

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

**Courbes IDF pour les stations pluviométriques de la région
centre de l'Algérie du Nord.**

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 6-0001-16

APA Citation (APA توثيق):

**Menasria, Amine (2016). Courbes IDF pour les stations pluviométriques de la région
centre de l'Algérie du Nord[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Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...)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 بتقييم الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

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

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

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.



Département Hydraulique Urbaine

MEMOIRE DE MASTER

Pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique

OPTION : Alimentation en eau potable

THEME :

**COURBES IDF POUR LES STATIONS
PLUVIOMETRIQUES DE LA REGION CENTRE DE
L'ALGERIE DU NORD**

Présenté par :

M^r : MENASRIA Amine.

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

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

JUIN 2016

Dédicace

A mes très chers parents

En témoignage de profond amour, de grande reconnaissance et pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et mon bonheur.

A mes enseignants

A mes chers (es) amis (es) et collègues

A toute personne qui m'aime, et qui contribuera à ma joie familiale et mon bonheur professionnel.

Remerciement

Je remercie « الله » le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

Je remercie mon promoteur le professeur **MEDDI Mohamed** pour tout le soutien, l'aide, l'orientation, la guidance qu'elle m'a apporté lors de la réalisation de mon mémoire.

Je remercie mes parents pour le soutien inconditionnel

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette recherche en acceptant d'examiner ce travail et de l'enrichir par leurs remarques et critiques constructives.

Je n'oublie pas aussi mes amis (es) pour leur soutien et leurs différents conseils qui m'ont encouragé parfaitement pour atteindre mes objectifs.

A tous Merci

MENASRIA AMINE

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE :	1
--------------------------------------	---

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUES

Introduction :	2
I.1. Généralité :	2
I.1.1. Prévision hydrologique :	2
I.1.2. les Inondation :	3
I.1.2.1 les types des inondations :	3
I.1.2.2 Les causes d'inondations :	4
I.1.3. L'utilisation de l'analyse fréquentielle en hydrologie :	4
I.1.4. L'intensité :	5
I.1.5. Période de retour :	5
I.1.6. Notion d'averse :	7
I.2. Qu'est-ce qu'une courbe IDF ? :	7
I.3. Pour quoi les courbes IDF ? :	8
I.4. Construction des courbes IDF :	9
I.5. Utilisation des courbes IDF :	10
I.6. Etablissement des courbes IDF :	10
I.7. Méthode d'estimation des qantiles des evenments intenses :	11
I.8. Généralisation des courbes IDF :	11
I.9. Synthèse des travaux sur les IDF :	12
Conclusion	18

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Introduction :	19
II .1. Le découpage hydrologique de l'algérie :	19
II .2. Présentation générale du bassin hydrographique algérois-Hodna-Soumam :	20
II .2.1. Limites adminsratives :	20
II .2.2. Les bassins versants :	20
II .2.2.1. L'algérois :	21
II .2.1.2. La soummam :	21
II .2.2.3. le Hodna :	21

II.3. Le réseau hydrographiques :	23
II.4. Caractéristiques pédologiques :	23
II.5. Le climat :	24
II.6. La pluviométrie :	24
Conclusion	24

CHAPITRE III : METHODOLOGIE DE TRAVAIL

Introduction :	25
III.1. Présentation du logiciel Hydraccess :	25
III.2. Présentation du logiciel Hyfran plus :	25
III.3. Méthodologie de travail :	28
III.3.1. Utilisation du HYDRACCESS :	28
III.3.2. Utilisation du HYFRAN PLUS :	29
III.3.2.1. Saisie des données :	29
III.3.2.2. Test d'hypothèse :	30
III.3.2.3. Analyse fréquentielle :	32
III.3.2.3.1 Détermination de la loi d'ajustement la plus adéquate :	32
III.3.2.3.2 Teste d'adéquation :	33
III.3.3. Etablissement des courbes IDF :	33
Conclusion :	34

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Introduction	35
IV.1. Les stations ciblées :	35
IV.2. Résultats des tests :	35
IV.3. Analyse fréquentielle :	35
IV.3.1. Choix de loi d'ajustement :	35
IV.3.2. Résultats d'ajustement :	36
IV.4. Etablissement des courbes IDF:	39
IV.5. Interprétation des résultats :	44
Conclusion :	47
CONCLUSION GENERALE :	52

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Figure I.1 : Les types d'inondations.....	3
Figure I.2: Définition de la notion de période de retour.	6
Figure I.3 : Représentation schématique des courbes IDF.....	9

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Figure II.1: Région hydrographique Algérois- Hodna -Soummam	22
Figure II.2: Carte de la région avec l'emplacement des stations de mesure	22

CHAPITRE III : METHODOLOGIE DE TRAVAIL

Figure III.1 : Diagramme de SAD	26
Figure III.2 : diagramme C_v, C_s préalable à l'utilisation du test de log-normalité.	26
Figure III.3 : Graphique Log-Log	27
Figure III.4 : Rapport de Hill	27
Figure III.5 : Format du fichier importé du HYDRACCESS (Station 090506)	28
Figure III.6 : Calcul de l'intensité de pluie	29
Figure III.7 : La saisie des données dans le logiciel HYFRAN PLUS	30
Figure III.8 : Exemple de teste d'indépendance (station 011208).	31
Figure III.9 : Exemple de Teste de stationarité	31
Figure III.1 : Courbe IDF de la station 20315 (GOURAYA).	34

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

Figure IV.1: Courbe IDF de la station 11706	40
Figure IV.2: Courbe IDF de la station 11603	40
Figure IV.3: Courbe IDF de la station 11901	41
Figure IV.4: Courbe IDF de la station 11605	41
Figure IV.5: Courbe IDF de la station 20646	42
Figure IV.6: Courbe IDF de la station 20509	42
Figure IV.7: Courbe IDF de la station 90314	43
Figure IV.8: Courbe IDF de la station 150208	43
Figure IV.9: Variation de l'intensité pour une période de retour 50 ans (15min)	48
Figure IV.10: Variation de l'intensité pour une période de retour 20 ans (15min)	49
Figure IV.11: Variation de l'intensité pour une période de retour 10 ans (15min)	50
Figure IV.12: Variation de l'intensité pour une période de retour 5 ans (15min)	51

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUES

Tableau I.1 : Capacité de dommage d'une crue en fonction de la hauteur de submersion.....	5
Tableau I.2 : Relation entre periode de retour et la probabilité	7

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Tableau II.1: Régions hydrographiques et leurs bassins versant	19
Tableau II.2 : Les limites administratives.....	20

CHAPITRE III : METHODOLOGIE DE TRAVAIL

Tableau III.1: Critères de comparaison de lois d'ajustement	32
Tableau III.2: Résultats d'ajustement pour la station 20315 « GOURAYA ».....	33

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

Tableau IV.1 : les station pluviométriques ciblées par l'étude	35
Tableau IV.2: Résultats d'ajustement pour la station 11706	36
Tableau IV.3: Résultats d'ajustement pour la station 11603	36
Tableau IV.4: Résultats d'ajustement pour la station 11901.....	36
Tableau IV.5: Résultats d'ajustement pour la station 11605	37
Tableau IV.6: Résultats d'ajustement pour la station 20646	37
Tableau IV.7: Résultats d'ajustement pour la station 11602	37
Tableau IV.8: Résultats d'ajustement pour la station 11509	38
Tableau IV.9: Résultats d'ajustement pour la station 20315	38
Tableau IV.10: Résultats d'ajustement pour la station 21118	38
Tableau IV.11: Résultats d'ajustement pour la station 90314	39
Tableau IV.12: Résultats d'ajustement pour la station 150208	39
Tableau IV.13: Exposant climatique de quel que station de la région d'étude	44
Tableau IV.14: Indices de comparaison des intensites pour differents T (dans la bassin)	45
Tableau IV.15: Indices de comparaison des intensites pour differents T (dans la bassin)	45
Tableau IV.16: Indices de comparaison des intensites pour differents T (dans la bassin)	46
Tableau IV.18: Indices de comparaison des intensites pour differents T (entre les bassins) ..	46

ملخص

تعتبر منحنيات الشدة- مدة- تواتر وسيلة للوصول إلى المعلومات حول تساقطات الأمطار في منطقة معينة وتغيراتها في المستقبل وذلك بالإعتماد على دراسات إحصائية إستنادا إلى سلاسل إحصائية تحتوي على تساقطات الأمطار التي تتميز بعدة خصائص من أهمها التجانس والثبوت وتستعمل هذه المنحنيات في دراسات تصميم شبكات الصرف وحماية المدن من خطر الفيضانات.

الهدف من خلال هذه الدراسة إلى تصميم منحنيات الشدة- مدة- تواتر من أجل إجراء عملية مقارنة لشدة تساقطات الأمطار على مستوى الأحواض المتواجدة في الوسط الجزائري انطلاقا من معطيات 55 محطة لقياس الأمطار .

Résumé

Les courbes IDF caractérisent la pluviométrie et représentent les relations entre les intensités, la durée et la fréquence. Ces courbes sont utilisées dans la conception des systèmes de drainage et de protection des villes contre le risque d'inondation.

L'objectif de cette étude est de tracer les courbes Intensité - durée – fréquence (IDF) de la région centre de l'Algérie à partir des séries homogènes et stationnaires de 55 stations pluviométriques, puis de déterminer les régions où l'intensité est forte.

Abstract

IDF curves characterize rainfall and represent the relations between the intensity, duration and frequency. These curves are used in the design of drainage systems and protection of the cities against the risk of flooding. The aim of this study is to draw and establish curves of intensity - duration - frequency (IDF) for the North central region of Algeria and that using the homogeneous and stationary series data from 55 rainfall stations in order to determinate the regions where the intensity is stronger and also to make a comparison between the centre, the east and the west of Algeria.

Introduction générale

La conception de tout ouvrage hydraulique nécessite que soit précisé le niveau de performance souhaité. Ce niveau de performance est souvent déterminé en fonction des dommages potentiels et de la sévérité des aléas météorologiques susceptibles d'entraîner un bris, un dysfonctionnement ou un dépassement de capacité de l'ouvrage en question. Ainsi, dans le cas des infrastructures de gestion des eaux pluviales, la dimension des différentes composantes du système (par ex. conduites, bassins de rétention, etc.) est établie en fonction de l'intensité de pluie et leur période de retour. Cette information est souvent exprimée sous la forme de courbes **Intensité – Durée –Fréquence (IDF)** obtenues à partir d'une étude statistique des événements extrêmes enregistrés sur un territoire donné (analyse fréquentielle).

L'intensité de pluie qui présente le rapport entre la hauteur de pluie et sa durée (mm/h) varie d'un endroit à l'autre suivant les conditions climatiques, l'altitude, l'exposition à la mer, la direction des vents,....etc. d'une part, et suivant la durée des précipitations d'autre part. **(ZOBIRI, 2012 ; Développement des courbes idf dans la région centre ville de soumaa,mouzaia et oued zeboudj)**

Le but principal de ce travail est de présenter des courbes intensités – durée - fréquence (IDF) des précipitations pour les stations du centre de l'Algérie afin de déterminer les zones où l'intensité de pluie est forte afin de dimensionner les ouvrages de protection pour éviter les risques d'inondation.

Pour se faire nous avons suivi un plan bien précis composé des chapitres suivants :

- Chapitre I : Recherche bibliographique ;
- Chapitre II : Présentation de la zone d'étude ;
- Chapitre III : Méthodologie de travail ;
- Chapitre IV : Résultats et Discussions ;

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. Celles-ci revêtent un aspect important dans le contexte algérien. Ces événements extrêmes ne peuvent être connus, qu'à travers la connaissance des paramètres qui les régissent.

I.1 Généralités

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

I.1.1 Prévision hydrologique

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

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

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

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

I.1.2 les inondations

Une inondation est la submersion d'une zone rapide ou lente qui peut être provoquée de plusieurs façons, par des pluies importantes en durée et (ou) en intensité.

Un cours d'eau présente :

- le lit mineur où les eaux y sont en permanence ;
- le lit moyen qui est l'espace fluvial, sur lequel s'écoulent les crues aux périodes de retour de 1 à 10 ans en moyenne. Le lit moyen est donc soumis à un risque fréquent d'inondation. La vitesse de l'eau y est forte et cet espace est soumis à de fortes érosions et transports solides lors des crues ;
- le lit majeur qui est l'espace occupé par un cours d'eau lors d'une inondation. Hors du lit majeur, le risque d'inondation fluviale est nul (ce qui n'exclut pas le risque d'inondation par ruissellement pluvial, en zone urbanisée notamment).

I .1.2.1 Les types d'inondations

Il existe trois principaux types d'inondations :

1. Inondation par débordement direct
2. Inondation par accumulation d'eau ruisselée
3. Inondation par remontée dans les réseaux d'assainissement dans des points bas localisés

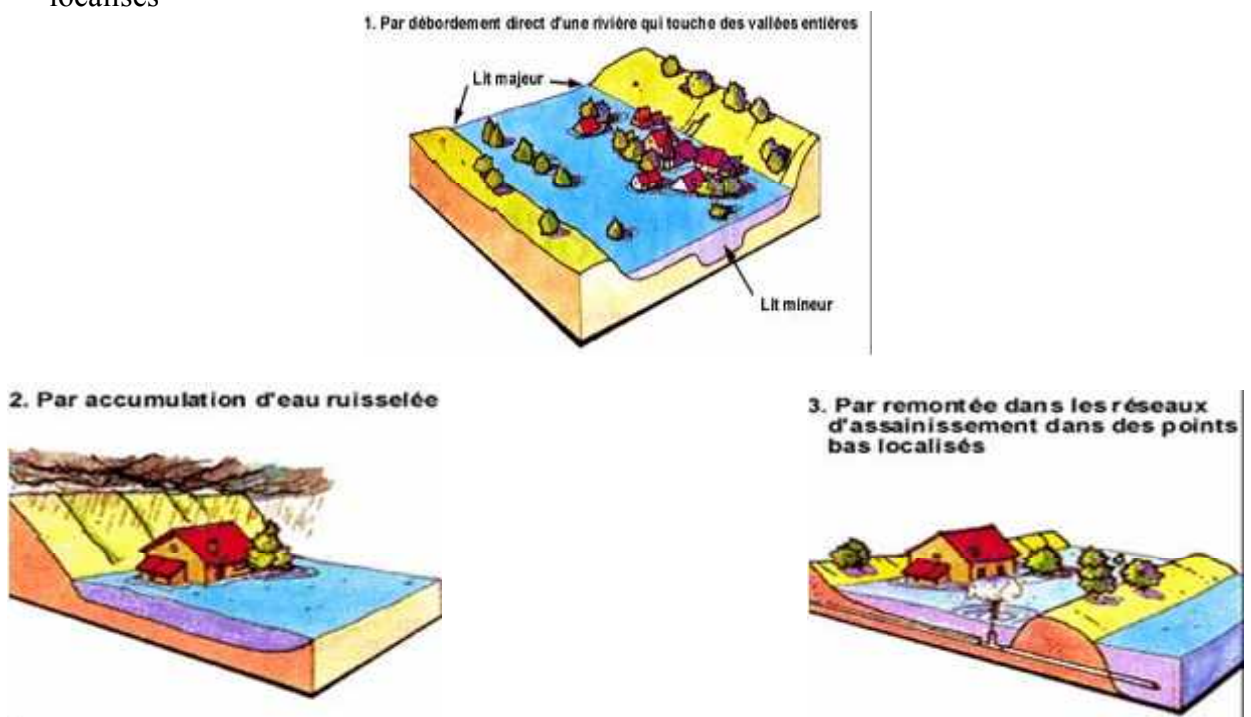


Figure I.1 : Les types d'inondations

I.1.2.2 Les causes d'inondations

Plusieurs facteurs provoquent les inondations parmi ces facteurs on trouve :

- Souvent les trois zones des cours d'eau (le lit mineur, le lit moyen et le lit majeur) sont transformées par l'activité humaine ou par les changements climatiques.
- Ainsi avec un sol plus propice au ruissellement il y a une diminution de la perméabilité de l'ensemble du bassin dû aux déboisements, aux incendies de forêts, aux multiplications de surfaces revêtues (routes, maisons,...) et rend alors les crues beaucoup plus brutales.
- La répartition et l'intensité des précipitations dans le bassin versant (qui est le lieu où les rivières collectent l'eau d'un territoire plus ou moins grand) et la durée des précipitations. (<http://la.climatologie.free.fr>)

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 retenues, 2009**) et (**guide des pratiques**)

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 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)**

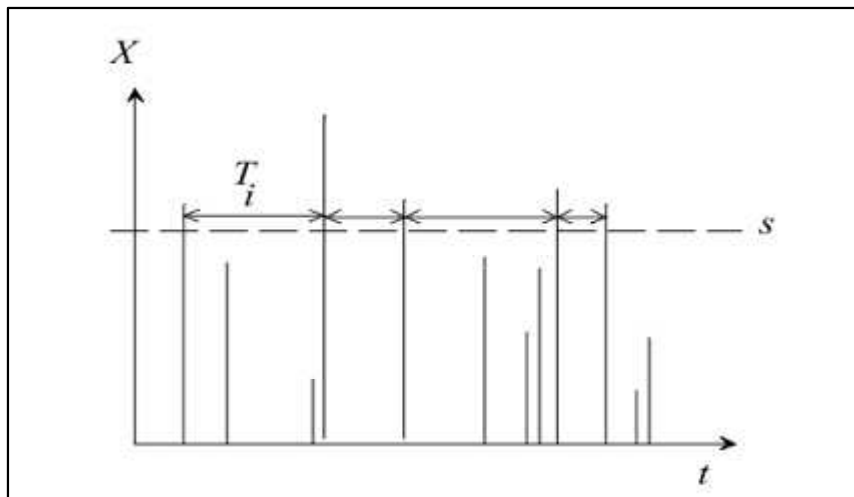


Figure I.2 : définition de la notion de période de retour

On cherche à savoir la probabilité pour qu'un événement pluvieux (par exemple une hauteur, une durée ou 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.

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

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

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

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

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

I.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 (<http://www.meteosuisse.ch/fr/>) Et (André Musy et Christophe Higy, 2004).

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

Il est bien connu que l'intensité (le I d'IDF) 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 : le chaos n'est pas total !

De l'observation on déduit que, « en moyenne », 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).

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 x années. On parle de fréquence d'apparition.

Chapitre I : Recherche bibliographique

Ainsi donc, par l'observation soigneuse 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 (http://hydrant.unibe.ch/hades/hades_fr.htm) et (DUBAN – 2000)

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.
- A 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)

I.3. Pour quoi les courbes IDF ?

Les courbes IDF servent à calculer l'intensité des pluies pour différentes périodes de retour, cette intensité sera introduite dans la relation de la méthode rationnelle

$$Q=C.I.A$$

- C: coefficient de ruissellement,
- I : intensité
- A : superficie (Bertrand-Krajewski et al. 2000).

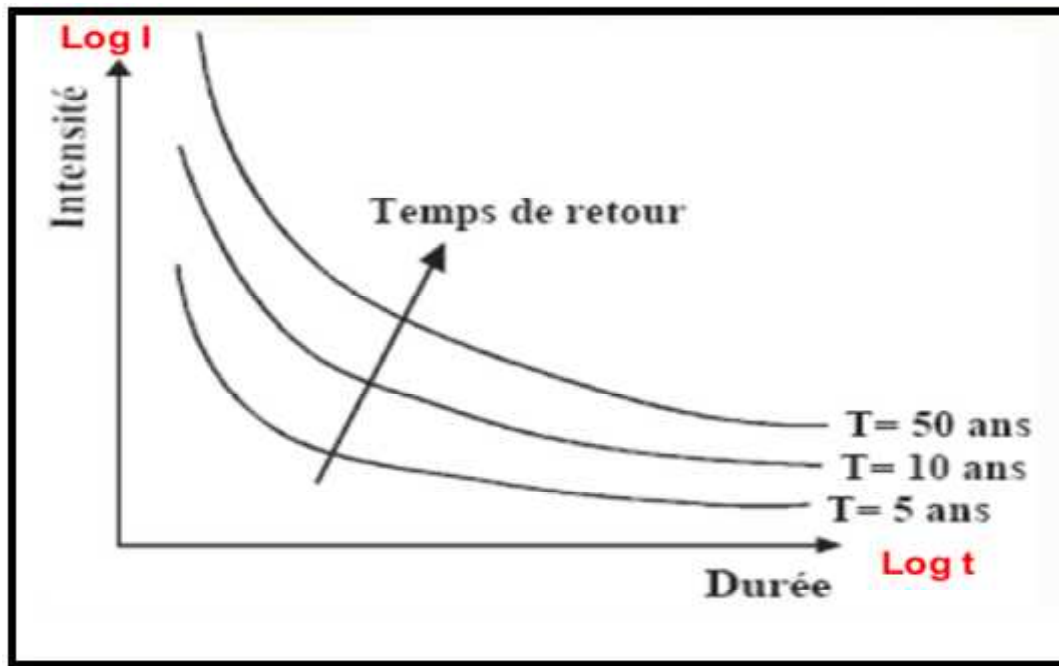


Figure I.3: Représentation schématique des courbes IDF

I.4. 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. (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 :

$$I = k \cdot T^a / (t+c)^b$$

i : intensité totale [mm/h], [mm/min] ou intensité spécifique [l/s.ha],

T : période de retour en années,

t : durée de référence [h] ou [min],

k, a, b, c : paramètres d'ajustement.

- Formule de Talbot

$$i = \frac{a}{b+t}$$

- Formule de Montana

$$i = a/t^b$$

Avec :

i: intensité maximale de la pluie [mm/h],

t: durée de la pluie [minutes ou heures],

T; intervalle de récurrence (ou temps de retour) [années],

a, b: constantes locales,

b-Présentation statistique (méthode probabiliste)

Les courbes IDF sont établies sur la base de l'analyse d'averses enregistrées à une station au cours d'une longue période. 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.

I.5.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 et, 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 hydrologique. (Lahaye et al, 1980 ; Masson, 1980 ; Chocat et al., 1997) .

I.6.Etablissement des courbes IDF

La méthodologie d'établissement des courbes IDF est constituée de trois étapes :

- Première étape : Une distribution de probabilité est ajustée à chaque échantillon de chaque durée.
- Deuxième étape : On détermine les quantiles correspondant à plusieurs périodes de retour spécifiées, en utilisant la distribution ajustée
- Dernière étape : On modélise les courbes IDF en ajustant une équation empirique sur les quantiles estimés pour chaque période de retour au moyen des régressions non linéaires. (**mémoire de magister de ZOBIRI Fouzia, 2012**).

I.7. Méthodes d'estimation des quantiles des événements intenses

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

L'approche des séries maximales annuelles (SMA) et celle des séries des durées partielles (SDP). La première utilise les séries des valeurs maximales enregistrées pendant une durée donnée (par exemple 1 h, 2 h, etc.) sur une période donnée (généralement l'année mais possiblement aussi une partie de l'année). Des procédures robustes ont été mises au point et ont été largement utilisées pour produire des courbes IDF à partir des séries hydrométéorologiques (Hosking et al., 1985a; Hosking & Wallis, 1988; Shaefer, 1990; Pilon & Adamowski, 1992; Adamowski et al., 1996; Onibon et al., 2004; Khaliq et al., 2006; Mailhot et al., 2007; Neppel et al., 2007).

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

$$F(x) = \exp\left\{-\left|1 - \frac{k(x - \varepsilon)}{\alpha}\right|^{\frac{1}{k}}\right\} \text{ pour } k < 0$$

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

Avec

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

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

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

I.8. généralisation des courbes IDF :

Bell (1969) et Chen (1983) ont proposé la généralisation des courbes IDF en utilisant l'équation suivante :

$$\frac{I_d^T}{I_{d'}^{T'}} = f_1(T)f_2(d)$$

Où :

- T : est la période de retour (en années)
- D : la durée de précipitation
- T' : est une constante de période de retour utilisée comme base de calcul (en années)
- d' : est une constante de durée de précipitation utilisée comme base de calcul (en heures)
- I_d^T : est l'intensité pluviale recherchée suivant une durée d et une période de retour T
- $I_{d'}^{T'}$: est la constante de l'intensité pluviale utilisée comme base de calcul suivant une durée de base [d] et une période de retour de base [T] (en mm/heure)
- $f_1(T)$: est une fonction qui dépend de la période de retour « T ».
- $f_2(d)$: est une fonction liée à la durée de pluie « d » est dépend du modèle utilisé pour l'établissement des courbes IDF d'une zone d'études, (Le Minh Nhat, Yasuto Tachikawa etKaoru Takara, 2006). Mémoire magister fouzia ;

I.9.Synthèse des travaux sur les IDF

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

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

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

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 :

$$I_t^T = \frac{a_0 \times T^{a1}}{T^{a2}}$$

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 :

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

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.

- 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 estimés 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.
- En 1967, Holland 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 Etats-Unis une formule généralisée caractérisant les courbes intensité-durée-fréquence comme suit :

$$R_c^T = [0,21 \times \ln T + 0,52] [0,54 \times t^{0,25} - 0,50] \times R_1^{1,0}$$

Pour $2 \leq T$ (en années) ≤ 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 .

Tous ces auteurs ont employé l'équation de Bell dans leurs études.

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

$$I = \frac{A}{t+B}$$

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 Etats-Unis sur la base de trois durées et trois périodes de retour (F_1^{10} ; F_{24}^{10} ; F_1^{100}) qui décrivent la variation géographique des précipitations en utilisant trois cartes iso-pluviales (de l'exposé technique N°40 du bureau de temps des États-Unis).

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

Où, I_t^T est l'intensité des précipitations en inches/heure suivant une durée t (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 utilisés 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 :

$$I(t) = a + bR_{24} + cR_{24}^2$$

Où : a, b et c des constantes

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

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

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 : $I = \frac{a}{c+t}$

Modèle de Bernard (appelé aussi modèle de Montana) : $I = \frac{a}{c^t}$

Modèle de Kimijima (appelé aussi modèle de Kheifer Chu) : $I = \frac{a}{c^t + c}$

Modèle de scherman (appelé aussi modèle de Talbo amélioré) : $I = \frac{a}{(c+t)^b}$

- 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:

$$I = \frac{A}{t+b} \text{ pour } t \leq 2 \text{ heures}$$

$$I = c \times t^b \text{ pour } t > 2 \text{ heures}$$

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.

$$i = \frac{W}{(c^v +)^{\eta}}$$

Où, ω , η et η sont des coefficients non négatifs dont : $(v, \eta) \geq 1$.

- 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 de l'hétérogénéité 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.
- 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 carrés 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.
- 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).

(Mémoire de Magister de BOUKHELIFA MUSTAPHA)

Conclusion :

Les courbes IDF servent à calculer l'intensité des pluies pour différentes périodes de retour afin de dimensionner les ouvrages de protection contre les inondations.

Les modèles les plus utilisés dans la littérature pour l'établissement des courbes IDF sont :

- Modèle de Talbo (à deux paramètres)
- Modèle de Montana (appelé aussi Bernard)
- Modèle de Talbo (à trois paramètres appelé aussi Sherman)

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

Introduction :

L'Algérie se caractérise par deux régions de reliefs contrastés à savoir :
L'Algérie du Nord, caractérisée par sa structure sinueuse de formation récente, et
l'Algérie du Sud, déserte ayant une structure ancienne.
On s'intéresse dans ce chapitre à présenter la région centre de l'Algérie du Nord.

II.1 Le découpage hydrographique de l'Algérie :

Selon le découpage hydrographique, le territoire algérien est divisé en cinq régions hydrographiques regroupant les 19 bassins versant du pays (voir tableau II.1)

Tableau II.1 : Régions hydrographiques et leurs bassins versant

Bassins hydrographiques	Superficie (km ²)	Bassins versants
Oranie-chott Chergui	77169	Côtiers oranaise
		Macta
		Tafna
		Chott Chergui
Chélif-Zahrez	56227	Côtiers Dahra
		Cheliff
		Chott Zahrez
Algérois-Hodna-Soummam	47 588	Côtiers algérois
		Sébaou
		Isser
		Soummam
		Chott Hodna
Constantinois-seybouss-Mellegue	44348	Côtiers constantinois
		Kébir Rhumel
		Medjerdah Mellegue
		Seybousse
		Haute Plateaux constantinois
		Chott Melghir
Sahara	2018054	Sahara

Note :

Dans notre travail on s'intéresse par le bassin hydrographique **Algérois - Hodna – Soummam** et une partie du **Chellif**

II.2 Présentation générale du Bassin hydrographiques Algérois-Hodna-Soummam:

Le bassin hydrographique Algérois-Hodna-Soummam est situé dans la partie centrale de l'Algérie du Nord. Il couvre une superficie de 47 431 Km². Il est limité au Nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par le bassin Chellif-Zahrez, à l'Est par le bassin Constantinois-Seybouse-Mellègue et enfin au Sud par le bassin du Sahara.

II.2.1 Limites administratives:

Le bassin hydrographique Algérois-Hodna-Soummam s'étend sur 14 wilayas, 06 en totalité et 08 partiellement, le tableau ci après représente le détail de ces wilayas :

Tableau II.2 : Limites administratives

N	En totalité	En partiellement
01	Alger	M'sila
02	Tizi Ouzou	Médéa
03	Boumerdes	Tipaza
04	Blida	Ain defla
05	Bordj bou arréridj	Batna
06	Bouira	Djelfa
07	/	Béjaia
08	/	Sétif

Source : ABH, 2002

- ✓ Communes : 460
- ✓ Agglomération : 1483
- ✓ Superficie : 47 588 Km²
- ✓ Population : 11 409 089 habitants (2008).

II.2.2 Les bassins versants:

D'une superficie de 47 588 km², le bassin hydrographique Algérois-Hodna-Soummam englobe trois grands bassins versants à savoir :

- L'Algérois (02) : Il s'étend sur une superficie de 12 620 km².
- La Soummam (15) : s'étend sur une superficie de 9 125 km².
- Le Hodna (05) : s'étend sur une superficie de 25 843 km².

II.2.2.1. L'algérois :

Il s'étend sur une superficie de 12620 km². Le réseau hydrographique compte 22 oueds principaux totalisant une longueur de 818km, il est composé de trois bassins (ABH, 2002) :

1. Isser (09).
2. Côtier algérois (2a).
3. Côtier algérois (2b).

Le bassin hydrographique côtier algérois 2a se caractérise par sa diversité qui comprend de grandes villes, une zone agricole parmi les plus importantes d'Algérie, un aquifère menacé de surexploitation, des oueds pour lesquels la pollution est souvent préoccupante, une activité industrielle importante..... ;(ABH, 2002).

II.2.2.2. La Soummam(15) :

Le bassin versant de la Soummam s'étend sur une superficie de 9125km². Il couvre une région essentiellement montagneuse dont les montagnes s'arrêtent à quelques kilomètres de la mer. Il est caractérisé par un réseau hydrographique très marqué et bien alimenté, ayant provoqué des érosions profondes. Il reçoit une quantité importante d'eau, estimé à environ 700millions de mètres cubes par an, On y retrouve des cours d'eau permanents et temporaires dont le plus important est l'oued Soummam. Le bassin versant de la Soummam est drainé par un réseau dense d'affluents temporaires. Le profil en long présente un aspect général concave, tout à fait classique : les pentes décroissent vers l'aval (3.6% en aval du confluent Sahel-Boussellam, 0.3% dans la plaine de Bejaia) soit une pente moyenne de 1.95% (Coyne et Bellier,1973).

II.2.2.3 Le Hodna (05)

Il couvre une superficie de 25 843 km². Le bassin versant du Hodna est un bassin endoréique sous forme de dépression allongée Est-Ouest. Le chevelu hydrographique est moins dense, il est représenté par plusieurs petits oueds qui prennent leur naissance des monts du Hodna, situés au Nord. Les oueds qui existent dans toute la région sont des oueds temporaires et il n'y a d'écoulement superficiel que pendant les fortes et rares chutes de pluies. Ces oueds trouvent leurs exutoires dans le chott El Hodna. Ce dernier est une vaste dépression endoréique salée avec une superficie de 362.000 ha. Le chott el Hodna est considéré parmi les zones humides représentatives au niveau de la méditerranée.

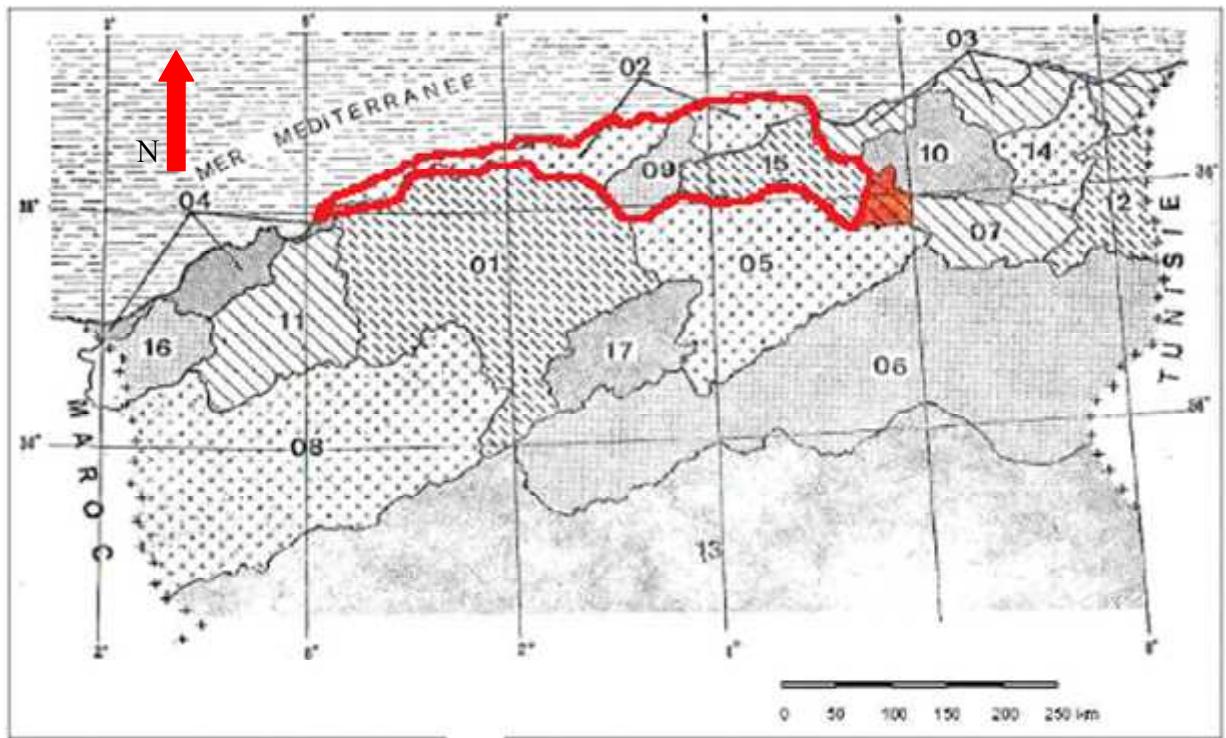


Figure.II.1 : Région hydrographique Algérois- Hodna- Soummam (source ANRH)



Source (ANRH) Echelle 1/500000

Figure. II.2: Carte de la région avec l'emplacement des stations de mesure

II.3 Le réseau hydrographique:

Le bassin hydrographique Algérois-Hodna-Soummam présente un réseau hydrographique dense d'environ 2 700 km. Il draine les apports de 57 sous bassins :

- Le bassin du Côtier-Algérois, composé de 18 sous bassins, Il comprend deux parties distinctes le Côtier Algérois (02a) à l'ouest et le Côtier Algérois (02b) à l'est. Les oueds Mazafran, El Harrach et le Sébaou constituent les plus importants oueds du bassin.
- Le bassin de l'Isser, composé de 05 sous-bassins, a une superficie de 4 149 km². l'oued du même nom s'écoulant du sud vers le nord constitue le principal cours d'eau du bassin.
- Le bassin de la Soummam, composé de 10 sous bassins, Le principal système de drainage du bassin comprend de l'ouest vers l'est, les oueds Sahel et Bou Sellam et leurs affluents.

Ces bassins sont drainés vers la Mer Méditerranée.

- Le bassin du Chott El Hodna, situé au sud du bassin algérois-Hodna-Soummam est un bassin endoréique de 25 843 km² dont le chott El Hodna constitue son exutoire naturel. Les principaux oueds de ce bassin qui s'écoulent du nord vers le Chott sont : les oueds M'sila, K'Sob, El Ham, Soubella, Barika et Bitam. Les oueds Boussaada et M'cif sont quant à eux les principaux oueds s'écoulant du sud vers le chott.

II.4 Caractéristiques pédologiques:

Les études pédologiques réalisées à ce jour dans le bassin Algérois-Hodna-Soummam montrent que les sols inventoriés représentent une superficie de 1 985 641 ha, tandis que la superficie des sols irrigables qui en résulte, avoisine 593 300 ha.

L'essentiel des sols irrigables, se trouvent dans les bassins du Hodna et Soummam qui totalisent environ 68% des superficies des sols irrigables du bassin Algérois-Hodna-Soummam.

Il est à remarquer que 45% des terres irrigables de la région se trouvent au niveau des plaines de la Mitidja (122 150 ha), du Hodna (130 342 ha) et des hautes plaines Sétifiennes (157 246 ha). (Source ONID ; 2014)

II.5 Le climat:

Le climat algérien est un climat de transition entre le climat tempéré humide et le climat désertique. Il varie de manière contrastée, du type méditerranéen et semi aride dans le nord vers le type désertique dans le Sahara. Le bassin Algérois - Hodna - Soummam est sous l'influence de trois régimes climatiques :

- Climat tempéré littoral
- Climat de l'atlas Télien
- Climat des hauts plateaux

II.6 La pluviométrie:

Les précipitations dans le bassin Algérois - Hodna - Soummam se caractérisent par une grande variation spatiale et temporaire. Les valeurs de la pluie annuelle diminuent au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la côte. En effet, les précipitations varient en moyenne entre 559 et 760 mm dans la région côtière et de 220 à 400 mm dans le sud (bassin du Hodna).

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté un aperçu sur la zone concernée du point de vue limite administrative, climatologique, démographique ainsi que le découpage hydrographique.

Introduction

Dans ce chapitre, on s'intéresse aux différentes étapes d'établir les courbes IDF et la détermination de la meilleure loi d'ajustement statistique qui sera retenue pour la définition des quantiles de pluie maximale annuelle (mm) pour différentes périodes de retour et suivant des durées allant de 15 minutes jusqu'au 360 minutes pour les stations du centre de l'Algérie.

III.1 Présentation du logiciel HYDRACCESS :

L'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'Institut de recherche et de développement (IRD), existe en français, en espagnol et en anglais et il est disponible gratuitement.

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. (Vauchel (2015) ; Derniers développements du logiciel HYDRACCESS).

III.2 Présentation du logiciel Hyfran plus :

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. 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 élevée.

En effet, nous pouvons distinguer trois principales classes :

1. la classe C (distributions à variations régulières) : GEV, Halphen Inverse B (HIB), Log-Pearson (LP3), Gamma Inverse (GI).
2. la classe D (distributions sub-exponentielles) : Halphen type A (HA), Halphen type B (B), Gumbel (EV1), Pearson type (P3), Gamma (G).
3. la classe E (loi exponentielle).

HYFRAN a été développé par l'équipe du Pr. Bernard Bobée titulaire de la chaire en hydrologie statistique (1992-2004).

Le menu SAD propose un diagramme pour mieux comprendre sa méthodologie, ce diagramme représente les différentes étapes du SAD.

(EL ADLOUNI et Bernard BOBEE(2014) ; Analyse fréquentielle hydrologique)

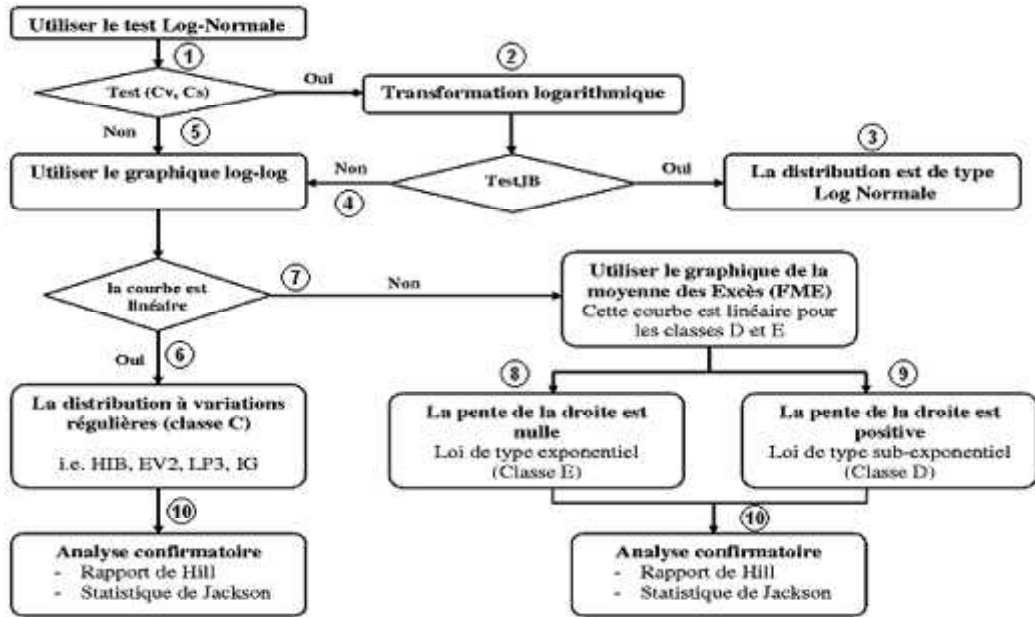


Figure III.1 : Diagramme du SAD

Le SAD propose aussi des graphiques et des courbes sur lesquels repose le système d'aide à la décision tels que :

- **Graphique log-normale** : pour tester la log-normalité avec le teste de Jarque-Berra.
- **Graphique log-log** : Vérifier l'appartenance à la classe C (distributions à variation régulières).
- **Fonction moyenne des excès (FME)** : vérifier l'apparence à la classe D (distribution Sub-exponentielles).
- **Rapport de Hill et Statistique de Jackson** : analyse confirmatoire de classe

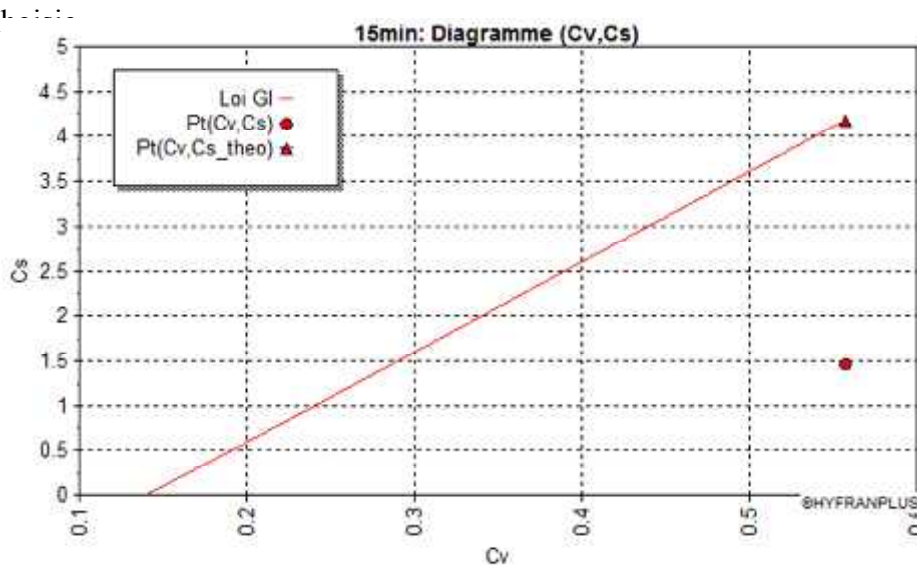


Figure III.2 : diagramme Cv,Cs préalable à l'utilisation du test de log-normalité

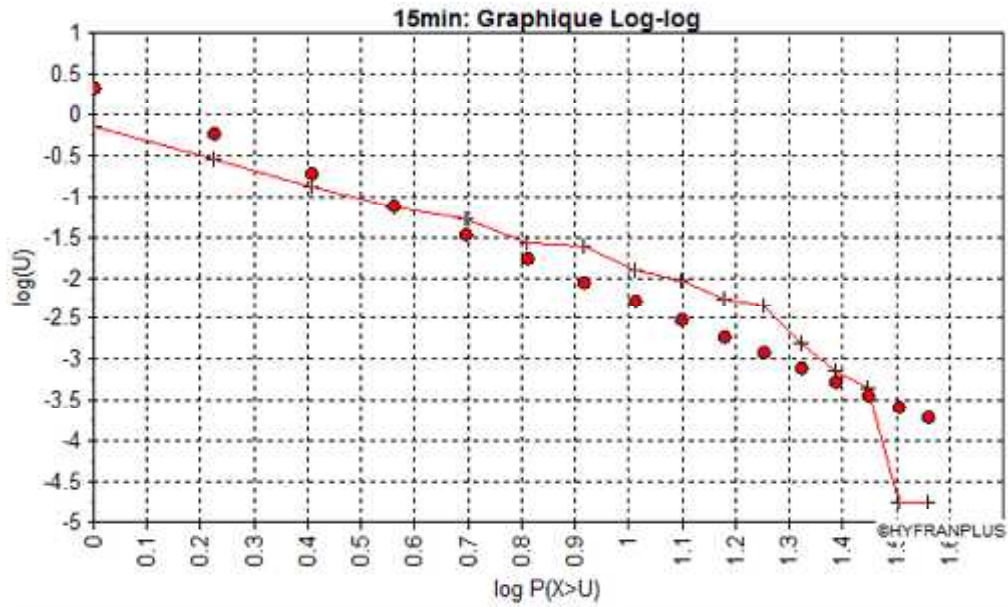


Figure III.3 : Graphique log-log

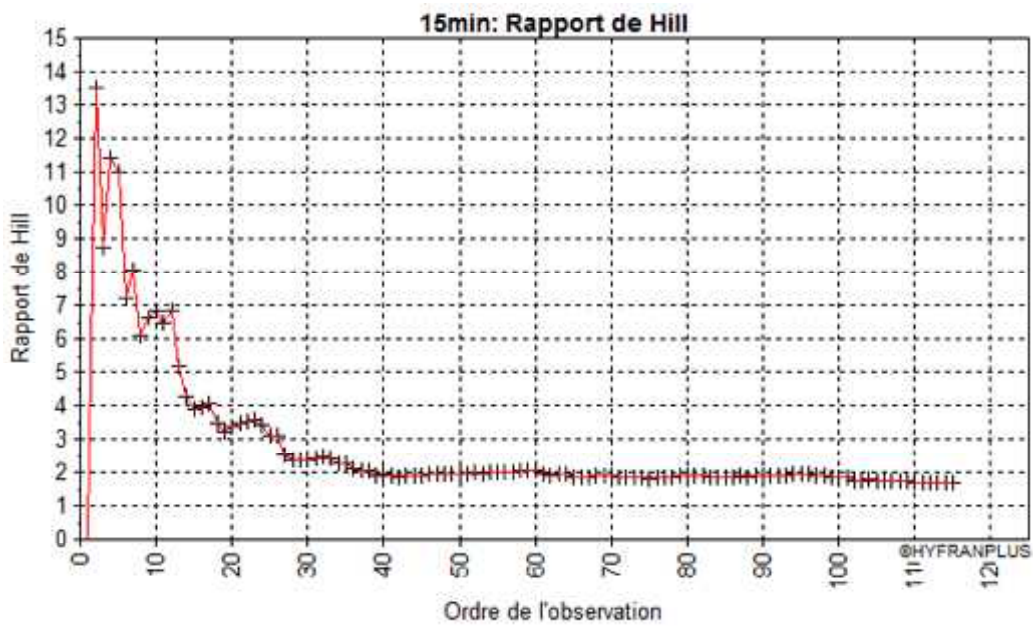


Figure III.4 : Rapport de Hill

Remarque :

Le rapport de Hill est utilisé pour confirmer la classe C de tel façon que si ce rapport converge vers une valeur non nul cette classe est confirmée.

III.3 Méthodologie du travail :

III.3.1. Utilisation du HYDRACCESS :

Nous avons utilisé le logiciel Hydraccess pour organiser les données pluviométriques de 55 stations situées au centre du Nord de l'Algérie, nous avons importé 55 classeurs de type Feuille binaire Microsoft Office Excel s'ouvrant avec Microsoft Office Excel,

Le calcul de l'intensité est effectué selon la formule suivante :

$$I = \frac{P}{T} \left(\frac{60}{h} \right) \dots\dots\dots (1)$$

Avec :

- I : intensité de pluie (mm/h).
- P : la hauteur de lame d'eau enregistré (mm).
- T : la durée d'enregistrement (min).

	A	B	C
1	Start Date	numPoints	Rainfall (mm)
2	08/10/1972 12:09:00	1	2.22
3	23/12/1972 18:25:00	2	4.2
4	24/12/1972 00:03:00	2	2.8
5	04/02/1973 08:49:00	1	2.43
6	05/02/1973 08:00:00	2	2.22
7	26/03/1973 15:57:00	1	3.04
8	23/04/1973 19:48:00	1	2.18
9	24/09/1973 19:33:00	1	3.65
10	26/09/1973 08:54:00	2	2.9
11	13/02/1974 06:49:00	1	2.92
12	19/06/1974 20:33:00	2	5.9
13	06/09/1974 15:14:00	1	2.06
14	13/03/1975 07:55:00	2	2.9
15	11/05/1975 02:42:00	1	2.08
16	03/06/1975 10:18:00	2	4.2
17	24/09/1975 14:15:00	1	2.5
18	08/02/1976 02:19:00	1	2.59
19	09/03/1976 21:42:00	1	2.31
20	12/04/1976 13:14:00	1	2.72

Figure III.5 : Format du fichier importé du HYDRACCESS (station 090506 ; T=5min)

	A	B	C
1	Start Date	Rainfall (rr Gap	
2	08/10/1972 12:09:00	2.22	26.64
3	23/12/1972 18:25:00	4.2	50.4
4	24/12/1972 00:03:00	2.8	33.6
5	04/02/1973 08:49:00	2.43	29.16
6	05/02/1973 08:00:00	2.22	26.64
7	26/03/1973 15:57:00	3.04	36.48
8	23/04/1973 19:48:00	2.18	26.16
9	24/09/1973 19:33:00	3.65	43.8
10	26/09/1973 08:54:00	2.9	34.8
11	13/02/1974 06:49:00	2.92	35.04
12	19/06/1974 20:33:00	5.9	70.8
13	06/09/1974 15:14:00	2.06	24.72
14	13/03/1975 07:55:00	2.9	34.8
15	11/05/1975 02:42:00	2.08	24.96
16	03/06/1975 10:18:00	4.2	50.4
17	24/09/1975 14:15:00	2.5	30
18	08/02/1976 02:19:00	2.59	31.08
19	09/03/1976 21:42:00	2.31	27.72
20	12/04/1976 13:14:00	2.72	32.64

Figure III.6 : Calcul de l'intensité de la pluie (station 090506 ; T=5min)

III.3.2 Utilisation du HYFRAN PLUS :

III.3.2.1 saisie des données :

Pour saisir les données et étudier les caractéristiques statistiques de l'échantillon, on doit naviguer entre les cinq onglets différents, nommés :

- **Description** : pour les différentes informations sur le projet (« titre; nom de la variable; l'unité de la variable ;..... ») ;
- **Données** : pour entrer les données dans le logiciel ;

NB : Dans notre cas, nous avons copié les intensités avec des dates différentes et les coller directement dans l'onglet des données.

- **Statistiques de base** ;
- **Testes d'hypothèse** ;
- **Graphiques** ;

	Observation	Identificateur	Probabilité empirique	Code
1	14.8	1978	0.4479	
2	12	1979	0.1701	
3	14.1	1980	0.4045	
4	20.9	1981	0.6910	
5	45.3	1982	0.9514	
6	13.7	1983	0.3872	
7	11.4	1984	0.1441	
8	19	1985	0.6649	
9	15.8	1986	0.4826	
10	23.6	1987	0.7344	
11	30.6	1988	0.8212	
12	10.1	1989	0.0052	
13	12.5	1990	0.2743	
14	10.9	1991	0.1007	

Figure III.7 : La saisie des données dans le logiciel HYFRAN PLUS

III.3.2.2 Teste d'hypothèse :

Avant de procéder à l'ajustement d'un échantillon à l'aide d'une distribution statistique, il est primordial de vérifier si les données sont indépendantes et identiquement distribuées (IID). Dans hyfran plus, les tests statistiques sont disponibles pour vérifier les hypothèses d'indépendance, de stationarité, et d'homogénéité.

Pour notre cas nous avons testé les séries de 55 stations pluviométriques pour différentes durées et nous avons trouvé qu'elles sont stationnaires ; homogènes ; et indépendantes .

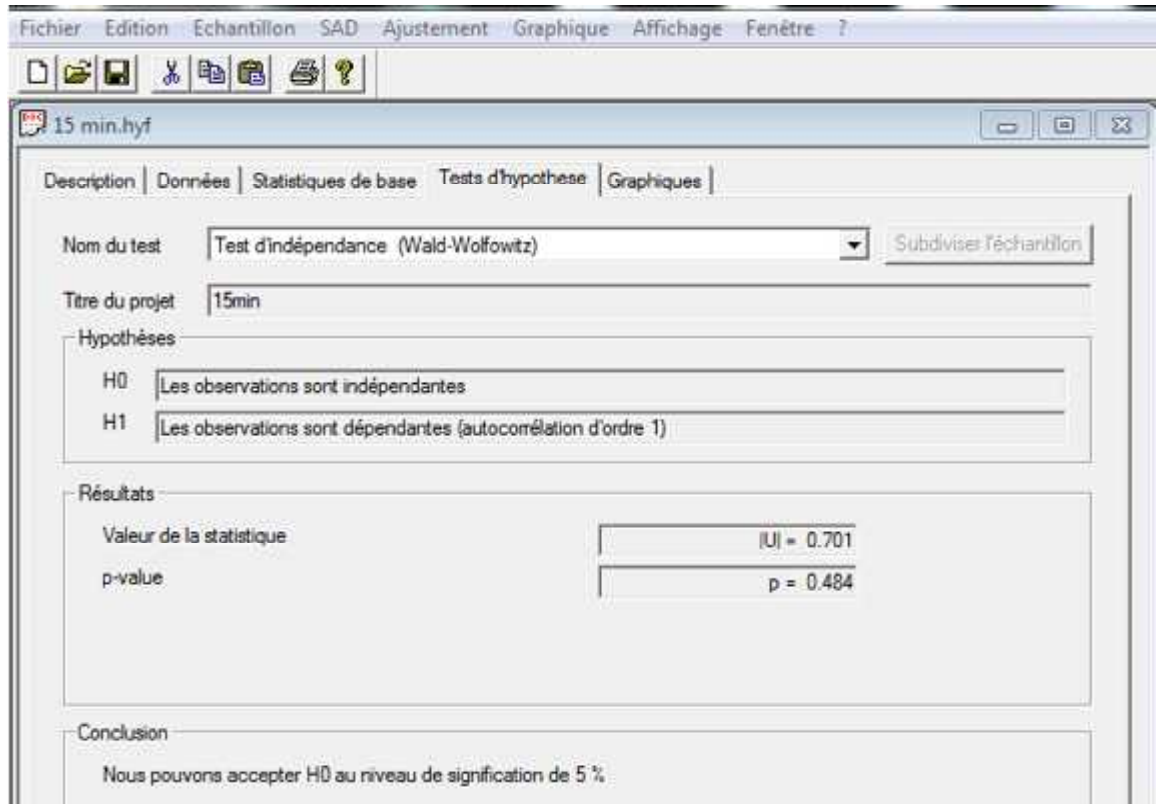


Figure III.8 Exemple de teste d'indépendance (station 011208, T=15min)

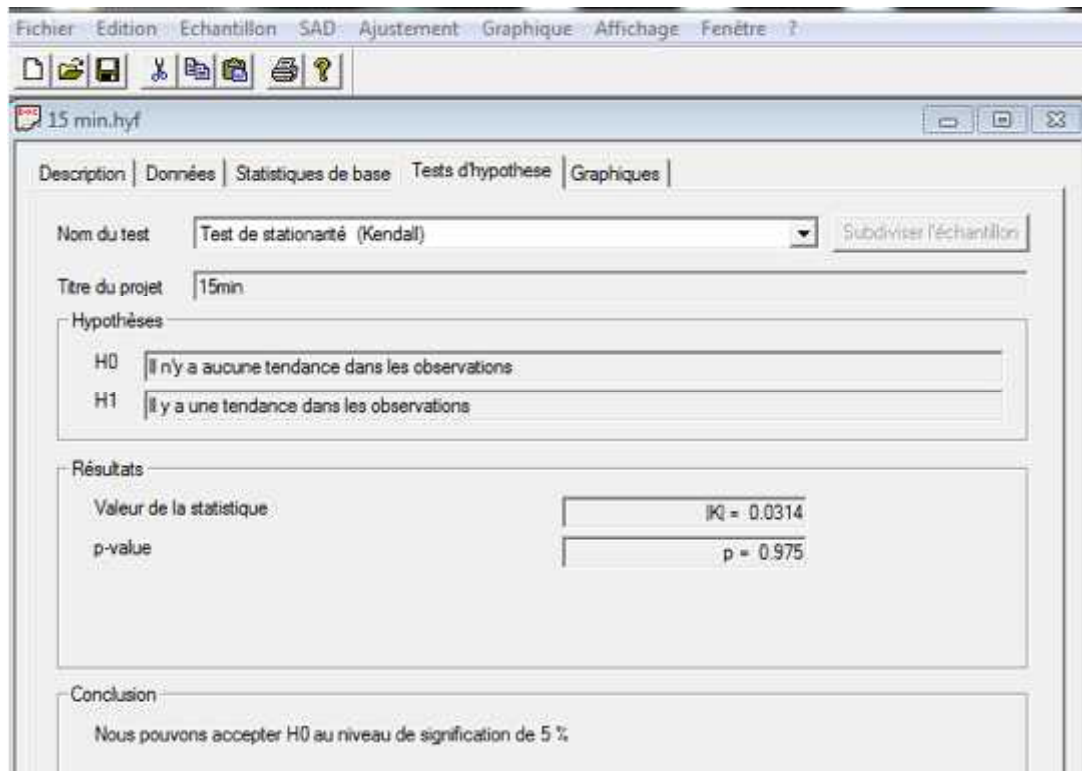


Figure III.9 Exemple de teste de stationnarité (station 011208, T=15min)

III.3.2.3 Analyse fréquentielle

III.3.2.3.1 Détermination de la loi d'ajustement la plus adéquate

Pour l'ajustement nous avons utilisé le SAD pour choisir la classe qui représente le mieux la forme de la distribution empirique. Ensuite nous avons choisi la loi d'ajustement la plus adéquate selon une étude comparative (graphique et analytique)

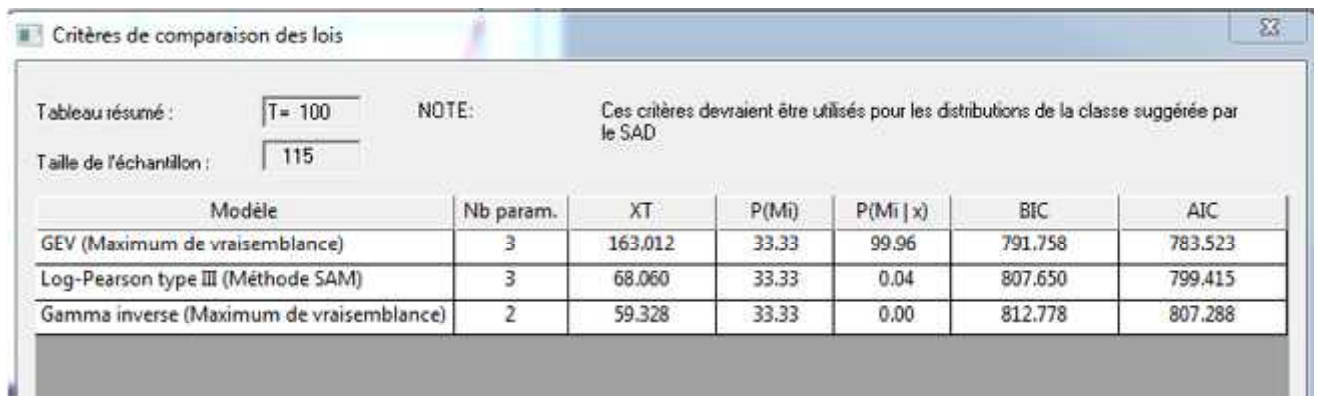
Note : pour les 55 stations étudiées L'HYFRAN PLUS a indiqué la classe C (distributions à variations régulières), est d'après l'étude comparative la loi GEV est la mieux adéquate.

Exemple : (la station 090506 pour $t=15$ min et $T= 100$ ans)

Le tableau ci-après montre les valeurs des critères d'information BIC et AIC , ces critères permettent de comparer le degré d'ajustement.

Les meilleurs ajustements correspondent aux plus faibles valeurs de ces statistiques.

Tableau III.1 : critères de comparaison de lois d'ajustement



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

Nous avons remarqué que le meilleur résultat d'ajustement est trouvé pour la loi GEV , malgré que les autres lois sont acceptées pour quelques saturations au niveau de signification de 5% ou de 1% .

III.3.2.3.2 Tests d'adéquation

III.3.2.3.2.1 Test du χ^2 de Pearson

Parmi tous les tests existants, le test du χ^2 de K. Pearson est le plus pratique et le plus utilisé bien qu'il ne soit pas très puissant (Laborde, 2000)

La procédure consiste à :

- découper l'échantillon de n éléments, en K classes ($K > 4$) de façon à ce que chaque classe contienne théoriquement plus de 5 valeurs ;
- soit ni le nombre de valeurs contenu dans la $i^{\text{ème}}$ classe et ni (> 5) le nombre théorique qui devrait s'y trouver ; le χ^2 est donné en (III.2)

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i} \dots\dots\dots (III.2)$$

Cette variable χ^2 suit une loi de probabilité dite loi du χ^2 , à δ degrés de liberté avec :

- $\delta = K - p - 1$
- K = nombre de classes ;
- p = nombre de paramètres estimés d'après l'échantillon. Si cette probabilité est supérieure à 0.05,(5%) l'ajustement est satisfaisant. Dans le cas contraire, il y a rejet de la loi

III.3.3 Etablissement des courbes IDF

Pour le tracage des courbes IDF nous avons copier les résultats de l'ajustement à partir de l'hyfran plus et les coller dans l'Excel

Tableau III.2 : résultats d'ajustement pour la station 20316 « GOURAYA »

Station	classe	loi	Durée	50ANS	20ANS	15 ANS	10 ANS	7 ANS	5 ANS	4 ANS	3 ANS	2 ANS
			15	97.1	51.2	42.3	32.8	26.6	22	19.6	17	14.1
			20	81.2	44	36.7	28.7	23.5	19.6	17.5	15.3	12.8
20316	C	GEV	45	59.8	32	26.6	20.8	17	14.2	12.7	11.1	9.29
			60	42.9	23.6	19.8	15.6	12.8	10.8	9.66	8.45	7.08
			120	20.8	12.7	10.9	8.86	7.41	6.28	5.64	4.91	4.03
			180	14.8	9.33	8.09	6.62	5.56	4.72	4.22	3.66	2.95
			240	13	8.46	7.42	6.2	5.31	4.6	4.19	3.72	3.12
			360	9.61	6.34	5.58	4.66	3.98	3.43	3.11	2.73	2.25

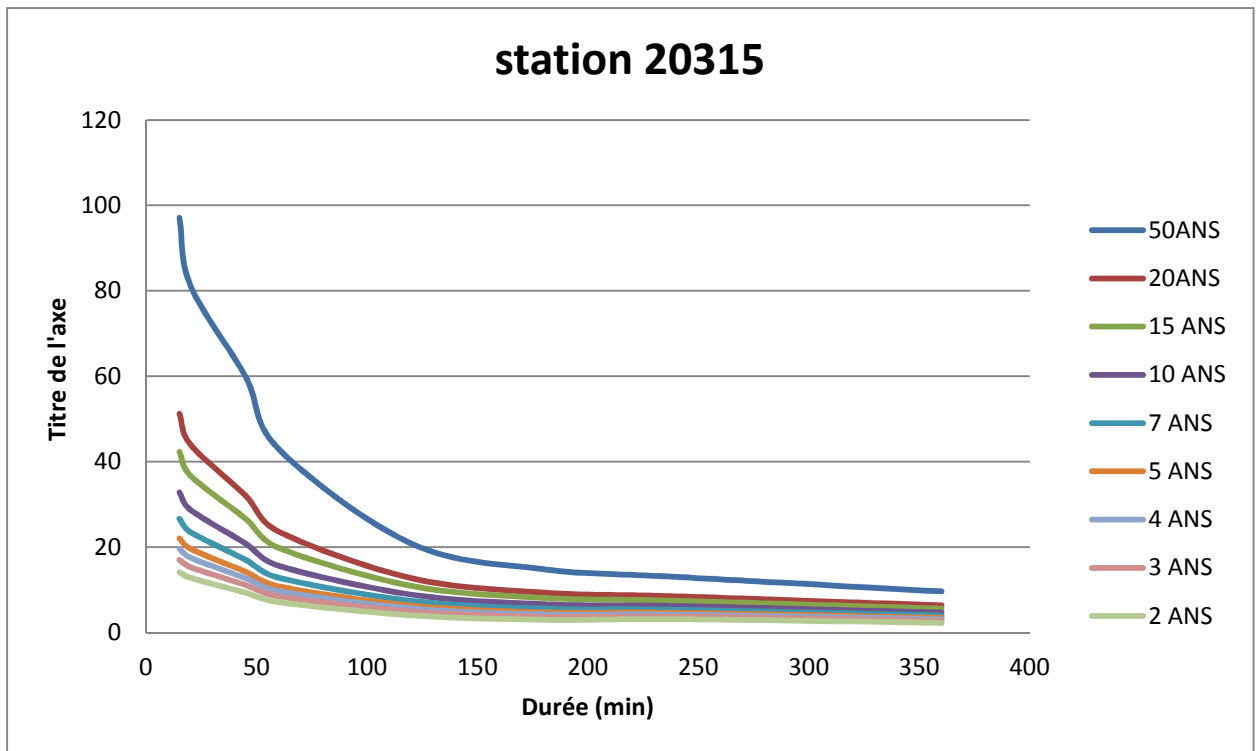


Figure III.10 : courbe IDF de la station 20315 « GOURAYA »

Conclusion

Les SAD est la principale addition à la version antérieure de HYFRAN PLUS pour permettre le choix de la classe de distribution la plus adéquate pour représenter une série de données.

Dans ce chapitre, nous avons vu la méthodologie suivie afin d'établir les courbes IDF de 55 stations pluviométriques situées au centre de l'Algérie.

Introduction :

Dans ce chapitre, on s'intéresse aux résultats de l'ajustement effectuée par logiciel HYFRAN PLUS sur les séries et l'interprétation des courbes IDF obtenus

IV.1. les stations ciblées :

Nous avons travaillé sur 55 stations pluviométriques ; dans ce chapitre on va présenter les résultats de 11 stations comme échantillons et on va présenter les résultats d'ajustement des autres stations en « **Annexe A** » et « **Annexe B** ».

Tableau IV.1 : Les Stations pluviométrique ciblées par l'étude

N	Station	Code	X	Y
01	EL KHEMIS INRA	011706	458.8	328.2
02	BORDJ EL AMIR AEK	011603	461.1	285.3
03	EL TOUAIBIA	011901	430.85	313.35
04	THENIET EL HAD	011605	439.8	285.65
05	KEDARRA BGE	020646	564.35	372.25
06	HAMIZ BARRAGE	020602	558.55	367.4
07	BIRMANDREIS ANRH	020509	531.1	382.8
08	GOURAYA	020315	429.3	363.8
09	MOUZAIA VILLE	021118	499.2	351.7
10	DECHMYA	090314	578.5	316.35
11	BOUIRA	150208	616	337.25

VI.2 Résultats des tests :

1. Pour les tests de l'hypothèse, nous avons testé les séries des intensités par les tests de l'indépendance et les tests de stationnarité et de l'homogénéité,
 - ❖ Les séries sont homogènes sont indépendants et sont stationnaires ;
2. Pour les tests d'adéquation nous avons testé les séries des intensités par le teste de χ^2 et nous avons trouvé que la loi choisi est adéquate.

VI.3 Analyse fréquentielle :

VI.3.1 choix de la loi d'ajustement

D'après le test de Khi-deux, nous avons remarque que dans la plupart des cas, les lois de GEV, Log Person III, Gama inverse s'ajustent aux diverses séries à pas de temps différent. et d'après la comparaison des lois nous avons remarqué que Les meilleurs résultats d'ajustement sont trouvé pour la loi de GEV.

Chapitre IV : Résultats et discussion

VI.3.2 Résultats d'ajustement :

Tableau VI.2 : résultats d'ajustement pour la station 11706

Station	classe	loi	Durée (min)	Période de Retour								
				2 ANS	3 ANS	4 ANS	5 ANS	7 ANS	10 ANS	15 ANS	20 ANS	50 ANS
			15	14.4	17.3	19.7	21.9	25.7	30.7	37.9	44.3	74.3
			20	13.3	15.7	17.8	19.6	22.7	26.8	32.5	37.4	59.9
			30	14.4	16.5	18.1	19.4	21.6	24.2	27.7	30.4	41.8
			45	9.2	10.7	11.8	12.9	14.6	16.9	19.9	22.6	34.2
11706	C	GEV	60	6.85	8.03	9.02	9.92	11.5	13.6	16.5	19.2	31.5
			120	3.71	4.35	4.87	5.31	6.06	7	8.28	9.36	14
			180	2.58	3.09	3.5	3.86	4.47	5.23	6.28	7.17	11.1
			240	2.88	3.33	3.68	3.97	4.45	5.04	5.81	6.44	9.03
			360	1.97	2.32	2.6	2.84	3.24	3.73	4.4	4.95	7.29

Tableau VI.3 : résultats d'ajustement pour la station 11603

Station	classe	loi	Durée (min)	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	7 ans	10 ans	15 ans	20 ans	50 ans
11603		GEV	15	14.3	17.1	19.4	21.6	25.6	30.9	38.7	45.7	80.1
			20	13.1	15.6	17.8	19.8	23.3	28	34.8	40.8	69.9
			30	13.8	16.1	18.1	19.9	23.1	27.3	33.4	38.8	64.3
			45	9.44	11.2	12.7	14.1	16.6	19.8	24.6	28.9	49.5
			60	6.67	7.9	9.2	10.1	12.1	15	19.3	23.6	45.9
			120	3.65	4.35	4.94	5.48	6.42	7.66	9.43	11	18.4
			180	2.62	3.16	3.6	3.99	4.65	5.5	6.67	7.68	12.2
			240	2.8	3.26	3.64	3.97	4.54	5.27	6.29	7.16	11.1
			360	1.93	2.3	2.6	2.88	3.37	4	4.91	5.72	9.49

Tableau VI.4 : résultats d'ajustement pour la station 11901

Station	classe	loi	Durée (min)	2 ANS	3 ANS	4 ANS	5 ANS	7 ANS	10 ANS	15 ANS	20 ANS	50 ANS
			15	15.5	19.1	22.1	24.8	36.3	36.3	45.7	54.1	94.4
			20	13.8	16.7	19	21.2	24.9	29.8	36.7	42.8	70.9
			30	13.8	16	17.9	19.5	22.3	25.8	30.8	35.2	54.7
			45	9	10.4	11.6	12.7	14.7	17.2	20.9	24.2	39.7
11901	C	GEV	60	6.93	7.99	8.83	9.57	10.8	12.4	14.6	16.4	24.5
			120	3.93	4.17	4.65	5.06	5.77	6.65	7.85	8.88	13.3
			180	2.54	2.99	3.35	3.65	4.16	4.79	5.63	6.34	9.32
			240	2.69	3.08	3.39	3.65	4.1	4.66	5.42	6.07	8.83
			360	1.93	2.22	2.45	2.63	2.94	3.31	3.8	4.19	5.79

Chapitre IV : Résultats et discussion

Tableau VI.5 : résultats d’ajustement pour la station 11605

Station	classe	loi	Durée (min)	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	7 ans	10 ans	15 ans	20 ans	50 ans
11605	C	GEV	15	14.8	18.3	21.5	24.5	30.1	38	50	61.4	121
			20	13.1	15.8	18.3	20.7	24.9	31	40.1	48.6	92.8
			30	13.8	16.3	18.4	20.4	23.9	28.6	35.5	41.7	71.9
			45	8.75	10.2	11.4	12.6	14.8	17.9	22.5	26.8	48.8
			60	6.54	7.55	8.43	9.25	10.8	12.8	15.8	18.7	32.7
			120	3.54	4.15	4.65	5.1	5.89	6.9	8.34	9.59	15.4
			180	2.48	2.99	3.41	3.79	4.48	5.37	6.67	7.81	13.3
			240	2.89	3.36	3.73	4.04	4.58	5.24	6.12	6.87	10
			360	0.34	0.4	0.45	0.49	0.57	0.66	0.79	0.89	1.34

Tableau VI.6 : résultats d’ajustement pour la station 20646

Station	classe	loi	Durée (min)	50 ANS	20 ANS	15 ANS	10 ANS	7 ANS	5 ANS	4 ANS	3 ANS	2 ANS
			15	49.4	36.3	32.9	28.5	25	22.1	20.3	18.1	15
			20	48.8	35.7	31.1	25.8	21.9	19	17.3	15.3	13
			45	41.2	24.6	21.2	17.4	14.7	12.7	11.6	10.4	8.94
20646	C	GEV	60	32	19.2	16.5	13.5	11.4	9.83	8.94	7.97	6.82
			120	18.5	11.3	9.76	7.96	6.69	5.71	5.14	4.51	3.75
			180	12.8	8.12	7.06	5.81	4.91	4.2	3.78	3.31	2.72
			240	11.7	7.74	6.82	5.73	4.94	4.3	3.93	3.5	2.97
			360	9.92	6.13	5.29	4.33	3.64	3.11	2.81	2.46	2.04

Tableau VI.7 : résultats d’ajustement pour la station 20602

Station	classe	loi	Durée (min)	50 ANS	20 ANS	15 ANS	10 ANS	7 ANS	5 ANS	4 ANS	3 ANS	2 ANS
			15	67.6	41	35.3	28.8	24.3	20.9	19	16.8	14.2
			20	66.9	37.8	31.9	25.5	21.2	18	16.3	14.4	12.2
			30	67.4	39.9	34.1	27.8	23.4	20	18.2	16.2	13.8
			45	54.3	29.7	24.9	19.7	16.2	13.7	12.3	10.8	9.16
20602	C	GEV	60	42.8	23.6	19.7	15.5	12.7	10.7	9.58	8.37	7
			120	22.8	13.2	11.2	8.96	7.39	6.19	5.52	4.78	3.9
			180	15.2	9.28	7.96	6.44	5.35	4.5	4.02	3.46	2.79
			240	14.2	8.69	7.49	6.12	5.15	4.4	3.98	3.5	2.93
			360	9.48	5.99	5.21	4.3	3.64	3.13	2.83	2.49	2.07

Chapitre IV : Résultats et discussion

Tableau VI.8 : résultats d’ajustement pour la station 11509

Station	classe	loi	Durée (min)	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	7 ans	10 ans	15 ans	20 ans	50 ans
11509	C	GEV	15	13.5	16.1	18.5	20.8	25.1	31.3	40.8	49.9	98.6
			20	11.8	13.8	15.6	17.4	20.7	25.3	32.5	39.3	75.6
			30	13.4	15.9	17.6	19	21.3	24	27.4	30	39.9
			45	8.84	10.1	11.2	12.2	13.8	16	19.1	21.8	34.3
			60	6.57	7.58	8.46	9.28	10.18	12.8	15.7	18.4	31.8
			120	3.69	4.73	4.93	5.42	6.27	7.34	8.84	10.1	15.9
			180	2.6	3.1	3.49	3.83	4.42	5.14	6.13	6.97	10.6
			240	2.95	3.48	3.9	4.28	4.93	5.75	6.88	7.85	12.2
			360	2.04	2.42	2.71	2.97	3.4	3.93	4.66	5.26	7.82

Tableau VI.9 : résultats d’ajustement pour la station 20315

Station	classe	loi	Durée (min)	50 ANS	20 ANS	15 ANS	10 ANS	7 ANS	5 ANS	4 ANS	3 ANS	2 ANS
			15	97.1	51.2	42.3	32.8	26.6	22	19.6	17	14.1
			20	81.2	44	36.7	28.7	23.5	19.6	17.5	15.3	12.8
20315	C	GEV	45	59.8	32	26.6	20.8	17	14.2	12.7	11.1	9.29
			60	42.9	23.6	19.8	15.6	12.8	10.8	9.66	8.45	7.08
			120	20.8	12.7	10.9	8.86	7.41	6.28	5.64	4.91	4.03
			180	14.8	9.33	8.09	6.62	5.56	4.72	4.22	3.66	2.95
			240	13	8.46	7.42	6.2	5.31	4.6	4.19	3.72	3.12
			360	9.61	6.34	5.58	4.66	3.98	3.43	3.11	2.73	2.25

Tableau VI.10 : résultats d’ajustement pour la station 21118

Station	classe	loi	Durée (min)	50 ANS	20 ANS	15 ANS	10 ANS	7 ANS	5 ANS	4 ANS	3 ANS	2 ANS
			15	73.4	42.6	36.3	29.3	24.4	20.8	18.8	16.6	14
			20	57.1	35.2	30.4	25.1	21.3	18.4	16.7	14.9	12.6
			30	53.6	33.5	29.2	24.3	20.9	18.3	16.8	15.2	13.2
			45	43.1	25.4	21.8	17.8	15	12.9	11.7	10.5	9
21118	C	GEV	60	33.1	19.4	16.6	13.5	11.3	9.71	8.82	7.84	6.71
			120	16.1	10.4	9.13	7.62	6.52	5.65	5.14	4.56	3.84
			180	11.7	7.82	6.89	5.77	4.95	4.27	3.88	3.41	2.82
			240	11.6	7.59	6.67	5.59	4.81	4.19	3.83	3.42	2.91
			360	8.62	5.7	5.02	4.21	3.62	3.14	2.85	2.53	2.11

Chapitre IV : Résultats et discussion

Tableau VI.11 : résultats d’ajustement pour la station 90314

Station	classe	loi	Durée (min)	50 ANS	20 ANS	15 ANS	10 ANS	7 ANS	5 ANS	4 ANS	3 ANS	2 ANS
			15	66	41.1	35.6	29.3	24.8	21.4	19.4	17.2	14.5
			20	47.1	31.2	27.6	23.3	20.2	17.8	16.4	14.7	12.7
			30	38.2	26	23.3	20.1	17.9	16.1	15.1	13.9	12.5
			45	25.9	18.1	16.3	14.2	12.6	11.3	10.6	9.74	8.66
90314	C	GEV	60	23.2	15.1	13.4	11.3	9.9	8.78	8.14	7.41	6.54
			120	11.5	7.93	7.1	6.1	5.37	4.77	4.42	4.01	3.49
			180	9.22	6.2	5.5	4.66	4.04	3.54	3.25	2.91	2.48
			240	7.54	5.57	5.08	4.48	4.02	3.63	3.4	3.12	2.75
			360	5.93	4.28	3.87	3.38	3	2.68	2.49	2.26	1.96

Tableau VI.12 : résultats d’ajustement pour la station 150208

Station	classe	loi	Durée (min)	50 ANS	20 ANS	15 ANS	10 ANS	7 ANS	5 ANS	4 ANS	3 ANS	2 ANS
			15	57.8	39.5	35.2	29.9	26	22.7	20.8	18.6	15.7
			20	60.5	37.2	32.2	26.4	22.4	19.2	17.5	15.5	13.1
			30	47	31.9	28.4	24.3	21.3	18.8	17.4	15.7	13.7
			45	29.1	21.3	19.4	16.9	15.1	13.5	12.5	11.4	9.83
150208	C	GEV	60	28.5	18.1	15.8	13.2	11.3	9.86	9.01	8.06	6.9
			120	14.5	9.43	8.28	6.94	5.97	5.2	4.75	4.24	3.6
			180	10.8	6.93	6.06	5.04	4.3	3.71	3.37	2.98	2.5
			240	8.39	6.05	5.48	4.79	4.26	3.82	3.55	3.24	2.83
			360	5.48	3.98	3.61	3.16	2.81	2.52	2.34	2.13	1.85

IV.4 Etablissement des courbes IDF

Par l’utilisation du Excel et on se basant sur les résultats d’ajustement nous avons tracé les courbes IDF suivantes :

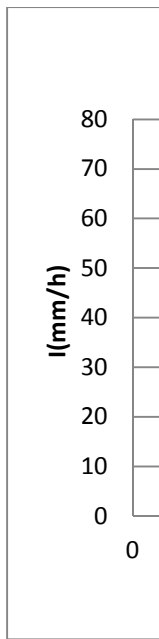


Figure IV.1 : Courbe IDF de station EL KHEMIS INRA

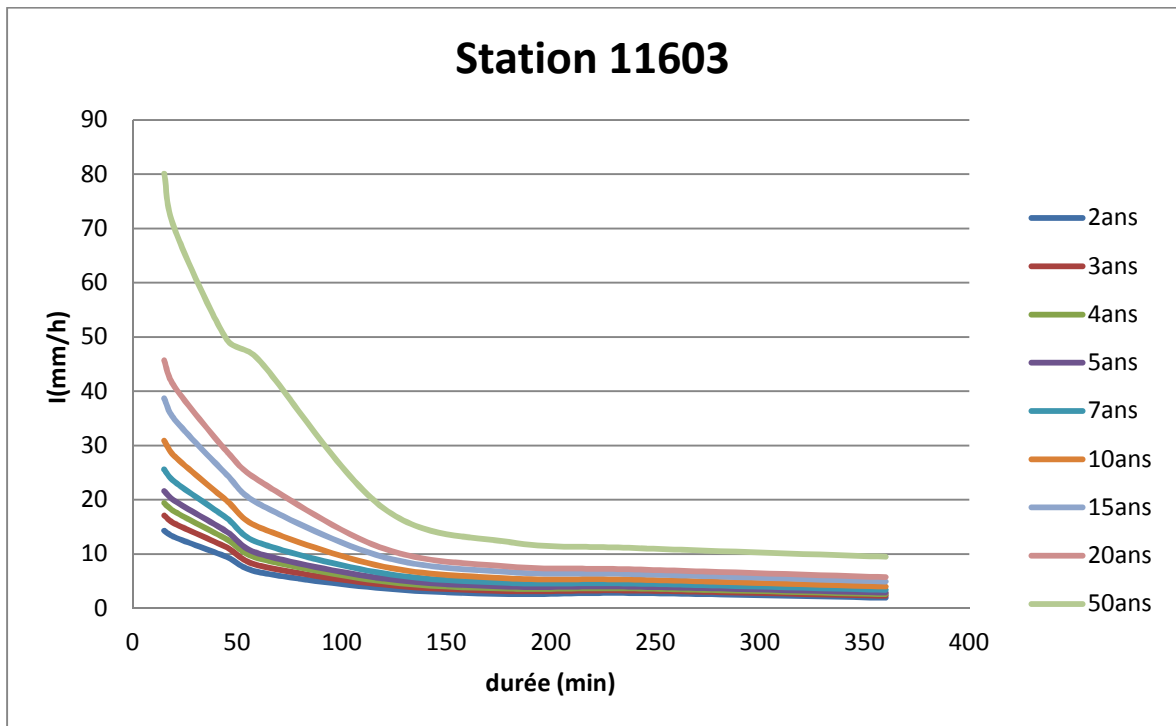


Figure IV.2 : Courbe IDF de station BORDJ EL AMIR AEK

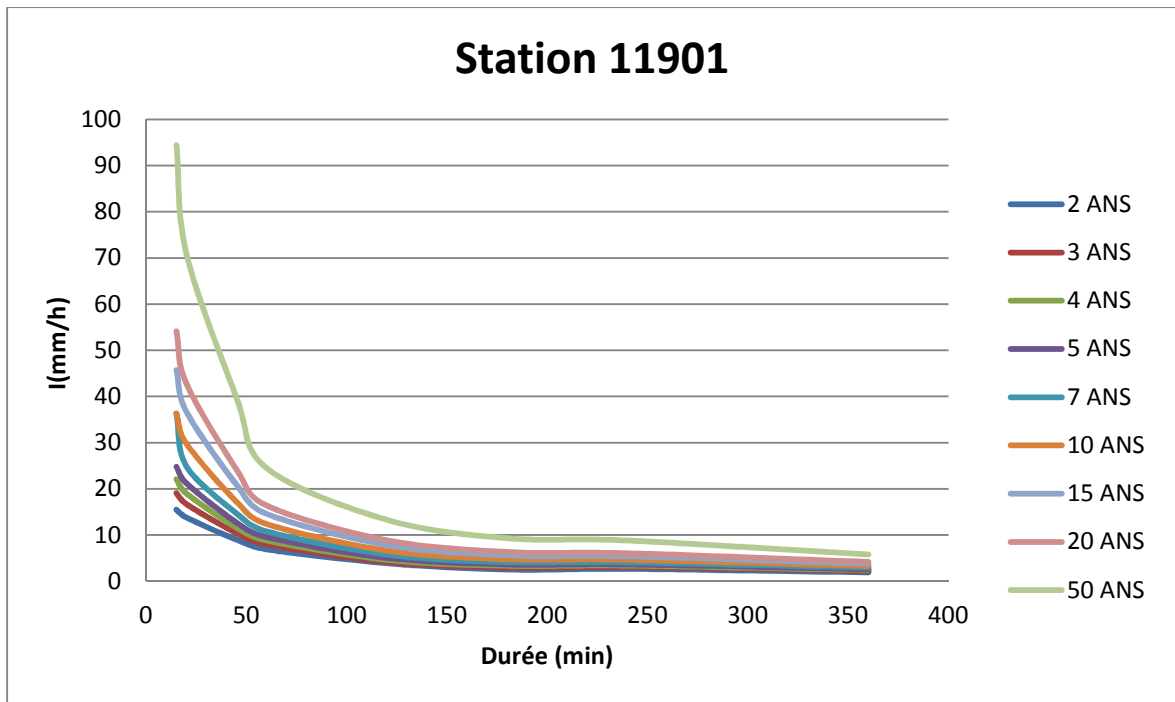


Figure IV.3 : Courbe IDF de station EL TOUAIBIA

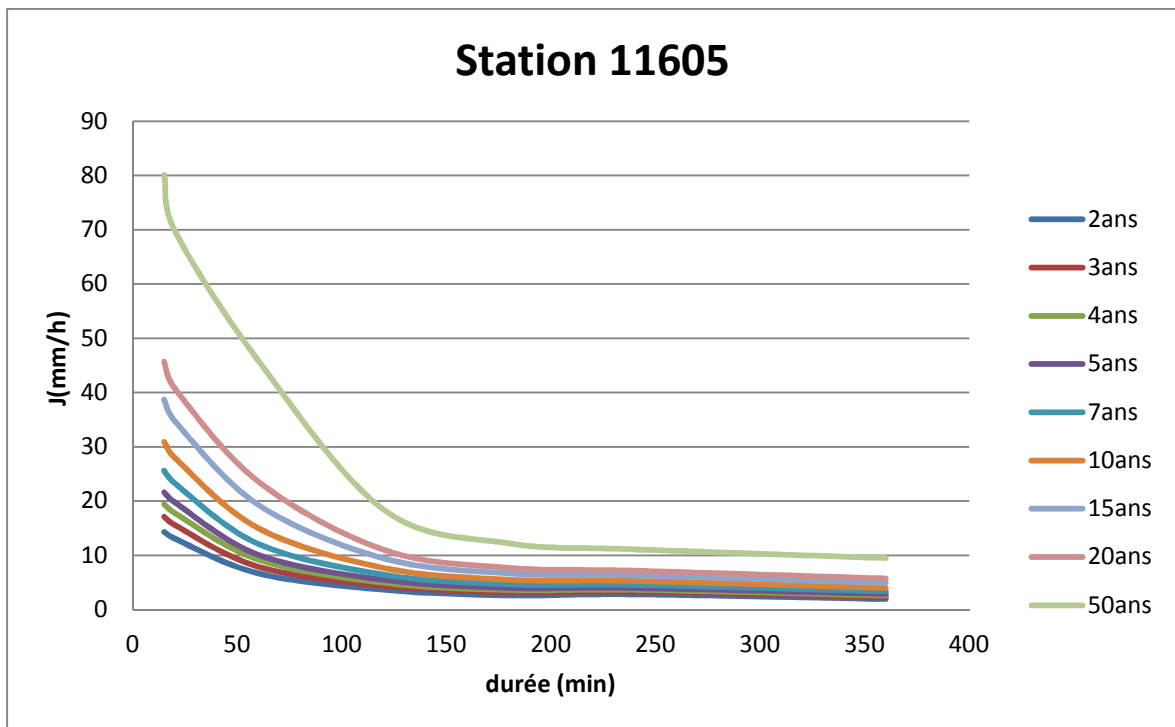


Figure IV.4: Courbe IDF de station THENIET EL HAD

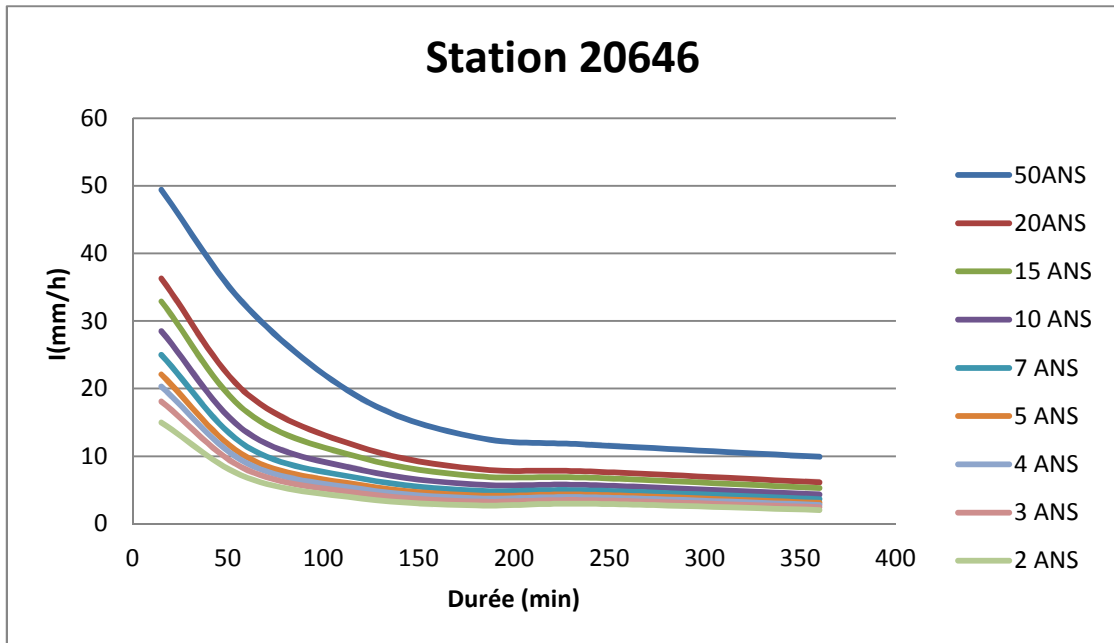


Figure IV.5: Courbe IDF de station KEDARRA BGE

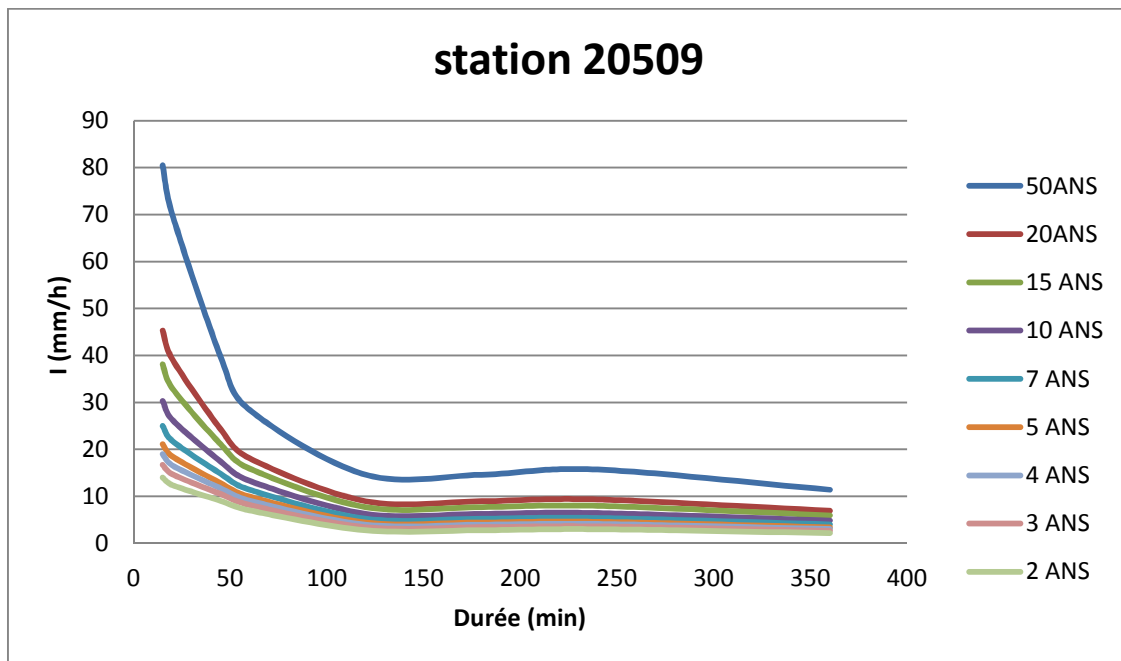


Figure IV.6: Courbe IDF de station BIRMANDREIS ANRH

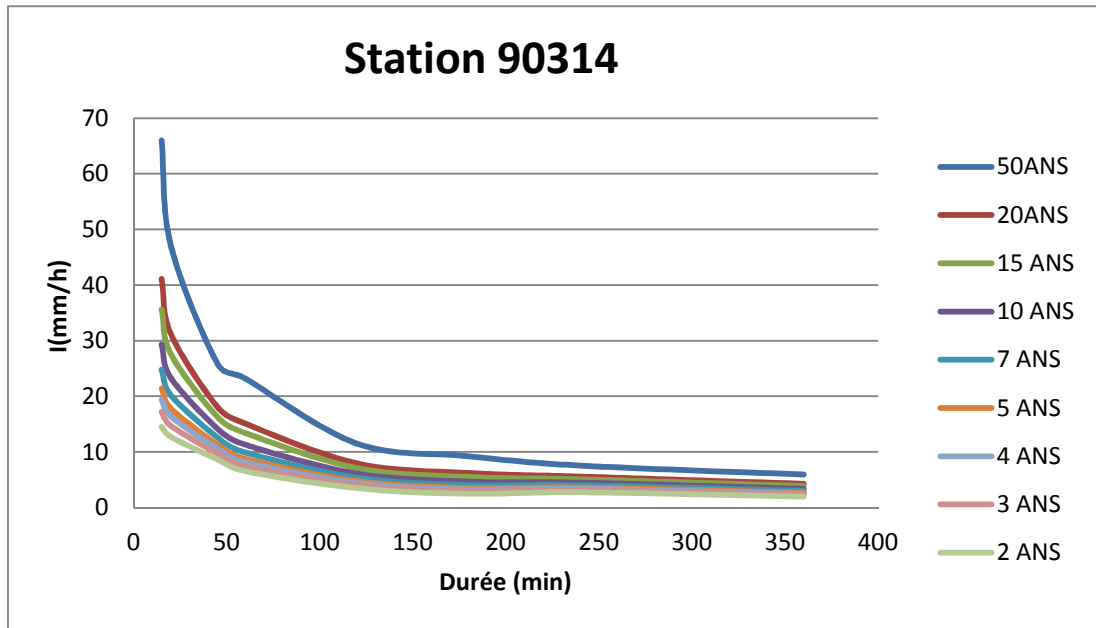


Figure IV.7: Courbe IDF de station DECHMYA

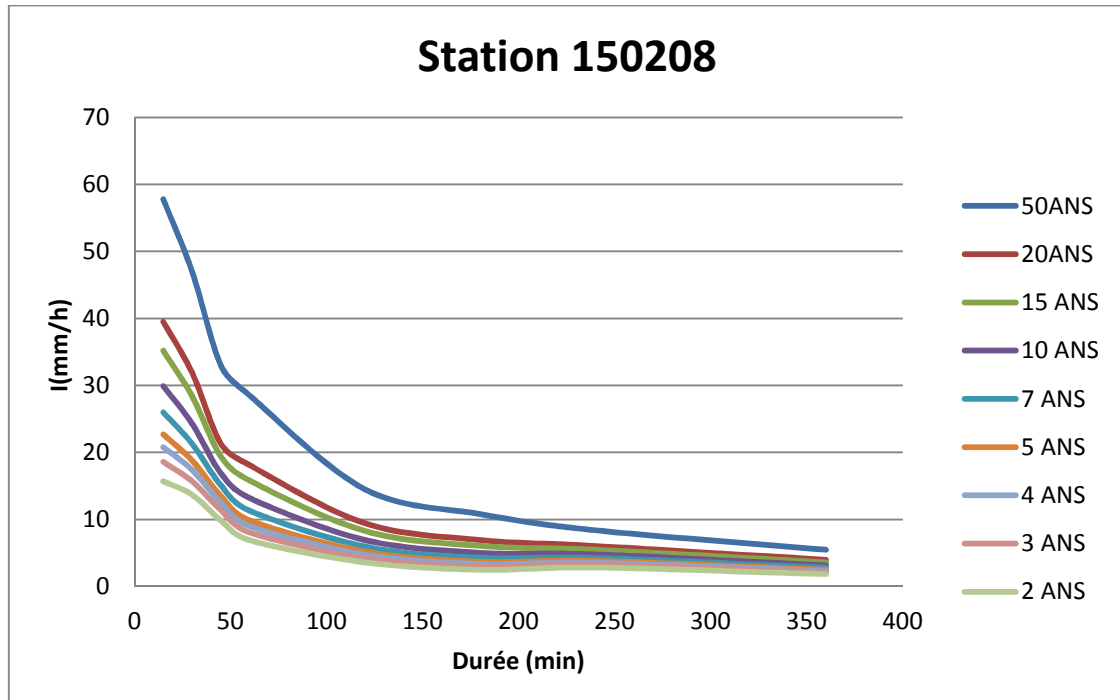


Figure IV.8: Courbe IDF de station BOUIRA

Chapitre IV : Résultats et discussion

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 Δt (heures).

Nous présentons dans le tableau qui suit les exposants de quelque station :

Tableau IV.13: Exposant climatique de quel que station de la région d'étude

Code de la station	Exposant climatique
11706	-0.76
11603	-0.74
11901	-0.86
11605	-0.73
20646	-0.56
20509	-0.63
90314	-0.75
150208	-0.77

IV.5. Interprétation des résultats :

D'après l'observation des courbes d'IDF tracés, nous avons remarqué que plus la **durée d'analysée** (le **D** d'IDF) augmente, plus l'intensité diminue. Les averses les plus brèves (15 min dans notre cas) sont souvent les plus violentes, au contraire les longues pluies (360 min dans notre cas), sont généralement assez faible (de faible intensité).

Pour mieux localiser les fortes intensités nous avons proposé les tableaux de comparaison suivants :

- NB1 : Nous avons travaillé sur les bassins hydrographiques algérois (02), Hodna (05), Soummam (15), Isser (09) , et la partie Est de Chellif (01).
- NB 2 : Dans la suite nous présentons des indices de comparaison entre les stations du même bassin hydrographiques et dans même contexte entre les bassins hydrographiques pour des périodes de retour différentes
- L'indice de comparaison entre les intensités des deux stations (i) et (j) notée ε s'écrit :

$$\varepsilon = \frac{I_i^T}{I_j^T} \dots\dots\dots \text{VI.1}$$

Avec :

- I : intensité de pluie (mm /h) ;
- T : période de retour ;

Chapitre IV : Résultats et discussion

Tableau VI.14 : Indices de comparaison des intensités pour différentes période de retour (dans le même bassin)

Les stations	Durée (min)	2 ANS	3 ANS	4 ANS	5 ANS	7 ANS	10 ANS	15 ANS	20 ANS	50 ANS
st(111718) / st(011603)	15	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
	20	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9
	45	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.7
	60	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
	120	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	2.0
	180	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3
	240	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1
	360	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0

Tableau VI.15 : Indices de comparaison des intensités pour différentes période de retour (dans le même bassin)

	Durée (min)	50 ANS	20 ANS	15 ANS	10 ANS	7 ANS	5 ANS	4 ANS	3 ANS	2 ANS
I(21601) / I(20920)	15	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	20	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	45	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	60	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	120	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0
	180	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	240	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0
	360	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0
I(090104)/I(090314)	15	1.0	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
	20	1.2	1.8	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	0.9
	45	1.2	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0
	60	1.4	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
	120	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
	180	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0
	240	1.4	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
	360	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
I(090104)/I(090202)	15	0.9	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	20	1.0	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9
	45	0.7	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	60	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	120	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	180	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9
	240	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0
	360	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9

Chapitre IV : Résultats et discussion

Tableau VI.16 : Indices de comparaison des intensités pour différentes période de retour (dans le même bassin)

	Durée	50A	20A	15	10	7	5	4	3	2
		NS	NS	ANS	ANS	ANS	ANS	ANS	ANS	ANS
I(51009) / I((50103)	15	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1
	20	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1
	45	0.7	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
	60	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
	120	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
	180	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	240	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	360	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tableau VI.17 : Indices de Comparaison des intensités pour différentes période de retour entre les bassins

	Durée (min)	50 ANS	20 ANS	15 ANS	10 ANS	7 ANS	5 ANS	4 ANS	3 ANS	2 ANS
	I(020920)/I(51009)	15	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
20		0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9
45		0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0
60		0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
120		1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0
180		1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
240		1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
360		1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3
51009/150208	15	2.0	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1
	30	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0
	45	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	60	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	120	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
	180	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
	240	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
	360	1.4	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0
20920/150208	15	1.2	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9
	30	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	45	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	60	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	120	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1
	180	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2
	240	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2
	360	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3

Conclusion

- Nous avons remarqué que les intensités dans le même bassin sont homogènes avec une légère variation,
- L'intensité de pluie est forte dans l'Est de la région d'étude (l'Est du bassin « Soummam » et la partie supérieure du bassin « Hodna »), où elle atteint les 140mm/h pour une période de retour de $T=50$ ans et une durée de 15 min.
- L'intensité est variée de 35 à 57 mm/h pour une période de retour 50 ans et une durée de 15 min dans la partie Est du Bassin Chellif.
- L'intensité est variée de 79-100 mm/h pour une période de retour 50 ans et une durée de 15 min dans le Bassin algérois.

Commentaire

- Une forte intensité est signalée dans l'Est de la région d'étude « 100-180mm/h)
- L'intensité est faible dans la partie Ouest (moins de 60mm/h)

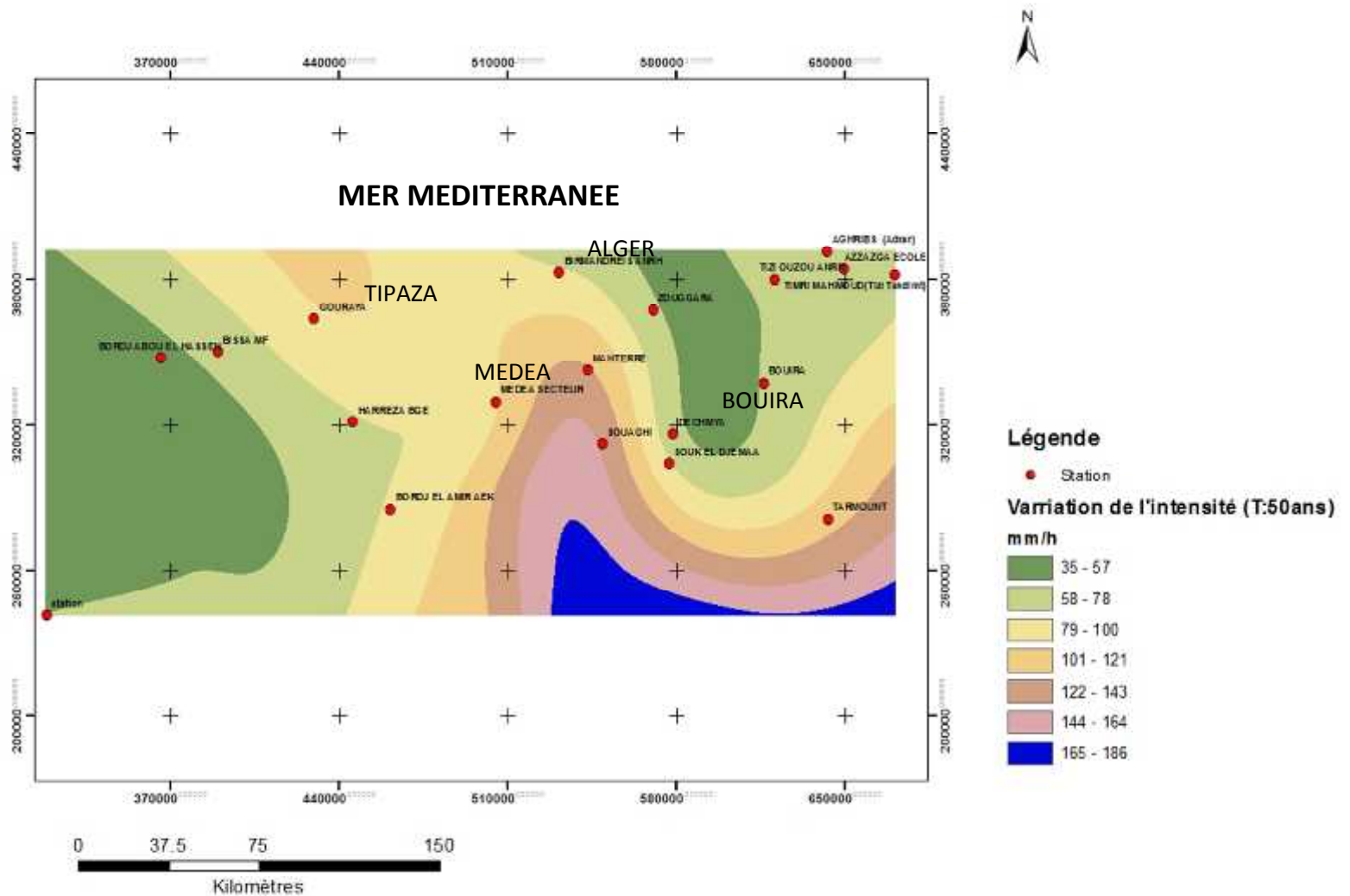


Figure IV.9 : Variation de l'intensité pour une période de retour 50 ans (durée : 15min)

Commentaire

- Une forte intensité est signalée dans la partie Est supérieure de la Soummam et HODNA « 60-88mm/h)
- L'intensité est faible dans la partie Ouest (moins de 30mm/h)

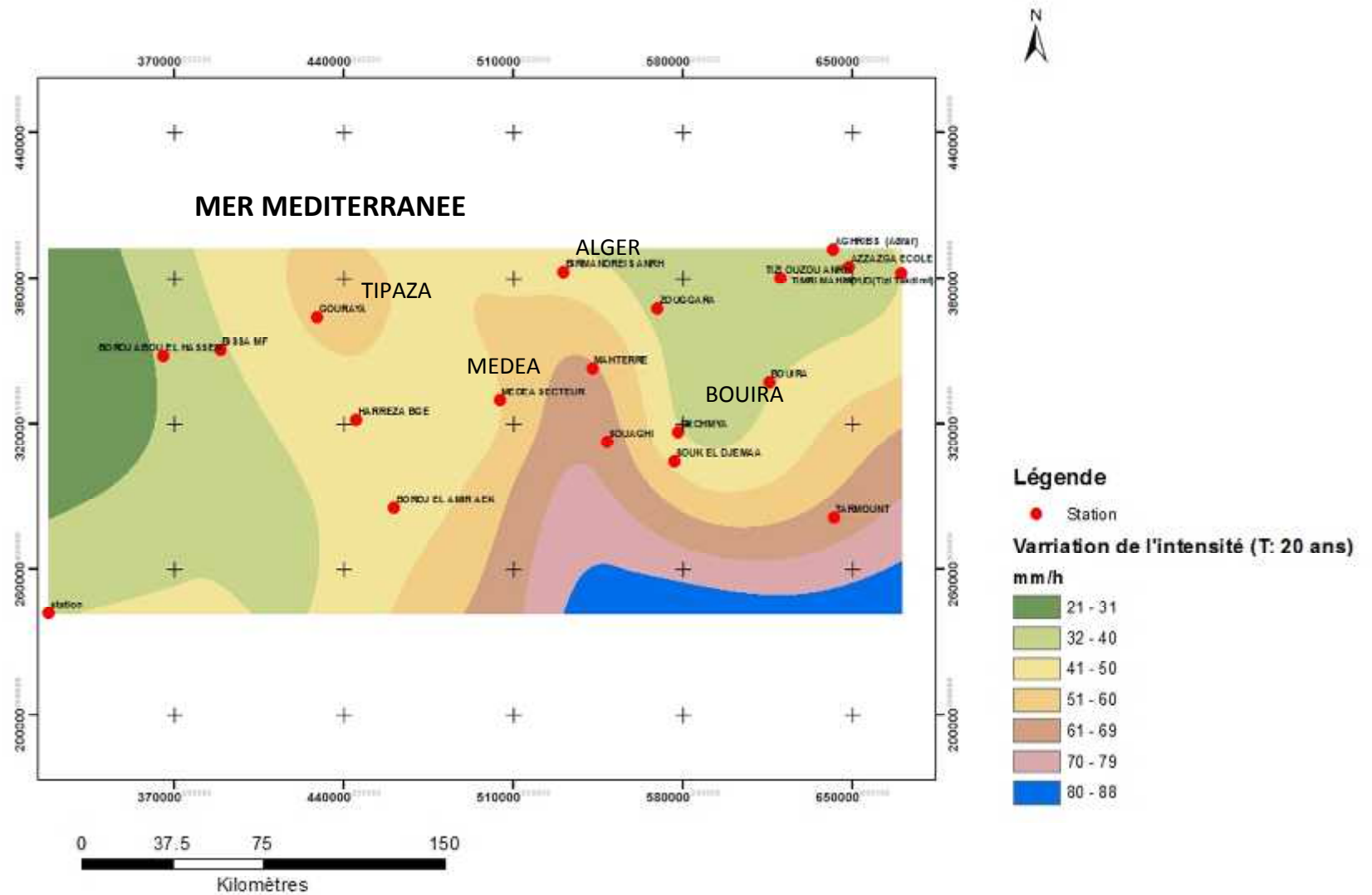


Figure IV.10 : Variation de l'intensité de pluie pour une période de retour 20 ans (durée : 15min)

Commentaire

- Une forte intensité est signalée dans la partie Est supérieure de la Soummam et HODNA « 60-90mm/h)
- L'intensité est faible dans la partie Ouest (moins de 30mm/h)

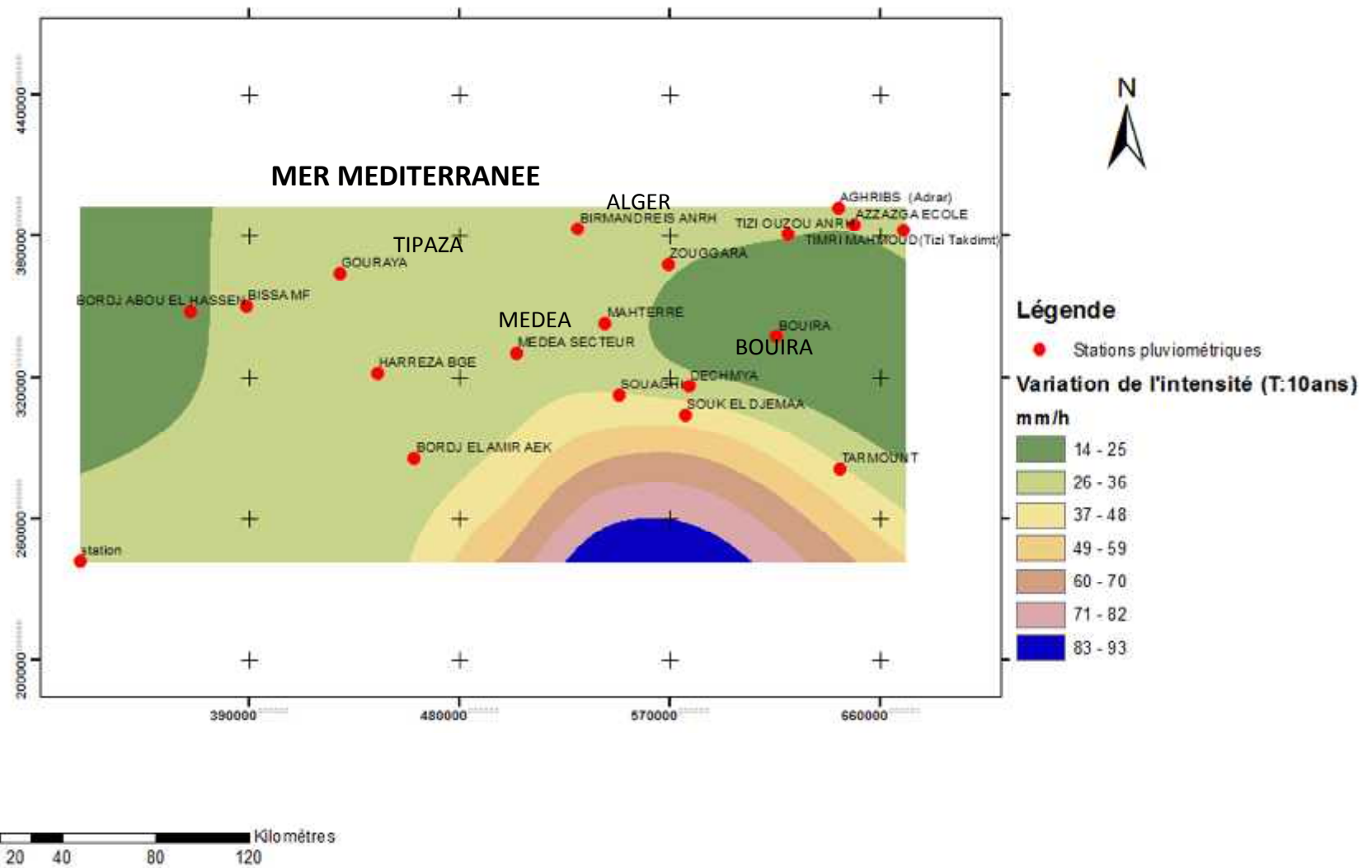


Figure IV.11 : Variation de l'intensité de pluie pour une période de retour 10 ans (durée : 15min)

Commentaire

- Une intensité varie entre 23 mm/h et 32 mm/h dans la partie Est supérieure de la Soummam et HODNA
- Une intensité est faible dans la partie Ouest (moins de 15 mm/h)

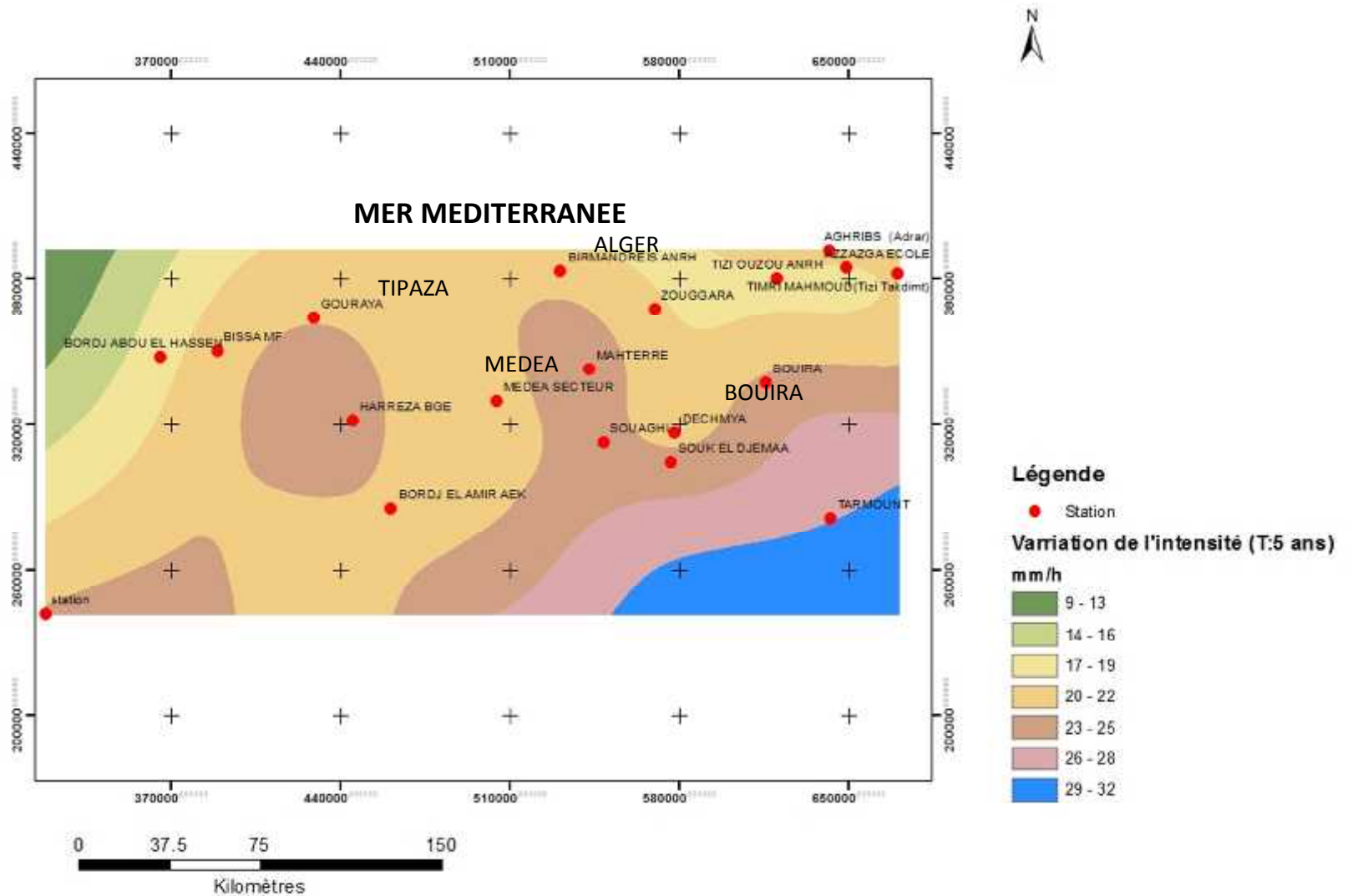


Figure IV.12 : Variation de l'intensité de pluie pour une période de retour 5 ans (durée : 15min)

Conclusion Générale

A travers cette étude, nous avons établi les courbes intensité-durée-fréquence pour 55 stations du centre de l'Algérie.

L'établissement des courbes IDF pour les stations pluviométriques situées sur les bassins hydrographiques Algérois- Hodna- Soumam et la partie Est supérieur de Chellif est l'objectif de cette étude afin de localiser les zones où l'intensité est forte.

Pour atteindre l'objectif fixé nous avons utilisé deux logiciels à savoir : HYDRACCESS pour organiser les données est L'HYFRAN PLUS pour effectuer l'analyse fréquentielle.

L'HYFRAN PLUS a un système d'Aide à la Décision (SAD) qui a été développé pour permettre de choisir la classe de distributions la plus.

Suite à une étude comparative entre les lois d'ajustement et grâce au système SAD de l'Hyfran plus, l'analyse fréquentielle des séries d'intensités a permis le choix de la loi de **GEV**.

L'établissement des courbes IDF est réalisé par Excel après avoir déterminé les quantiles pour chaque période de retour et pour chaque une des durées.

A travers les résultats obtenus nous constatons que :

- Plus que La **durée** considérée (le **D** d'IDF) augmente, plus que l'intensité diminue. Les averses les plus brèves (15 min dans notre cas) sont souvent les plus violentes, au contraire les pluies de durées longues (360 min dans notre cas), sont généralement de faibles intensités.
- L'intensité de pluie est forte dans l'Est de la région d'étude (l'Est du bassin « Soummam » et la partie supérieure du bassin « Hodna »), où elle atteint les 140mm/h pour une période de retour de $T=50$ ans et une durée de 15 min.

Enfin, il faut dire qu'une mise à jour des courbes IDF pour le Nord d'Algérie suivant une étude régionale et sur la base des séries pluviométriques est indispensable pour comprendre la variation des intensités pluviales dans le contexte du changement climatique, et ce pour le but de la prévention contre les inondations.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (MEYLAN ET AL, 1999). Meylan, P et Musy, A, (1999). Hydrologie fréquentielle. Editions HGA, Bucarest. Hongrie.
- (J.P. LABORDE, 2000). J.P. LABORDE. 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.
- (OMM, 1994). Organisation météorologique mondiale. Guide des pratiques hydrologique : Acquisition et traitement des données, analyses, prévision et autres applications.
- (MOUSSU-MEMOIRE07+++). François Moussu. Modélisation couplée pluie/débit débit/débit : Développement et application aux bassins non jaugés. 52p. Master 2 Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie Parcours Hydrologie-Hydrogéologie : Université Pierre et Marie Curie, École des Mines de Paris : 2006-2007.
- (CHRISTOPHE ANCEY, 2008). Christophe Ancey. Notes de cours : Risques hydrologiques et aménagement du territoire. École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Ecublens, CH-1015 Lausanne, Suisse. version 6.3 du 17 novembre 2011.
- (ANDRE MUSY et CHRISTOPHE HIGY, 1998). André Musy et Christophe Higy. Hydrologie Appliquée. Editions *H*G*A*, Bucarest.
- (DEFRANCE–2009). Defrance, B. (2009) Plan de prévention des risques naturels d'inondation (PPRNI) Brévenne –Turdine. Compte-Rendu de la 1^{ère} réunion publique le 1^{er} octobre 2009 à Tarare. Chef du Service Environnement Risques et Développement durable (SERDD) pp 16.
- (BERTRAND-KRAJEWSKI et al. 2000). Jean-Luc BERTRAND-KRAJEWSKI. Cours d'Hydrologie Urbaine Partie 2 : La pluie. Paris (France) : éditions du Seuil. 15/03/2007.
- VAUCHEL. (2015), Derniers développements du logiciel HYDRACCESS.

EL ADLOUNI et Bernard BOBEE. (2014) ; Analyse fréquentielle hydrologique

BENINA TOUAIBIA, (2015).Manuel pratique d'hydrologie.

AHMADI KINGUMBI ET ALAIN MAILHOT (2010) Courbes Intensité –Durée –Fréquence (IDF): comparaison des estimateurs des durées partielles et des maximums annuels, Hydrological Sciences Journal, 55:2, 162-176, DOI:10.1080/02626660903545995

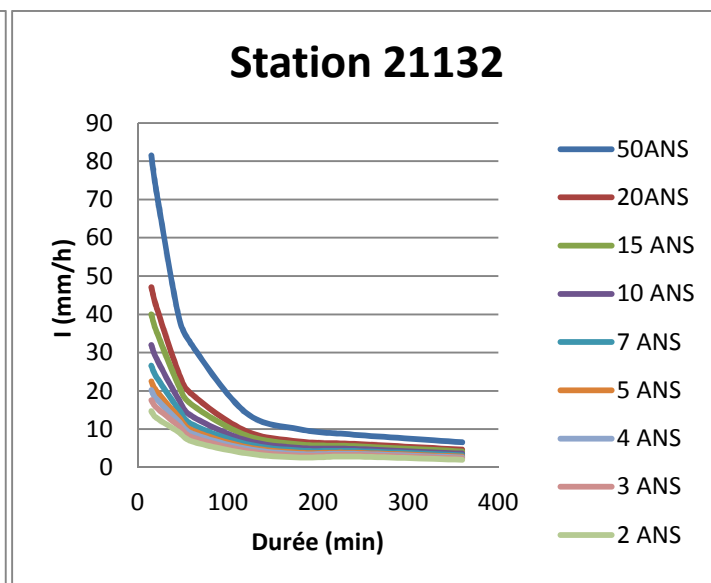
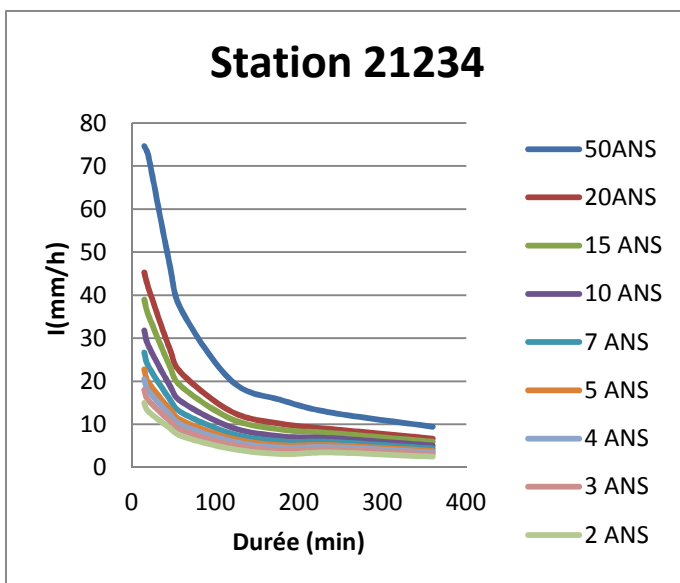
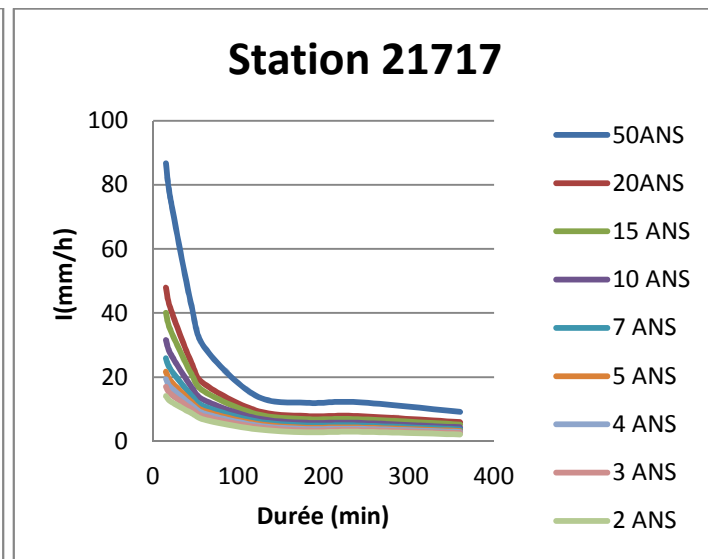
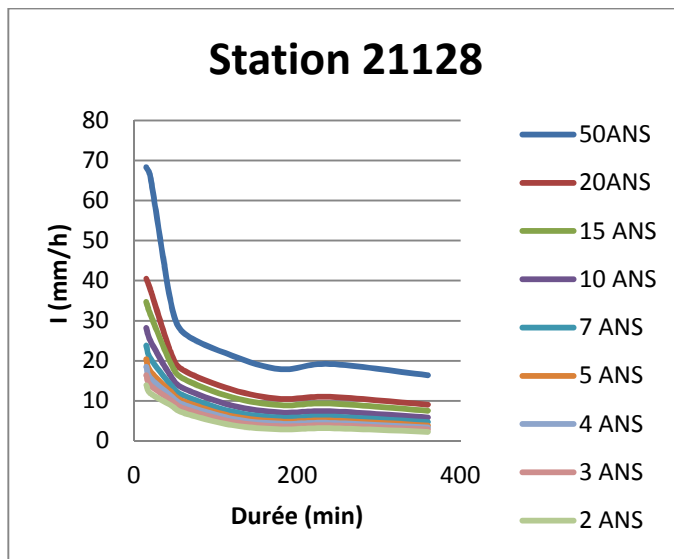
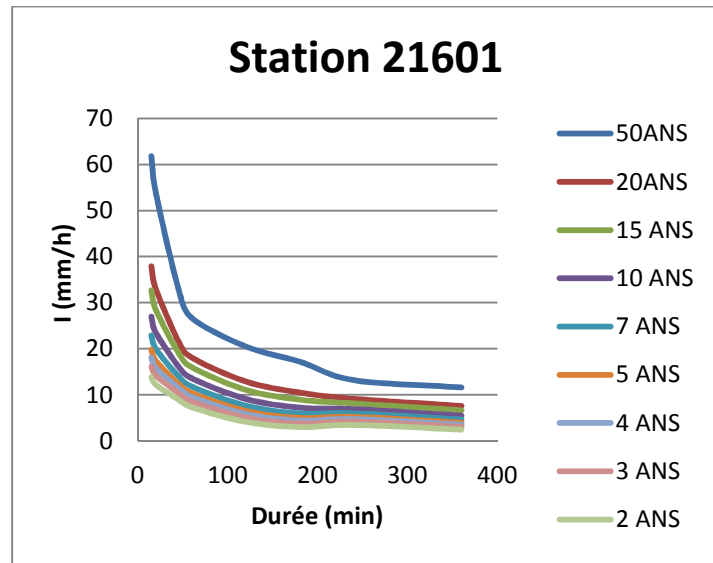
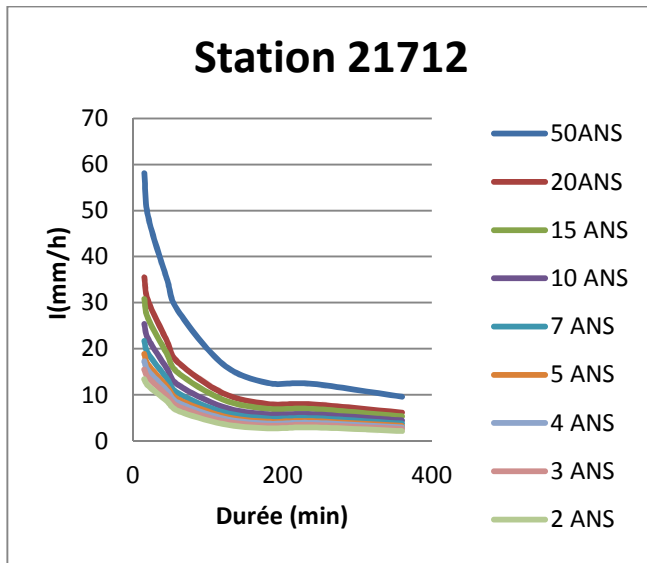
Mémoire de magistère de KHELFI MOHAMED EL AMINE,(2012). Etude comparative des différentes méthodes pour la construction des Courbes Intensité-Duree- Fréquence, en insuffisance de données et sous différents étages bioclimatiques.

Mémoire de magistère de ZOBIRI FOUZIA, (2012). Développement des courbes IDF dans la région centre ville de SOUMAA, MOUZAIA et oued ZEBOUDJ.

L'Institut Suisse de Météorologie (<http://www.meteosuisse.ch/fr/>)

Atlas hydrologique de la Suisse (http://hydrant.unibe.ch/hades/hades_fr.htm)

ANNAXE « A »
Courbes IDF obtenus



ANNAXE « A »
 Courbes IDF obtenus

