

**Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique**

Université Mohamed Boudiaf - M'sila



Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme

de MASTER

FILIERE : Hydraulique

Option : Ouvrage Hydraulique et Aménagement

THEME

**Etude hydrologique du bassin versant de la
Soummam**

Dirigé par :

Mr. SAHLI.y

Présenté par :

ould fah Mohamed Mahmoud

Promotion : 2015/2016.

Au moment de clôturer ce mémoire, je remercie en premier lieu dieu de m'avoir donné la force et la patience de terminer ce travail, je souhaiterais apporter aussi ma vive reconnaissance à certaines personnes qui m'ont aidé et encouragé au cours de ces deux dernières années de Master.

Je voudrais remercier très chaleureusement Mr Youcef Sahli, mon promoteur, pour le temps qu'il a su me consacrer et les précieux conseils qu'il a pu me donner. Il a su encadrer mon travail en me laissant suffisamment de liberté pour que je développe mes propres idées, tout en restant attentif pour que je ne m'égarer pas sur des pistes peu prometteuses.

Je ne saurais oublier ma mère, mon père, mon frère et ma sœur.

Enfin, je tiens remercier tous les personnels techniques et administratifs de département d'hydraulique.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A ma mère pour ses sacrifices en témoignage de tout mon affection au long de mes études.

A mon père qui m'a encouragé durant mes études, et son affection qui m'a amené à finir mon projet.

A mes chers frères.

A mes chères sœurs.

A toute la famille.

A mes collègues qui ont marqué leurs présences par réconfort indispensable.

A tous les amis de ma promotion (2016).

SOMMAIRE

Remerciement

Liste des tableaux

Liste des figures

INTRODUCTION GENERALE 1

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I-1- . Situation géographique.....	3
I-2- Définitions du bassin versant :	4
I-3- Hydrographie du bassin versant de la Soummam	5
I-4- Conditions climatiques	6
I-5- Condition du sol	6
I-6- Morphologie du bassin	7
I-7. Caractéristiques générales du bassin versant	9
I-7-1- . Caractéristiques physiographiques	9
I-7-2-. Paramètres géométriques	9
I-7-1.2. Les paramètres de forme	10
I-7-1-3. Paramètres du relief	11
I-7-2-. Caractéristiques du réseau de drainage	16
I-7-2-1- Les principaux collecteurs dans le Réseau hydrographique	16
I-7-2-2- Classification du chevelu hydrographique (ordre du bassin):	17
I-7-2-3 . Longueurs des affluents	18
I-7-2-4- Densité de drainage	19
I-7-2-5- . Coefficient de torrentialité.....	20
I-7-2-6- Rapport de confluence ou de bifurcation	20
Conclusion.	22

Chapitre II : Analyse statistique des données

Introduction :.....	23
II-1- Caractéristiques physiques et hydrographiques :	23
II-2- Coefficient d'allongement :.....	24
II-3- Etude de relief :	29

II-3-Choix de la loi d'ajustement :.....	30
--	----

Chapitre III : Etude des crues

- Introduction	48
III-1- Temps de concentration	48
III-1- 1-formule de GIONDOTTI.....	48
III-2- Pluie de courte durée	49
III-3- Débit journalier maximum.	51
III-3- 1- 1-la formule de M.SAMIE	51
III-4- Formule empirique pour déterminer le débit.....	53
III-4- 1-Débit de pointe	53
II-4- 1-1-Formule de GIONDOTTI	53
III -4- 1-2 : méthode rationnel.....	54
IV.1. Débits maximales journaliers.....	56
IV.2.Hydrogramme de crue	56
Débit de pointe des sous bassins.....	66
interprétation des résultats.....	67
conclusion générale	68

Liste des tableaux

Tableau I-1: Superficie des sous bassins versants de la Soummam :9	
Tableau I-2: tableau définissant l'hypsométrie du bassin de la Soummam	13
Tableau I-3: la longueur des cours d'eau	19
Tableau I-4: Rapport de confluence des différents ordres du cours d'eau	20
Tableau I-5: Tableau récapitulatif des caractéristiques du bassin versant de la Soummam	21
Tableau II-1: caractéristiques des stations pluviométriques	26
Tableau II-2: caractéristiques des sous bassin versant de l'Oued SOUMMAM	25
Tableau II-2: Caractéristique de la série pluviométrique chaque station	29
Tableau II-3: Ajustement de la loi Gumbel de la station EL ASNAM (150204)	31
Tableau II-4: Comparaison des caractéristiques de la loi de Gumbel et de l'échantillon	32
Tableau II-5 : Résultat de l'ajustement à la loi de GUMBEL ³²	
Tableau II-6 : Ajustement de la loi Gumbel de la station PORTE DE FER (150401)	33
Tableau II-7 : Comparaison des caractéristiques de la loi de Gumbel et de l'échantillon ³⁴	
Tableau II-8 : Résultat de l'ajustement à la loi de GUMBEL	34
Tableau II-9: Ajustement de la loi Gumbel de la station NAGRAOUA (150702) ³⁵	
Tableau II-10 : Comparaison des caractéristiques de la loi de Gumbel et de l'échantillon	36
Tableau II-11 : Résultat de l'ajustement à la loi de GUMBEL	37
Tableau II-12: Ajustement de la loi Gumbel de la station BOUBIREK (150703)	37
Tableau II-13 : Comparaison des caractéristiques de la loi de Gumbel et de l'échantillon	38
Tableau II-14 : Résultat de l'ajustement à la loi de GUMBEL	39
Tableau II-15 : Ajustement de la loi Gumbel de la station SIDI AICH(151001)	39
Tableau II-16 : Comparaison des caractéristiques de la loi de Gumbel et de l'échantillon	40
Tableau II-17: Résultat de l'ajustement à la loi de GUMBEL	40
Tableau II-17 : Ajustement de la loi Gumbel de la station SEDDOUK (151006)	42
Tableau II-18 : Comparaison des caractéristiques de la loi de Gumbel et de l'échantillon	43
Tableau II-19 : Résultat de l'ajustement à la loi de GUMBEL	43

Liste des tableaux

Tableau II-120: Ajustement de la loi Gumbel de la station BEJAIA(151009)	44
Tableau II-21 : Comparaison des caractéristiques de la loi de Gumbel et de l'échantillon	45
Tableau II-22: Résultat de l'ajustement à la loi de GUMBEL	45
Tableau II-23 : Précipitations maximales journalières pour chaque fréquence	46
TaleauIII.1.resultats de calculs temps e concentration.	48
TableauIII.2. Pluies de courtes durées pour (BV 01)	49
TableauIII.3. TableauIII.3. Intensités fréquentielles (BV 01)	50
TablauIII-4 Résultats de calcul du débit journalier maximum (BV 01)	51
TablauIII-5 Résultats de calcul du débit journalier maximum (BV 02)	51
TablauIII-6 Résultats de calcul du débit journalier maximum (BV 03)	51
TablauIII-7 Résultats de calcul du débit journalier maximum (BV 04)	52
TablauIII-8 Résultats de calcul du débit journalier maximum (BV 05)	52
TablauIII-9 Résultats de calcul du débit journalier maximum (BV 06)	52
TablauIII-10 Résultats de calcul du débit journalier maximum (BV 07)	52
Tableau III-11: Résultats de calcule du débit de pointe par la formule de GIONDOTTI	53
Tableau III-12: Résultats de calcule du débit de pointe par la formule de TURAZA	54
Tableau III-13: Récapitulation des résultats de calcule du débit de pointe	54
Tableau IV.1. Débits maximales journaliers	56
Tableau IV.2.Hyrograme de crue(BV 01)	58
Tableau IV.3.Hyrograme de crue(BV 02)	60
Tableau IV.4.Hyrograme de crue(BV 03)	61
Tableau IV.5.Hyrograme de crue(BV 04)	63
Tableau IV.6.Hyrograme de crue(BV 05)	65
Tableau IV.7.débit de pointe des sous bassins	67

	Page
Figure I-1: Les Grands Bassins Versants d'Algérie	4
Figure I-2: Distinction entre bassin versant réel et bassin versant topographique.	5
Figure I-3: Carte des sols du bassin de la Soummam	7
Figure I-4: les sous bassins de la Soummam.	8
Figure I-5: Carte du relief du bassin versant de la Soummam	12
Figure I-6: Courbe hypsométrique du bassin de la Soummam	13
Figure I-7: courbes de niveaux.	16
Figure I-8: Profil en long de l'oued Boussellam-Soummam	17
Figure I-9: définition des ordres selon la méthode de Strahler.	18
<u>Figure II-1- :</u> localisation chaque station pluviométrique	27
<u>Figure II-2:</u> Représentation graphique des pluies maximum journalière sur papier normal	32
<u>Figure II-3:</u> Représentation graphique de la loi de GUMBEL ³³	
<u>Figure II-4:</u> Représentation graphique des pluies maximum journalière sur papier normal	34
<u>Figure II-5:</u> Représentation graphique de la loi de GUMBEL	35
<u>Figure II-6:</u> Représentation graphique des pluies maximum journalière sur papier normal	36
<u>Figure II-7:</u> Représentation graphique de la loi de GUMBEL	37
<u>Figure II-8:</u> Représentation graphique des pluies maximum journalière sur papier normal	38
<u>Figure II-9:</u> Représentation graphique de la loi de GUMBEL	39
<u>Figure II-10:</u> Représentation graphique des pluies maximum journalière sur papier normal	40
<u>Figure II-11:</u> Représentation graphique de la loi de GUMBE	41
<u>Figure II-12:</u> Représentation graphique des pluies maximum journalière sur papier normal	42
<u>Figure II-13:</u> Représentation graphique de la loi de GUMBEL	43
<u>Figure II-14:</u> Représentation graphique des pluies maximum journalière sur papier normal	44
FigureIII.1.courbe HDF (BV 01)	50
FigureIII.2.courbe IDF (BV 01)	50
Figure IV.1.Hydrograme de crue(BV 01)	59
Figure IV.2.Hydrograme de crue(BV 02)	60
Figure IV.3.Hydrograme de crue(BV 03)	62

Liste des figures

Figure IV.4. Hydrogramme de crue (BV 04)	64
Figure IV.5. Hydrogramme de crue (BV 05)	66

Introduction générale

Introduction Générale

Les conditions climatiques dans un bassin versant jouent un rôle capital dans le comportement hydrologique des cours d'eau. Par ordre d'importance, ces dernières peuvent être classées comme suit : les précipitations, l'évapotranspiration, température, la pression atmosphérique et les vents. Le passage des précipitations aux débits est très complexe puisque il dépend aussi des caractéristiques morpho métriques du bassin versant.

La génération d'hydro grammes en un point, comme réponse d'un bassin versant à un événement pluvieux est un processus qui dépend des caractéristiques du bassin versant et de la pluie. Les changements dans l'occupation du sol nécessitent la prise en compte de l'évolution de la morphologie des bassins versants naturels et urbains.

L'objectif principal de cette étude est de déterminer le fonctionnement hydrologique du bassin versant global de la Soummam en s'intéressant seulement au paramètre débit car l'étude hydrologique est très vaste (pluviométrie, hydrométrie, relation pluie-débit,...etc.)

Autrement dit, l'objectif de notre étude est de comparer les débits enregistrés par les appareils de mesures sur site avec les débits calculés avec les caractéristiques morpho métriques des sous bassins versants correspondants. Ce travail nous permet de voir la faisabilité des appareils de débits et de constater aussi l'influence de l'occupation du sol sur la réponse hydrologique.

Pour entamer cette étude, nous allons et utiliser les données pluviométriques représentatives de l'ensemble du bassin versant ainsi que les résultats des stations hydrométriques correspondants. l'exploitation des cartes topographiques et d'occupation du sol est indispensable .

Notre étude sera répartie en plusieurs chapitres à savoir :

- Description générale de la zone d'étude ;
- Analyse statistique des données hydrologiques ;
- Etude des crues
- Résultats et interprétations

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Introduction

L'étude détaillée du bassin versant d'un cours d'eau est indispensable avant toute modélisation numérique ou étude d'impact environnemental. L'objet de ce chapitre est d'accéder à une connaissance générale des principales caractéristiques du bassin versant de la Soummam. Cette partie sera donc avant tout descriptive et qualitative. Dans un premier temps, nous allons décrire globalement le bassin versant, en le situant géographiquement, en étudiant sa topologie et sa nature géologique. Ensuite, nous allons chercher à étudier plus précisément le cours d'eau.

I-1. Situation géographique :

Le bassin versant de la Soummam est situé dans la partie centrale au Nord de l'Algérie et il s'étend sur 9125 Km². Cette étendue est de forme irrégulièrement allongée suivant la direction de parallèle (35° 45' et 36° 45'). Figure I-1.

Au Nord, ce bassin est délimité principalement par la chaîne montagneuse du Djurdjura, dont le sommet le plus élevé est de 2 308 m d'altitude (Lalla khedidja), tandis que sa limite au sud située aux monts du Hodna. Moins élevée que le Djurdjura (l'altitude maximale est de 1862 m). Vers l'Est et l'Ouest le bassin de la Soummam est ouvert, c'est dans cette partie du bassin que se situent les hauts plateaux de Sétif et de Bouira.

La plus grande longueur du bassin de la Soummam est d'environ 176 Km tandis que sa largeur, mesurée sur la ligne qui lie les crêtes des montagnes de Hadjar el Abiod et d'El ktef, est d'environ 118 Km.

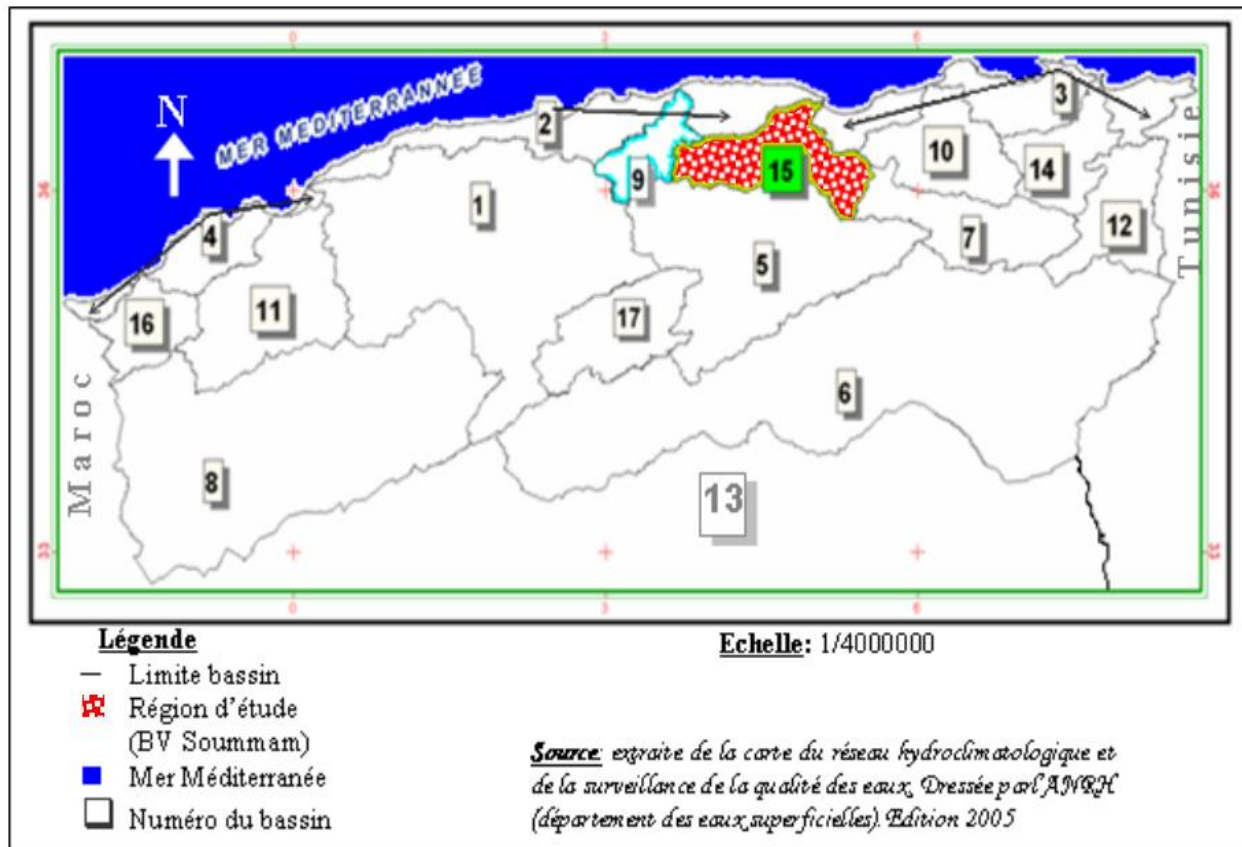


Figure I-1: Les Grands Bassins Versants d'Algérie. [1]

CODE	BASSIN
01	Chélif
02	Côtiers Algérois
03	Côtier Constantinois
04	Côtier Oranais
05	Chott Hodna
06	Chott Melghir
07	H. Plateaux Constantin
08	H. Plateaux Oranais
09	Isser
10	Kebir rhumel
11	Macta
12	Medjerda
13	Sahara
14	Seybouse
15	Soummam
16	Tafna
17	Zahrez

I-2. Définitions du bassin versant :

Le bassin versant est l'ensemble des territoires superficiels et souterrains qui se drainent vers le même exutoire.

On distingue habituellement:

- **Le bassin fonctionnel** : portion de l'espace géographique dont les eaux se drainent vers un même cours d'eau.
- **Le bassin topographique** : portion de l'espace géographique dont les pentes convergent vers un même cours d'eau. Il peut être identique au bassin fonctionnel ou différent selon la géologie ou la perméabilité du terrain.

Toutefois, la délimitation topographique nécessaire à la détermination en surface du bassin versant naturel n'est pas suffisante. Lorsqu'un sol perméable recouvre un substratum imperméable, la division des eaux selon la topographie ne correspond pas toujours à la ligne de partage effective des eaux souterraines (voir Figure I-2). Le bassin versant est alors différent du bassin versant délimité strictement par la topographie. Il est appelé dans ce cas **bassin versant réel**.

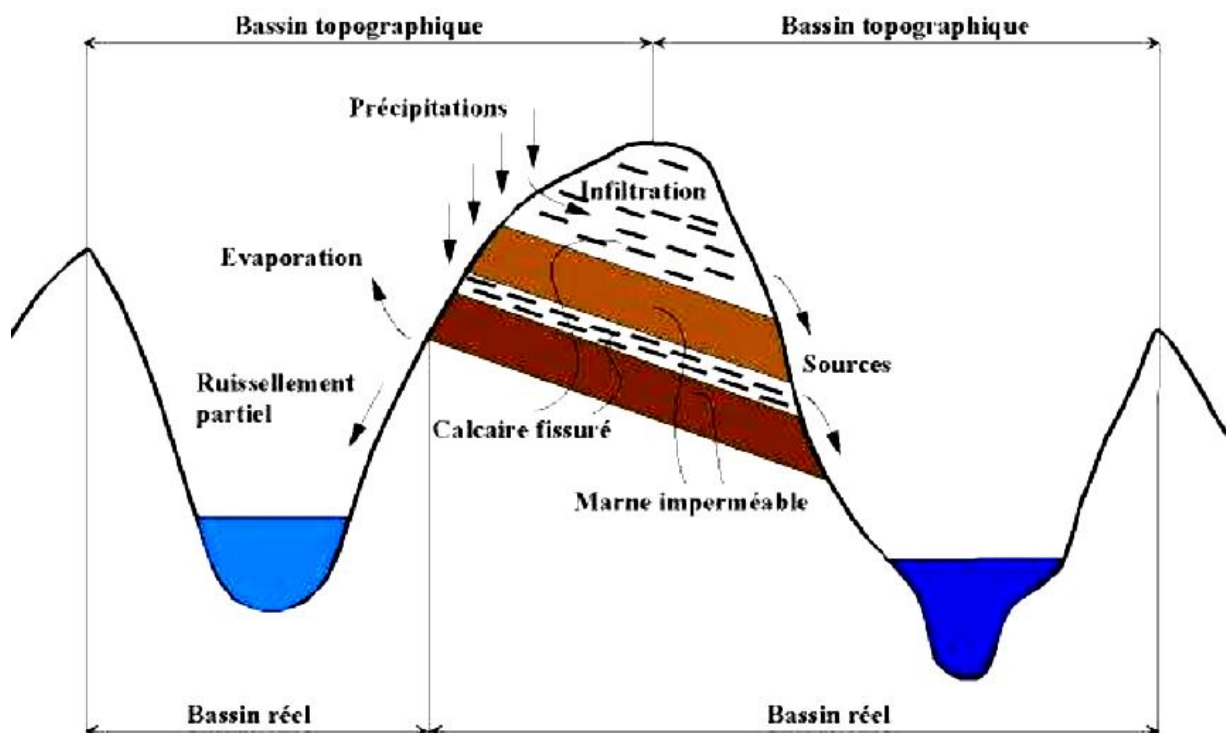


Figure I-2: Distinction entre bassin versant réel et bassin versant topographique.

I-3. Hydrographie du bassin versant de la Soummam :

Le bassin versant de la Soummam est très développé hydrographiquement par ses divers affluents (cours d'eau), ses eaux dont la majorité est drainé par l'Oued de Bou-Sellam et le Sahel qui en se joignant près d'Akbou formant l'Oued de la Soummam.

En ce qui concerne les eaux souterraines, dans la grande partie de bassin versant de la Soummam, elles sont confinées dans des couches profondes et ne peuvent remonter en surface que par des courants ascendants.

Le bassin versant de la Soummam, ayant pour exutoire la mer draine un cours d'eau d'une longueur de 150 Km, allant de Bou-Sellam à Oued Rhir.

I-4. Conditions climatiques :

Les conditions climatiques dans le bassin versant de la Soummam ne sont pas uniformes, à Bejaia et dans la basse vallée de la Soummam, le climat est essentiellement méditerranéen généralement humide avec de légers changements de température.

Sur les plateaux de Sétif et de Bouira le climat est continental avec des hivers humides et des étés chauds.

Les précipitations annuelles de la Soummam varient énormément entre environ 300 mm sur les plateaux de Sétif et 1000 mm près de la cote de Bejaia, elles atteignent approximativement 1500 mm sur les flancs Sud du massif du Djurdjura.

Les étés sont secs, avec seulement 30% des précipitations annuelles pendant la période allant d'Avril à Septembre.

I-5. Condition du sol :

Dans le bassin versant de la Soummam on trouve des types de sols anciens de formation paléo marécageuse qui sont caractérisés par des formations bien accentués. La carte des sols du bassin de la Soummam a été extraite de la carte des sols de l'Algérie faite par J. Durand en 1954 (Figure I-3). La majorité des sols dans le bassin de la Soummam sont des sols calcaires (riches en calcaire). Ces sols ont généralement une texture légère et sont donc perméables. Au nord du bassin, on rencontre des sols insaturés qui ne contiennent pas de calcaire dont l'argile peut être plus abondante en surface qu'en profondeur; leurs roches mères sont généralement imperméables ou donnent des produits de décomposition imperméables. Le long des oueds, les sols existants sont des dépôts alluviaux appelés sols alluviaux. En outre on rencontre, en petites quantités des sols calciques et des sols en équilibre peu épais, plus ou moins riches en calcaire et très pauvres en sels solubles.

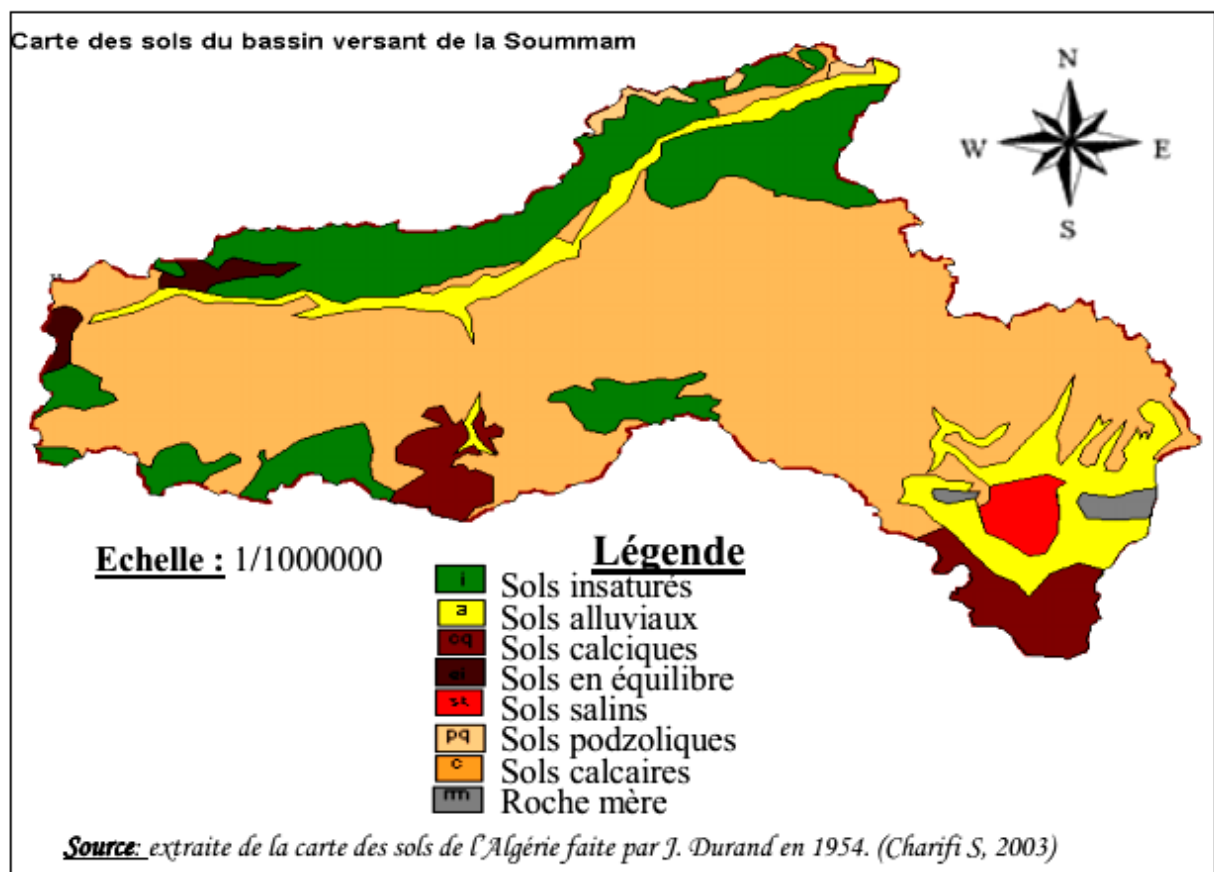


Figure I-3: Carte des sols du bassin de la Soummam. [6]

I-6. Morphologie du bassin

Le bassin versant de la Soummam se compose de dix sous bassins correspondant aux unités hydrologiques (Figure I-4), certaines sont contrôlées par des stations hydrométriques. Il a une forme irrégulière, étiré dans la direction Est-Ouest et accède à la méditerrané par le golf de Bejaia. Le bassin versant de la Soummam est limité par les chaînes du Djurdjura, à l'Est par les montagnes de la petite Kabylie et au Sud par les montagnes des Bibans et de Mansourah. Son orographie est très prononcée, aux environs de Bouira jusqu'à Akbou, la chaîne de Djurdjura n'est à aucun endroit inférieure à 1500 m. C'est dans cette partie que se situe le plus haut sommet D'Akbou en direction Nord-Est de la mer, la hauteur diminue graduellement.

Nous constatons ainsi, la présence d'un système de barrières naturelles représentée par les reliefs. Des chaînes de montagnes qui se dressent face aux vents pluviaux du littoral, il est en effet un bassin assez bien arrosé.

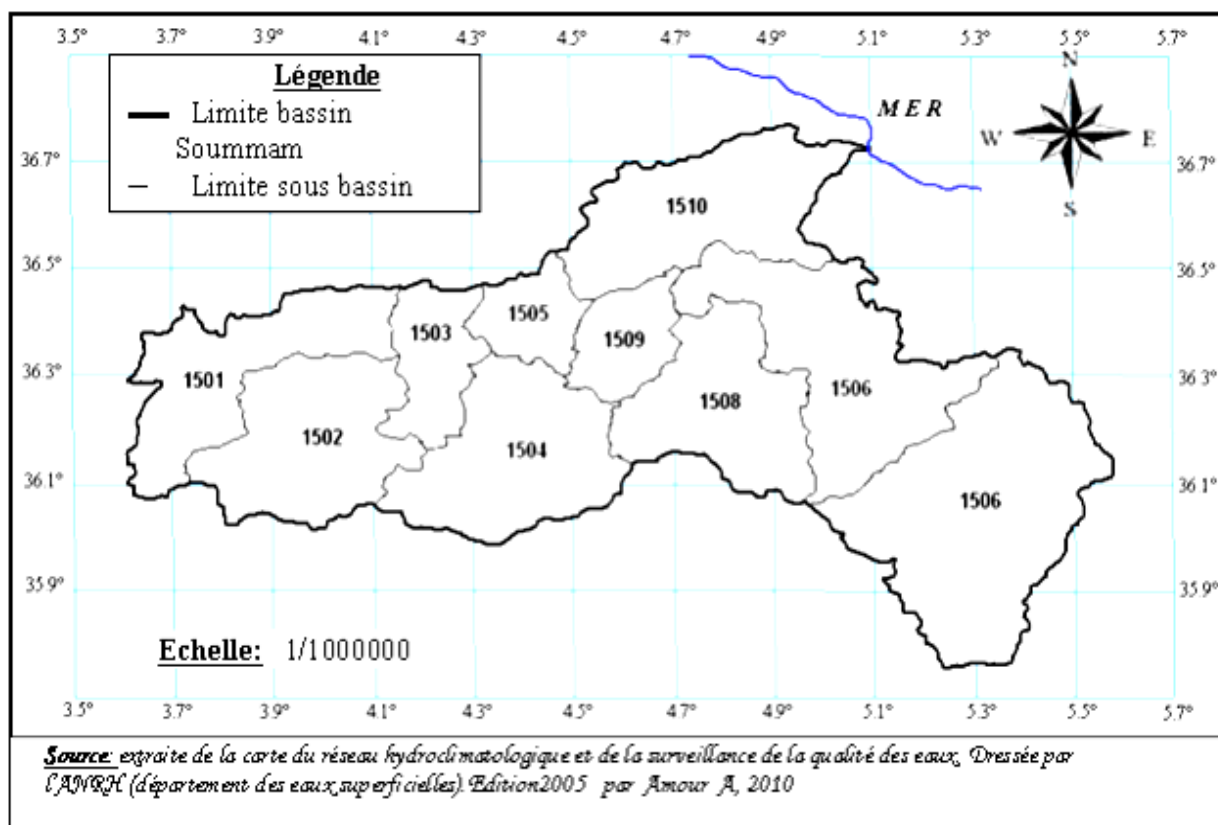


Figure I-4: les sous bassins de la Soummam. [6]

Tableau I-1: Superficie des sous bassins versants de la Soummam : [1]

Sous bassin versant	Code	Superficie (km²)
Oued Eddous	1501	903
Oued Zaiane	1502	1012
Oued Sahel amont	1503	430
Oued Azerou	1504	1084
Oued Sahel Aval	1505	326
Oued Bouselam Amont	1506	1785
Oued Bouselam Moyen	1507	1234
Oued El Ham	1508	930
Oued Bouselam Aval	1509	360
Oued Soummam	1510	1061

I-7. Caractéristiques générales du bassin versant :

I-7-1. Caractéristiques physiographiques :

I-7-1-1. Paramètres géométriques :

Les bassins ont des propriétés géométriques variées qui dépendent du contexte géologique, géomorphologique et climatique de la région étudiée. Ceci inclut les héritages paléo-climatiques et tectoniques

a) Le périmètre :

Son calcul dépend de l'échelle de la carte et de la densité du réseau hydrométrique, il est mesuré à l'aide du curvimètre et n'est généralement pas utilisé directement, mais à travers des valeurs qui en dérive. Comme la longueur du rectangle équivalent « L ». Il est donné par la forme :

$$P=2 (L+l)$$

Avec :

L: longueur du rectangle équivalent.

l : largeur du rectangle équivalent.

Le périmètre du bassin versant de la Soummam est de :

$$P= 554 \text{ Km}$$

b) La surface :

Elle est mesurée à l'aide du planimètre à partir du tracé du bassin versant. Pour le bassin versant considéré on a :

$$S = 9125 \text{ Km}^2$$

La nature des surfaces des bassins a un rôle primordial sur le comportement hydrologique de ceux-ci. Les paramètres qui interviennent sont la pente, la lithologie, la pédologie et la couverture végétale. Ces paramètres influencent grandement la perméabilité et la rugosité de la surface, qui conditionnent à leur tour la vitesse du ruissellement.

I-7-1.2. Les paramètres de forme :

L'étude de la forme des bassins est importante car elle permet de mieux comprendre le comportement hydrologique. Un bassin compact, de forme quasi-circulaire a une réponse hydrologique beaucoup plus rapide pour une même averse qu'un bassin allongé, parce que la plupart des points du bassin sont à peu près à la même distance de l'exutoire. Comme il est difficile d'exprimer réellement la forme d'un bassin versant, on fait appel à deux indices qui sont: l'indice **de compacité** et le **rectangle équivalent**.

a) Indice de compacité ou de Gravelius (Kc) :

Il caractérise la forme du bassin versant, et renseigne sur la vitesse de concentration des débits et la puissance des crues ainsi que sur l'érosion. C'est le rapport entre le périmètre du bassin versant et la circonférence du cercle ayant la même superficie que le bassin versant. (Un bassin parfaitement rond aura une valeur de Kc égale à 1, et un bassin quelconque d'une forme allongée aura une valeur de Kc supérieure à 1 et un carré aurait une valeur de Kc égale à 1,12). L'indice de Gravelius est donné par la formule :

$$Kc = \frac{P}{2(\pi S)^{0.5}} = 0.28 \frac{P}{S^{0.5}}$$

Avec :

S : surface du bassin versant.

P : périmètre du bassin versant.

Pour le bassin de la Soummam : **Kc = 1.62**

Ce qui veut dire que notre bassin a une forme allongée.

b) Le rectangle équivalent :

C'est une notion introduite pour pouvoir comparer deux bassins entre eux du point de vue de l'influence des caractéristiques et de la forme sur les écoulements.

Il se définit comme étant le rectangle de longueur « L » et de largeur « l », qui a le même indice de compacité (Kc) et même hypsométrie que le bassin versant étudié.

Les dimensions de ce rectangle se calculent à l'aide des relations suivantes :

$$\diamond L = \frac{Kc(S)^{0.5}}{1.12} [1 + (1 - (1.12/Kc)^2)^{0.5}]$$

$$Kc \geq 1.12$$

$$\diamond l = \frac{Kc(S)^{0.5}}{1.12} [1 - (1 - (1.12/Kc)^2)^{0.5}]$$

Avec :

L : longueur du rectangle équivalent (Km).

l : largeur du rectangle équivalent (Km).

On a : **L = 238 Km**

l = 38.34 Km

I-7-1-3. Paramètres du relief :

La caractéristique fondamentale du relief de ce bassin versant se reflète dans sa plasticité bien accentuée. De nombreux cours d'eau et leurs affluents, le plus fréquemment aux pentes raides, ont creusé leurs lits profondément dans la couche géologique peu solide.

Le relief de la Soummam présente une forme assez irrégulière; au Nord, le bassin est limité par les chaînes de Djurdjura, au Sud par les montagnes de Bibans et des Djebels Mansourah, à l'Est par les montagnes de la petite Kabylie. En allant de Bouira vers Akbou, l'orographie du bassin est très prononcée, l'altitude n'est en aucun endroit inférieure à 1500 m.

C'est dans cette région, près de Maillot qu'est situé le point culminant (Lalla Khedidja) de la Soummam (2308 m). L'altitude diminue graduellement en avançant d'Akbou vers la mer. Les montagnes de la petite Kabylie sont également prononcées de point de vue altitude, leur plus haut sommet atteint 2004 m au Djebel Babor. De même les chaînes montagneuses du sud ne restent pas orthographiquement en arrière par rapport aux massifs cités précédemment, les pics sont atteints aux Bibans 1832 m et Djebel Mansourah 1836 m voir Figure I-5. [6]

Le relief est caractérisé par :

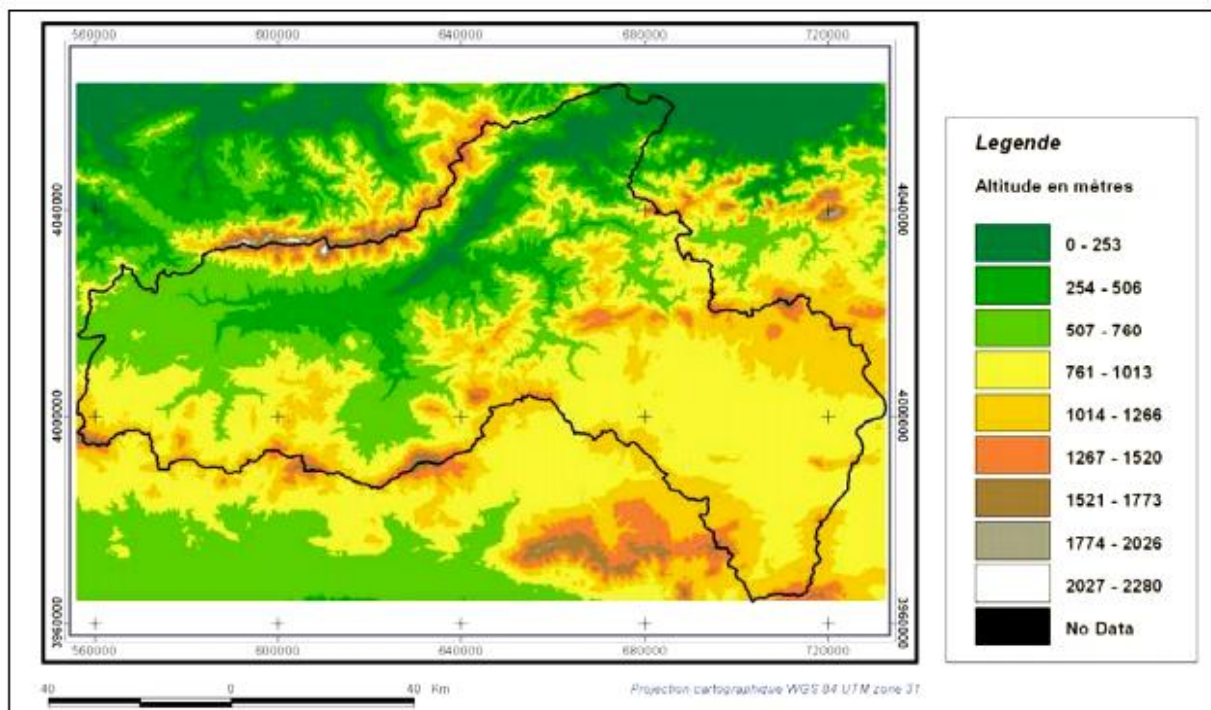


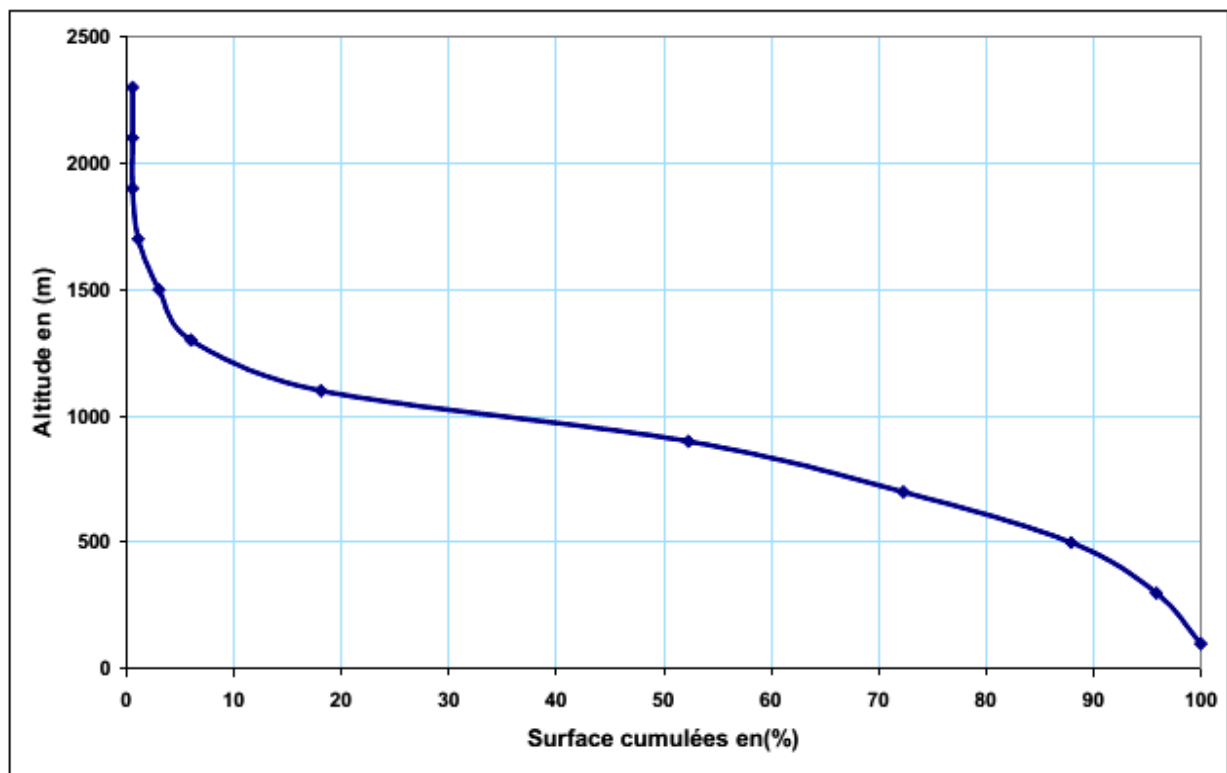
Figure I-5: Carte du relief du bassin versant de la Soummam. [6]

a) courbe hypsométrique :

Cette courbe met en relation les altitudes et les surfaces dans un bassin, sous forme de fréquences de superficies inférieures à un seuil donné. Dans un contexte d'évolution géomorphologique selon le modèle de Davis (figure 1-6), cette courbe permet de se renseigner sur le niveau de maturité d'un cours d'eau. Elle est obtenue par le cumul de l'histogramme des altitudes (tableau I-2, figure I-6).

Tableau I-2: tableau définissant l'hypsométrie du bassin de la Soummam. [8]

Classe des altitudes (m)	Surface élémentaire (km ²)	Surfaces cumulées (%)	Altitude moyenne (m)
2-200	379	100,00	100
200-400	724	95,85	300
400-600	1425	87,91	500
600-800	1825	72,30	700
800-1000	3119	52,30	900
1000-1200	1105	18,12	1100
1200-1400	274	6,01	1300
1400-1600	174	3,00	1500
1600-1800	50	1,10	1700
1800-2000	0	0,55	1900
2000-2200	0	0,55	2100
2200-2400	50	0,55	2300

**Figure I-6: Courbe hypsométrique du bassin de la Soummam. [8]**

En conclusion, la forme de la courbe hypsométrique du bassin versant de la Soummam est en S.

Le bassin versant de la Soummam est un bassin mature.

b) Altitudes caractéristiques :

- **Altitudes minimale et maximale :**

Les altitudes minimale et maximale du bassin versant de la Soummam sont lues directement à partir de la carte. L'altitude minimale est celle qui correspond à l'exutoire près de la mer, tandis que l'altitude maximale se trouve sur les monts de Djurdjura tel que:

$$H_{\min} = 2 \text{ m}$$

$$H_{\max} = 2308 \text{ m}$$

- **Altitude moyenne :**

L'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique, elle est définie comme suit :

$$H_{\text{moy}} = \frac{\sum H_i}{\sum S_i}$$

Tel que :

H_{moy} : altitude moyenne du bassin versant.

S_i : aire comprise entre deux courbes de niveaux.

H_i : altitude moyenne entre deux courbes de niveaux.

On obtient : **$H_{\text{moy}} = 785 \text{ m}$**

- **Altitude médiane :**

Elle correspond à l'altitude lue à 50 % de la surface totale sur la courbe hypsométrique. Elle se rapproche de l'altitude moyenne dans le cas où la courbe hypsométrique du bassin considéré représente une pente régulière.

$$H_m = 900 \text{ m}$$

On remarque que l'altitude médiane est supérieure à l'altitude moyenne, ce qui veut dire que le bassin présente une légère dissymétrie vers les altitudes élevées.

c) Indice de pente globale (I_g) :

Il est d'application simple et il est donné par la relation :

$$I_g = D/L$$

Avec :

D : dénivelée.

L : longueur du rectangle équivalent.

D est déterminé à partir de la courbe hypsométrique tel que :

$$D = H_{5\%} - H_{95\%} = 1300 - 300 = 1000 \text{ m}$$

H (5% et 95 %) sont les altitudes entre lesquelles s'inscrit 95 % de la surface du bassin versant.

D'où: $I_g = 4.16 \text{ m / Km}$ soit **0.42 %**

d) Indice de pente moyenne (S_r) :

La pente moyenne S_r entre deux courbes de niveau peut se calculer comme suit:

$$S_r = \frac{dZ}{l}$$

Où : dZ : est l'équidistance des courbes de niveau.

l : est la distance moyenne entre ces deux courbes sur la carte.

Cette distance peut être obtenue en divisant la surface dA comprise entre les deux courbes de niveau par la longueur moyenne L de ces courbes, comme le montre la figure I-7.

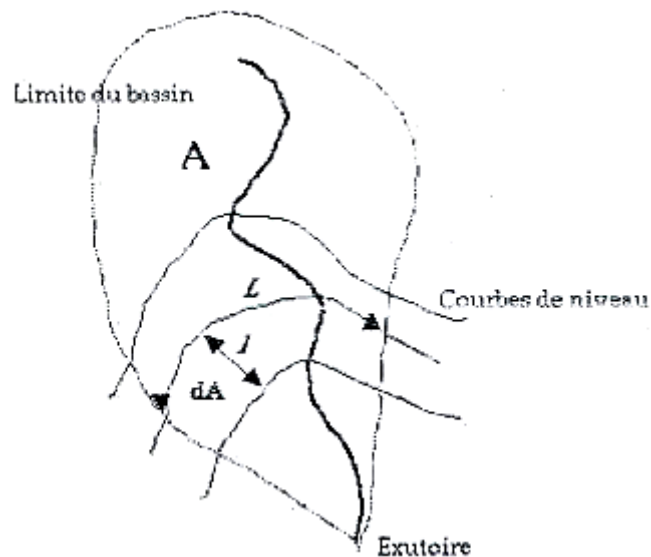


Figure I-7: courbes de niveaux.

La pente moyenne du bassin est un facteur très important pour comprendre son comportement hydrologique. Plus la pente est forte et plus le bassin réagira rapidement aux averses. En répétant l'opération sur l'ensemble du bassin, on obtient:

$$S = \frac{\sum L_c}{A}$$

Où L_c : est la longueur cumulée des courbes de niveau du bassin et A : la superficie du bassin.

Ces deux indices permettent la comparaison et la classification entre les bassins dont ils caractérisent les pentes.

I-7-2. Caractéristiques du réseau de drainage :

Le réseau de drainage est l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporels qui participe à l'écoulement.

I-7-2-1. Les principaux collecteurs dans le Réseau hydrographique

L'oued Boussellam à l'Est, constitue avec l'oued Sahel à l'Ouest, l'un des deux principaux affluents de la Soummam ; il draine 54,9 % de la superficie totale du bassin à la mer.

L'oued Boussellam qui prend sa source au djebel Meghris, au Nord de Sétif, coule d'abord Nord-Sud puis vire-t-il brusquement vers le Nord-Ouest. Il s'échappe des hautes Plaines par les gorges creusées dans les calcaires du Guergour, dans la région de Bougaa. Plus au Nord, il décrit une grande courbure et joint à lui un important affluent, Oued ElMain, venant du Sud. Après sa confluence à la région d'Akbou avec l'Oued Sahel qui draine les eaux d'Oued Azrou, Oud Ziane et Oued Eddous, il se débouche sur l'Oued Soummam le principal collecteur qui se débouche à son tour sur mer (profil en long figure I-8).

I-7-2-2. Classification du chevelu hydrographique (ordre du bassin):

On définit habituellement l'ordre d'un cours d'eau à partir d'une carte topographique. Il y a trois méthodes pour définir ces ordres : les méthodes de Strahler (figure I-9), la méthode de Horton et la méthode de Gravélius.

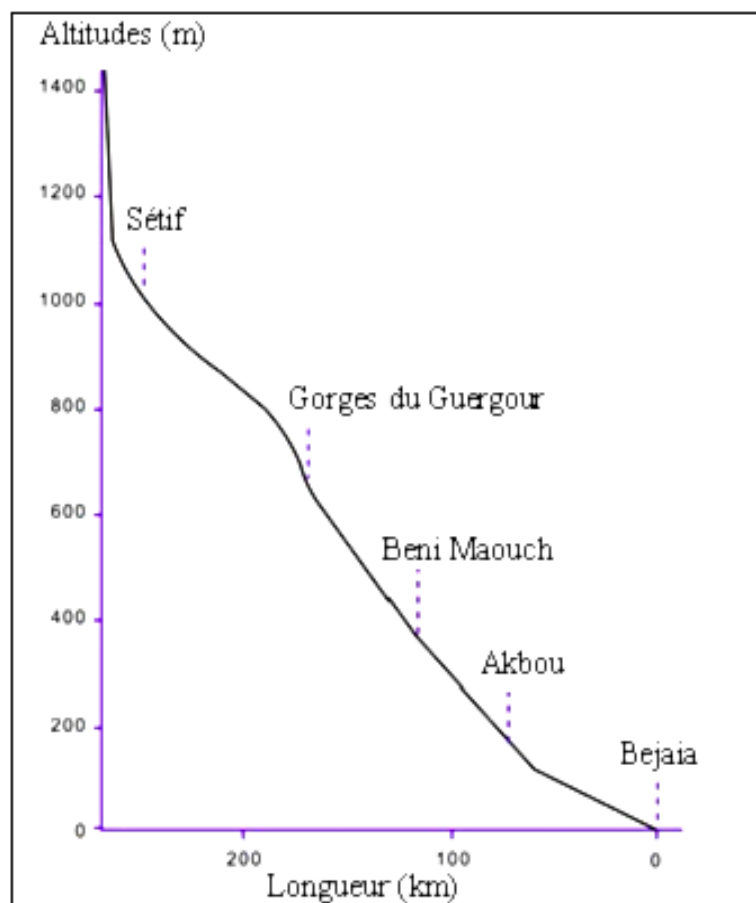


Figure I-8: Profil en long de l'oued Boussellam-Soummam. [6]

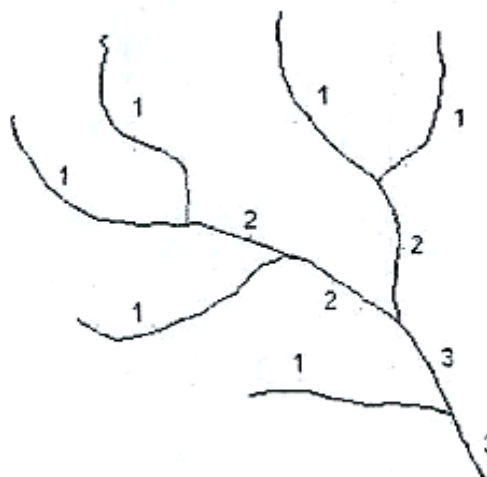


Figure I-9: définition des ordres selon la méthode de Strahler.

Dans la méthode de Strahler, les cours d'eau du premier ordre sont à l'amont. Deux cours d'eau du premier ordre qui confluent, donnent un cours d'eau du 2ème ordre. Deux cours d'eau du deuxième ordre qui confluent donnent un cours d'eau du troisième ordre, et ainsi de suite. Si un cours d'eau d'un ordre donné rencontre un cours d'eau d'un ordre inférieur, il ne change pas d'ordre. La méthode de Gravelius numérote les ordres dans le sens contraire de Strahler, c'est à dire de l'aval vers l'amont. Celle de Horton fonctionne comme celle de Strahler, sauf qu'elle attribue l'ordre le plus élevé au cours d'eau principal depuis sa source.

Le chevelu hydrographique du bassin versant étudié est d'ordre 6.

I-7-2-3. Longueurs des affluents :

Des relations similaires existent pour les longueurs. La longueur des segments augmente quand l'ordre augmente. Si L_u est la longueur d'un segment d'ordre u , On a:

$$R_l = \frac{\overline{L_u}}{L_{u-1}}$$

Où R_l est le rapport des longueurs $\overline{L_u} = \frac{\sum L_u}{N_u}$

$\overline{L_u}$ Est la moyenne des longueurs segments d'ordre u .

Les longueurs des cours d'eau du bassin versant de la Soummam sont :

Tableau I-3: la longueur des cours d'eau. [8]

Ordres des cours d'eau	1	2	3	4	5	6	Total
Longueur en (km)	3432	1155	568	239	199	102	5695

I-7-2-4. Densité de drainage :

Elle est définie pour un bassin de surface « S » comme la somme des longueurs totales cumulées des rivières de l'ordre « i » sur la surface drainée.

Elle est donnée par :

$$D_p = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{A}$$

Avec : L_i : longueur total cumulée des cours d'eau d'ordre i

(Déterminée au curvimètre sur la carte du chevelu hydrographique), [Km].

D_p : densité de drainage [Km/Km²].

i : n° le plus élevé.

S : surface du bassin versant (Km²).

La densité de drainage sera donc : **$D_p = 0.62 \text{ Km} / \text{Km}^2$**

La densité de drainage est un indicateur révélateur de la géologie et du climat. Un bassin formé de matériaux très perméables et muni d'une couverture végétale continue aura en général une densité de drainage faible. Par contre, un bassin formé de roches imperméables mais meubles. Comme des marnes ou des argiles, va souvent présenter une densité de drainage élevée. Celle-ci est accentuée par la présence de pentes élevées et par un climat où les précipitations sont intenses mais courtes en durée.

I-7-2-5. Coefficient de torrentialité :

C'est le produit entre la densité de drainage et la densité du thalweg. Il est donné par:

$$C_t = \frac{N_1}{S} * D_p$$

Avec : D_p : densité de drainage.

S : surface du bassin versant.

N_1 : nombre du thalweg d'ordre 1.

N_1/S : densité du thalweg.

On a : $C_t = 0.089$

I-7-2-6. Rapport de confluence ou de bifurcation :

C'est une loi empirique qui définit les relations entre l'ordre des segments et leur nombre tel que :

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

u : est l'ordre du segment.

N_u : est le nombre de segments d'ordre u .

R_b : rapport de bifurcation.

Tableau I-4: Rapport de confluence des différents ordres du cours d'eau. [8]

u	1	2	3	4	5	6
Nombre des cours d'eau	1310	317	72	14	8	4
R_b	4.13	4.40	5.14	1.75	2	-

Tableau I-5: Tableau récapitulatif des caractéristiques du bassin versant de la Soummam.

Caractéristiques	symbole	valeur	unité
superficie	S	9125	Km²
périmètre	P	554	Km
Indice de compacité	Kc	1.62	-
Longueur du rectangle équivalent	L	238	Km
Largeur du rectangle équivalent	I	38.34	Km
Longueur du thalweg principal	Lt	150	Km
Altitude max	Hmax	2308	m
Altitude min	Hmin	2	m
Altitude moyenne	Hmoy	785	m
Indice de pente global	Ig	4.16	m/Km
Densité de drainage	Dp	0.62	Km/Km²
Coefficient de torrentialité	Ct	0.089	-
Rapport de confluence	Rb	variable	-

Conclusion :

Le bassin versant de la Soummam, avec sa superficie de 9125 Km², et un périmètre de 554 Km, a une forme allongée, ce qui lui donne un temps de concentration assez long, il est situé dans la zone Nord-est de l'Algérie qui est considérée comme la région la plus arrosée en Algérie; donc il est soumise à des fortes probabilités d'inondation, s'il n'est pas bien entretenue.

Chapitre II : Analyse statistique des données

III-1-Introduction :

L'ensemble des aspects liés aux processus de maturation de n'importe quel ouvrage hydraulique, allant du choix de débit jusqu'à l'étape de la réalisation, en passant par le dimensionnement des ouvrages, les aspects de la sécurité ainsi que la bonne exploitation des ouvrages hydrauliques sont conditionnés par une évaluation correcte et juste de la crue. Cette logique est fondamentale, surtout, s'il s'agit de préserver les vies humaines et de réduire la vulnérabilité aux inondations, les biens et des activités exposés à la crue.

Dans cette étude, l'objectif visé est de déterminer, le long du cours d'eau principal, le débit maximum de crues

III-2- Caractéristiques physiques et hydrographiques :

Situation

La zone d'étude se situe dans le périmètre communal de la commune

La surface

La superficie du bassin versant a été planimétrée sur la carte topographique de la

Périmètre

Le périmètre du bassin versant est obtenu directement à l'aide d'un curvimètre sur la même carte et à la même échelle (1/50.000)

Longueur du thalweg principale :

Mesure au curvimètre

La forme

Deux caractéristiques de forme nous intéressent :

a)-L'indice de compacité de Horton, K_H

L'indice de compacité de Horton exprime le rapport de la largeur moyenne du bassin versant à la longueur du cours d'eau principal.

Il se calcule par la relation :

$$K_H = \frac{S}{L^2}$$

K_H = Indice de compacité de Horton;

S = l'aire totale du bassin de drainage (km²);

L = longueur du cours d'eau principal (km).

b)-L'indice de compacité de Gravelius, K_C

L'indice de compacité est un coefficient exprimant la forme du bassin versant, il est

donné par la formule suivante:

$$K_c = \frac{0.28P}{\sqrt{S}}$$

P : Périmètre du bassin versant.

S : surface du bassin versant.

Donc l'indice de compacité trouvé est nettement supérieur à 1 donc notre bassin est allongé.

Rectangle équivalent

Les dimensions du rectangle équivalent sont déterminées par les formules suivantes (ROCHE, 1963) :

La longueur L :

$$L = \frac{k_c \sqrt{S}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{k_c} \right)^2} \right]$$

La largeur l :

$$l = \frac{k_c \sqrt{S}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{k_c} \right)^2} \right]$$

K_c : Indice de compacité de Gravelius,

S : Superficie du bassin versant en km,

L : Longueur du rectangle équivalent en km,

l : Largeur du rectangle équivalent en km.

Coefficient d'allongement

Ce coefficient est obtenu par la relation :

$$Ca = L^2 / S$$

L : la longueur du talweg principal

S : la superficie du bassin versant.

Etude de relief

1. Les altitudes caractéristiques

Les altitudes maximale et minimale

2. Pente moyenne du bassin versant

$$I_{\text{moy}} = \frac{(H_{\text{max}} - H_{\text{min}})}{\sqrt{S}}$$

A partir à la carte topographique on peut déterminer Hmax et Hmin

Nous récapitulons dans le tableau suivant les principales caractéristiques du sous bassin versant

Tableau II-1: caractéristiques des sous bassin versant de l'Oued SOUMMAM

CARACTERISTIQUE	RESULTAT						
	BV01	BV02	BV03	BV04	BV05	BV6	BV7
Surface (S) en [km ²]	166.82	2376.5	2949.2	4060.5	631.75	834.90	8405.6
Périmètre (P) en[km]	197.35	746.726	1040.9	1199.2	406.25	505.50	1989.4
Longueur du talweg principal (Lp) en [km]	63.321	277.891	434.32	515.91	142.49	167.76	481.48
Indice de compacité de Horton (K _H)	0.40	0.17	0.16	0.19	0.14	0.13	0.11
Indice de compacité de Gravelius (K _c)	1.43	1.47	1.55	1.38	1.39	1.34	1.36
Longueur du rectangle équivalent (L) en [km]	25.00	34.03	42.81	49.13	51.29	52.46	55.37
Largeur du rectangle équivalent (l) en [km]	5.95	7.43	7.92	13.23	13.59	15.57	15.80
Coefficient d'allongement (C _a)	2.48	5.88	6.39	5.28	6.91	7.65	9.31
Altitude moyenne (Hmax) en [m]	1334	1048	1048	1048	1179	1118	939
Altitude minimale (Hmin) en [m]	1011	790	340	212	403	350	75
Pente moyenne du bassin versant (Pmoy) [‰]	0.51	0.09	0.16	0.17	0.54	0.46	0.18

Dans le bassin versant SOUMMAM, on a la présence de sept stations suivantes :

- stations EL ASNAM
- stations PORTE DE FER
- stations NAGRAOUA
- stations BOUBIREK
- stations SIDI AICH
- stations SIDI YAHYA
- stations FERMATOU

Dans ce cas nos analyses sont alors portées sur les enregistrements de la station pluviométrique L'étude de précipitations s'appuiera donc sur les données observées au niveau de cette station. Ces caractéristiques sont les suivantes :

Tableau II-1: caractéristiques des stations pluviométriques

Code	Nom de la station	X	Y	Z	B
150204	EL ASNAM	620.4	335.5	435	0.31

Code	Nom de la station	X	Y	Z	B
150401	PORTE DE FER	650.7	324.2	500	0.32

Code	Nom de la station	X	Y	Z	B
150702	NAGRAOUA	713.75	333.1	750	0.30

Code	Nom de la station	X	Y	Z	B
150703	BOUBIREK	689.6	354.5	500	0.30

Code	Nom de la station	X	Y	Z	B
151001	SIDI AICH	677.5	369.35	196	0.38

Code	Nom de la station	X	Y	Z	B
150601	FERMATO	678.05	362.15	370	0.32

Code	Nom de la station	X	Y	Z	B
150901	S .YAHYA	/	/	/	0.31

Où :

- B : Exposant climatique de la région.

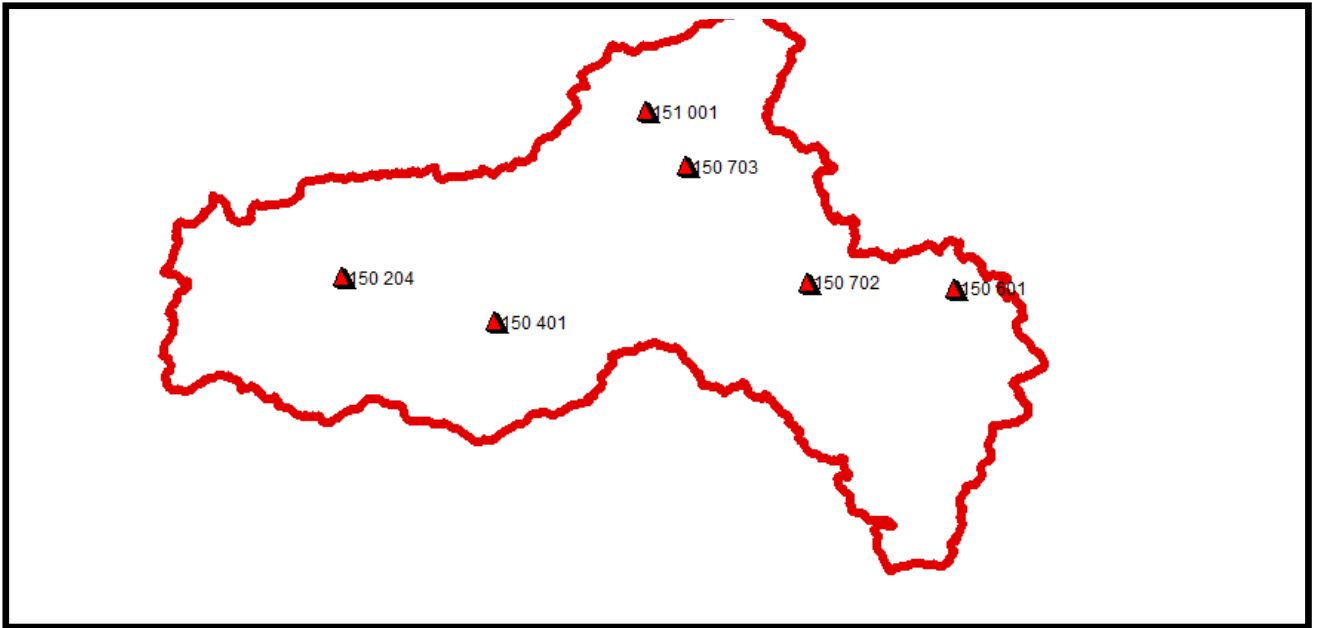


Figure II-1- : localisation chaque station pluviométrique

Tableau II-3: Caractéristique de la série pluviométrique chaque station

Caractéristiques de station n° code :	Formule :	Valeurs :
(150401)		
La somme des Pmaxj en (mm)	$\sum_{i=1}^n x_i$	
la moyenne des Pmaxj en (mm)	$x = \frac{\sum_{i=1}^{n=32} \bar{x}_i}{n}$	35
L'écart type « σ_x »	$\sigma_x = \frac{\sum_{i=1}^{n=32} (x_i - nx)}{n - 1}$	13.9
Coefficient de varia« cv »	$c_v = \frac{\sigma}{x}$	0.396

Caractéristiques de station n° code :	Formule :	Valeurs :
(150703)		
La somme des Pmaxj en (mm)	$\sum_{i=1}^n x_i$	
la moyenne des Pmaxj en (mm)	$x = \frac{\sum_{i=1}^{n=32} \bar{x}_i}{n}$	49.2

Caractéristiques de station n° code : (151001)	Formule :	Valeurs :
La somme des Pmaxj en (mm)	$\sum_{i=1}^n x_i$	
la moyenne des Pmaxj en (mm)	$x = \frac{\sum_{i=1}^{n=32} \bar{x}_i}{n}$	44.6
L'écart type « $\bar{\sigma}_x$ »	$\sigma_x = \frac{\sum_{i=1}^{n=32} (x_i - nx)}{n - 1}$	16
Coefficient de varia« cv »	$c_v = \frac{\sigma}{x}$	0.358

Caractéristiques de station n° code : (151009)	Formule :	Valeurs :
La somme des Pmaxj en (mm)	$\sum_{i=1}^n x_i$	
la moyenne des Pmaxj en (mm)	$x = \frac{\sum_{i=1}^{n=32} \bar{x}_i}{n}$	49.1
L'écart type « $\bar{\sigma}_x$ »	$\sigma_x = \frac{\sum_{i=1}^{n=32} (x_i - nx)}{n - 1}$	20.7
Coefficient de varia« cv »	$c_v = \frac{\sigma}{x}$	0.422

III-3-Choix de la loi d'ajustement

Comme il existe plusieurs méthodes d'ajustement des séries pluviométriques, l'efficacité d'une méthode d'estimation dépend de :

- La loi de probabilité
- La taille de l'échantillon
- Certaines caractéristiques de l'échantillon

Toutefois, de nombreuses études comparatives, empiriques et théoriques, ont été menées afin de déterminer dans quelles circonstances une méthode d'estimation est la plus efficace pour une loi donnée.

Les lois d'ajustement choisis sont :

- **La loi de GUMBEL**

III-3-1-Ajustement de la série pluviométrique à la loi de GUMBEL :

L'ajustement des pluies maximales journalières sera effectué à l'aide du logiciel « HYFRAN » Cette loi a une fonction de répartition qui s'exprime selon la formule suivante :

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-x_0}{\alpha}\right)}}$$

GUMEBL s'écrit :

$$F(x) = e^{-e^{-y}}$$

Tel que : $y = \left(\frac{x-x_0}{\alpha}\right)$ et on peut écrire : $y = -\ln(-\ln(F(x)))$

Avec :

$1/\alpha$: La pente de la droite de GUMBEL

y : Variable réduite de GUMBEL

x : Précipitation maximale journalière (mm)

x_0 : Paramètre de position (mode)

Avant de procéder à l'ajustement, il va falloir suivre les étapes suivantes :

- Classer les valeurs des précipitations par ordre croissant avec attribution d'un rang 1, 2, 3, n.
- Calculer, pour chaque valeur de précipitation, la fréquence expérimentale par la formule de HAZEN.

$$F(x) = \frac{m-0.5}{n}$$

Avec :

m : Rang de précipitation.

n : Nombre d'observations.

- calculer la variable réduite de GUMBEL donnée par la formule suivante :

$$y = -\ln(-\ln(F(x)))$$

- calculer les paramètres d'ajustement « α » et « x_0 »
- représenter graphiquement les couples (x_i, y_i) sur papier GUMBEL.

Calcul des paramètres d'ajustement de la loi de GUMBEL

La droite de GUMBEL est donnée par la formule :

$$x = (1/\alpha) y + x_0$$

Avec :

$(1 / \alpha)$: La pente de la droite de GUMBEL

Les résultats d'ajustement par la loi de « GUMBEL » sont résumés dans le tableau II-8

Quantiles

$q = F(X)$ (probabilité au non-dépassement)

$$T = 1 / (1-q)$$

Tableau II-4: Ajustement de la loi Gumbel de la station EL ASNAM (150204)

Ordre de classement	Observation (ordre croissant)	Fréquence (%)
1	17	0.0156
2	17	0.0469
3	18	0.0781
4	18	0.1094
5	22	0.1406
6	22	0.1719
7	23	0.2031
8	24	0.2344
9	25	0.2656
10	25	0.2969
11	26	0.3281
12	26	0.3594
13	28	0.3906
14	29	0.4219
15	30	0.4531
16	32	0.4844
17	32	0.5156
18	32	0.5469
19	34	0.5781
20	35	0.6094
21	35	0.6406
22	38	0.6719
23	38	0.7031
24	40	0.7344
25	40	0.7656
26	41	0.7969
27	41	0.8281
28	43	0.8594
29	44	0.8906
30	46	0.9219
31	48	0.9531
32	49	0.9844

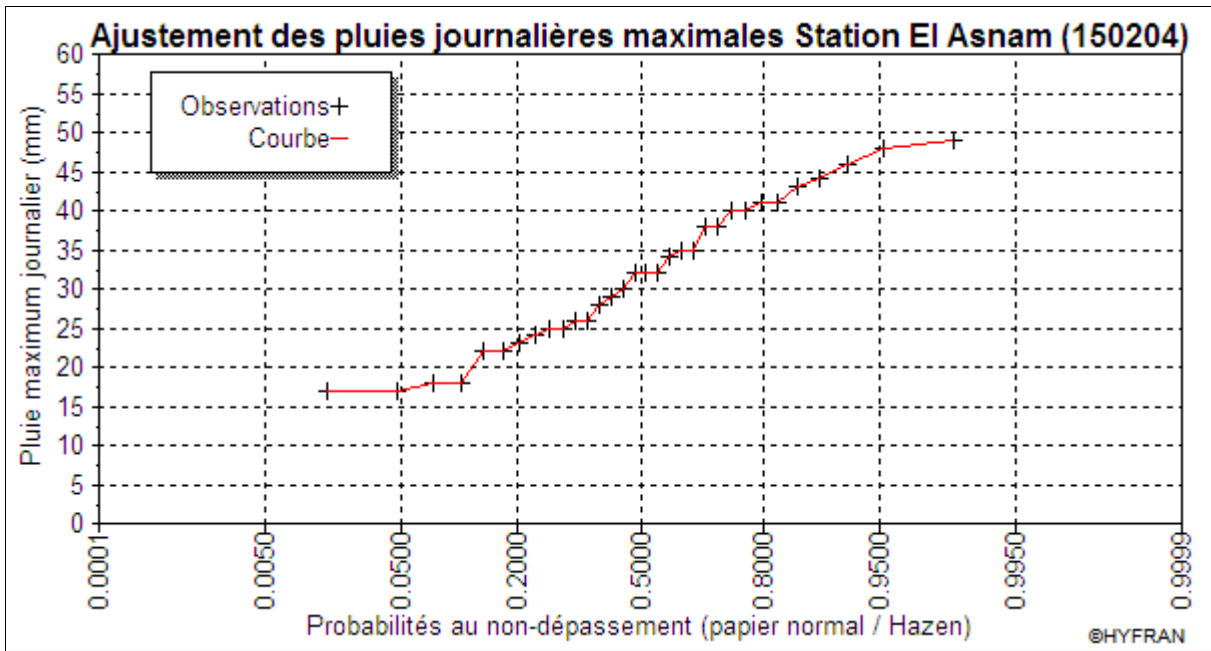


Figure II-2: Représentation graphique des pluies maximum journalière sur papier normal

Tableau II-5: Comparaison des caractéristiques de la loi de Gumbel et de l'échantillon

Paramètres	Caractéristiques de la loi	Caractéristiques de l'échantillon
Minimum	Aucun	17
Maximum	Aucun	49
Moyenne	32	32
Ecart-type	10.9	10.9
Médiane	30.2	30.2
Coefficient de variation (Cv)	0.341	0.341
Coefficient d'asymétrie (Cs)	1.14	0.108
Coefficient d'aplatissement (Ck)	2.4	1.81

Tableau II-6 : Résultat de l'ajustement à la loi de GUMBEL

T (ans)	q	Xt	Ecart type	Les intervalles de confiance
1000.0	0.9990	85.9	8.91	68.4 - 103
200.0	0.9950	72.2	7.00	58.5 - 85.9
100.0	0.9900	66.3	6.19	54.1 - 78.4
50.0	0.9800	60.3	5.38	49.8 - 70.9
20.0	0.9500	52.4	4.31	43.9 - 60.9
10.0	0.9000	46.3	3.52	39.4 - 53.2
5.0	0.8000	39.9	2.73	34.5 - 45.2
3.0	0.6667	34.8	2.16	30.6 - 39.1
2.0	0.5000	30.2	1.76	26.8 - 33.7

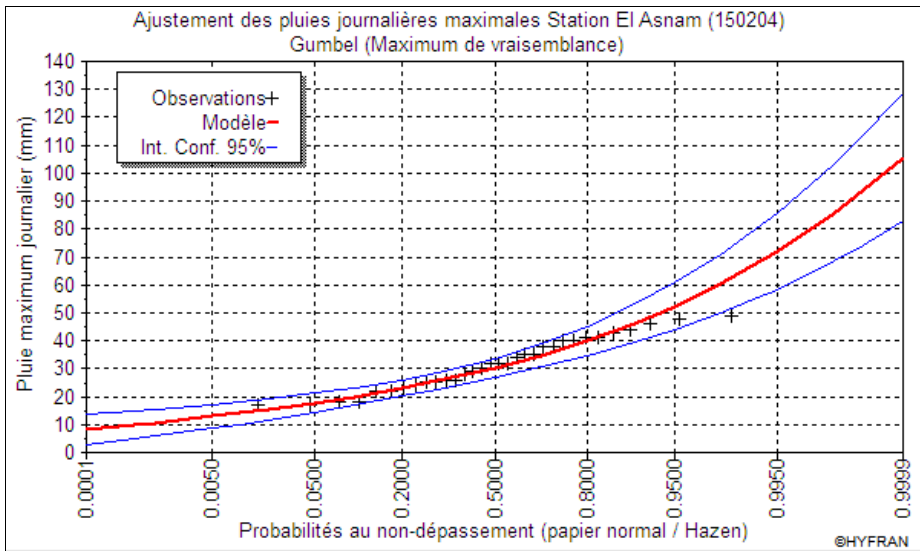


Figure II-3: Représentation graphique de la loi de GUMBE

Tableau II-7 : Ajustement de la loi Gumbel de la station PORTE DE FER (150401)

Ordre de classement	Observation (ordre croissant)	Fréquence (%)
1	18	0.0167
2	18	0.0500
3	21	0.0833
4	23	0.1167
5	23	0.1500
6	23	0.1833
7	23	0.2167
8	24	0.2500
9	25	0.2833
10	26	0.3167
11	26	0.3500
12	27	0.3833
13	28	0.4167
14	29	0.4500
15	30	0.4833
16	31	0.5167
17	31	0.5500
18	31	0.5833
19	32	0.6167
20	34	0.6500
21	40	0.6833
22	42	0.7167
23	42	0.7500
24	43	0.7833
25	48	0.8167
26	51	0.8500
27	53	0.8833
28	66	0.9167
29	68	0.9500
30	100	0.9833

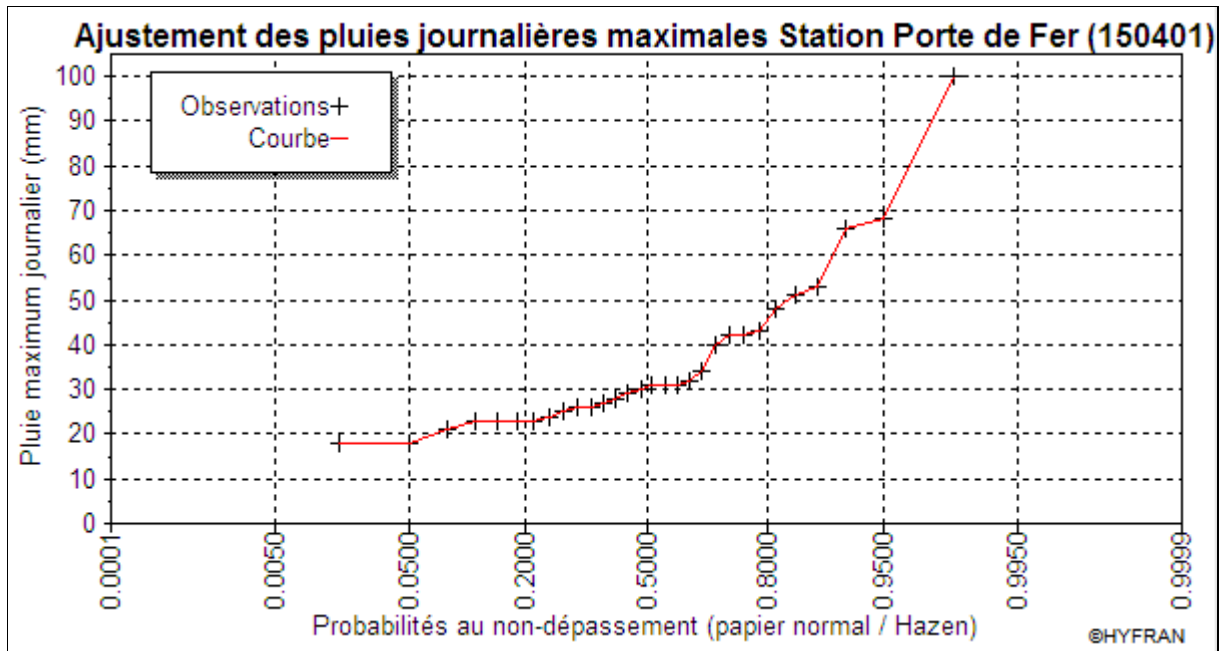


Figure II-4: Représentation graphique des pluies maximum journalière sur papier normal

Tableau II-8 : Comparaison des caractéristiques de la loi de Gumbel et de l'échantillon

Paramètres	Caractéristiques de la loi	Caractéristiques de l'échantillon
Minimum	Aucun	18
Maximum	Aucun	100
Moyenne	35	35
Ecart-type	13.9	13.9
Médiane	32.7	30.5
Coefficient de variation (Cv)	0.396	0.396
Coefficient d'asymétrie (Cs)	1.14	2.01
Coefficient d'aplatissement (Ck)	2.4	6.49

Tableau II-9 : Résultat de l'ajustement à la loi de GUMBEL

T (ans)	q	Xt	Ecart type	Les intervalles de confiance
1000.0	0.9990	103	11.7	80.4 - 126
200.0	0.9950	85.9	9.20	67.9 - 104
100.0	0.9900	78.4	8.13	62.5 - 94.4
50.0	0.9800	70.9	7.06	57.0 - 84.7
20.0	0.9500	60.8	5.66	49.7 - 71.9
10.0	0.9000	53.0	4.61	44.0 - 62.1
5.0	0.8000	44.9	3.58	37.9 - 51.9
3.0	0.6667	38.5	2.84	32.9 - 44.0
2.0	0.5000	32.7	2.31	28.2 - 37.2

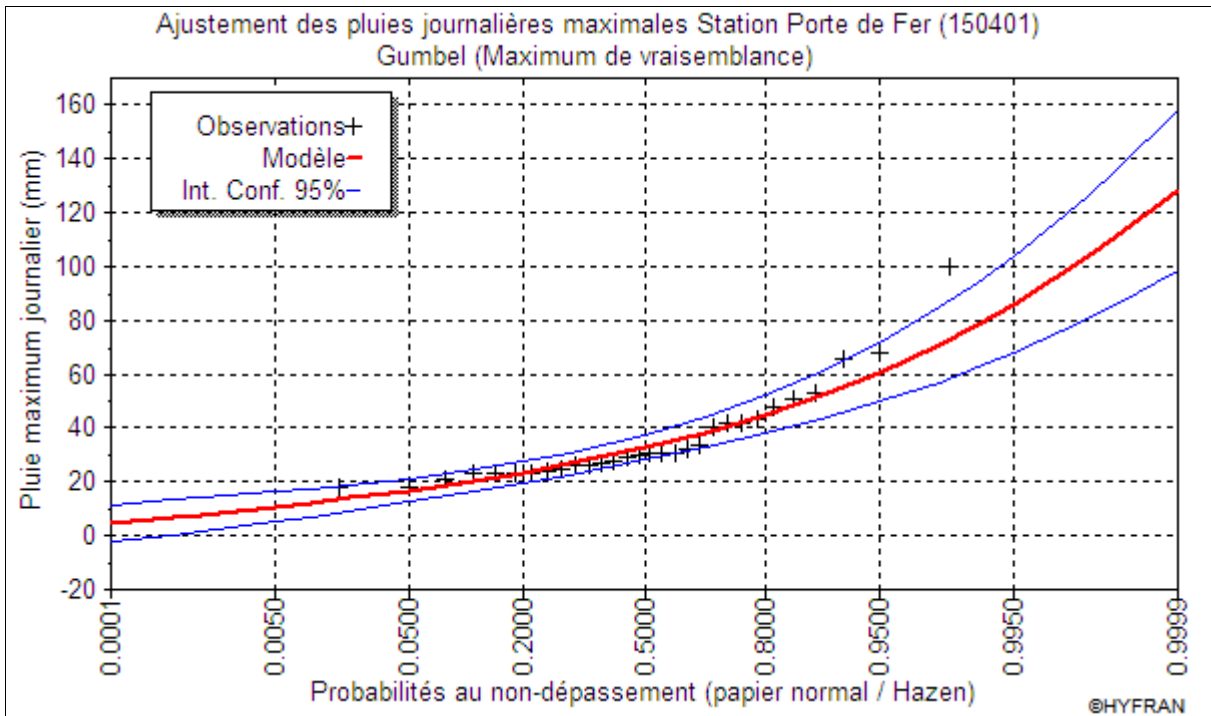


Figure II-5: Représentation graphique de la loi de GUMBEL

Tableau II-10: Ajustement de la loi Gumbel de la station NAGRAOUA (150702)

Ordre de classement	Observation (ordre croissant)	Fréquence (%)
1	17	0.0185
2	26	0.0556
3	27	0.0926
4	30	0.1296
5	31	0.1667
6	31	0.2037
7	35	0.2407
8	35	0.2778
9	35	0.3148
10	36	0.3519
11	39	0.3889
12	39	0.4259
13	42	0.4630
14	42	0.5000
15	42	0.5370
16	42	0.5741
17	48	0.6111
18	49	0.6481
19	54	0.6852
20	55	0.7222
21	57	0.7593

22	57	0.7963
23	67	0.8333
24	67	0.8704
25	68	0.9074
26	70	0.9444
27	78	0.9815

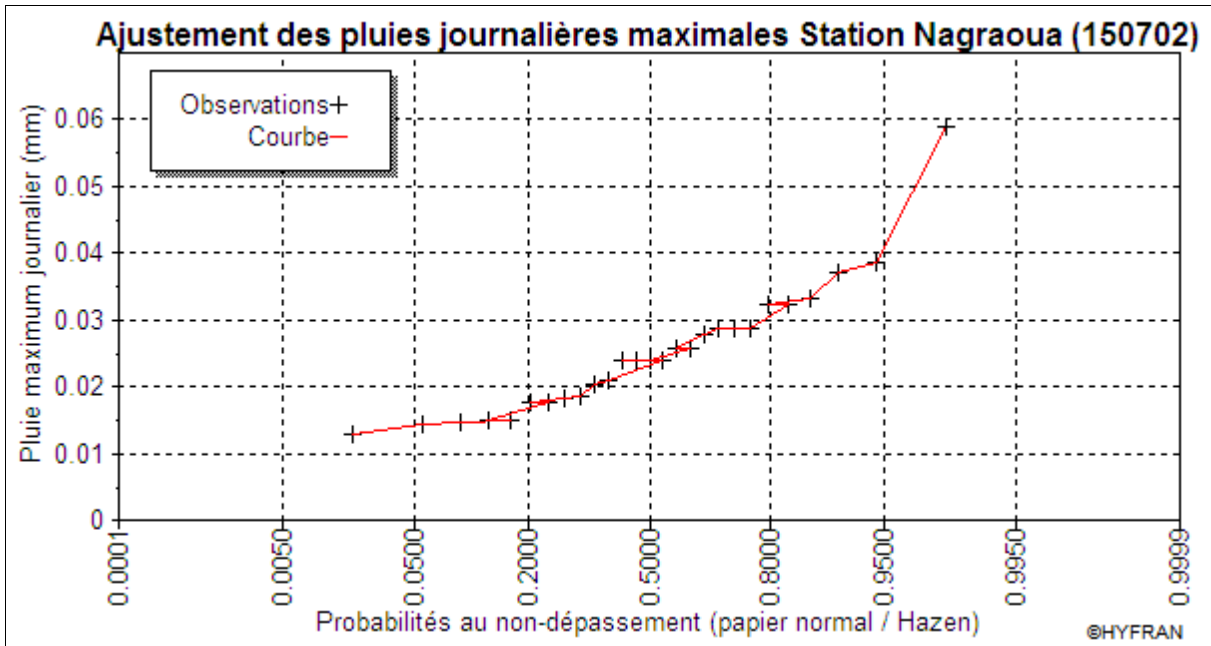


Figure II-6: Représentation graphique des pluies maximum journalière sur papier normal

Tableau II-11 : Comparaison des caractéristiques de la loi de Gumbel et de l'échantillon

Paramètres	Caractéristiques de la loi	Caractéristiques de l'échantillon
Minimum	Aucun	17
Maximum	Aucun	78
Moyenne	45.4	45.4
Ecart-type	17.2	17.2
Médiane	42.6	42.0
Coefficient de variation (Cv)	0.378	0.378
Coefficient d'asymétrie (Cs)	1.14	0.440
Coefficient d'aplatissement (Ck)	2.40	2.14

Tableau II-12 : Résultat de l'ajustement à la loi de GUMBEL

T (ans)	q	Xt	Ecart type	Les intervalles de confiance
---------	---	----	------------	------------------------------

1000.0	0.9990	130	15.3	100 - 160
200.0	0.9950	109	12.0	85.0 - 132
100.0	0.9900	99.3	10.6	78.4 - 120
50.0	0.9800	89.9	9.24	71.8 - 108
20.0	0.9500	77.5	7.41	62.9 - 92.0
10.0	0.9000	67.8	6.03	56.0 - 79.7
5.0	0.8000	57.8	4.68	48.6 - 66.9
3.0	0.6667	49.8	3.71	42.5 - 57.1
2.0	0.5000	42.6	3.01	36.7 - 48.5

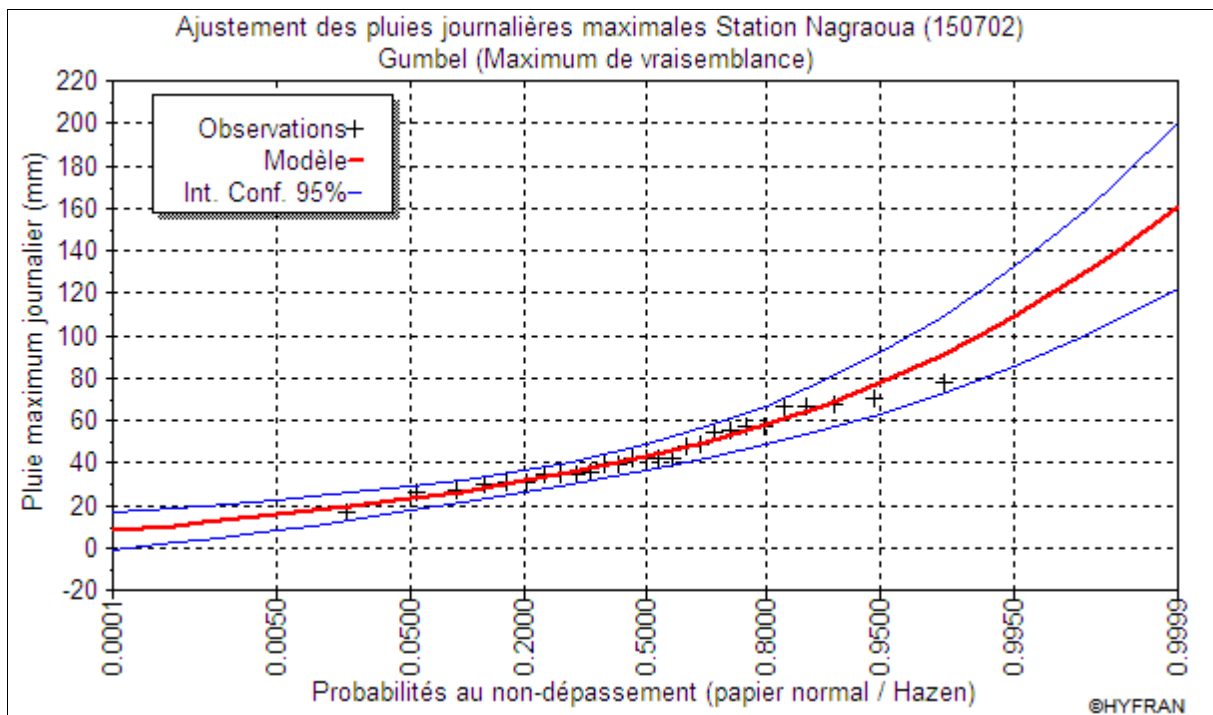


Figure II-7: Représentation graphique de la loi de GUMBEL

Tableau II-12: Ajustement de la loi Gumbel de la station BOUBIREK(150703)

Ordre de classement	Observation (ordre croissant)	Fréquence (%)
1	21	0.0139
2	26	0.0417
3	29	0.0694
4	30	0.0972
5	32	0.1250
6	33	0.1528
7	35	0.1806
8	36	0.2083
9	36	0.2361
10	37	0.2639
11	37	0.2917
12	38	0.3194
13	38	0.3472

14	39	0.3750
15	40	0.4028
16	41	0.4306
17	45	0.4583
18	45	0.4861
19	45	0.5139
20	46	0.5417
21	48	0.5694
22	49	0.5972
23	50	0.6250
24	52	0.6528
25	54	0.6806
26	55	0.7083
27	55	0.7361
28	57	0.7639
29	58	0.7917
30	58	0.8194
31	64	0.8472
32	66	0.8750
33	68	0.9028
34	72	0.9306
35	96	0.9583
36	172	0.9861

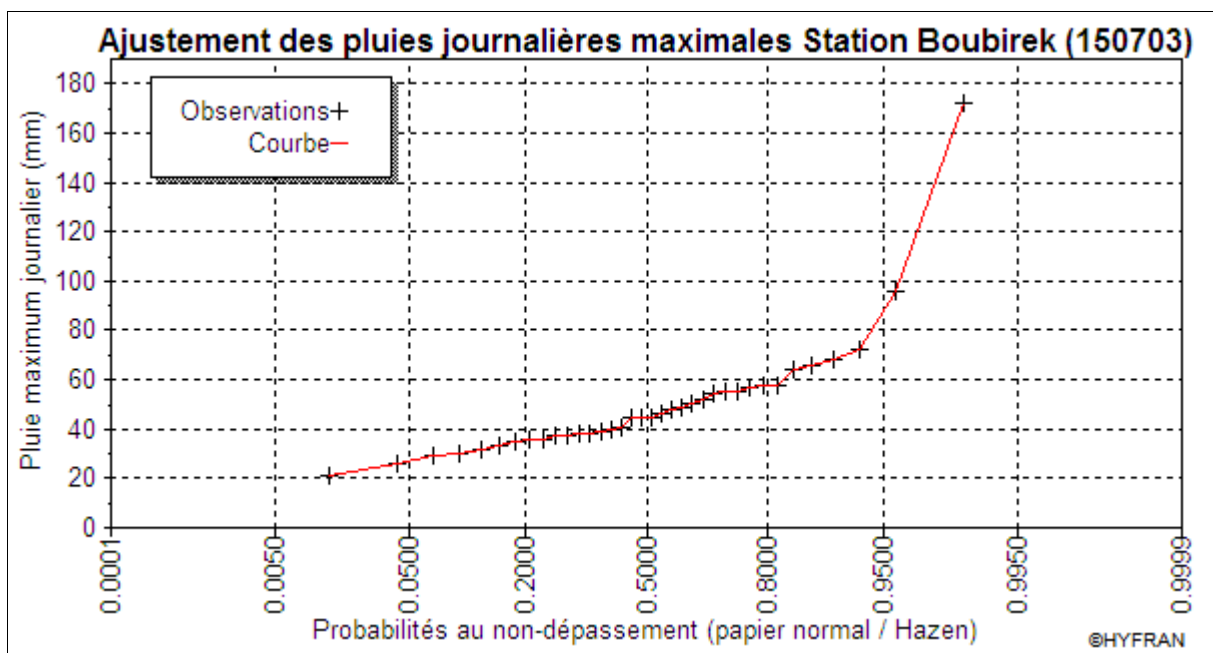


Figure II-8: Représentation graphique des pluies maximum journalière sur papier normal

Tableau II-13 : Comparaison des caractéristiques de la loi de Gumbel et de l'échantillon

Paramètres	Caractéristiques de la loi	Caractéristiques de l'échantillon
Minimum	Aucun	21

Maximum	Aucun	172
Moyenne	49.2	49.2
Ecart-type	18.4	18.4
Médiane	46.1	45.0
Coefficient de variation (Cv)	0.374	0.374
Coefficient d'asymétrie (Cs)	1.14	3.31
Coefficient d'aplatissement (Ck)	2.4	4.6

Tableau II-14 : Résultat de l'ajustement à la loi de GUMBEL

T (ans)	q	Xt	Ecart type	Les intervalles de confiance
1000.0	0.9990	140	14.1	112 - 168
200.0	0.9950	117	11.1	95.0 - 139
100.0	0.9900	107	9.81	87.6 - 126
50.0	0.9800	96.8	8.53	80.1 - 114
20.0	0.9500	83.5	6.84	70.1 - 96.9
10.0	0.9000	73.2	5.58	62.2 - 84.1
5.0	0.8000	62.4	4.33	53.9 - 70.9
3.0	0.6667	53.8	3.44	47.1 - 60.6
2.0	0.5000	46.1	2.79	40.7 - 51.6

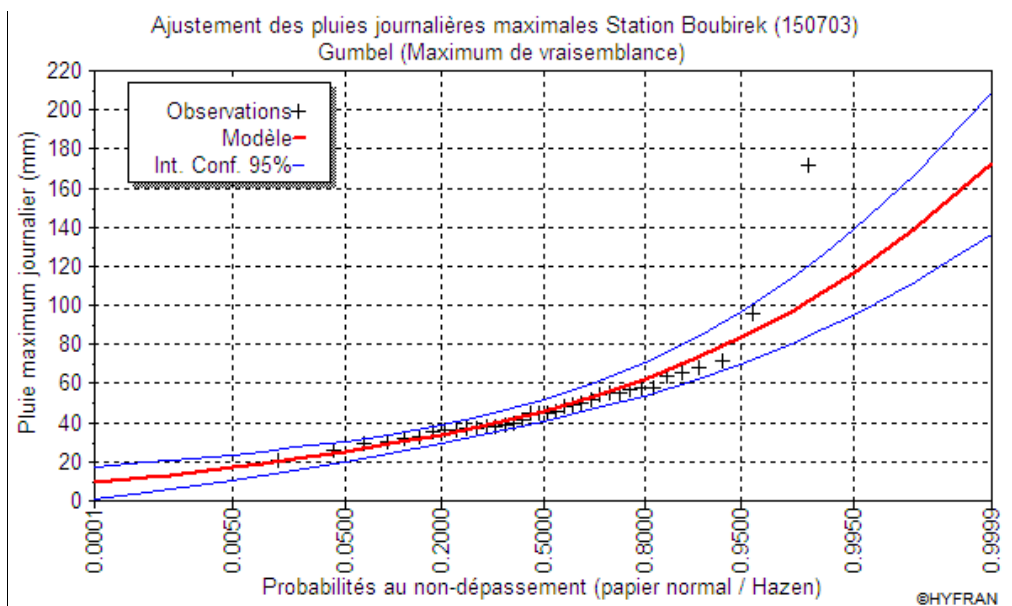


Figure II-9: Représentation graphique de la loi de GUMBEL

Tableau II-15 : Ajustement de la loi Gumbel de la station SIDI AICH(151001)

Ordre de classement	Observation (ordre croissant)	Fréquence (%)
1	30	0.0227
2	30	0.0682
3	31	0.1136
4	32	0.1591

5	32.2	0.2045
6	33	0.2500
7	33	0.2955
8	33	0.3409
9	34	0.3864
10	36	0.4318
11	41	0.4773
12	41	0.5227
13	43	0.5682
14	44	0.6136
15	47	0.6591
16	48	0.7045
17	52	0.7500
18	53	0.7955
19	57	0.8409
20	63	0.8864
21	78	0.9318
22	90	0.9773

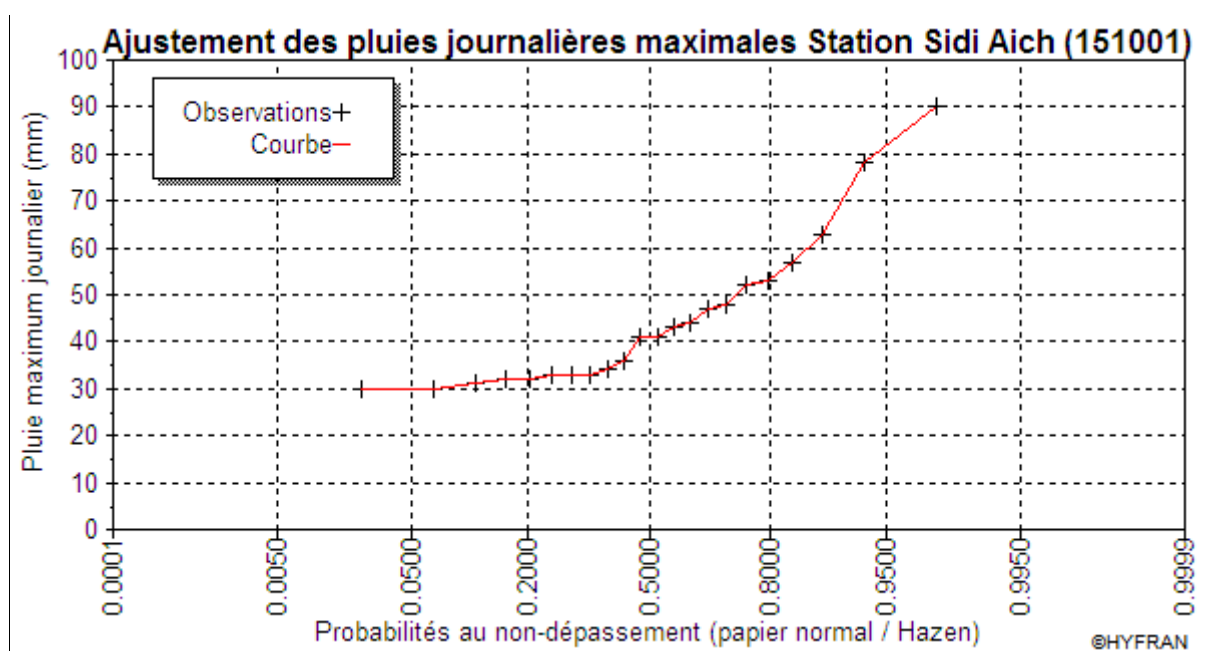


Figure II-10: Représentation graphique des pluies maximum journalière sur papier normal

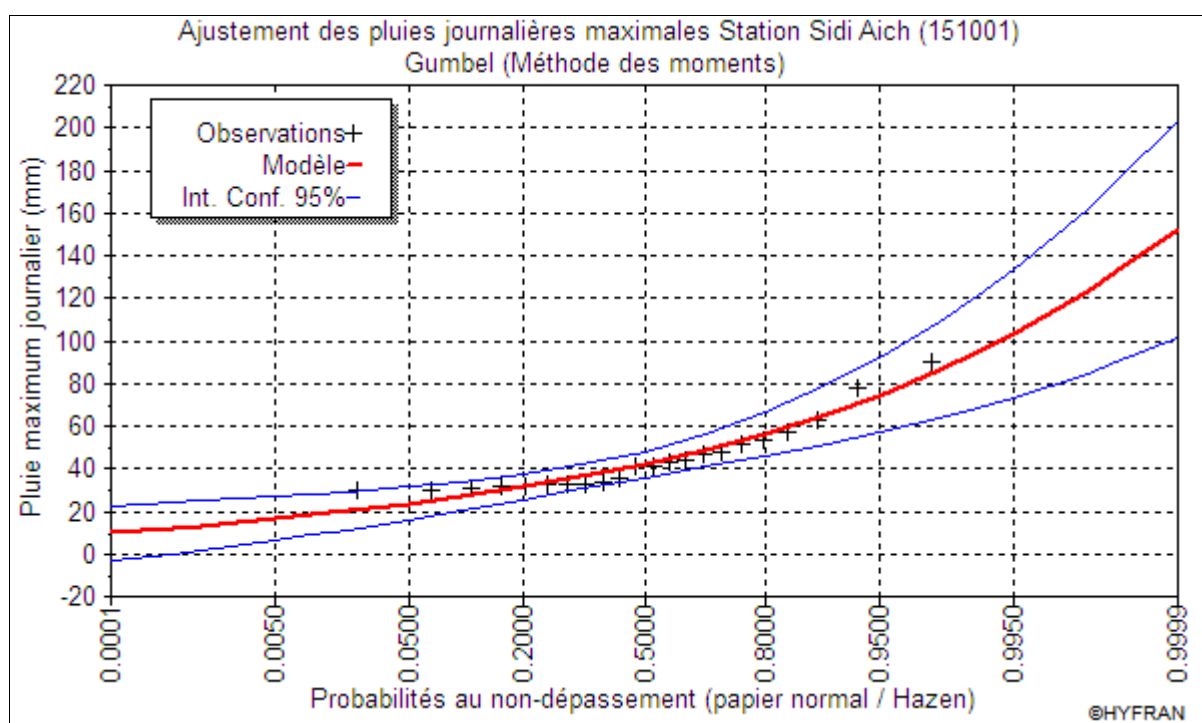
Tableau II-16 : Comparaison des caractéristiques de la loi de Gumbel et de l'échantillon

Paramètres	Caractéristiques de la loi	Caractéristiques de l'échantillon
Minimum	Aucun	30
Maximum	Aucun	90
Moyenne	44.6	44.6
Ecart-type	16	16

Médiane	42.0	41.0
Coefficient de variation (Cv)	0.358	0.358
Coefficient d'asymétrie (Cs)	1.14	1.55
Coefficient d'aplatissement (Ck)	2.4	4.12

Tableau II-17: Résultat de l'ajustement à la loi de GUMBEL

T (ans)	q	Xt	Ecart type	Les intervalles de confiance
1000.0	0.9990	123	19.7	84.8 - 162
200.0	0.9950	103	15.3	73.4 - 133
100.0	0.9900	94.7	13.4	68.5 - 121
50.0	0.9800	86.0	11.5	63.5 - 108
20.0	0.9500	74.4	8.98	56.8 - 92.0
10.0	0.9000	65.4	7.11	51.5 - 79.4
5.0	0.8000	56.1	5.26	45.8 - 66.4
3.0	0.6667	48.7	3.97	40.9 - 56.4
2.0	0.5000	42.0	3.12	35.9 - 48.1

**Figure II-11:** Représentation graphique de la loi de GUMBEL**Tableau II-17 :** Ajustement de la loi Gumbel de la station SEDDOUK (151006)

Ordre de classement	Observation (ordre croissant)	Fréquence (%)
1	17	0.0143
2	19	0.0429
3	21	0.0714
4	23	0.1000
5	24	0.1286

6	24	0.1571
7	29	0.1857
8	30	0.2143
9	31	0.2429
10	32	0.2714
11	32	0.3000
12	33	0.3286
13	33	0.3571
14	33	0.3857
15	34	0.4143
16	35	0.4429
17	37	0.4714
18	37	0.5000
19	37	0.5286
20	39	0.5571
21	40	0.5857
22	40	0.6143
23	43	0.6429
24	46	0.6714
25	48	0.7000
26	48	0.7286
27	48	0.7571
28	49	0.7857
29	51	0.8143
30	56	0.8429
31	57	0.8714
32	64	0.9000
33	68	0.9286
34	72	0.9571
35	75	0.9857

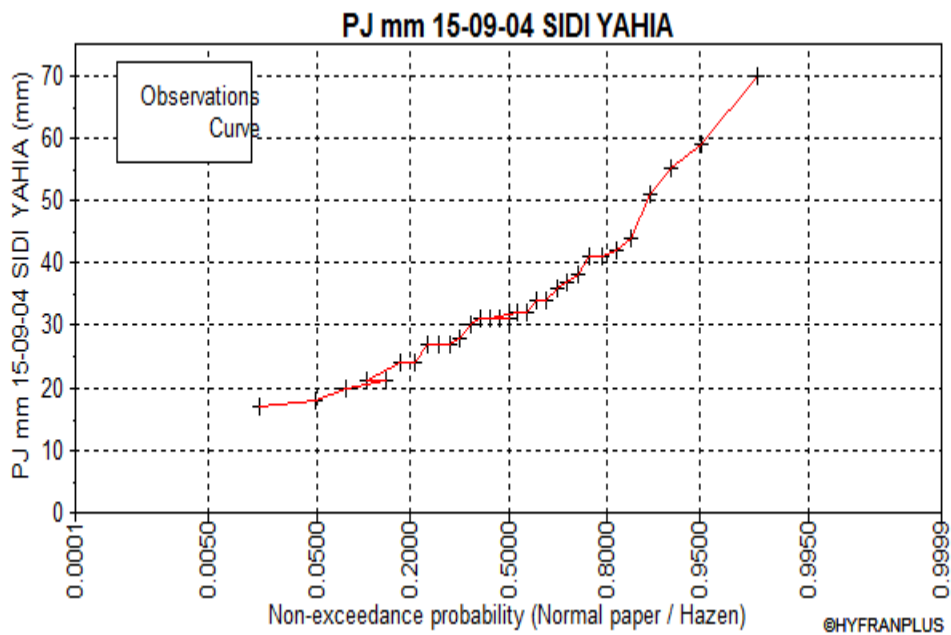


Figure II-12: Représentation graphique des pluies maximum journalière sur papier normal

Tableau II-18 : Comparaison des caractéristiques de la loi de Gumbel et de l'échantillon

Paramètres	Caractéristiques de la loi	Caractéristiques de l'échantillon
Minimum	Aucun	17
Maximum	Aucun	75
Moyenne	40.2	40.2
Ecart-type	15.4	15.4
Médiane	37.7	37
Coefficient de variation (Cv)	0.382	0.382
Coefficient d'asymétrie (Cs)	1.14	0.722
Coefficient d'aplatissement (Ck)	2.4	2.72

Tableau II-19 : Résultat de l'ajustement à la loi de GUMBEL

T (ans)	q	Xt	Ecart type	Les intervalles de confiance
1000.0	0.9990	116	12.0	92.6 - 140
200.0	0.9950	96.7	9.42	78.3 - 115
100.0	0.9900	88.4	8.32	72.1 - 105
50.0	0.9800	80.0	7.23	65.8 - 94.2
20.0	0.9500	68.9	5.80	57.5 - 80.2
10.0	0.9000	60.2	4.73	51.0 - 69.5
5.0	0.8000	51.2	3.67	44.0 - 58.4
3.0	0.6667	44.1	2.91	38.4 - 49.8

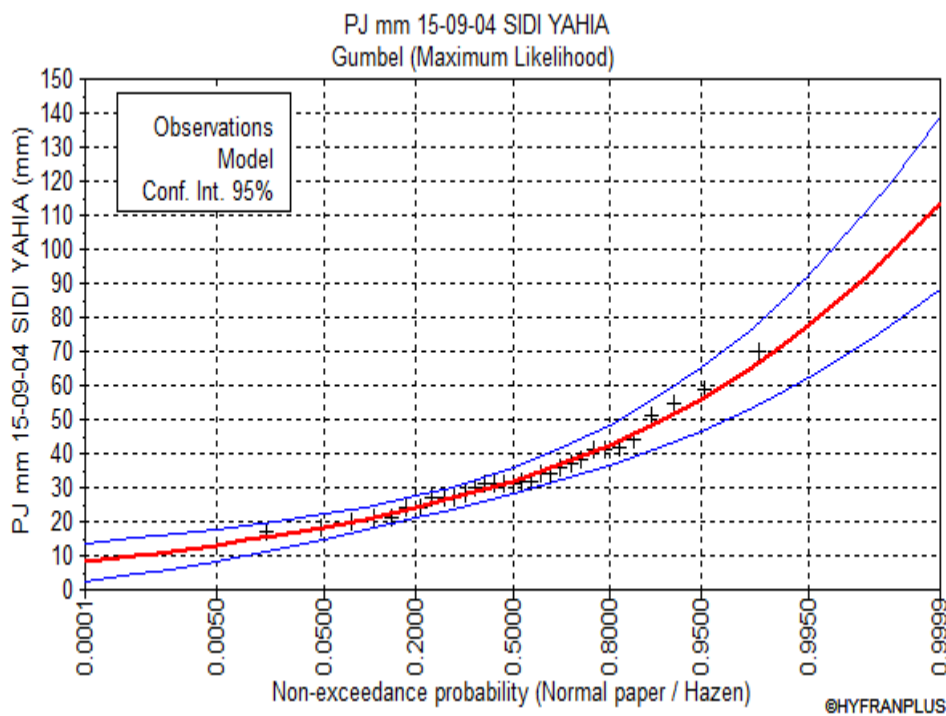


Figure II-13: Représentation graphique de la loi de GUMBEL

Tableau II-120: Ajustement de la loi Gumbel de la station BEJAIA(151009)

Ordre de classement	Observation (ordre croissant)	Fréquence (%)
1	18	0.0208
2	24	0.0625
3	26	0.1042
4	29	0.1458
5	32	0.1875
6	36	0.2292
7	36	0.2708
8	37	0.3125
9	39	0.3542
10	40	0.3958
11	41	0.4375
12	48	0.4792
13	52	0.5208
14	52	0.5625
15	52	0.6042
16	55	0.6458
17	56	0.6875
18	57	0.7292
19	59	0.7708
20	63	0.8125
21	64	0.8542
22	66	0.8958
23	77	0.9375
24	121	0.9792

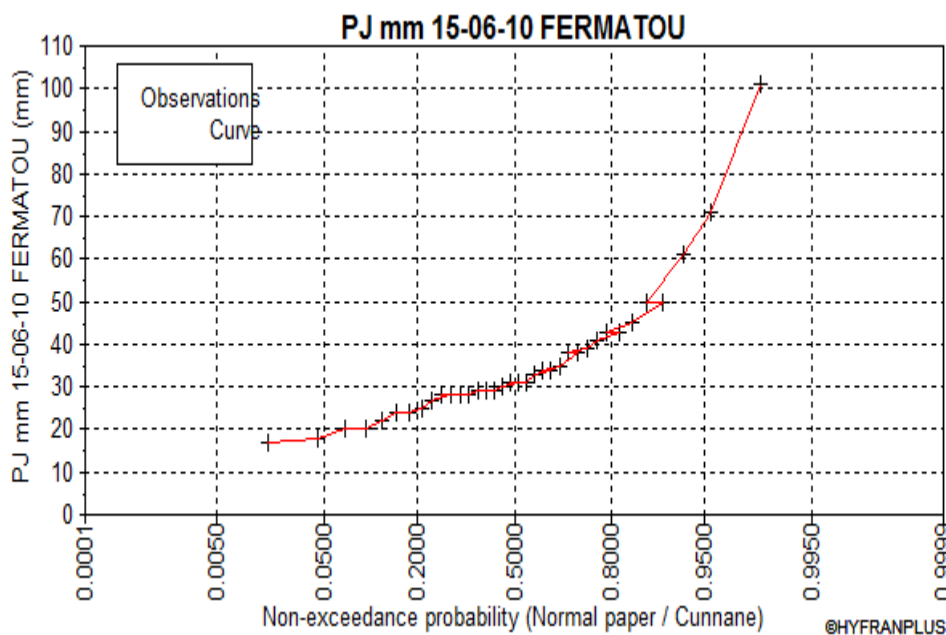


Figure II-14: Représentation graphique des pluies maximum journalière sur papier normal

Tableau II-21 : Comparaison des caractéristiques de la loi de Gumbel et de l'échantillon

Paramètres	Caractéristiques de la loi	Caractéristiques de l'échantillon
Minimum	Aucun	18
Maximum	Aucun	121
Moyenne	49.1	49.1
Ecart-type	20.7	20.7
Médiane	45.7	50
Coefficient de variation (Cv)	0.422	0.422
Coefficient d'asymétrie (Cs)	1.14	1.58
Coefficient d'aplatissement (Ck)	2.4	5.89

Tableau II-22: Résultat de l'ajustement à la loi de GUMBEL

T (ans)	q	Xt	Ecart type	Les intervalles de confiance
1000.0	0.9990	152	19.7	113 - 190
200.0	0.9950	125	15.5	95.1 - 156
100.0	0.9900	114	13.7	87.4 - 141
50.0	0.9800	103	11.9	79.6 - 126
20.0	0.9500	87.9	9.52	69.2 - 107
10.0	0.9000	76.2	7.75	61.0 - 91.4
5.0	0.8000	64.1	6.00	52.3 - 75.8
3.0	0.6667	54.4	4.75	45.1 - 63.7
2.0	0.5000	45.7	3.86	38.2 - 53.3

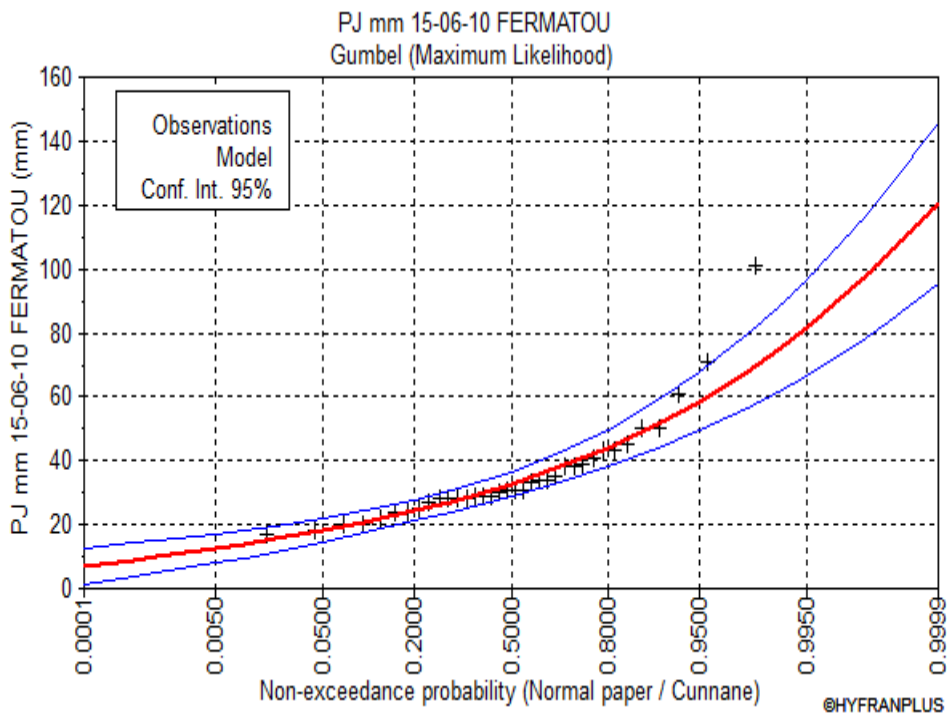


Tableau II-23 : Précipitations maximales journalières pour chaque fréquence

STATION N° (150204) EL ASNAM	Période de retour (ans)	1000	100	50	20	10	5
	Fréquence (%)	0,1	1	2	5	10	20
	Pmaxj (mm)	85.9	66.3	60.3	52.4	46.3	39.9

STATION N° (150401) PORTE DE FER	Période de retour (ans)	1000	100	50	20	10	5
	Fréquence (%)	0,1	1	2	5	10	20
	Pmaxj (mm)	103	78.4	70.9	60.8	53	44.9

STATION N° (150702) NAGRAOUA	Période de retour (ans)	1000	100	50	20	10	5
	Fréquence (%)	0,1	1	2	5	10	20
	Pmaxj (mm)	130	99.3	89.9	77.5	67.8	57.8

STATION N° (150703) BOUBIREK	Période de retour (ans)	1000	100	50	20	10	5
	Fréquence (%)	0,1	1	2	5	10	20
	Pmaxj (mm)	140	107	96.8	83.5	73.2	62.4

STATION N° (151001) SIDI AICH	Période de retour (ans)	1000	100	50	20	10	5
	Fréquence (%)	0,1	1	2	5	10	20
	Pmaxj (mm)	123	94.7	86	74.4	65.4	56.1

STATION N° (151006) FERMATO	Période de retour (ans)	1000	100	50	20	10	5
	Fréquence (%)	0,1	1	2	5	10	20
	Pmaxj (mm)	116	88.4	80	68.9	60.5	51.2

STATION N° (151009) SIDI YAHYA	Période de retour (ans)	1000	100	50	20	10	5
	Fréquence (%)	0,1	1	2	5	10	20
	Pmaxj (mm)	152	114	103	87.9	76.2	64.1

Chapitre III: Etude des crues

Les crues sont des écoulements variables dans lesquelles les débits atteignent des valeurs importantes. Leur étude a pour but de déterminer les Hydro-grammes des crues fréquentielles sur le bassin versant et de définir les débits maximums probables correspondants:

Les paramètres définissant une crue sont :

- Le débit maximum (débit de pointe).
- Le volume.
- Le temps de concentration.
- La forme (Hydro gramme de crues)

III-1- Temps de concentration :

C'est le temps que met une particule d'eau provenant de la partie la plus éloignée du bassin pour arriver à l'exutoire.

III-1- 1- La formule de Giandotti

$$t_c = \frac{4 \sqrt{S} + 1,5 L}{0,8 \sqrt{H}}$$

- Avec :**
- S** : Surface du bassin versant en km².
 - L** : Longueur du bassin versant en km.
 - H** : Altitude moyenne du bassin versant.

Les résultats résumés dans le tableau suivant :

Bassin versant	Temps de concentration(h)
BV 01	5,35
BV 02	25,23
BV 03	41,21
BV 04	64,05
BV 05	13,9
BV 06	16,94
BV 07	60,46

TaleauIII.1.resultats de calculs temps e concentration.

III-2- Pluie de courte durée : [9]

Le traitement des pluies journalières suppose que la durée et l'origine des pluies

sont fixés par contre qu'elle soit continue ou non n'a pas d'intérêt car un arrêt bref à l'intérieure d'une averse n'a pas d'effet sur l'hydro gramme.

Dans le calcul de dimensionnement des ouvrages hydrotechniques, une averse type de probabilité déterminée et de durée égale au temps de concentration.

En effet , il n'est plus à demander que le débit maximum d'un court d'eau lors d'un épisode pluviaux est celui gérée par une averse tombé pendant une durée déterminé appelée temps caractéristique en temps de concentration.

La répartition statistique des précipitations temporelles est donnée par la relation :

$$P_t = P_{j \max} \left(\frac{t}{24} \right)^b \quad \text{en (mm)}$$

Où :

P_t : pluie à l'instant t (mm)

$P_{j \max}$: pluie journalière max de fréquence donnée.

T_c : temps de concentration.

b : exposant climatique

Pluies de courte durée a différentes fréquences, calculées suite a l'ajustement de la loi de Gumble.

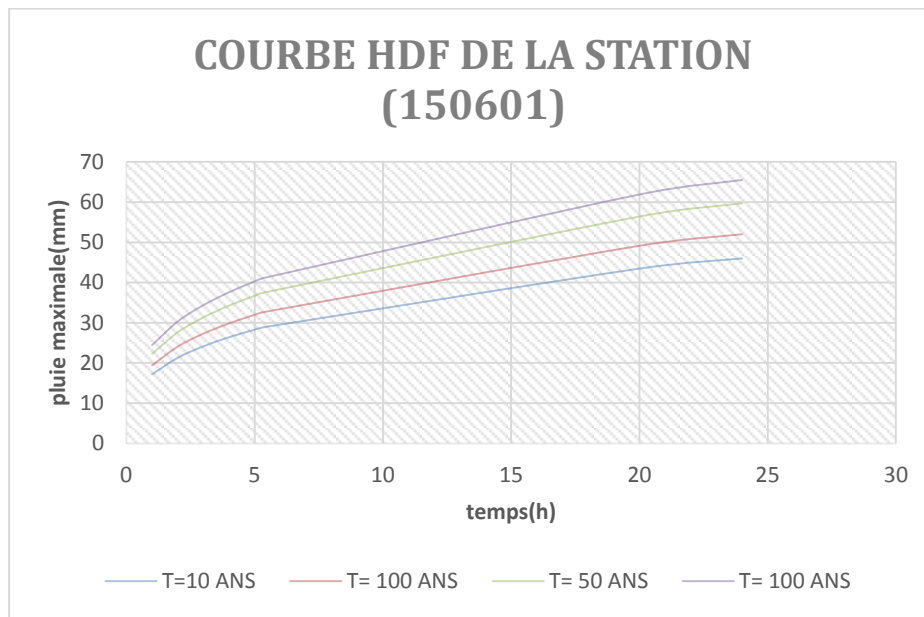
L'intensité de pluie quand à elle sera égale à :

$$I_t = \frac{P_t}{T_c} \quad \text{en (mm/h)}$$

Les résultats résumés dans le tableau suivant :

		Temps (h)							
Pt(ans)	Pmx(mm)	1	2	3	4	5	5,35	20	24
10	46	17,174826	21,292	24,1	26,4	28,286	28,89	43,47	46
20	52	19,4150207	24,069	27,3	29,84	31,976	32,65	49,14	52
50	59,7	22,2899373	27,633	31,3	34,26	36,71	37,49	56,42	59,7
100	65,5	24,4554588	30,318	34,4	37,58	40,277	41,13	61,9	65,5

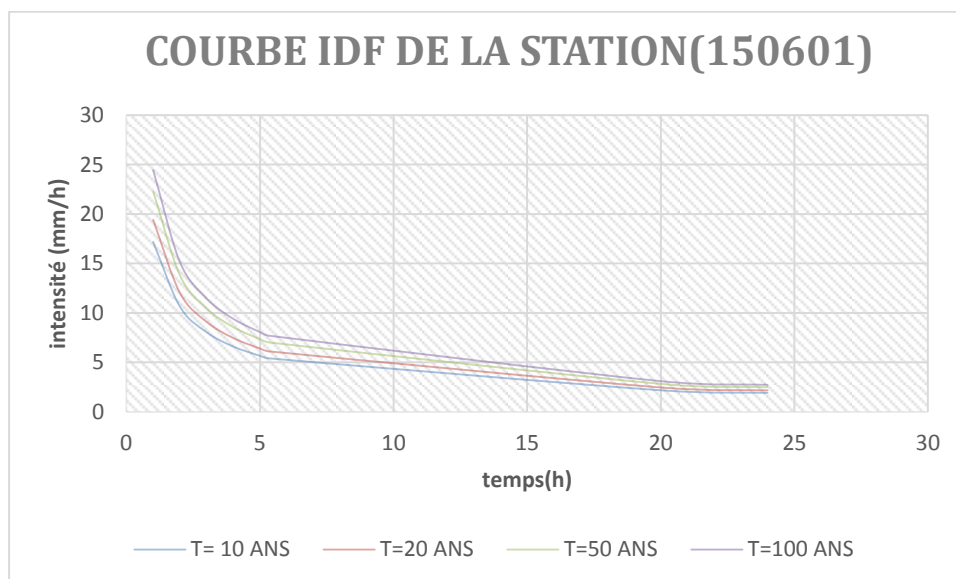
TableauIII.2. Pluies de courtes durées pour (BV 01)



FigureIII.1.courbe HDF (BV 01)

per de retou	p max	(t(h	1	2	3	4	5	5,35	20	24
10	46	I _t	17,17	10,646	8,048	6,599	5,657	5,399	2,174	1,917
20	52	I _t	19,42	12,034	9,098	7,46	6,395	6,103	2,457	2,167
50	59,7	I _t	22,29	13,817	10,44	8,564	7,342	7,007	2,821	2,488
100	65,5	I _t	24,46	15,159	11,46	9,396	8,055	7,688	3,095	2,729

TableauIII.3. Intensités fréquentielles (BV 01)



FigureIII.2.courbe IDF (BV 01)

(Les résumées dans l'annexe)

III- 3 Débit journalier maximum :

Pour le débit journalier maximum correspondant à une fréquence voulue, ou appliqué

III-3- 1-la formule de M.SAMIE :

$$Q_{jmax} = \frac{P_{jmax} \% * \frac{c}{100} * s * 10^3 * ka}{86400}$$

Où :

Ka : Coefficient d'amortissement de la crue (Ka=0.8).

S : Surface drainée.

C : Coefficient de ruissellement global pour la crue.

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Periode de retour	Qjmax SAMMIEII(m3/s)	fréquence%
10 ANS	48,83	10
20 ANS	55,209	5
50 ANS	63,38	2
100 ANS	69,542	1

TablauIII-4 Résultats de calcul du débit journalier maximum (BV 01)

Periode de retour	Qjmax SAMMIEII(m3/s)	fréquence%
10 ANS	649,67	10
20 ANS	738,26	5
50 ANS	855	2
100 ANS	942,3	1

TablauIII-5 Résultats de calcul du débit journalier maximum (BV 02)

Periode de retour	Qjmax SAMMIEII(m3/s)	fréquence%
10 ANS	914,1	10
20 ANS	1040,12	5
50 ANS	1205,2	2
100 ANS	1327,6	1

TablauIII-6 Résultats de calcul du débit journalier maximum (BV 03)

Periode de retour	Qjmax SAMMIEII(m3/s)	fréquence%
10 ANS	1682,4	10
20 ANS	1923,1	5
50 ANS	2230,8	2
100 ANS	2478,94	1

TablauIII-7 Résultats de calcul du débit journalier maximum (BV 04)

Periode de retour	Qjmax SAMMIEII(m3/s)	fréquence%
10 ANS	259,15	10
20 ANS	293,85	5
50 ANS	339,06	2
100 ANS	373,3	1

TablauIII-8 Résultats de calcul du débit journalier maximum (BV 05)

Periode de retour	Qjmax SAMMIEII(m3/s)	fréquence%
10 ANS	289,7	10
20 ANS	336,9	5
50 ANS	397,8	2
100 ANS	443,8	1

TablauIII-9 Résultats de calcul du débit journalier maximum (BV 06)

Periode de retour	Qjmax SAMMIEII(m3/s)	fréquence%
10 ANS	3931,82	10
20 ANS	4578,44	5
50 ANS	5423,21	2
100 ANS	6049	1

TablauIII-10 Résultats de calcul du débit journalier maximum (BV 07)

III-4- Formule empirique pour déterminer le débit :

III-4-1- Débit de pointe :

III-4-1-1-Formule de GIONDOTTI :

Par la formule de données d'observation, les formules suivantes ont été appliquées formule de GIONDOTTI.

$$K = \frac{Q_{\text{pointe}}}{Q_{\text{jmax}}} = \frac{P_{\text{tc}} * 24}{P_{\text{jmax}} * \text{tc}}$$

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Période de retour (ans)		Ptc (mm)	P _{jmax%} (mm)	Tc	K	Qjmax (m3/s)	Qpointe (m3/s)
10	Bv 01	28,89	46	5,35	4.90	48,83	137,57
	Bv 02	49,22	48,4	25,23	3.81	649,67	628,46
	Bv 03	60,56	51,5	41,21	3.44	914,1	626
	Bv 04	91,01	67,8	64,05	2.73	1682,4	846,21
	Bv 05	58,34	91,8	13,9	2.59	289,7	317,88
	Bv 06	67,44	49,3	16,94	2.45	259,15	502,44
	Bv 07	101,3	75,4	60,46	2.37	3931,82	2096,88
50	Bv 01	37,49	59,7	5,35	4.90	63,38	178,54
	Bv 02	64,78	63,7	25,23	3.81	855	827,1
	Bv 03	79,85	67,9	41,21	3.44	1205,2	825,41
	Bv 04	120	89,9	64,05	2.73	2230,8	1115,76
	Bv 05	80,12	98,6	13,9	2.59	397,8	558,11
	Bv 06	93,02	64,5	16,94	2.45	339,06	692,77
	Bv 07	139,8	104	60,46	2.37	5423,21	2893,83
100	Bv 01	41,13	65,5	5,35	4.90	69,542	195,89
	Bv 02	71,39	70,2	25,23	3.81	942,3	911,55
	Bv 03	87,97	74,8	41,21	3.44	1327,6	909,3
	Bv 04	134,1	99,9	64,05	2.73	2478,94	1246,88
	Bv 05	89,38	110	13,9	2.59	443,8	622,63
	Bv 06	103,76	71	16,94	2.45	373,3	772,9
	Bv 07	155,9	116	60,46	2.37	6049	3227,11

Tableau III-11: Résultats de calcul du débit de pointe par la formule de GIONDOTTI

III-4-1-2-Formule de TURAZA (méthode rationnelle)

$$Q_{\text{pointe}} = \frac{1}{3.6} * C * I * S$$

Où :

I : intensité moyenne maximale de précipitation par rapport au Tc.

C : coefficient de ruissellement (source A.N.R.H)

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Période de retour (ans)		S	I	C	Qpointe (m ³ /s)
10	Bv 01	166,182	5,39	66	164,34
	Bv 02	2376,542	1,94		845,93
	Bv 03	2949,156	1,46		790,02
	Bv 04	4060,522	1,42		1057,93
	Bv 05	613,755	4,19		471,84
	Bv 06	834,9	3,98		609,68
	Bv 07	8405,67	1,67		2575,59
50	Bv 01	166,182	7	66	213,43
	Bv 02	2376,542	2,56		1116,28
	Bv 03	2949,156	1,93		1044,34
	Bv 04	4060,522	1,88		1400,64
	Bv 05	613,755	5,76		648,64
	Bv 06	834,9	5,49		840,99
	Bv 07	8405,67	2,31		3562,64
100	Bv 01	166,182	7,68	66	234,17
	Bv 02	2376,542	2,82		1229,65
	Bv 03	2949,156	2,13		1152,56
	Bv 04	4060,522	2,09		1557,1
	Bv 05	613,755	6,43		724,09
	Bv 06	834,9	6,12		937,5
	Bv 07	8405,67	2,57		3963,63

Tableau III-12: Résultats de calcul de débit de pointe par la formule de TURAZA

Récapitulation :

Les débits de crue sont après comparaison des résultats trouvés par les différentes formules de calcul :

Période de retour (ans)		Débits de points en m ³ /s		
		GIONDOTT	TURAZA	MOYENE
10	Bv 01	137,57	164,34	150,955
	Bv 02	628,46	845,93	737,195
	Bv 03	626	790,02	708,01
	Bv 04	846,21	1057,93	952,07
	Bv 05	317,88	471,84	394,86
	Bv 06	502,44	609,68	556,06
	Bv 07	2096,88	2575,59	2336,235
50	Bv 01	178,54	213,43	195,985
	Bv 02	827,1	1116,28	971,69
	Bv 03	825,41	1044,34	934,875
	Bv 04	1115,76	1400,64	1258,2
	Bv 05	558,11	648,64	603,375
	Bv 06	692,77	840,99	766,88
	Bv 07	2893,83	3562,64	3228,235

100	Bv 01	195,89	234,17	215,03
	Bv 02	911,55	1229,65	1070,6
	Bv 03	909,3	1152,56	1030,93
	Bv 04	1246,88	1557,1	1401,99
	Bv 05	622,63	724,09	673,36
	Bv 06	772,9	937,5	855,2
	Bv 07	3227,11	3963,63	3595,37

Tableau III-13: Récapitulation des résultats de calcul du débit de pointe

III.5.concluson

Dans ce chapitre nous avons envisagé l'établissement du débit de pointe en utilisant plusieurs formules le débit effectuée par sous bassins .l'intensité et les formules de chaque sous bassin ainsi que les formules sont déterminées L'application de ces formules a donnée des résultats satisfaisants.

Chapitre IV : Résultats et Interprétations

IV.1. Débits maximales journaliers

BV	Débits maximales journaliers (m ³ /s)		
	T=10 ANS	T=50ANS	T=100AS
BV 01	48,83	63,38	69,542
BV 02	649,67	855	942,3
BV 03	914,1	1205,2	1327,6
BV 04	1682,4	2230,8	2478,94
BV 05	259,15	339,06	373,3
BV 06	289,7	397,8	443,8
BV 07	3931,82	5423,21	6049

Tableau IV.1. Débits maximales journaliers

IV.2. Hydrogramme de crue :

L'hydrogramme des crues pluviales exceptionnelles est généralement caractérisé par une forme triangulaire avec un sommet pointu. Un temps de montée comparativement court par rapport au temps de décrue. Parmi les modèles courants, on utilise celui de SOKOLOVSKY qui considère l'hydrogramme comme un triangle parabolique formé par deux branches.

- La branche de la phase montée est exprimée l'expression suivante :

$$Q_t = Q_{\max} \left(\frac{t}{t_m} \right)^m \quad [09]$$

- La branche de la phase décrue est exprimée par l'expression :

$$Q_t = Q_{\max} \left(\frac{t_d - t}{t_d} \right)^n$$

Avec :

Q_t : Débit instantané (m^3/s)

m et n : Coefficient de courbure ($m=2$; $n=3$).

t_m : Temps de montée de la crue, (SOKOLOVSKY)

t_d : Temps de la décrue $t_d = \delta * t_m = \delta * t_c$

δ : Coefficient qui dépend de la capacité de régularisation.

Ou :

$\delta = 2$ pour petit cours d'eau a capacité de drainage insignifiant.

$\delta = 2,5$ a 3 pour les moyen et grands cours d'eau a lit moyen peu prononce.

$\delta = 4$ pour les grands cours d'eau forestiers et lit important.

Dans notre cas, on prend $\delta = 3$

Les résultats de calcul des débits de la crue pour les différentes périodes de retour, sont donnés dans le Tableau

Temps (h)	Qmax(10)	Qmax(50)	Qmax(100)
0	0,00	0,00	0,00
0,3	0,15	0,20	0,22
0,8	1,09	1,42	1,55
1,3	2,88	3,74	4,11
1,8	5,53	7,17	7,87
2,3	9,02	11,71	12,85
2,8	13,38	17,36	19,05
3,3	18,58	24,11	26,46
3,8	24,63	31,98	35,08
4,3	31,54	40,94	44,92
4,8	39,31	51,02	55,98
5,3	47,92	62,20	68,25
5,35	48,83	63,38	69,54
5,8	44,35	58,20	64,35
6,3	40,22	52,78	58,37
6,8	36,36	47,71	52,78
7,19	33,52	43,99	48,67
7,3	32,75	42,97	47,55
7,69	30,10	39,50	43,73

Temps (h)	Qmax(10)	Qmax(50)	Qmax(100)
16,69	1,22	1,60	1,80
16,8	1,14	1,49	1,68
16,89	1,07	1,41	1,58
17,19	0,87	1,14	1,29
17,3	0,81	1,06	1,19
17,39	0,75	0,99	1,12
17,69	0,60	0,78	0,89
17,8	0,55	0,72	0,81
17,89	0,51	0,66	0,75
18,19	0,39	0,51	0,58
18,3	0,35	0,46	0,52
18,39	0,32	0,42	0,48
18,69	0,23	0,31	0,35
18,8	0,21	0,27	0,31
18,89	0,18	0,24	0,28
19,19	0,13	0,17	0,19
19,3	0,11	0,14	0,16
19,39	0,09	0,12	0,14
19,69	0,06	0,08	0,09
19,8	0,05	0,06	0,07
19,89	0,04	0,05	0,06
20,19	0,02	0,03	0,03
20,3	0,02	0,02	0,02
20,39	0,01	0,02	0,02
20,69	0,00	0,01	0,01

Tableau IV.2.Hydrogramme de crue(BV 01)

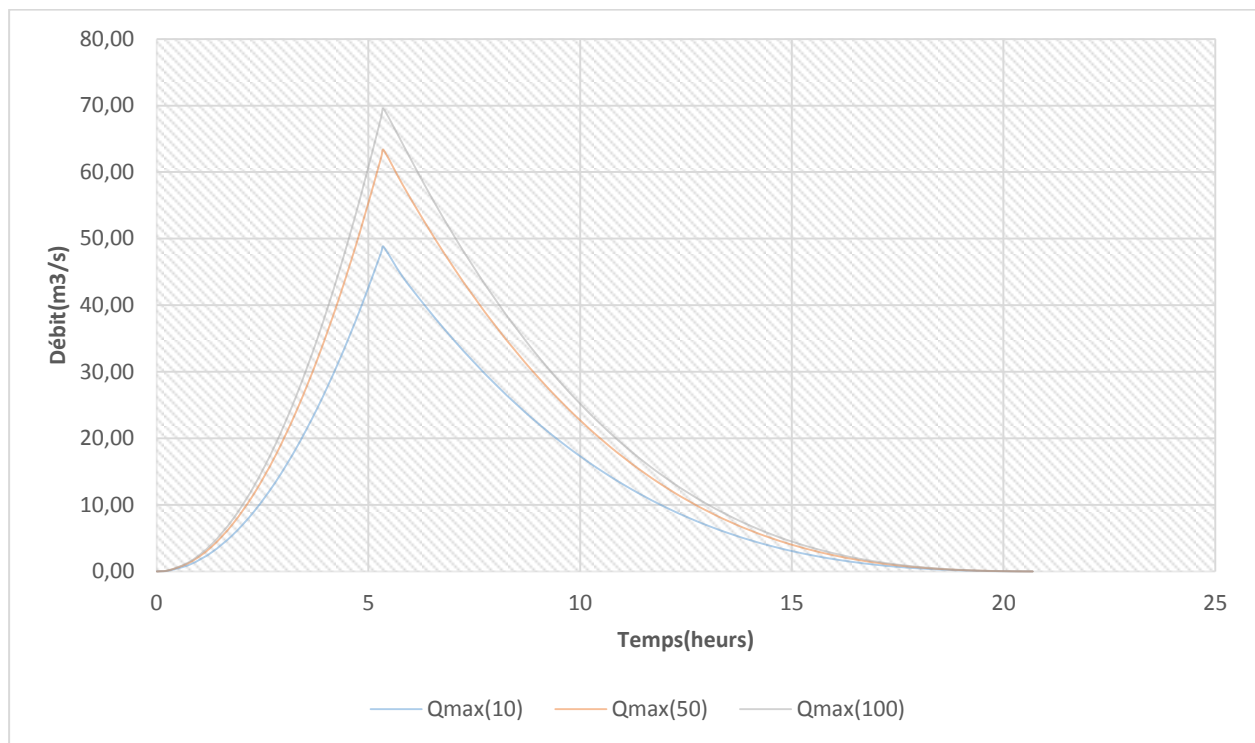


Figure IV.1.Hydrogramme de crue(BV 01)

Temps (h)	Qmax(10)	Qmax(50)	Qmax(100)
0	0,00	0,00	0,00
3,5	12,50	16,45	18,13
7	49,98	65,82	72,54
10,5	112,46	148,08	163,20
14	199,92	263,26	290,14
17,5	312,38	411,35	453,35
21	449,83	592,34	652,82
24,5	612,27	806,24	888,56
25,23	649,30	855,00	942,30
28	580,92	764,52	842,58
31,5	501,22	659,64	726,99
35	429,17	564,81	622,48
38,5	364,38	479,54	528,50
42	306,45	403,31	444,49
45,5	255,02	335,62	369,89
49	209,69	275,97	304,14

Temps (h)	Qmax(10)	Qmax(50)	Qmax(100)
52,5	170,08	223,83	246,69
56	135,80	178,72	196,97
59,5	106,47	140,11	154,42
63	81,69	107,51	118,49
66,5	61,10	80,41	88,61
70	44,29	58,29	64,24
73,5	30,89	40,65	44,80
77	20,51	26,99	29,74
80,5	12,76	16,79	18,50
84	7,26	9,55	10,53
87,5	3,62	4,77	5,25
91	1,46	1,92	2,12
94,5	0,40	0,52	0,58
98	0,04	0,05	0,05
101,5	0,00	0,00	0,00

Tableau IV.3.Hydrograme de crue(BV 02)

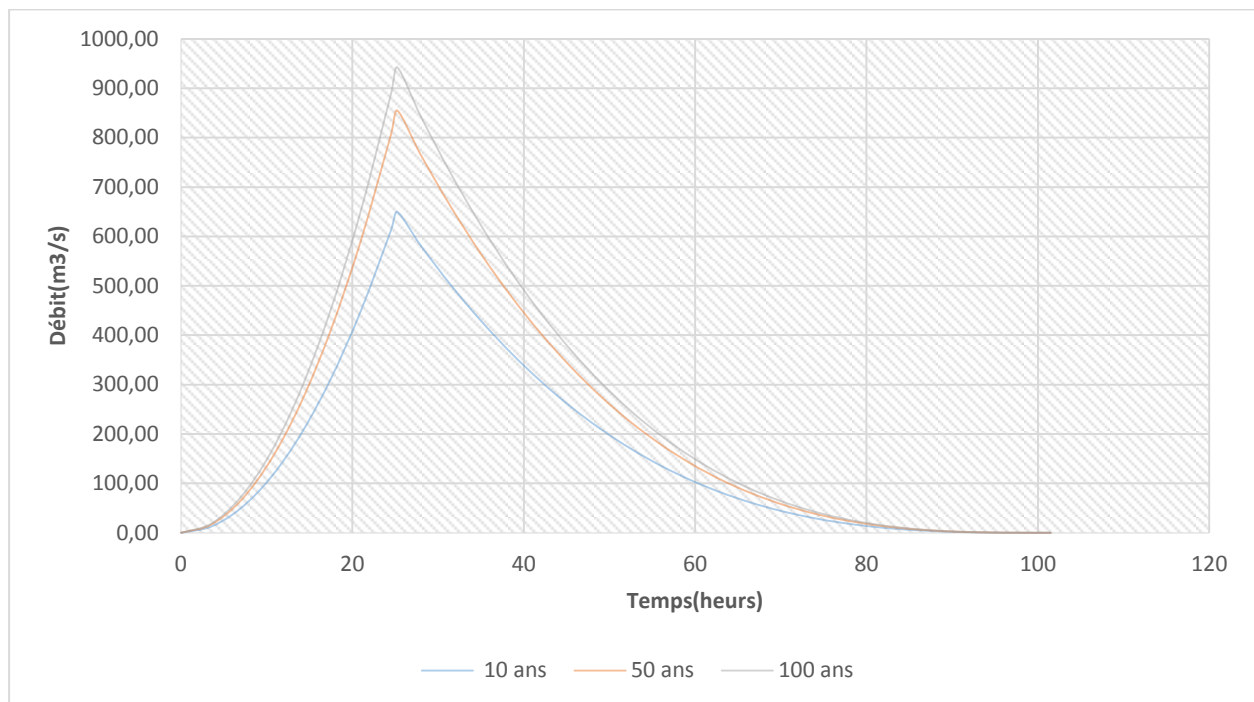


Figure IV.2.Hydrograme de crue(BV 02)

Temps (h)	Qmax(10)	Qmax(50)	Qmax(100)
0	0,00	0,00	0,00
4,7	11,89	15,68	17,27
9,4	47,56	62,71	69,07
14,1	107,01	141,09	155,42
18,8	190,24	250,82	276,30
23,5	297,25	391,91	431,72
28,2	428,04	564,35	621,67
32,9	582,61	768,15	846,16
37,6	760,96	1003,30	1105,19
41,21	914,10	1205,20	1327,60
42,3	890,13	1173,60	1293,43
47	791,59	1043,68	1150,26
51,7	700,60	923,71	1018,06
56,4	616,87	813,31	896,41
61,1	540,08	712,08	784,85
65,8	469,95	619,61	682,95
70,5	406,17	535,52	590,28
75,2	348,44	459,40	506,40
79,9	296,46	390,86	430,86
84,6	249,92	329,50	363,24
89,3	208,52	274,93	303,09
94	171,97	226,74	249,98
98,7	139,96	184,54	203,46
103,4	112,20	147,92	163,11
108,1	88,37	116,51	128,48
112,8	68,18	89,89	99,13
117,5	51,32	67,67	74,63
122,2	37,50	49,45	54,55
126,9	26,42	34,83	38,43
131,6	17,77	23,42	25,85
136,3	11,25	14,83	16,37
141	6,55	8,64	9,54
145,7	3,39	4,47	4,94
150,4	1,46	1,92	2,12
155,1	0,45	0,59	0,65
159,8	0,06	0,08	0,09

Tableau IV.4.Hydrograme de crue(BV 03)

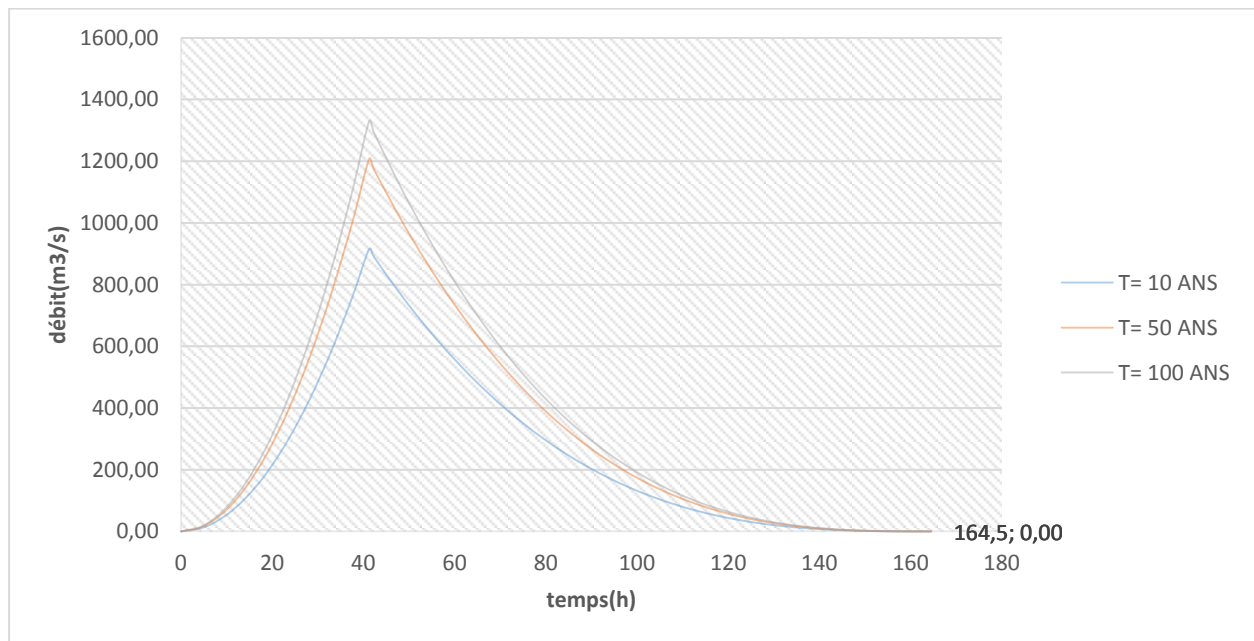


Figure IV.3.Hydrograme de crue(BV 03)

Temps (h)	Qmax(10)	Qmax(50)	Qmax(100)
0	0,00	0,00	0,00
5	10,25	13,59	15,11
10	41,01	54,38	60,43
15	92,27	122,35	135,96
20	164,04	217,51	241,71
25	256,31	339,86	377,67
30	369,09	489,40	543,84
35	502,37	666,13	740,23
40	656,16	870,05	966,82
45	830,45	1101,15	1223,64
50	1025,25	1359,45	1510,66
55	1240,56	1644,93	1827,90
60	1476,36	1957,60	2175,36
64,05	1682,40	2230,80	2478,94

Temps (h)	Qmax(10)	Qmax(50)	Qmax(100)
244,4	0,39	0,56	0,57
244,5	0,38	0,55	0,56
244,6	0,37	0,54	0,55
244,7	0,36	0,52	0,53
244,8	0,35	0,51	0,52
244,9	0,34	0,50	0,50
245	0,33	0,48	0,49
245,1	0,32	0,47	0,48
245,2	0,32	0,46	0,47
245,3	0,31	0,45	0,45
245,4	0,30	0,44	0,44
245,5	0,29	0,42	0,43
245,6	0,28	0,41	0,42
245,7	0,27	0,40	0,40
245,8	0,27	0,39	0,39
245,9	0,26	0,38	0,38
246	0,25	0,37	0,37
246,1	0,24	0,36	0,36
246,2	0,24	0,35	0,35
246,3	0,23	0,34	0,34
246,4	0,22	0,33	0,33
246,5	0,22	0,32	0,32
246,6	0,21	0,31	0,31

Tableau IV.5.Hydrogramme de crue (BV 04)

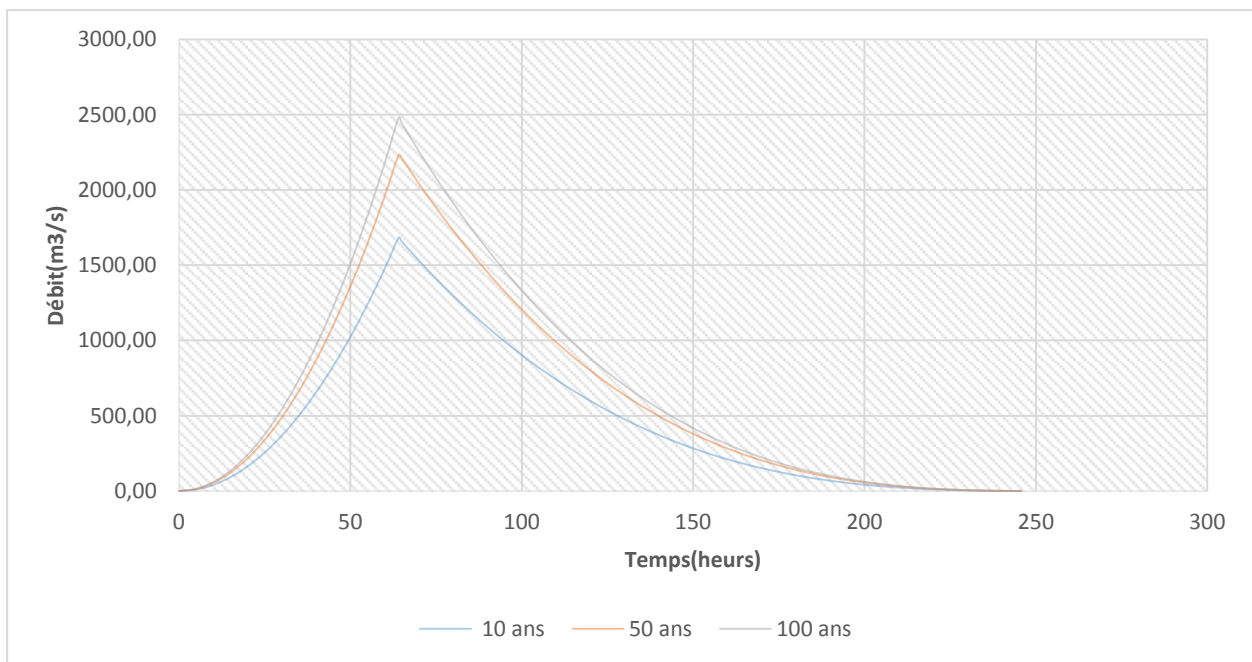


Figure IV4.Hydrograme de crue(BV 04)

Temps (h)	Qmax(10)	Qmax(50)	Qmax(100)
0	0,00	0,00	0,00
1,7	3,88	5,07	5,58
3,4	15,51	20,29	22,34
5,1	34,89	45,64	50,25
6,8	62,02	81,15	89,34
8,5	96,91	126,79	139,59
10,2	139,55	182,58	201,02
11,9	189,94	248,51	273,60
13,6	248,08	324,58	357,36
13,9	259,15	339,06	373,30
15,3	233,92	306,04	336,95
17	205,54	268,92	296,08
18,7	179,57	234,93	258,66
20,4	155,87	203,94	224,53
22,1	134,36	175,79	193,55

Temps (h)	Qmax(10)	Qmax(50)	Qmax(100)
25,5	97,46	127,52	140,39
27,2	81,86	107,11	117,92
28,9	68,03	89,00	97,99
30,6	55,84	73,06	80,44
32,3	45,21	59,15	65,12
34	36,02	47,12	51,88
35,7	28,16	36,85	40,57
37,4	21,55	28,19	31,04
39,1	16,05	21,00	23,13
40,8	11,59	15,16	16,69
42,5	8,03	10,51	11,57
44,2	5,29	6,93	7,63
45,9	3,26	4,27	4,70
47,6	1,83	2,39	2,64
49,3	0,89	1,17	1,29
51	0,35	0,46	0,50
52,7	0,09	0,11	0,13
54,4	0,01	0,01	0,01
56,1	0,00	0,00	0,00

Tableau IV.6.Hydrogramme de crue(BV 05)

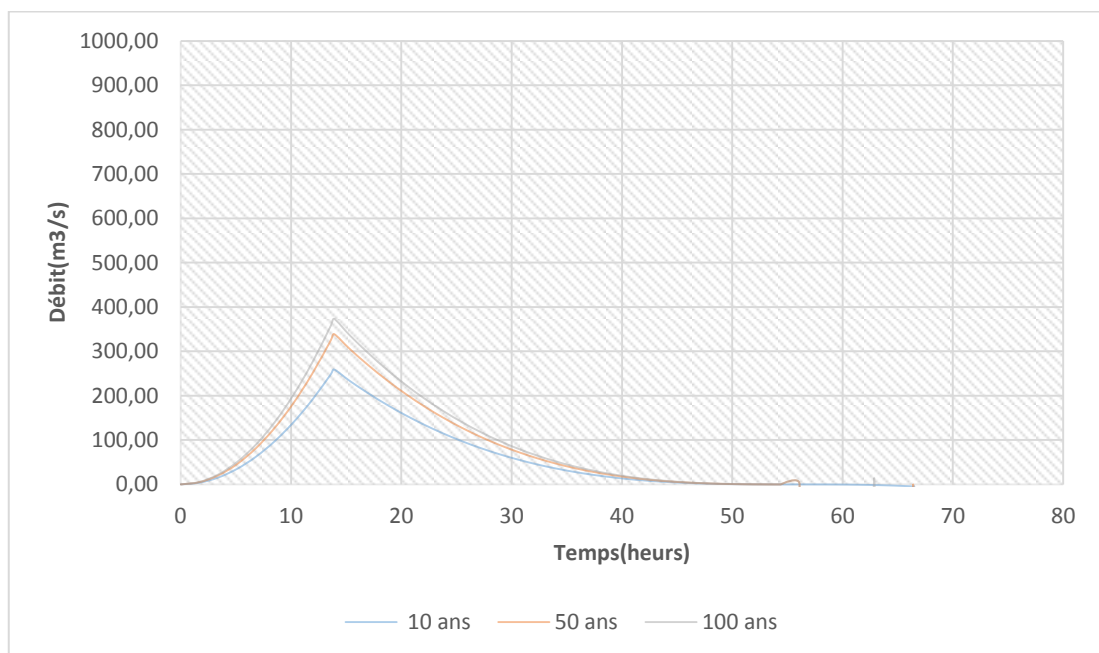


Figure IV.5.Hydrogramme de crue (BV 05)

Le reste des résultats (voir l'annexe)

IV.3. Débit de pointe des sous bassins

BV	Débit de pointe (m ³ /s)		
	T=10 ANS	T=50 ANS	T=100 ANS
BV 01	150.955	195.985	215.03
BV 02	737.195	971..985	1070.6
BV 03	708.01	934.875	1030.93
BV 04	952.07	1258.2	1401.99
BV 05	394.86	603.375	673.36
BV 06	556..06	766.88	855.2
BV 07	2336.235	3228.235	3595.37

Tableau IV.7.débit de pointe des sous bassins

IV.4.Interprétation des résultats

Après analyse des résultats de calculs et des graphes on peut citer les constats suivants :

- Les hydro grammes des crues pour différentes périodes de retour ont les mêmes allures.
- Les débits maximums des diagrammes de crues s'élèvent à chaque fois que la période de retour augmente ; ce qui est logique.
- Les débits sont plus élevés dans le bassin versant de bousselam par rapport à celui du sahel.
- Une partie des débits calculés par les formules sont proches des débits correspondants à ceux des appareils de mesure ce qui est souhaitable.
- Une autre partie des débits calculés par les formules ne sont pas proches des débits correspondants à ceux des appareils de mesure. Cela peut se justifier par l'effet du bassin versant (présence des barrages et modification de l'occupation du sol dans certaines zones).

CONCLUSION GENERALE

Les évolutions climatiques engendrent parfois des crues ou inondations et orages brutaux qui sont sans doute le risque naturel majeur qui fait le plus de victimes et de dégâts à travers le monde. La génération d'hydrogrammes en un point, comme réponse d'un bassin versant à un événement pluvieux est un processus qui dépend des caractéristiques du bassin versant et de la pluie. Pour cela, la première étape est le calcul des caractéristiques morphologiques des sous bassins versants après leur délimitation et le traitement statistique des données pluviométriques en deuxième étape.

Cette étude nous donne un aperçu sur le fonctionnement hydrologique du bassin versant global de la Soummam en s'intéressant particulièrement au paramètre débit ou nous avons comparés les débits enregistrés par les appareils de mesures sur site avec les débits calculés avec les caractéristiques morphométriques des sous bassins versants correspondants. Cela nous permet de voir la faisabilité des appareils de débits et confirme l'influence de l'occupation du sol sur la réponse hydrologique.

Après analyse des résultats et graphes nous avons constatés que dans les bassins versants non subit de modifications de l'occupation du sol, les débits calculés par les formules sont proches des débits correspondants à ceux des appareils de mesure. Par contre les débits calculés par les formules ne sont pas proches des débits correspondants à ceux des appareils de mesure. Cela peut se justifier par l'effet anthropique du bassin versant (présence des barrages et modification de l'occupation du sol dans certaines zones)

Enfin, nous espérons avoir contribué avec ce modeste travail à donner un aperçu général sur le fonctionnement hydrologique du bassin versant de la Soummam.

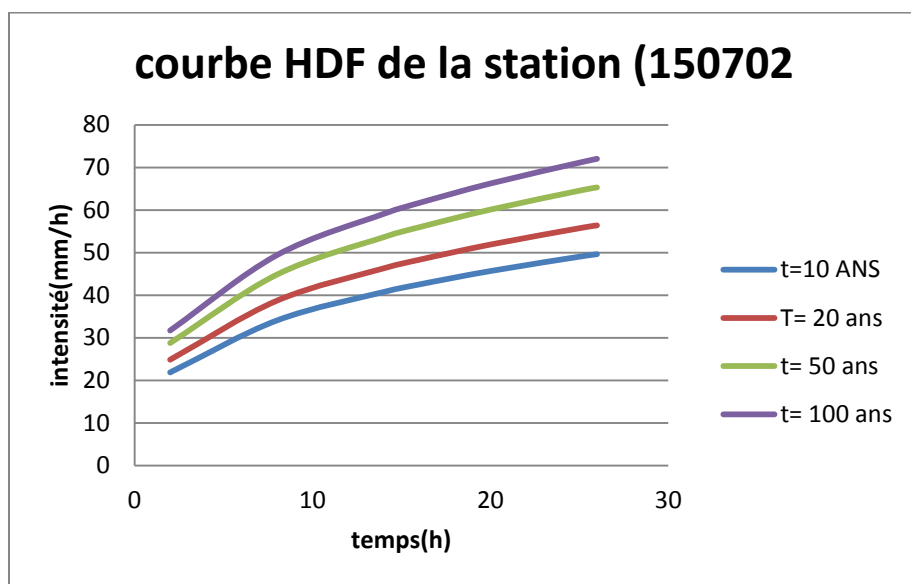
Références bibliographiques

- [1] **A.N.R.H., 1979, 1980** : Annuaire hydrologique de l'Algérie, Alger.
- [2] **BENINA TOUAIBIA**, Manuel Pratique d'Hydraulique, Mars 2005. Institut de l'ENSH Blida.
- [3] **Bois et Obled, 2007** : Introduction au traitement de donnée en hydrologie. Edition du Millénaire.
- [4] **Bouanani A, 2005** : thèse de doctorat d'état. Hydrologie, transport solide et modélisation « Etude de quelques sous bassins de la Tafna ».
- [5] **C.CLINKY**. Étude hydrogéologique de la basse vallée de la Soummam ANRH.
- [6] **Charifi S, 2006** : Application du modèle hydrologique GR2M sur les bassins versants de la Soummam et de l'Isser. Mémoire de magistère. Ecole National polytechnique. Alger.
- [7] **CNFESH Comité National Français des Sciences Hydrologique « commission de terminologie », 2000** : dictionnaire français d'hydrologie.
- [8] **DHWB, 2006** : Etude de la protection de la ville de Bejaia contre les inondations (Rapport de la mission C « Hydrologie »).Bureau d'étude : INGEROP.

Annexe

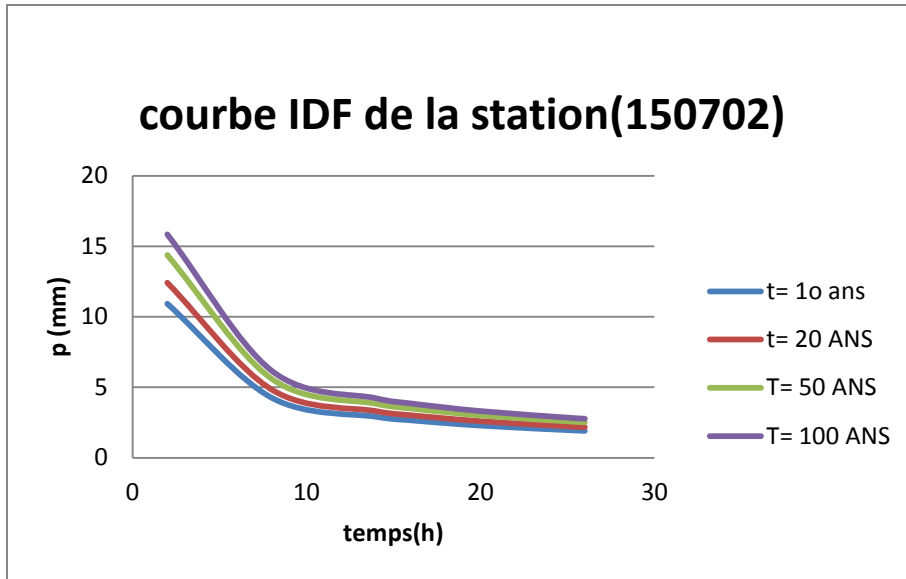
Pluies de courtes durées

Pt(ans)	p max	ptc	2	8	14	16	20	25,3	26
10	48,4	ptc	21,85	34,054	40,732	42,5	45,66	49,22	49,62
20	55	ptc	24,83	38,698	46,287	48,3	51,88	55,94	56,38
50	63,7	ptc	28,76	44,819	53,608	55,9	60,09	64,78	65,3
100	70,2	ptc	31,7	49,392	59,079	61,7	66,22	71,4	72,02

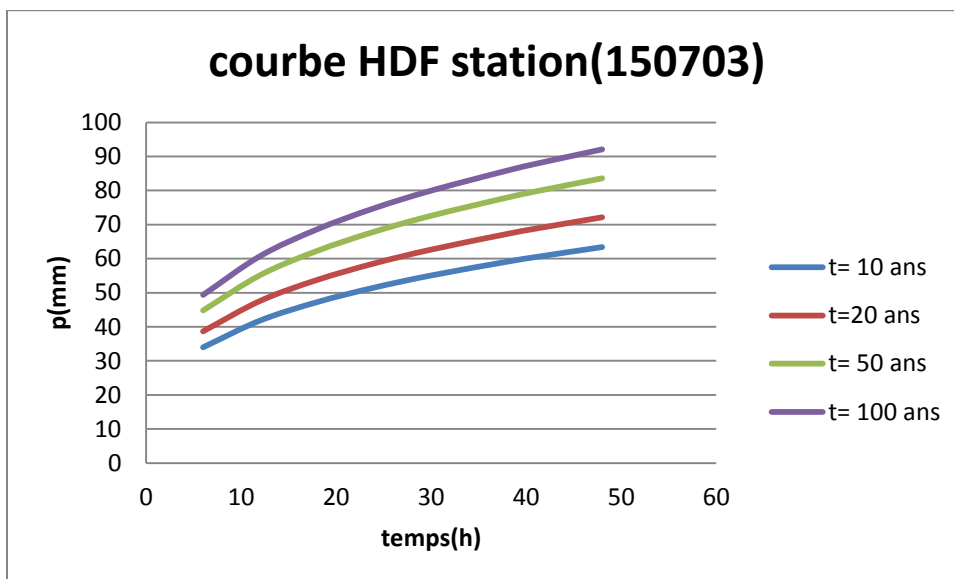


Pt(ans)	Pmx(mm)	(t(h	2	8	14	16	20	25,3	26
10	48,4	I _t	10,926	4,2567	2,91	2,657	2,283	1,946	1,91
20	55	I _t	12,416	4,8372	3,31	3,019	2,594	2,211	2,17
50	63,7	I _t	14,38	5,6024	3,83	3,497	3,004	2,561	2,51
100	70,2	I _t	15,848	6,174	4,22	3,854	3,311	2,822	2,77

Annexe

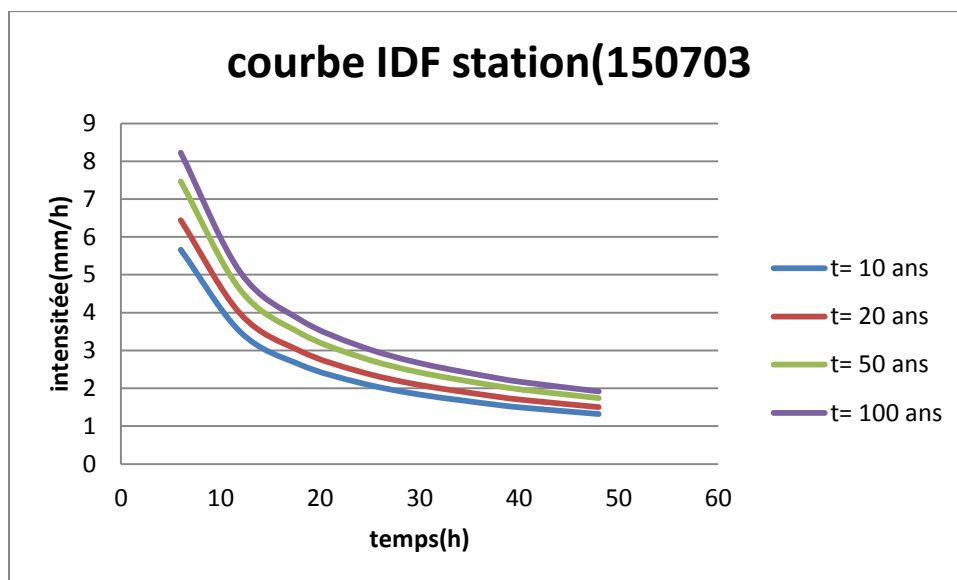


PR	p max	ptc	6	12	18	24	30	38	41,21	48
10	51,5	ptc	33,98	41,83	47,24	51,5	55,07	59,11	60,57	63,4
20	58,6	ptc	38,66	47,6	53,75	58,6	62,66	67,26	68,92	72,15
50	67,9	ptc	44,8	55,15	62,29	67,9	72,6	77,94	79,86	83,59
100	74,8	ptc	49,35	60,76	68,62	74,8	79,98	85,86	87,97	92,09



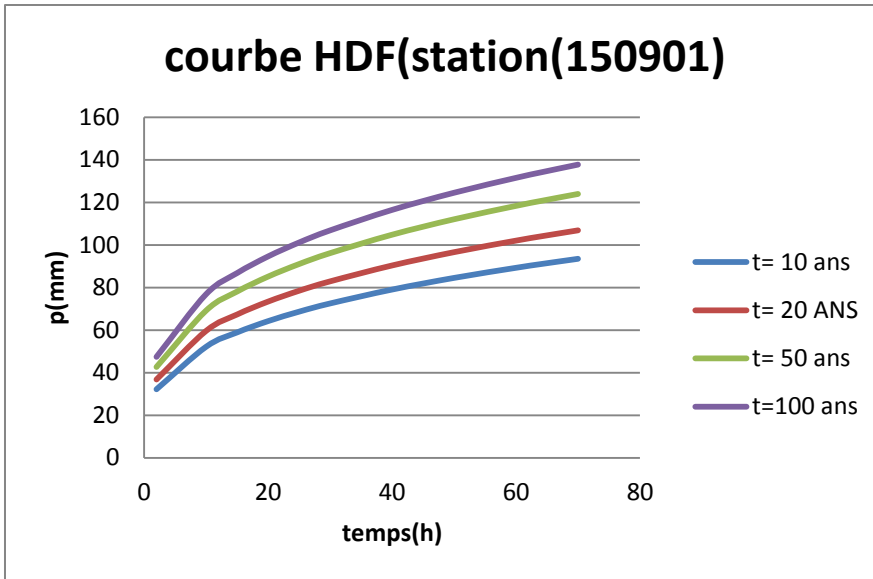
Annexe

PT	p max	(t(h	6	12	18	24	30	38	41,21	48
10	51,5	I _t	5,663	3,486	2,625	2,146	1,836	1,556	1,47	1,32091536
20	58,6	I _t	6,444	3,966	2,986	2,442	2,089	1,77	1,672	1,50302214
50	67,9	I _t	7,466	4,596	3,46	2,829	2,42	2,051	1,938	1,74155637
100	74,8	I _t	8,225	5,063	3,812	3,117	2,666	2,259	2,135	1,91853338

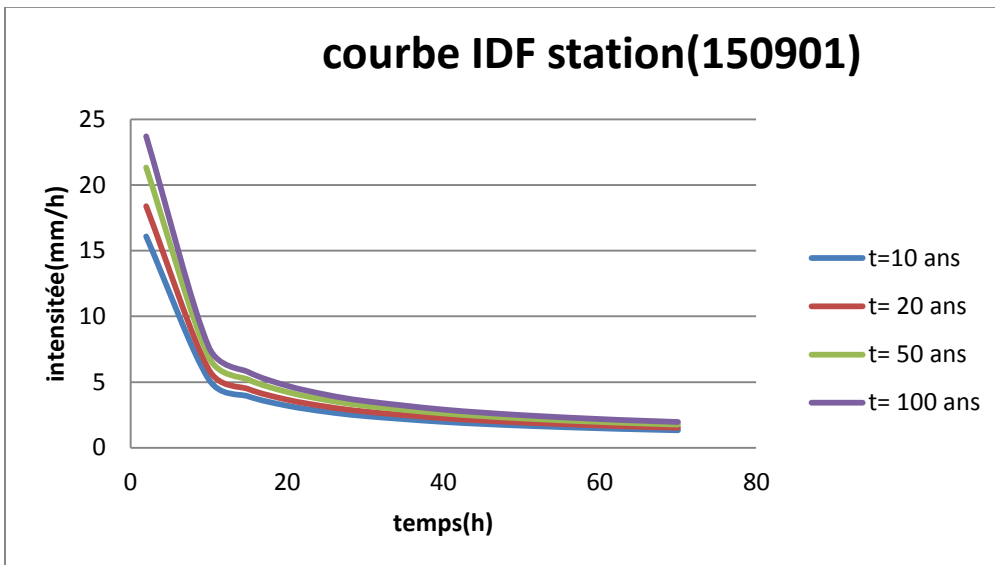


PR	p max	2	10	15	20	25	30	40	50	60	64,05	70
10	67,8	32,171797	52,1394351	58,88	64,19	68,64	72,49	79,03	84,5	89,25	91,02	93,48
20	77,5	36,7745467	59,5989118	67,31	73,37	78,45	82,87	90,34	96,589	102	104	106,8
50	89,9	42,6584742	69,1347377	78,08	85,11	91,01	96,12	104,8	112,04	118,3	120,7	123,9
100	99,9	47,403577	76,8249198	86,76	94,58	101,1	106,8	116,4	124,51	131,5	134,1	137,7

Annexe

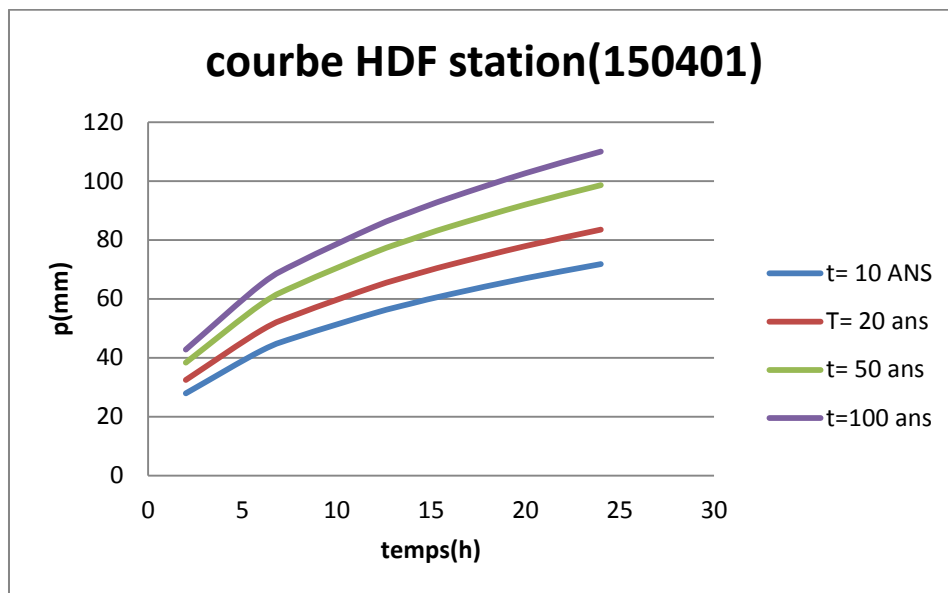


PT	p max	(t(h	2	10	15	20	25	30	40	50	60	64,1	70
10	67,8	I_t	16,09	5,214	3,926	3,21	2,7454	2,416	1,976	1,69	1,4875	1,42	1,335
20	77,5	I_t	18,39	5,96	4,487	3,669	3,1382	2,762	2,258	1,932	1,7003	1,62	1,526
50	89,9	I_t	21,33	6,913	5,205	4,256	3,6403	3,204	2,62	2,241	1,9724	1,88	1,771
100	99,9	I_t	23,7	7,682	5,784	4,729	4,0452	3,561	2,911	2,49	2,1918	2,09	1,968



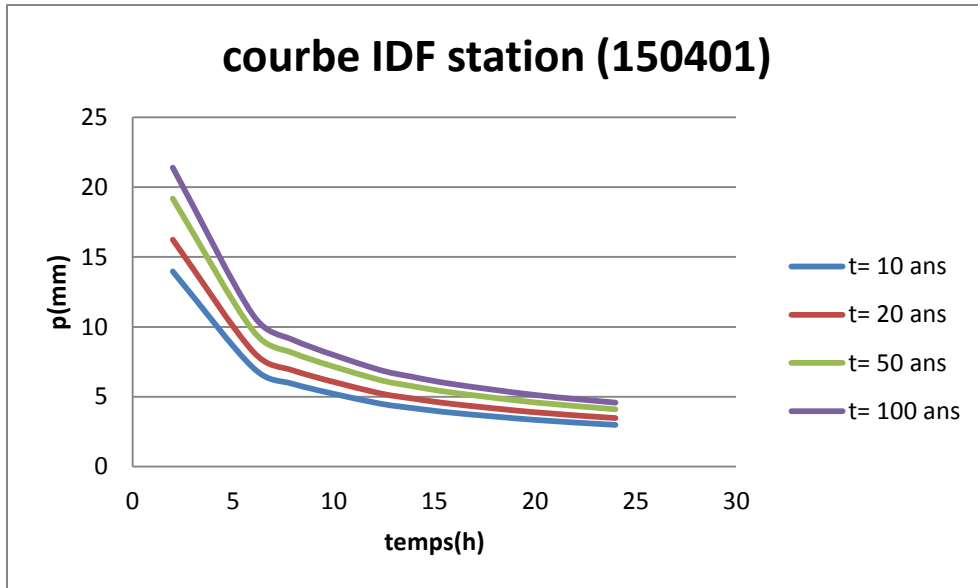
Annexe

PR	p max	2	6	8	12	13,9	16	20	24
10	71,8	27,928	42,398	47,3	55,17	58,343	61,55	66,99	71,8
20	83,5	32,479	49,306	55	64,16	67,85	71,58	77,91	83,5
50	98,6	38,352	58,223	64,95	75,77	80,12	84,52	92	98,6
100	110	42,786	64,955	72,46	84,53	89,384	94,29	102,6	110

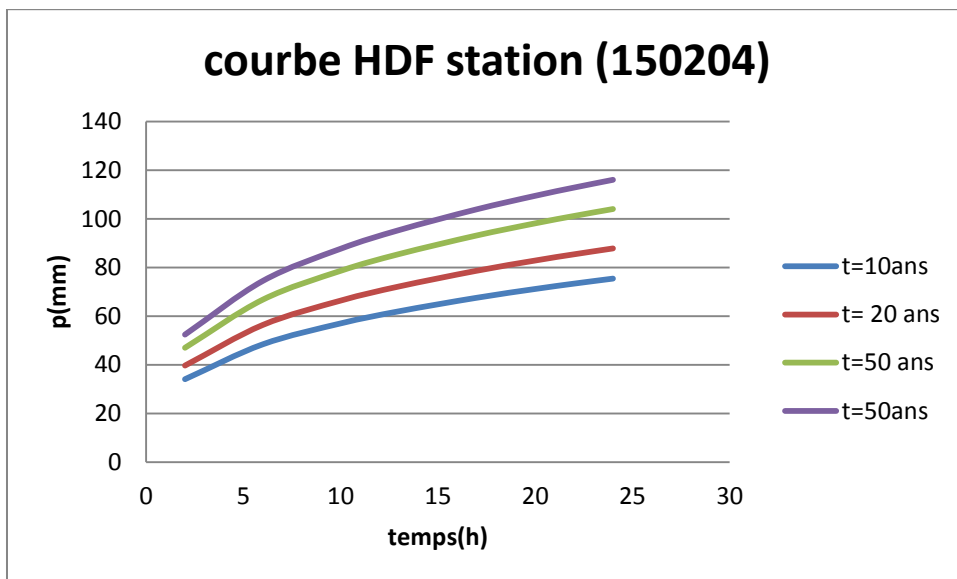


PT	p max	(t(h	2	6	8	12	13,9	16	20	24
10	71,8	I_t	13,9639	7,0663	5,91191771	4,5978	4,19734818	3,84671298	3,34969739	2,99167
20	83,5	I_t	16,2393	8,2177	6,87528035	5,347	4,88131717	4,47354504	3,89553945	3,47917
50	98,6	I_t	19,176	9,7038	8,11859452	6,314	5,76404638	5,28253343	4,60000227	4,10833
100	110	I_t	21,3931	10,826	9,05725555	7,044	6,43047771	5,89329287	5,13184837	4,58333

Annexe

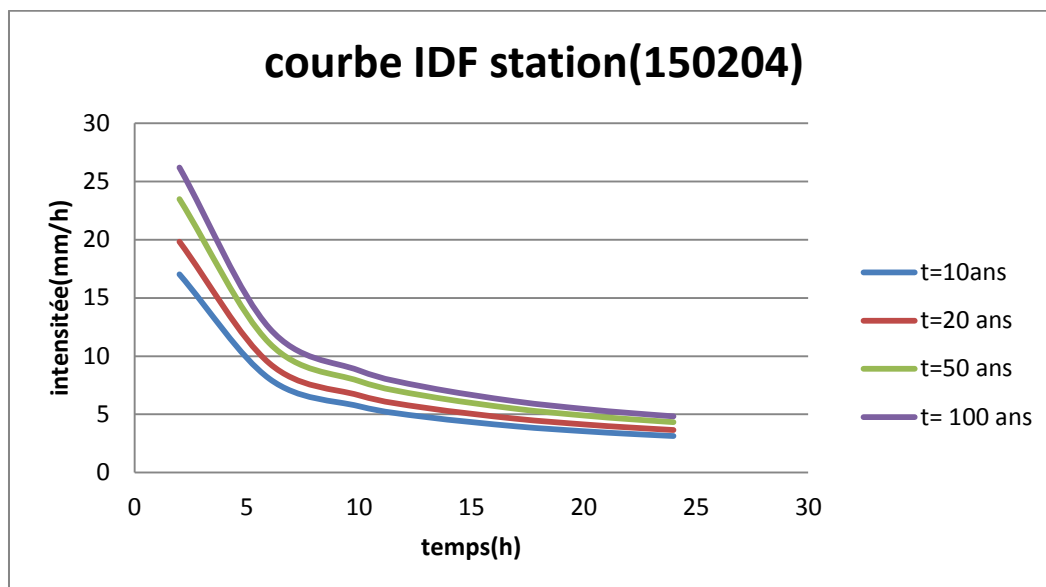


PR	p max	2	6	10	13	16,94	20	22	24
10	75,4	34,0434329	48,3851563	56,97755	61,9677	67,446	71,1268	73,3295	75,4
20	87,8	39,6420876	56,3423969	66,34786	72,1587	78,5379	82,8241	85,389	87,8
50	104	46,9564591	66,7381467	78,58972	85,4727	93,0289	98,1059	101,144	104
100	116	52,3745121	74,4387021	87,65776	95,335	103,763	109,426	112,815	116



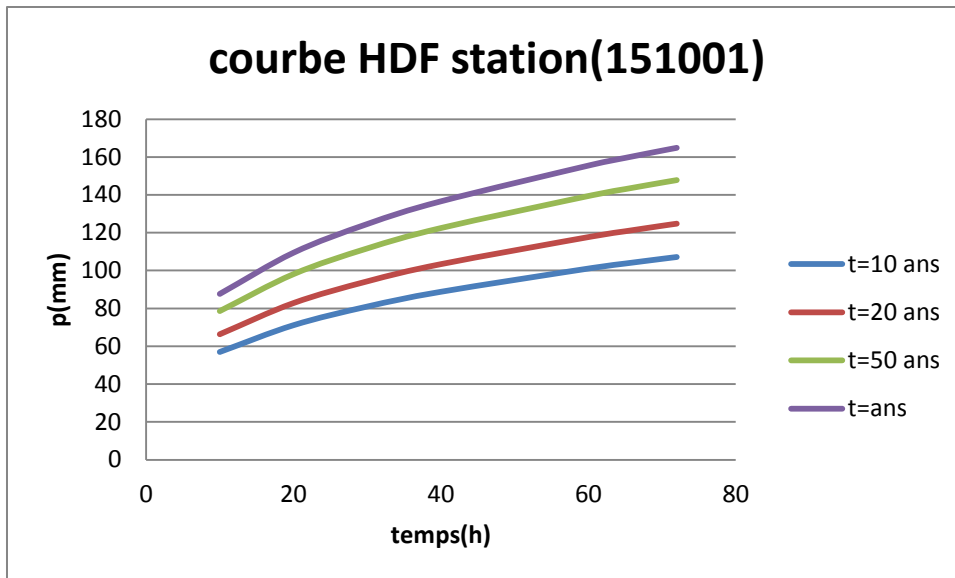
Annexe

PT	p max	(t(h	2	6	10	13	16,94	20	22	24
10	49,3	I_t	17,0217	8,06419	5,69775	4,76675	3,9815	3,5563	3,333161	3,14167
20	55,9	I_t	19,821	9,3904	6,63479	5,55067	4,6362	4,1412	3,88132	3,65833
50	64,5	I_t	23,4782	11,123	7,85897	6,57483	5,4917	4,9053	4,597464	4,33333
100	71	I_t	26,1873	12,4065	8,76578	7,33346	6,1253	5,4713	5,12794	4,83333

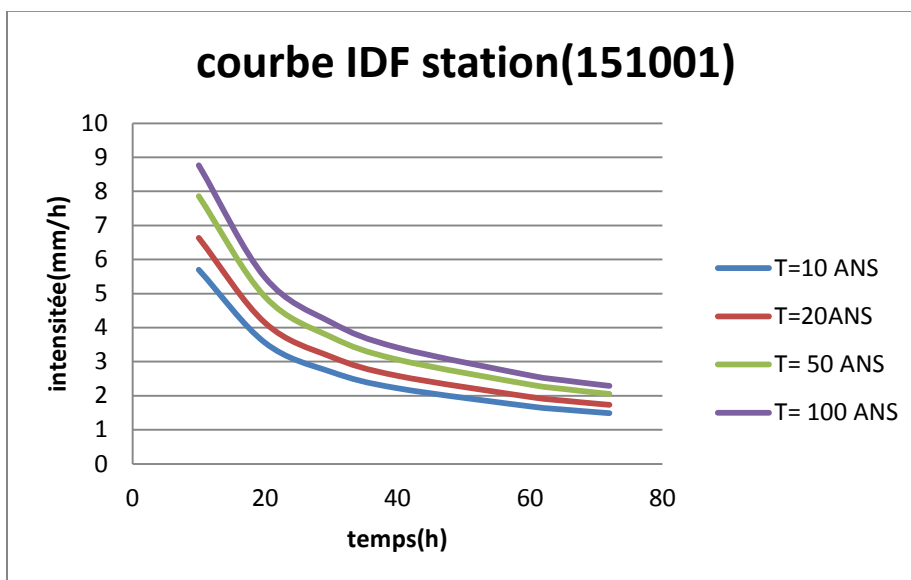


PR	p max	10	20	30	40	60,46	65	70	72
10	75,4	56,9775471	71,1268126	80,9809	88,78977	101,338	103,714	106,2026	107,16
20	87,8	66,3478598	82,8240603	94,2987	103,3918	118,004	120,77	123,6683	124,79
50	104	78,5897201	98,1059484	111,698	122,4687	139,777	143,053	146,4863	147,81
100	116	87,6577647	109,425866	124,586	136,5997	155,905	159,559	163,3886	164,87

Annexe



PT	p max	(t(h	10	20	30	40	60,46	65	70	72
10	49,3	I_t	5,69775	3,55634	2,699	2,2197	1,676121	1,59559	1,51718	1,48839
20	55,9	I_t	6,63479	4,1412	3,143	2,5848	1,95177	1,858	1,76669	1,73317
50	64,5	I_t	7,85897	4,9053	3,723	3,0617	2,311891	2,20082	2,092662	2,05296
100	71	I_t	8,76578	5,47129	4,153	3,415	2,578648	2,45476	2,334123	2,28984



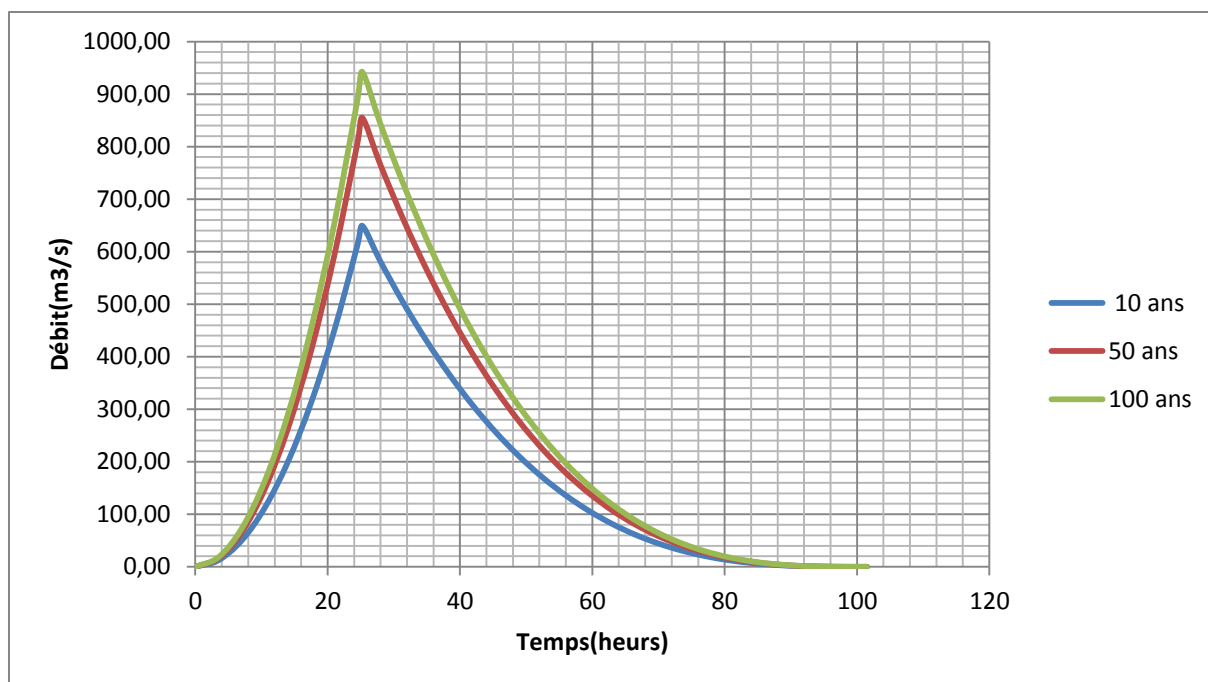
Hydrogramme des crues

Temps (h)	10 ans	50 ans	100 ans
0	0,00	0,00	0,00
3,5	12,50	16,45	18,13

Annexe

7	49,98	65,82	72,54
10,5	112,46	148,08	163,20
14	199,92	263,26	290,14
17,5	312,38	411,35	453,35
21	449,83	592,34	652,82
24,5	612,27	806,24	888,56
25,23	649,30	855,00	942,30
28	580,92	764,52	842,58
31,5	501,22	659,64	726,99
35	429,17	564,81	622,48
38,5	364,38	479,54	528,50
42	306,45	403,31	444,49
45,5	255,02	335,62	369,89
49	209,69	275,97	304,14
52,5	170,08	223,83	246,69
56	135,80	178,72	196,97
59,5	106,47	140,11	154,42
63	81,69	107,51	118,49
66,5	61,10	80,41	88,61
70	44,29	58,29	64,24
73,5	30,89	40,65	44,80
77	20,51	26,99	29,74
80,5	12,76	16,79	18,50
84	7,26	9,55	10,53
87,5	3,62	4,77	5,25
91	1,46	1,92	2,12
94,5	0,40	0,52	0,58
98	0,04	0,05	0,05
101,5	0,00	0,00	0,00

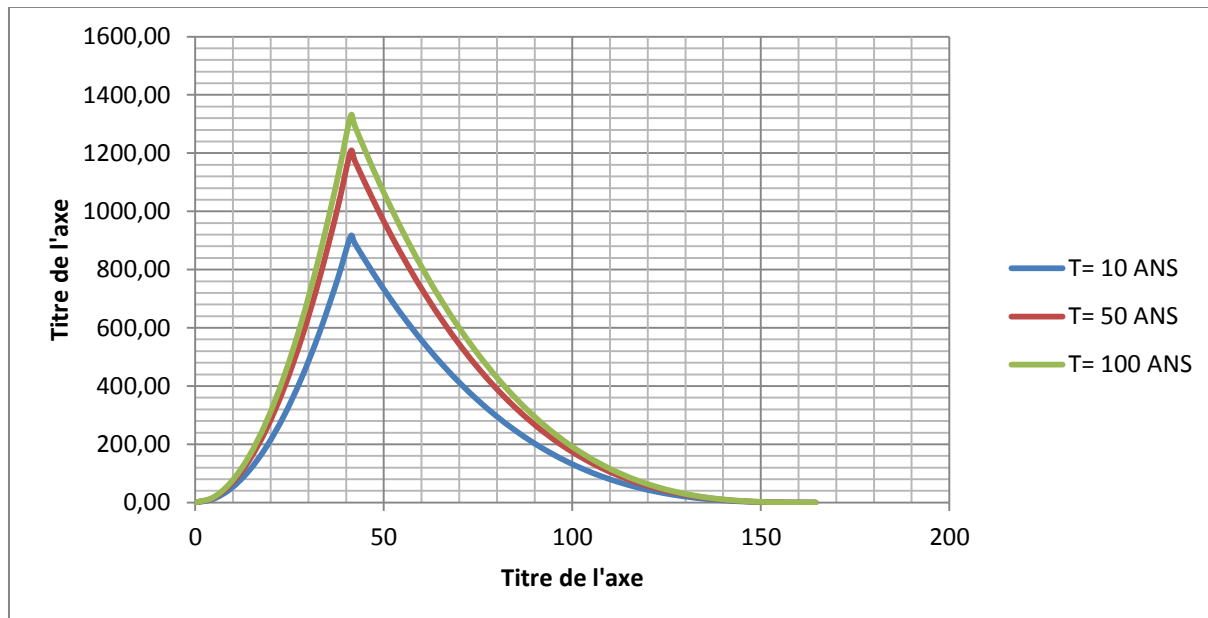
Annexe



Temps (h)	10 ans	50 ans	100 ans
0	0,00	0,00	0,00
4,7	11,89	15,68	17,27
9,4	47,56	62,71	69,07
14,1	107,01	141,09	155,42
18,8	190,24	250,82	276,30
23,5	297,25	391,91	431,72
28,2	428,04	564,35	621,67
32,9	582,61	768,15	846,16
37,6	760,96	1003,30	1105,19
41,21	914,10	1205,20	1327,60
42,3	890,13	1173,60	1293,43
47	791,59	1043,68	1150,26
51,7	700,60	923,71	1018,06
56,4	616,87	813,31	896,41
61,1	540,08	712,08	784,85
65,8	469,95	619,61	682,95
70,5	406,17	535,52	590,28
75,2	348,44	459,40	506,40
79,9	296,46	390,86	430,86
84,6	249,92	329,50	363,24

Annexe

89,3	208,52	274,93	303,09
94	171,97	226,74	249,98
98,7	139,96	184,54	203,46
103,4	112,20	147,92	163,11
108,1	88,37	116,51	128,48
112,8	68,18	89,89	99,13
117,5	51,32	67,67	74,63
122,2	37,50	49,45	54,55
126,9	26,42	34,83	38,43
131,6	17,77	23,42	25,85
136,3	11,25	14,83	16,37
141	6,55	8,64	9,54
145,7	3,39	4,47	4,94
150,4	1,46	1,92	2,12
155,1	0,45	0,59	0,65
159,8	0,06	0,08	0,09
164,5	0,00	0,00	0,00



Temps (h)	10 ans	50 ans	100 ans
0	0,00	0,00	0,00
5	10,25	13,59	15,11

Annexe

10	41,01	54,38	60,43
15	92,27	122,35	135,96
20	164,04	217,51	241,71
25	256,31	339,86	377,67
30	369,09	489,40	543,84
35	502,37	666,13	740,23
40	656,16	870,05	966,82
45	830,45	1101,15	1223,64
50	1025,25	1359,45	1510,66
55	1240,56	1644,93	1827,90
60	1476,36	1957,60	2175,36
64,05	1682,40	2230,80	2478,94
65	1657,57	2209,97	2442,35
70	1530,90	2041,39	2255,71
75	1410,86	1881,60	2078,83
80	1297,26	1730,38	1911,45
85	1189,92	1587,49	1753,30
90	1088,68	1452,69	1604,12
95	993,35	1325,75	1463,66
100	903,76	1206,42	1331,64
105	819,72	1094,48	1207,81
110	741,05	989,68	1091,91
115	667,59	891,80	983,67
120	599,16	800,60	882,83
125	535,56	715,83	789,13
130	476,64	637,27	702,30
135	422,20	564,68	622,09
140	372,07	497,82	548,23
145	326,08	436,46	480,46
150	284,04	380,36	418,52
155	245,78	329,29	362,15
160	211,12	283,01	311,08
165	179,88	241,28	265,05
170	151,89	203,86	223,80
175	126,96	170,53	187,07
180	104,92	141,05	154,60
185	85,59	115,18	126,12

Annexe

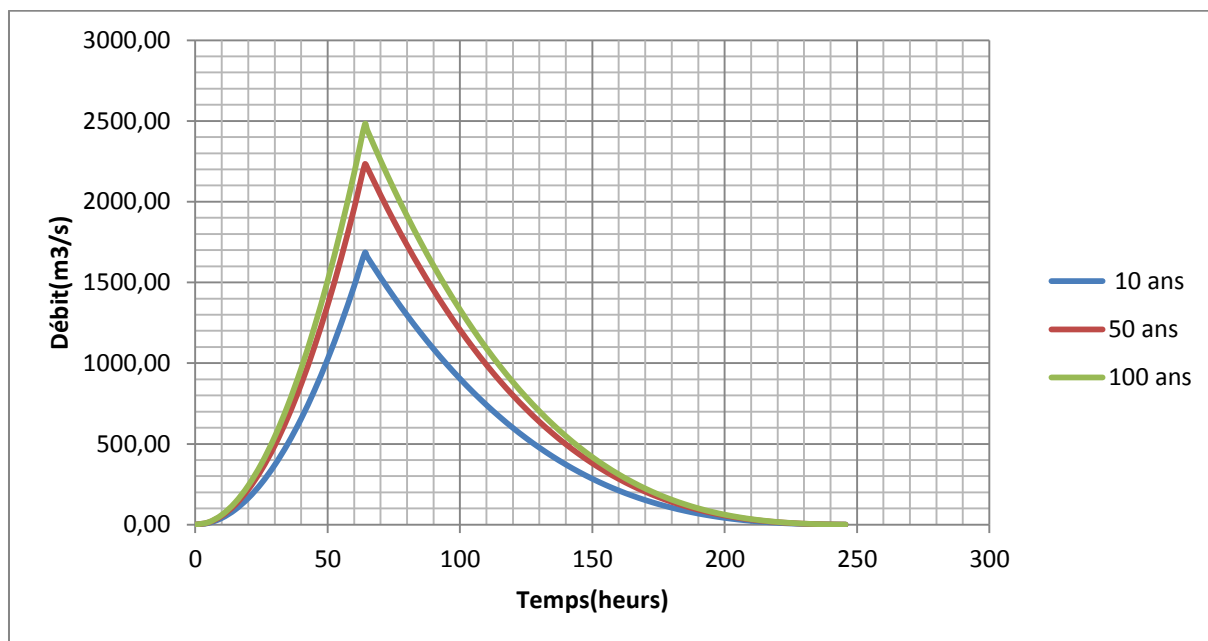
190	68,80	92,68	101,37
195	54,36	73,32	80,09
200	42,09	56,86	62,02
205	31,83	43,08	46,90
210	23,38	31,72	34,46
215	16,58	22,56	24,44
220	11,25	15,35	16,58
225	7,20	9,88	10,61
230	4,26	5,88	6,28
235	2,26	3,15	3,33
240	1,01	1,43	1,49
240,1	0,99	1,40	1,46
240,2	0,97	1,37	1,43
240,3	0,95	1,35	1,40
240,4	0,94	1,32	1,38
240,5	0,92	1,30	1,35
240,6	0,90	1,28	1,33
240,7	0,88	1,25	1,30
240,8	0,87	1,23	1,28
240,9	0,85	1,21	1,25
241	0,83	1,18	1,23
241,1	0,82	1,16	1,20
241,2	0,80	1,14	1,18
241,3	0,78	1,12	1,16
241,4	0,77	1,09	1,13
241,5	0,75	1,07	1,11
241,6	0,74	1,05	1,09
241,7	0,72	1,03	1,07
241,8	0,71	1,01	1,04
241,9	0,69	0,99	1,02
242	0,68	0,97	1,00
242,1	0,66	0,95	0,98
242,2	0,65	0,93	0,96
242,3	0,64	0,91	0,94
242,4	0,62	0,89	0,92
242,5	0,61	0,87	0,90
242,6	0,60	0,85	0,88

Annexe

242,7	0,58	0,84	0,86
242,8	0,57	0,82	0,84
242,9	0,56	0,80	0,82
243	0,55	0,78	0,80
243,1	0,53	0,77	0,79
243,2	0,52	0,75	0,77
243,3	0,51	0,73	0,75
243,4	0,50	0,72	0,73
243,5	0,49	0,70	0,72
243,6	0,47	0,68	0,70
243,7	0,46	0,67	0,68
243,8	0,45	0,65	0,67
243,9	0,44	0,64	0,65
244	0,43	0,62	0,63
244,1	0,42	0,61	0,62
244,2	0,41	0,59	0,60
244,3	0,40	0,58	0,59
244,4	0,39	0,56	0,57
244,5	0,38	0,55	0,56
244,6	0,37	0,54	0,55
244,7	0,36	0,52	0,53
244,8	0,35	0,51	0,52
244,9	0,34	0,50	0,50
245	0,33	0,48	0,49
245,1	0,32	0,47	0,48
245,2	0,32	0,46	0,47
245,3	0,31	0,45	0,45
245,4	0,30	0,44	0,44
245,5	0,29	0,42	0,43
245,6	0,28	0,41	0,42
245,7	0,27	0,40	0,40
245,8	0,27	0,39	0,39
245,9	0,26	0,38	0,38
246	0,25	0,37	0,37
246,1	0,24	0,36	0,36
246,2	0,24	0,35	0,35
246,3	0,23	0,34	0,34

Annexe

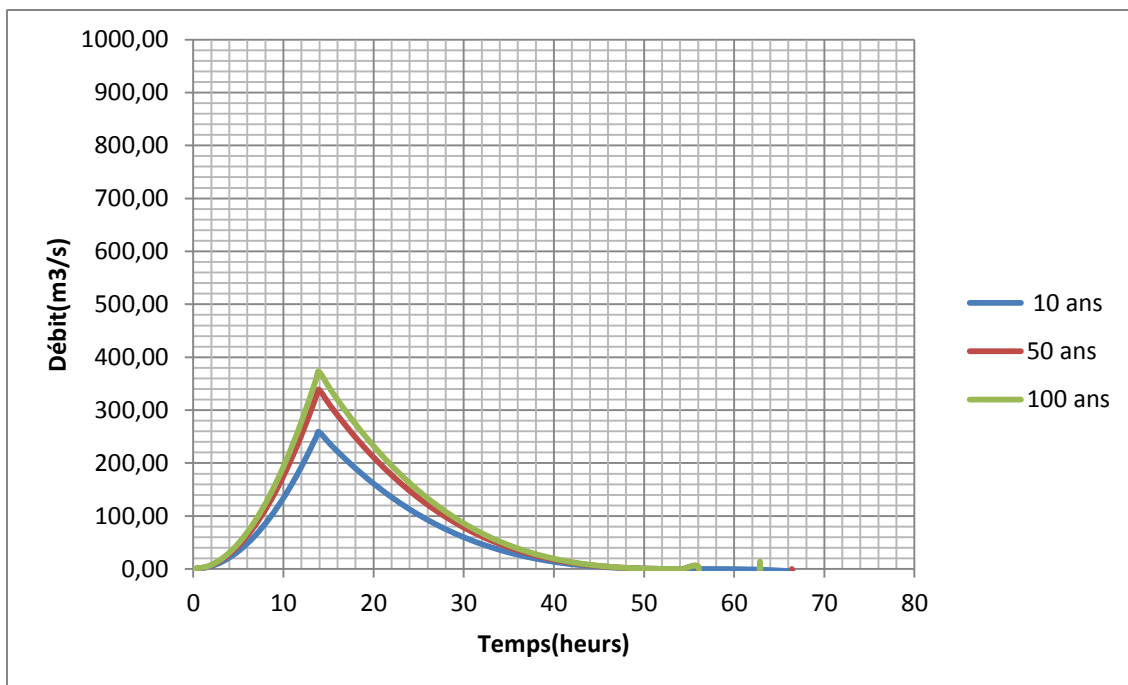
246,4	0,22	0,33	0,33
246,5	0,22	0,32	0,32
246,6	0,21	0,31	0,31



0	0,00	0,00	0,00
1,7	3,88	5,07	5,58
3,4	15,51	20,29	22,34
5,1	34,89	45,64	50,25
6,8	62,02	81,15	89,34
8,5	96,91	126,79	139,59
10,2	139,55	182,58	201,02
11,9	189,94	248,51	273,60
13,6	248,08	324,58	357,36
13,9	259,15	339,06	373,30
15,3	233,92	306,04	336,95
17	205,54	268,92	296,08
18,7	179,57	234,93	258,66
20,4	155,87	203,94	224,53
22,1	134,36	175,79	193,55
23,8	114,93	150,37	165,55
25,5	97,46	127,52	140,39

Annexe

27,2	81,86	107,11	117,92
28,9	68,03	89,00	97,99
30,6	55,84	73,06	80,44
32,3	45,21	59,15	65,12
34	36,02	47,12	51,88
35,7	28,16	36,85	40,57
37,4	21,55	28,19	31,04
39,1	16,05	21,00	23,13
40,8	11,59	15,16	16,69
42,5	8,03	10,51	11,57
44,2	5,29	6,93	7,63
45,9	3,26	4,27	4,70
47,6	1,83	2,39	2,64
49,3	0,89	1,17	1,29
51	0,35	0,46	0,50
52,7	0,09	0,11	0,13
54,4	0,01	0,01	0,01
56,1	0,00	0,00	0,00



Annexe

Temps (h)	10 ans	50 ans	100 ans
0	0,00	0,00	0,00
0,3	1,13	1,49	1,64
0,8	8,04	10,58	11,67
1,3	21,24	27,95	30,80
1,8	40,72	53,59	59,06
2,3	66,48	87,49	96,42
2,8	98,53	129,67	142,91
3,3	136,86	180,11	198,50
3,8	181,47	238,82	263,21
4,3	232,37	305,81	337,03
4,8	289,55	381,06	419,97
5,3	353,01	464,58	512,02
5,8	422,76	556,37	613,18
6,3	498,79	656,43	723,46
6,8	581,10	764,76	842,85
7,19	649,67	855,00	942,30
7,3	639,78	841,99	927,96
7,69	605,53	796,91	878,28
7,8	596,10	784,49	864,59
8,19	563,44	741,51	817,22
8,3	554,45	729,68	804,18
8,69	523,34	688,74	759,07
8,8	514,78	677,48	746,66
9,19	485,19	638,54	703,74
9,3	477,06	627,83	691,94
9,69	448,95	590,84	651,16
9,8	441,22	580,67	639,96
10,19	414,55	545,57	601,28
10,3	407,23	535,93	590,65
10,69	381,96	502,68	554,00
10,8	375,03	493,55	543,95
11,19	351,12	462,09	509,28
11,3	344,57	453,47	499,77
11,69	321,99	423,76	467,02
11,8	315,81	415,62	458,05
12,19	294,52	387,60	427,18

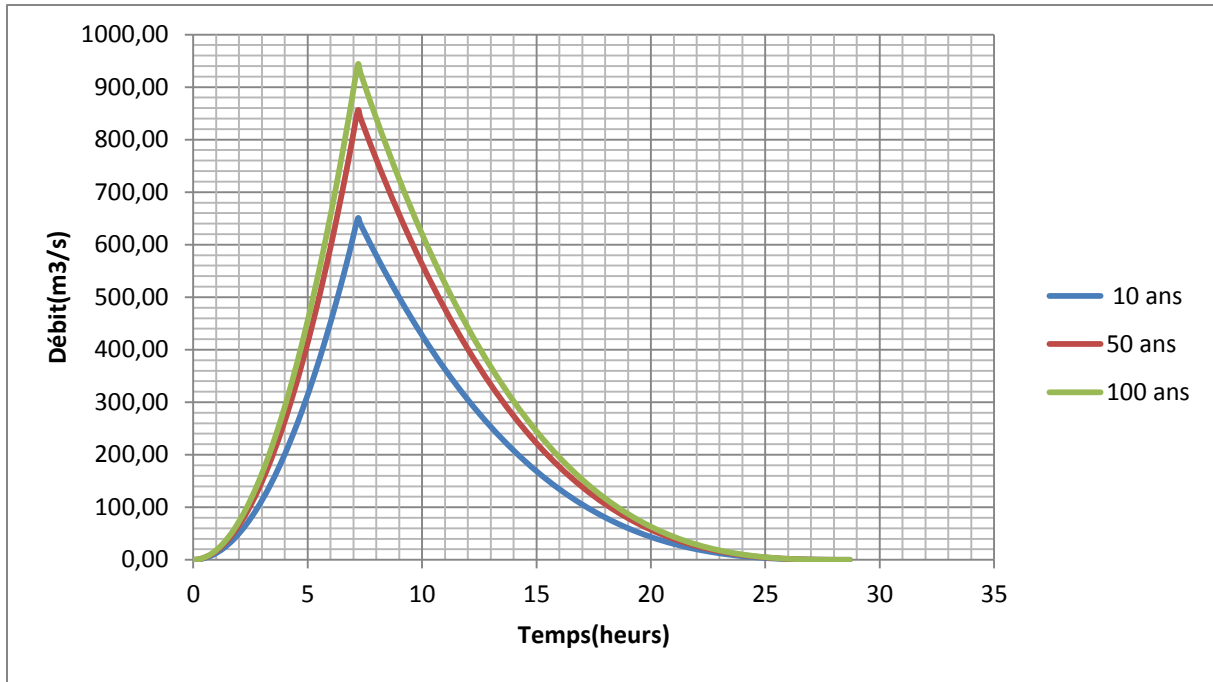
Annexe

12,3	288,69	379,93	418,72
12,69	268,65	353,56	389,66
12,8	263,17	346,35	381,71
13,19	244,35	321,57	354,41
13,3	239,21	314,81	346,95
13,69	221,56	291,58	321,35
13,8	216,74	285,24	314,36
14,19	200,23	263,51	290,41
14,3	195,73	257,58	283,89
14,69	180,31	237,30	261,53
14,8	176,12	231,78	255,44
15,19	161,76	212,89	234,63
15,3	157,86	207,75	228,97
15,69	144,53	190,21	209,64
15,8	140,92	185,45	204,39
16,19	128,57	169,21	186,49
16,3	125,23	164,80	181,63
16,69	113,83	149,81	165,11
16,8	110,75	145,75	160,63
17,19	100,26	131,95	145,42
17,3	97,43	128,22	141,32
17,69	87,82	115,57	127,37
17,8	85,23	112,16	123,61
18,19	76,45	100,61	110,88
18,3	74,09	97,50	107,46
18,69	66,10	87,00	95,88
18,8	63,96	84,18	92,77
19,19	56,74	74,67	82,30
19,3	54,80	72,13	79,49
19,69	48,30	63,57	70,06
19,8	46,57	61,28	67,54
20,19	40,75	53,62	59,10
20,3	39,20	51,59	56,85
20,69	34,02	44,78	49,35
20,8	32,65	42,97	47,36
21,19	28,08	36,96	40,73
21,3	26,88	35,37	38,98

Annexe

21,69	22,88	30,11	33,18
21,8	21,83	28,72	31,66
22,19	18,36	24,16	26,63
22,3	17,45	22,97	25,31
22,69	14,48	19,05	21,00
22,8	13,71	18,04	19,88
23,19	11,19	14,72	16,23
23,3	10,54	13,87	15,28
23,69	8,44	11,10	12,24
23,8	7,90	10,40	11,46
24,19	6,18	8,13	8,96
24,3	5,74	7,56	8,33
24,69	4,36	5,74	6,33
24,8	4,02	5,29	5,83
25,19	2,95	3,88	4,27
25,3	2,68	3,53	3,89
25,69	1,87	2,47	2,72
25,8	1,68	2,21	2,44
26,19	1,10	1,45	1,59
26,3	0,96	1,27	1,40
26,69	0,57	0,76	0,83
26,8	0,49	0,64	0,71
27,19	0,25	0,33	0,36
27,3	0,20	0,27	0,29
27,69	0,08	0,10	0,12
27,8	0,06	0,08	0,08
28,19	0,01	0,02	0,02
28,3	0,01	0,01	0,01
28,69	0,00	0,00	0,00

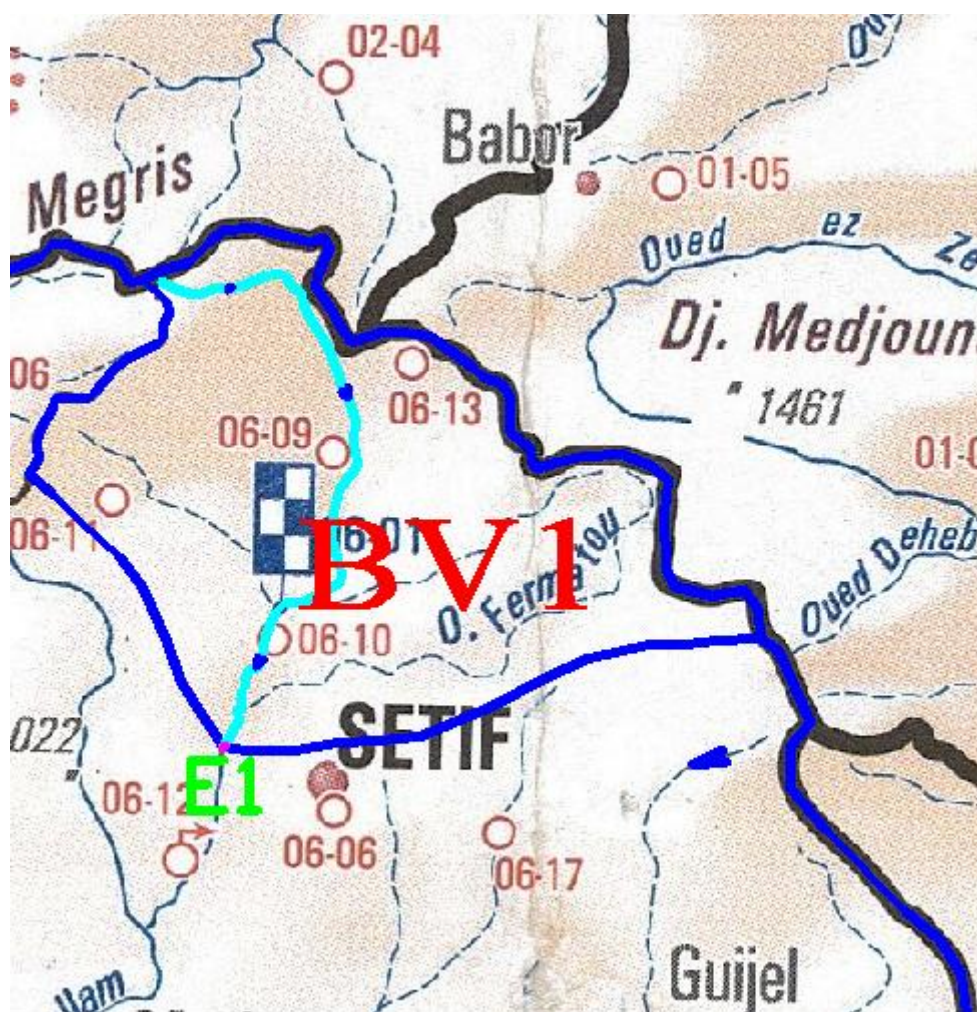
Annexe



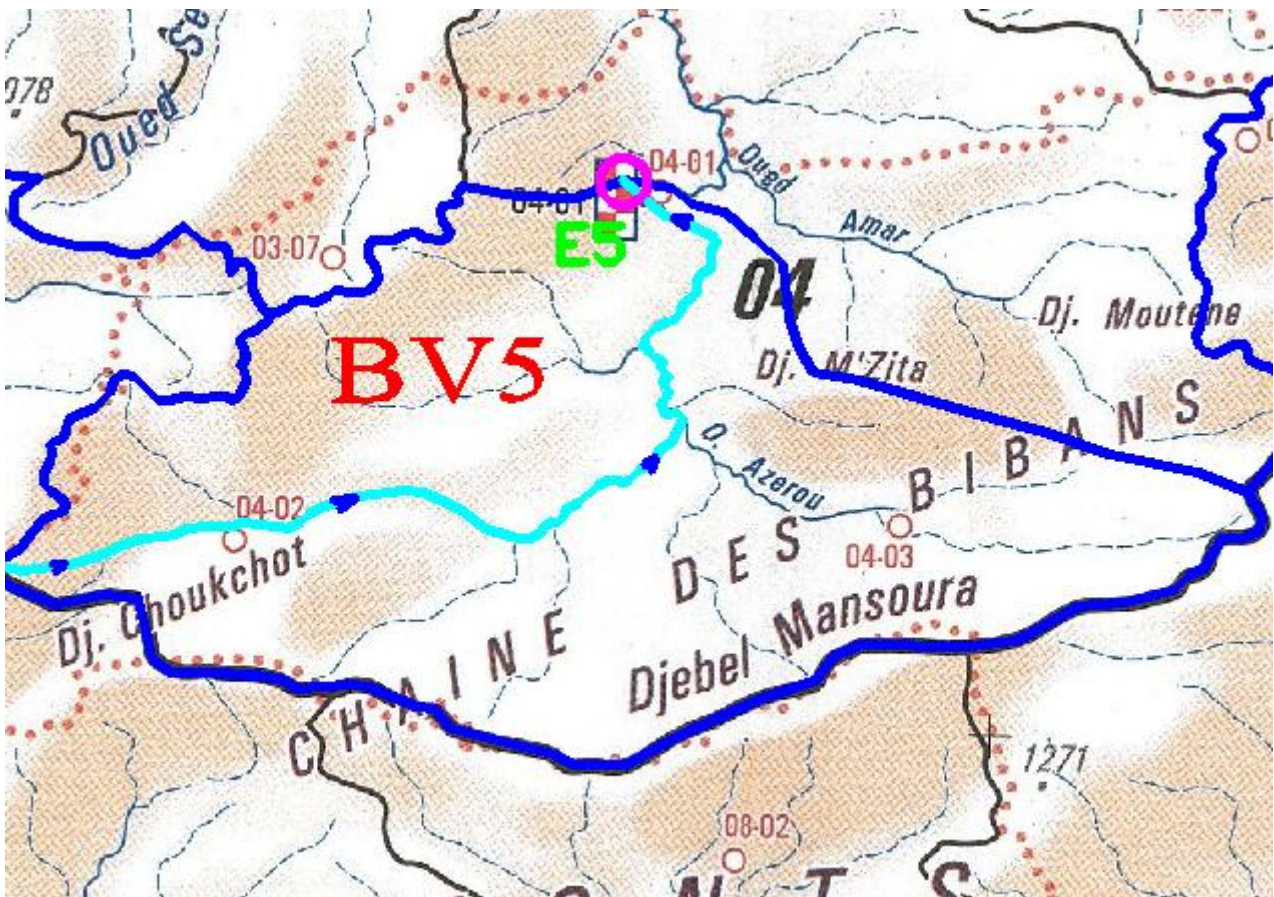
Annexe 02

- Paramètres calculés des sous bassins versants correspondant aux 07 stations hydrométriques :

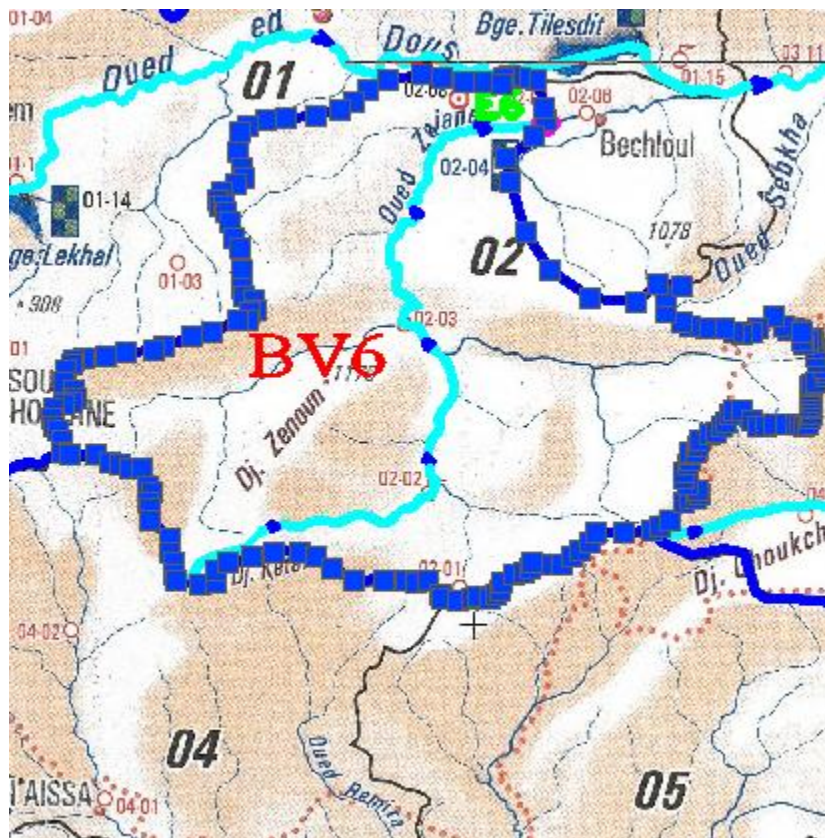
N° BV	N°STATION HYDROM.	Surface (A) km ²	Périmètre (P) km	Longueur (L) km	Hmax (m)	Hmin (m)	Hmoy (m)	Pente(I) %	Coef. ruiss. (c)
BV 01	15-06-01	166.182	197.359	63.321	1334	1011	1172.5	0.51	0.69
BV 02	15-07-02	2376.542	746.726	277.891	1048	790	919	0.09	0.61
BV 03	15-07-03	2949.156	1040.933	434.324	1048	340	694	0.16	0.65
BV 04	15-09-01	4060.522	1199.223	515.910	1048	212	630	0.17	0.66
BV 05	15-04-01	613.755	406.250	142.497	1179	403	791	0.54	0.71
BV 06	15-02-04	834.900	505.506	167.769	1118	350	734	0.46	0.68
BV 07	15-10-01	8405.670	1989.490	481.483	939	75	507	0.18	0.67



SOUS BASSIN (01)

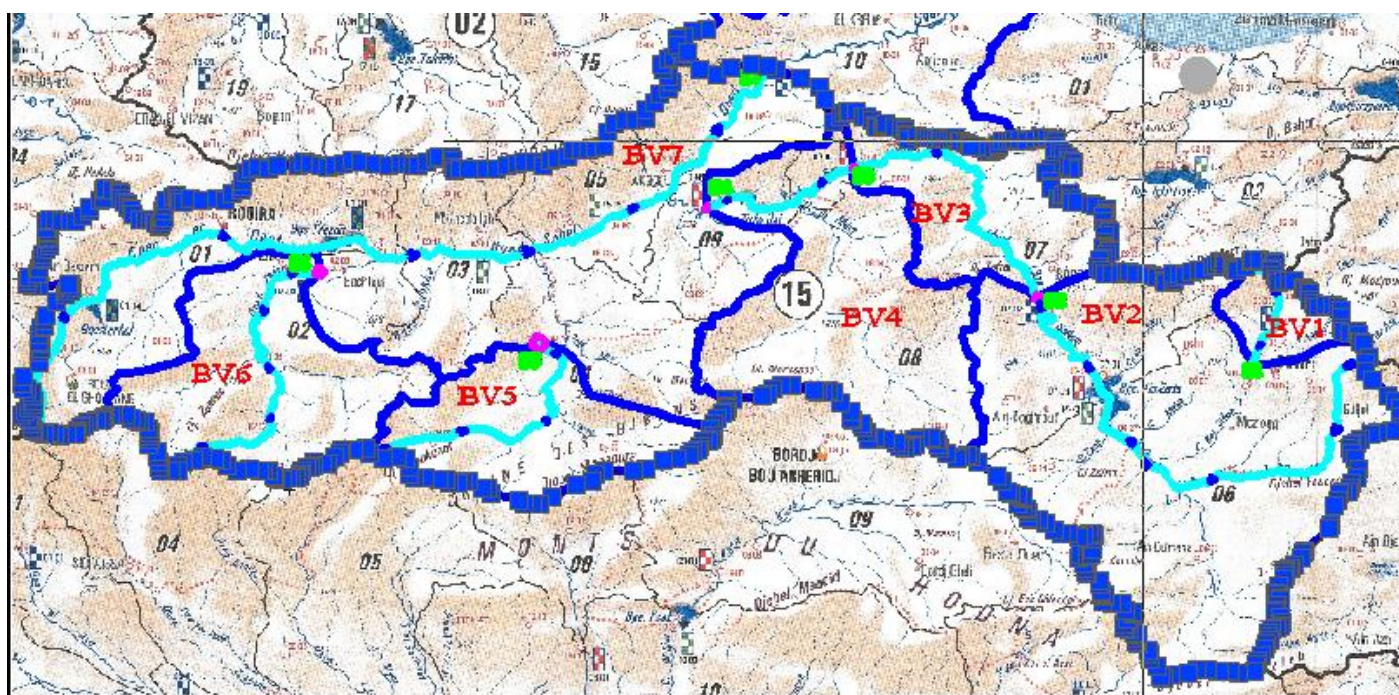


Sous bassin (05)



Sous bassin (06)

Annexe 02



Sous bassin (07)

Temps (h)	10 ans	50 ans	100 ans
0	0,00	0,00	0,00
0,3	1,13	1,49	1,64
0,8	8,04	10,58	11,67
1,3	21,24	27,95	30,80
1,8	40,72	53,59	59,06
2,3	66,48	87,49	96,42
2,8	98,53	129,67	142,91
3,3	136,86	180,11	198,50
3,8	181,47	238,82	263,21
4,3	232,37	305,81	337,03
4,8	289,55	381,06	419,97
5,3	353,01	464,58	512,02
5,8	422,76	556,37	613,18
6,3	498,79	656,43	723,46
6,8	581,10	764,76	842,85
7,19	649,67	855,00	942,30
7,3	639,78	841,99	927,96
7,69	605,53	796,91	878,28
7,8	596,10	784,49	864,59

Annexe 02

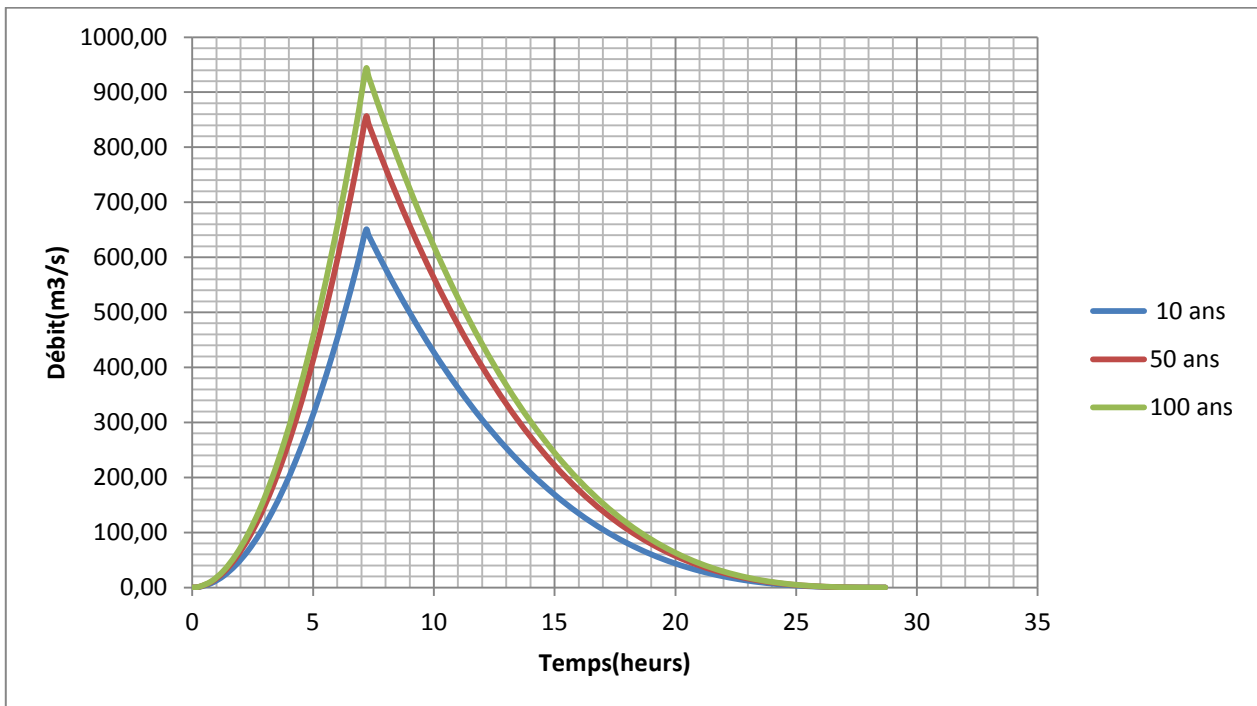
8,19	563,44	741,51	817,22
8,3	554,45	729,68	804,18
8,69	523,34	688,74	759,07
8,8	514,78	677,48	746,66
9,19	485,19	638,54	703,74
9,3	477,06	627,83	691,94
9,69	448,95	590,84	651,16
9,8	441,22	580,67	639,96
10,19	414,55	545,57	601,28
10,3	407,23	535,93	590,65
10,69	381,96	502,68	554,00
10,8	375,03	493,55	543,95
11,19	351,12	462,09	509,28
11,3	344,57	453,47	499,77
11,69	321,99	423,76	467,02
11,8	315,81	415,62	458,05
12,19	294,52	387,60	427,18
12,3	288,69	379,93	418,72
12,69	268,65	353,56	389,66
12,8	263,17	346,35	381,71
13,19	244,35	321,57	354,41
13,3	239,21	314,81	346,95
13,69	221,56	291,58	321,35
13,8	216,74	285,24	314,36
14,19	200,23	263,51	290,41
14,3	195,73	257,58	283,89
14,69	180,31	237,30	261,53
14,8	176,12	231,78	255,44
15,19	161,76	212,89	234,63
15,3	157,86	207,75	228,97
15,69	144,53	190,21	209,64
15,8	140,92	185,45	204,39
16,19	128,57	169,21	186,49
16,3	125,23	164,80	181,63
16,69	113,83	149,81	165,11
16,8	110,75	145,75	160,63
17,19	100,26	131,95	145,42
17,3	97,43	128,22	141,32
17,69	87,82	115,57	127,37

Annexe 02

17,8	85,23	112,16	123,61
18,19	76,45	100,61	110,88
18,3	74,09	97,50	107,46
18,69	66,10	87,00	95,88
18,8	63,96	84,18	92,77
19,19	56,74	74,67	82,30
19,3	54,80	72,13	79,49
19,69	48,30	63,57	70,06
19,8	46,57	61,28	67,54
20,19	40,75	53,62	59,10
20,3	39,20	51,59	56,85
20,69	34,02	44,78	49,35
20,8	32,65	42,97	47,36
21,19	28,08	36,96	40,73
21,3	26,88	35,37	38,98
21,69	22,88	30,11	33,18
21,8	21,83	28,72	31,66
22,19	18,36	24,16	26,63
22,3	17,45	22,97	25,31
22,69	14,48	19,05	21,00
22,8	13,71	18,04	19,88
23,19	11,19	14,72	16,23
23,3	10,54	13,87	15,28
23,69	8,44	11,10	12,24
23,8	7,90	10,40	11,46
24,19	6,18	8,13	8,96
24,3	5,74	7,56	8,33
24,69	4,36	5,74	6,33
24,8	4,02	5,29	5,83
25,19	2,95	3,88	4,27
25,3	2,68	3,53	3,89
25,69	1,87	2,47	2,72
25,8	1,68	2,21	2,44
26,19	1,10	1,45	1,59
26,3	0,96	1,27	1,40
26,69	0,57	0,76	0,83
26,8	0,49	0,64	0,71
27,19	0,25	0,33	0,36
27,3	0,20	0,27	0,29

Annexe 02

27,69	0,08	0,10	0,12
27,8	0,06	0,08	0,08
28,19	0,01	0,02	0,02
28,3	0,01	0,01	0,01
28,69	0,00	0,00	0,00



Résumé :

L'objectif principal de cette étude est de déterminer le fonctionnement hydrologique du bassin versant global de la Soummam en comparant les débits enregistrés par les appareils de mesures sur site avec les débits calculés avec les caractéristiques morpho métriques des sous bassins versants correspondants. Ce travail nous permet de voir la faisabilité des appareils de débits et de constater aussi l'influence de l'occupation du sol sur la réponse hydrologique.

D'après les résultats, pour certains sous bassins versants les débits calculés sont très proches de ceux enregistrés et pour d'autres les résultats ne sont pas proches.

Abstract:

The main objective of this study is to determine the hydrological functioning of the overall watershed Soummam by comparing the rates recorded by the on-site with the flow measurement devices calculated with morpho metric characteristics of the corresponding sub watersheds. This work allows us to see the feasibility of flow devices and also see the influence of land use on the hydrological response.

According to the results, some under the calculated flow rates watersheds are very close to those recorded and other results are not close.

موجز:

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تحديد سير الهيدرولوجي لمتجمعات المياه Soummam العام بمقارنة تدفقات التي سجلتها في الموقع مع أجهزة قياس التدفق المحسوب مع خصائص مرفو متري من متجمعات المياه الفرعية المقابلة. هذا العمل يسمح لنا أن نرى جدوى من الأجهزة تدفق وانظر أيضا تأثير استخدام الأراضي على الاستجابة الهيدرولوجية. ووفقا للنتائج، وبعض تحت متجمعات المياه معدلات تدفق يحسب قريبة جدا من تلك التي سجلت والنتائج الأخرى ليست قريبة.