-0.8}$	$y = 426.1x^{-0.7}$
<b>20</b>	$y = 538.3x^{-0.8}$	$y = 522.2x^{-0.7}$	$y = 493.9x^{-0.7}$	$y = 72.75x^{-0.3}$	$y = 573.2x^{-0.8}$	$y = 306.4x^{-0.7}$
<b>15</b>	$y = 474.5x^{-0.8}$	$y = 389.0x^{-0.7}$	$y = 394.0x^{-0.7}$	$y = 58.81x^{-0.3}$	$y = 454.4x^{-0.8}$	$y = 276.6x^{-0.7}$
<b>10</b>	$y = 396.6x^{-0.8}$	$y = 264.6x^{-0.7}$	$y = 292.3x^{-0.7}$	$y = 50.41x^{-0.3}$	$y = 332.9x^{-0.8}$	$y = 241.0x^{-0.7}$
<b>7</b>	$y = 338.3x^{-0.8}$	$y = 193.4x^{-0.7}$	$y = 227.2x^{-0.7}$	$y = 44.78x^{-0.3}$	$y = 256.1x^{-0.8}$	$y = 213.2x^{-0.7}$
<b>5</b>	$y = 286.8x^{-0.8}$	$y = 148.3x^{-0.7}$	$y = 182.9x^{-0.7}$	$y = 42.26x^{-0.3}$	$y = 203.0x^{-0.8}$	$y = 189.8x^{-0.7}$
<b>4</b>	$y = 257.4x^{-0.8}$	$y = 126.9x^{-0.7}$	$y = 158.9x^{-0.7}$	$y = 40.07x^{-0.3}$	$y = 174.2x^{-0.7}$	$y = 175.6x^{-0.7}$
<b>3</b>	$y = 222.0x^{-0.8}$	$y = 106.4x^{-0.7}$	$y = 134.4x^{-0.7}$	$y = 39.81x^{-0.3}$	$y = 145.5x^{-0.7}$	$y = 157.9x^{-0.7}$
<b>2</b>	$y = 175.9x^{-0.8}$	$y = 86.71x^{-0.7}$	$y = 107.9x^{-0.7}$	$y = 39.81x^{-0.3}$	$y = 113.4x^{-0.7}$	$y = 133.3x^{-0.7}$

## Annexe IV

**Tableau 4 : Equation de Montana (exponentielle) pour chaque station des Hauts-Plateaux constantinois**

bassin		<u>Hauts-Plateaux constantinois</u>		
Station Période de retour	070406	070604	070720	
50	$y = 1704x^{-0.8}$	$y = 868.5x^{-0.8}$	$y = 1187.x^{-0.8}$	
20	$y = 715.4x^{-0.8}$	$y = 462.5x^{-0.8}$	$y = 567.4x^{-0.8}$	
15	$y = 550.9x^{-0.8}$	$y = 381.8x^{-0.8}$	$y = 454.3x^{-0.8}$	
10	$y = 386.4x^{-0.8}$	$y = 295.5x^{-0.7}$	$y = 337.2x^{-0.7}$	
7	$y = 286.5x^{-0.8}$	$y = 238.7x^{-0.7}$	$y = 263.7x^{-0.7}$	
5	$y = 219.6x^{-0.8}$	$y = 196.3x^{-0.7}$	$y = 211.0x^{-0.7}$	
4	$y = 185.3x^{-0.8}$	$y = 173.6x^{-0.7}$	$y = 184.5x^{-0.7}$	
3	$y = 151.7x^{-0.8}$	$y = 151.7x^{-0.7}$	$y = 156.1x^{-0.7}$	
2	$y = 117.0x^{-0.8}$	$y = 126.0x^{-0.70}$	$y = 125.5x^{-0.7}$	

**Tableau 5 : Equation de Montana (exponentielle) pour chaque station de Kebir-Rhumel**

bassin		<u>Kebir-Rhumel</u>				
Station Période de retour	100104	100208	100312	100408	100511	100603
50	$y = 535.5x^{-0.7}$	$y = 1080.x^{-0.8}$	$y = 839.9x^{-0.8}$	$y = 406.3x^{-0.7}$	$y = 1161.x^{-0.8}$	$y = 1414.x^{-0.8}$
20	$y = 283.8x^{-0.7}$	$y = 552.9x^{-0.8}$	$y = 512.8x^{-0.80}$	$y = 321.1x^{-0.7}$	$y = 563.8x^{-0.7}$	$y = 622.1x^{-0.7}$
15	$y = 236.2x^{-0.6}$	$y = 454.0x^{-0.8}$	$y = 438.1x^{-0.7}$	$y = 301.7x^{-0.7}$	$y = 454.0x^{-0.7}$	$y = 485.7x^{-0.7}$
10	$y = 186.2x^{-0.6}$	$y = 348.6x^{-0.8}$	$y = 353.2x^{-0.7}$	$y = 273.0x^{-0.7}$	$y = 338.1x^{-0.7}$	$y = 350.7x^{-0.7}$
7	$y = 154.6x^{-0.6}$	$y = 277.1x^{-0.8}$	$y = 293.2x^{-0.7}$	$y = 250x^{-0.7}$	$y = 263.9x^{-0.7}$	$y = 266.5x^{-0.7}$
5	$y = 132.2x^{-0.6}$	$y = 226.5x^{-0.8}$	$y = 245.5x^{-0.7}$	$y = 225.9x^{-0.7}$	$y = 212.3x^{-0.7}$	$y = 211.0x^{-0.7}$
4	$y = 119.5x^{-0.6}$	$y = 197.7x^{-0.8}$	$y = 218.6x^{-0.7}$	$y = 211.2x^{-0.7}$	$y = 185.3x^{-0.7}$	$y = 182.0x^{-0.7}$
3	$y = 108.7x^{-0.6}$	$y = 168.1x^{-0.8}$	$y = 188.6x^{-0.7}$	$y = 190.4x^{-0.7}$	$y = 156.4x^{-0.7}$	$y = 152.7x^{-0.7}$
2	$y = 96.91x^{-0.6}$	$y = 134.4x^{-0.8}$	$y = 152.3x^{-0.7}$	$y = 159.6x^{-0.7}$	$y = 125.8x^{-0.7}$	$y = 122.1x^{-0.7}$

## Annexe IV

**Tableau 6 :** Equation de Montana (exponentielle) pour chaque station du Medjerda

bassin		<u>Medjerda</u>			
Station	120113	120115	120301	120510	
Période de retour					
50	$y = 10139x^{-0.9}$	$y = 4386.x^{-0.9}$	$y = 1389x^{-0.8}$	$y = 1738.x^{-0.8}$	
20	$y = 1351.x^{-0.9}$	$y = 1405.x^{-0.9}$	$y = 687.4x^{-0.8}$	$y = 789.5x^{-0.8}$	
15	$y = 742.6x^{-0.9}$	$y = 992.0x^{-0.9}$	$y = 554.7x^{-0.8}$	$y = 620.3x^{-0.8}$	
10	$y = 366.3x^{-0.9}$	$y = 625.1x^{-0.9}$	$y = 414.3x^{-0.8}$	$y = 447.7x^{-0.8}$	
7	$y = 211.3x^{-0.8}$	$y = 422.7x^{-0.9}$	$y = 323.2x^{-0.8}$	$y = 338.5x^{-0.8}$	
5	$y = 142.1x^{-0.8}$	$y = 302.3x^{-0.8}$	$y = 256.5x^{-0.8}$	$y = 264.4x^{-0.8}$	
4	$y = 115.2x^{-0.8}$	$y = 243.3x^{-0.8}$	$y = 221.5x^{-0.8}$	$y = 264.4x^{-0.8}$	
3	$y = 95.78x^{-0.8}$	$y = 191.2x^{-0.8}$	$y = 185.8x^{-0.8}$	$y = 185.0x^{-0.8}$	
2	$y = 84.09x^{-0.8}$	$y = 191.2x^{-0.8}$	$y = 144.5x^{-0.8}$	$y = 141.2x^{-0.8}$	

**Tableau 7 :** Equation de Montana (exponentielle) pour chaque station du Seybouse

bassin		<u>Seybouse</u>	
Station	140105	140412	
Période de retour			
50	$y = 898.7x^{-0.7}$	$y = 1953.x^{-0.8}$	
20	$y = 469.6x^{-0.7}$	$y = 694.5x^{-0.8}$	
15	$y = 384.9x^{-0.7}$	$y = 511.0x^{-0.8}$	
10	$y = 294.6x^{-0.7}$	$y = 342.7x^{-0.8}$	
7	$y = 234.6x^{-0.7}$	$y = 248.8x^{-0.8}$	
5	$y = 190.4x^{-0.7}$	$y = 190.5x^{-0.8}$	
4	$y = 166.7x^{-0.7}$	$y = 161.5x^{-0.8}$	
3	$y = 141.5x^{-0.7}$	$y = 135.1x^{-0.8}$	
2	$y = 113.2x^{-0.7}$	$y = 108.5x^{-0.8}$	

## Annexe IV

---

**Tableau 8:** Equation de Montana (exponentielle) pour chaque station du Soummam

bassin	<u>Soummam</u>		
Station	150612	150707	150708
Période de retour			
50	$y = 867.0x^{-0.8}$	$y = 581.8x^{-0.7}$	$y = 1620.x^{-0.8}$
20	$y = 548.7x^{-0.8}$	$y = 375.1x^{-0.7}$	$y = 597.9x^{-0.8}$
15	$y = 474.2x^{-0.8}$	$y = 327.1x^{-0.7}$	$y = 446.1x^{-0.8}$
10	$y = 386.9x^{-0.8}$	$y = 272.6x^{-0.7}$	$y = 305.4x^{-0.8}$
7	$y = 322.5x^{-0.8}$	$y = 233.1x^{-0.7}$	$y = 225.2x^{-0.8}$
5	$y = 273.2x^{-0.8}$	$y = 202.1x^{-0.7}$	$y = 174.9x^{-0.8}$
4	$y = 242.7x^{-0.8}$	$y = 182.7x^{-0.7}$	$y = 150.0x^{-0.8}$
3	$y = 208.7x^{-0.8}$	$y = 162.4x^{-0.7}$	$y = 127.2x^{-0.8}$
2	$y = 166x^{-0.8}$	$y = 136.0x^{-0.7}$	$y = 105.3x^{-0.8}$