

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المركز الجامعي بلحاج بوشعيب - عين تموشنت -  
Centre Universitaire BELHADJ Bouchaib - Ain-Temouchent-



Institut de Technologie  
Département de Génie de l'Eau et de l'Environnement

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Thème :

**Protection de la ville de Tamazoura  
contre les inondations**

Soutenu : 04 Juin 2018

Par: **MERHOUM NASREDDINE**

Devant le jury composé de

<b>Mme N . BAGHLI</b>	<b>MAA</b>	<b>Président</b>
<b>Mr H. ABABOU</b>	<b>Cadre technique DRE</b>	<b>Examineur</b>
<b>Mr M. BENAICHA</b>	<b>MAA</b>	<b>Examineur</b>
<b>Mr B. GUEMOU</b>	<b>MCB</b>	<b>Encadreur</b>
<b>Mr . BENMIA</b>	<b>Cadre technique DRE</b>	<b>Co-Encadreur</b>

Année Universitaire : 2017/2018

## Remerciement

Je tiens tout d'abord à remercier **Dieu** le tout puissant et miséricordieux, qui ma donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

Je remercie également **mes parents** pour leur confiance, leur soutien ainsi que pour les bénédictions faites à mon égard tout au long de mes parcours.

En second lieu, Je tiens à remercier mes encadreurs **Mr GUEMOU .B** et **Mr BENMIA .K** pour leurs précieux conseils et leurs aide durant toute la période du travail.

Je tiens à témoigner mes sincères remerciements à **Mr ABABOU.H** de la direction des ressources en eau D'ain Temouchent et **Mr KADDOUR .H** (enseignant CUAT) pour leur soutien et conseil

mes vifs remerciements vont également aux membres du jury **Mr ABABOU.H** et **Mr BEN AICHA** et **M<sup>me</sup> BAGHLI .N** pour l'intérêt qu'ils ont porté à ma recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.

Je tiens à remercier également mon frère **BOUKRA ABDELADIM ROKHO** pour son aide

je tiens également à remercier l'ensemble des enseignants de l'institut science et technologie et particulièrement du **département hydraulique** pour la qualité de leurs enseignements, leurs conseils et les intérêt incontestables qu'ils portent à tous les étudiants

Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## Dédicace

Je dédie ce modeste travail à

A mes chers parents et ma grand-mère , pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A mes chers petits frères **Riad, Hammouti Mohamed Amine, Brahmi Bouaalem** , pour son appui et son encouragement

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible,

Merci d'être toujours là pour moi.

# SOMMAIRE

**Remerciements**

**Dédicaces**

**Résumé**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

## **Chapitre I : PROBLEMATIQUE DES INONDATIONS**

Introduction générale .....	01
1. DU risque inondation à l'analyse de l'aléa.....	05
1.1. Les inondations dans le monde.....	05
1.2. Les inondations en Algérie.....	08
1.3. Les inondations d'Ain Temouchent .....	10
1.4. Définition et genèse du phénomène d'inondation .....	11
1.3. La plaine alluviale.....	12
1.4. Contexte des inondations de la gestion des risques:.....	13
1.5. Evaluation du risque d'inondation.....	14
1.5.1. L'aléa.....	15
1.5.2. La vulnérabilité.....	16
1.5.3. Les enjeux.....	17
1.5.4. Orthogonalité de la composante vulnérabilité du risque.....	17
1.6. Typologie des risques d'inondation .....	17
1.6.1. Le risque d'origine pluvial.....	17
1.6.2. Le risque fluvial .....	18

1.6.3. Le risque torrentiel.....	18
1.7. Genèse des crues et réponse hydrologique.....	18
1.8. Mesure de gestion du risque d'inondation.....	18
1.9. Interaction hydrologie-inondation.....	19
2. Présentation de la zone d'étude.....	20
2.1. Contexte géographique .....	20
2.1.1. Ain Temouchent .....	20
2.1.2. Zone d'étude (commune de Tamazoura) .....	20
2.2. Contexte Topographique .....	22
2.3. Contexte géologique .....	22
2.4. Situation climatique .....	23
2.4.1. Température .....	23
2.4.2. Le vent .....	24
2.4.3. La pluviométrie .....	25
2.4.4. Sols et végétation .....	27

## **Chapitre II : ETUDE MORPHOLOGIQUE**

Introduction .....	29
1. Caractéristiques géométriques du bassin versant .....	29
1.1. La surface du bassin versant .....	29
1.2 La forme .....	30
a. Coefficient de compacité $K_c$ .....	31
1.3. Le relief .....	31
a. Courbe hypsométrique .....	32
b. Altitudes caractéristique .....	33
c. Rectangle équivalent .....	34

d. Indice de pente Ip .....	34
e. Indice de pente global Ig .....	35
f. Dénivelé spécifique .....	35
g. La pente moyenne .....	36
h. Densité de drainage .....	37
i. Fréquence des cours d'eau .....	37
j. Coefficient de torrencialité .....	38
k. Temps de concentration .....	38
l. Le coefficient de ruissellement .....	39
Conclusion .....	40

### **Chapitre III : ETUDE HYDROLOGIQUE**

Introduction.....	44
1. Analyse des données pluviométriques .....	44
1.2. série de Pluit .....	44
1.2.1. Précipitation moyenne annuelle .....	44
1.2.2. Précipitations saisonnières.....	44
2. L'ajustement de la loi de guembel.....	46
2.1. la courbe IDF (Intensité - Durée - Fréquence).....	50
3. Etude des apports.....	54
3.1. Apport moyen interannuel ( <b>Amoy</b> ) .....	54
3.2. caractéristiques de l'écoulement .....	55
3.3. Evaluation des apports solides.....	56

4. Estimations empiriques des débits de pointe et des hydro grammes	
de crue .....	57
4.1. Hydro gramme de crue .....	60
4.2 Détermination du volume de la crue .....	64
4.3. détermination des débits fréquentiels de sous bassin de Oued EL Ibel et Oued EL Hammam	
.....	64
conclusion .....	70

## **Chapitre IV : LES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES DE PROTECTION**

Introduction .....	72
1. Les méthodes de protection contre les inondations :.....	72
a. Recalibrage du cours d'eau .....	72
b. Barrage ecrêteur .....	73
c. Correction torrentielle.....	73
d. Les épis .....	74
e. Banquette .....	74
f. Ouvrage de stockage en dérivation .....	75
g. Reboisement .....	76
2. Les aménagements hydrauliques adoptés pour la protection de la	
ville de tamazoura contre les inondations .....	76
3. les aménagements principales proposés au niveau	
du bassin versant .....	76
3.1 Dimensionnement du petit barrage .....	80

3.1.1 Calcul des apports annuels.....	80
3.1.2 Apport moyen annuel.....	80
3.1.3 Irrégularité des apports (variabilité des apports).....	83
3.1.4 Calcul du volume mort .....	86
3.1.5 Dimensionnement de la digue.....	88
3.1.6 Détermination des volumes .....	89
a. Volume utile .....	89
b. Evaluation des pertes dues à l'évaporation .....	89
c. Evaluation des pertes dues à l'infiltration .....	90
3.1.7 Laminage des crues .....	90
a. Principe de calcul.....	90
b. Estimation de la longueur du déversoir .....	91
c. Calcul de la revanche .....	94
d. Hauteur de la digue.....	95
e. Largeur en crête .....	95
f. pentes des talus .....	95
g . largeur en base du barrage .....	96
Conclusion .....	97
4. Types d'aménagement Hydraulique proposé au niveau milieu urbain.....	98
4.1 dimensionnement du canal .....	100
a. Formule de Manning Strickler .....	101
b. le calcul de surface du canal.....	102
Conclusion Générale.....	103

## **Références bibliographiques**

## **Annexes**

# Liste des figures

## Liste des figures

<b>Figure I.1</b> : fréquence par type de catastrophe(CRED).....	6
<b>Figure I.2</b> : nombre total de personnes affectées par type de catastrophe (CRED) .....	6
<b>Figure I.3</b> : nombre de morts par type de catastrophe (CRED).....	7
<b>Figure I.4</b> : coût total ( en millier de dollars ) par type de catastrophe.....	7
<b>Figure I.5</b> : inondation du chine 2017 .....	8
<b>Figure I.6</b> : inondation du philippine 2015 .....	8
<b>Figure I.7</b> : inondation du philippine 2015 .....	10
<b>Figure I.8</b> : inondation du philippine 2015 .....	10
<b>Figure I.9</b> : Photo des inondations de Sep 2013 .....	11
<b>Figure I.10</b> : Photo des inondations de la ville en face du quartier Didi Lakhdar d’Ain Temouchent près du Siège SONALGAZ .....	11
<b>Figure I.11</b> : Les unités géomorphologiques d’une plaine alluviale.....	13
<b>Figure I.12</b> : risque inondation.....	14
<b>Figure I.13</b> : les composantes de risque inondation.....	15
<b>Figure I.14</b> : Définition de l’aléa (PPRI 2004).....	15
<b>Figure I.15</b> : Orthogonalité de la vulnérabilité.....	17
<b>Figure I.16</b> : carte administrative de la wilaya d’Ain Temouchent.....	20
<b>Figure I.17</b> : situation géographique de la commune de Tamazoura.....	21
<b>Figure I.18</b> : zone d’étude prélevée de Google Earth.....	21
<b>Figure I.19</b> : Carte géologique de Ain Temouchent.....	22

<b>Figure I.20</b> : température minimale, moyenne et maximale de la région de Tamazoura (période 1990-2001).....	23
<b>Figure I.21</b> : courbe de vent max.....	24
<b>Figure I.22</b> : Histogramme de pluie annuelle.....	26
<b>Figure II.1</b> : les étapes de détermination du bassin versant sur Global Mapper.....	30
<b>Figure II.2</b> : bassin versant de Tamazoura.....	30
<b>Figure II.3</b> : les courbes de niveau du bassin versant .....	32
<b>Figure II.4</b> : Courbe Hypsométrique.....	33
<b>Figure II.5</b> : Le rectangle équivalent de bassin versant.....	34
<b>Figure II.6</b> : réseau hydrographique du bassin versant .....	37
<b>Figure III.1</b> :précipitation moyenne annuelle des stations de Tamazoura.....	44
<b>Figure III.2</b> : Variations saisonnières des précipitations à la station de Tamazoura.....	45
<b>Figure III.3</b> : Précipitations moyennes mensuelles interannuelles à la station de Tamazoura.....	45
<b>Figure III.4</b> : Ajustement d'une loi-Gumbel aux pluies journalières maximales observées à la station de Tamazoura.....	48
<b>Figure III.5</b> : Courbes des pluies de courte durée fréquentielle du bassin versant de Tamazoura ...	53
<b>Figure III.6</b> : Courbes intensité durée fréquence (IDF) du bassin versant de Tamazoura.....	53
<b>Figure III.7</b> : Hydro gramme de crue fréquentielle Tamazoura.....	63
<b>Figure III.8</b> : Hydro gramme de crue fréquentielle $F=1\%$ ; 100ans (Tamazoura).....	63
<b>Figure III.9</b> : hydrogramme de crue.....	70
<b>Figure IV.1</b> : Recalibrage d'un cours d'eau.....	73
<b>Figure IV.2</b> : fonctionnement de barrage écréteur.....	73
<b>Figure IV.3</b> : Correction torrentielle.....	74

<b>Figure IV.4</b> : les épis.....	74
<b>Figure IV.5</b> : technique des banquettes.....	75
<b>Figure IV.6</b> : Fonctionnement d'ouvrage de stockage en dérivation (Benmia, 2012).....	75
<b>Figure IV.7</b> : Reboisement.....	76
<b>Figure IV. 8</b> : Inondation du Tamazoura 2012.....	76
<b>Figure IV.9</b> : Les aménagements hydrauliques adoptés pour la protection de la ville de Tamazoura contre les inondations.....	77
<b>Figure IV.10</b> : reboisement sur les bord d'oued Ibel.....	78
<b>Figure IV.11</b> : reboisement sur les bord d'oued Ibel .....	78
<b>Figure IV.12</b> : les aménagements proposé et réalisé au niveau du bassin versant .....	79
<b>Figure IV.13</b> : position du petit barrage d'Oued El Ibel .....	79
<b>Figure IV.14</b> : Courbe caractéristique des volumes.....	88
<b>Figure IV.15</b> : Laminage de crue du petit barrage oued IBEL commune de Tamazoura.....	94
<b>Figure IV.16</b> : cop transversal de digue de petit barrage de oued el IBil.....	97
<b>Figure IV.17</b> : coup du travail du canal.....	98
<b>Figure IV.18</b> : coup du en traverse l'aménagement du canal.....	99
<b>Figure IV.19</b> : coup du en traverse l'aménagement du canal a ciel ouvert .....	100
<b>Figure IV.20</b> : vu en plan de la ville de Tamazoura .....	100
<b>Figure IV.21</b> : profil en long de Oued Tamazoura .....	101
<b>Figure IV.22</b> : schéma de la section du canal .....	102

# Liste des tableaux

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.1</b> : les dégâts des pays touché par les inondations .....	8
<b>Tableau I.2</b> : les inondations catastrophiques prévenus L'Algérie (1970-2000) (LAHLAH 2004).....	9
<b>Tableau I.3</b> : Températures moyennes mensuelles et annuelles à la station de Tamazoura (1990-2001).....	23
<b>Tableau I.4</b> : valeur de vent de la région de Tamazoura (1990-2001).....	24
<b>Tableau I.5</b> : pluie annuelle (mm) (1980-1990).....	25
<b>Tableau I.6</b> : pluie annuelle (mm) (1991-2001).....	25
<b>Tableau I.7</b> : pluie annuelle (mm) (2002-2011).....	25
<b>Tableau I.8</b> : pluie annuelle (mm) (2012-2017).....	25
<b>Tableau II.1</b> : les formes du bassin versant selon le Coefficient de compacité.....	31
<b>Tableau II.2</b> : Répartition du bassin versant en tranches d'altitudes.....	32
<b>Tableau II.3</b> : Classification du relief selon <b>Ig</b> par l'ORSTOM.....	35
<b>Tableau II.4</b> : Classification du relief selon <b>Ds</b> .....	36
<b>Tableau II.5</b> : temps de concentration .....	39
<b>Tableau II.6</b> : valeurs du coefficient de ruissellement pour différentes couvertures du sol.....	40
<b>Tableau II.7</b> :caractéristique géométrique du bassin versant.....	41
<b>Tableau III.1</b> : Présentation de station pluviôse.....	43
<b>Tableau III.2</b> : Précipitation moyenne annuelle des stations de Hammam bouhdjar et Tamazoura.	43
<b>Tableau III.3</b> : Précipitations saisonnières à Tamazoura (1979-2011).....	44

<b>Tableau III.4</b> : ajustement de la loi-Gumbel.....	47
<b>Tableau III.5</b> : Pluies maximales journalière observées à la station de Tamazoura.....	49
<b>Tableau III.6</b> : Paramètres statistiques de la série pluviométrique à la station de Tamazoura.....	49
<b>Tableau III.7</b> : Période de retour.....	50
<b>Tableau III.8</b> : Pluies maximales de 24 heures et pluies de durée de temps de concentration ainsi que les intensités maximales correspondantes.....	52
<b>Tableau III.9</b> : Apports moyens interannuels de bassin versant de Tamazoura.....	55
<b>Tableau III.10</b> : Les caractéristiques d'écoulement.....	56
<b>Tableau III.11</b> : les apports solides.....	57
<b>Tableau III.12</b> : Estimation du débit de pointe fréquentiel $Q_{max,F}$ (Formules empiriques).....	59
<b>Tableau III.13</b> : Hydrogramme de crues fréquentielles.....	61
<b>Tableau III.14</b> : Estimation du volume de crue de oued Tamazoura.....	64
<b>Tableau III.15</b> : temps de concentration.....	66
<b>Tableau III.16</b> : Caractéristiques des Sous Bassins.....	66
<b>Tableau III.17</b> : temps de concentration.....	68
<b>Tableau III.18</b> : Hydrogramme de crues fréquentielles.....	69
<b>Tableau IV.1</b> : caractéristiques de retenue de sous bassin versant de Oued El Hammam.....	78
<b>Tableau IV.2</b> : caractéristiques de retenue de sous bassin versant de Oued El Bel .....	78
<b>Tableau IV.3</b> : les résultats des Apports moyens annuel.....	83
<b>Tableau IV.4</b> : la valeur moyenne de l'apport inter annuel obtenue par les différents formules.....	83
<b>Tableau IV.5</b> : Apport fréquentiel.....	85

<b>Tableau IV.6:</b> calcul de volume mort.....	87
<b>Tableau IV.7:</b> courbes caractéristiques.....	88
<b>Tableau IV.8:</b> volume du crue .....	93
<b>Tableau IV.9:</b> Valeurs indicatives des pentes des talus.....	96
<b>Tableau IV.10:</b> caractéristique du petit barrage d'Oued IBil.....	97
<b>Tableau IV.11:</b> calcul de la hauteur normal .....	102

**Introduction générale**

## **Introduction générale**

L'eau est un élément vital qui se trouve dans tous les domaines de notre vie quotidienne, elle est aussi destructrice dans des situations de pénurie ou des situations d'abondance. Dans ce dernier cas elle peut provoquer des dégâts matériels énormes et parfois, malheureusement, des dégâts humains et des catastrophes importantes.

Le risque des inondations n'est pas un problème récent, depuis l'existence de l'homme sur la terre, celui-ci a préféré s'installer dans des régions à relief plat et aux environs des points d'eau et dans des zones occasionnellement inondables, ce qui lui permet de réaliser ses activités habituelles (agriculture, industrie, ...)

Des cités entières se sont développées et prospérées à proximité des cours d'eau, cette proximité a contribué dans le développement de l'Homme mais a été engendrée aussi par un risque d'inondation considérable.

On admet qu'une rivière est en crue lorsqu'elle déborde des limites de son lit mineur. Il s'agit d'un phénomène naturel périodique qui ne se produit que lorsque les débits deviennent considérables. On parle alors de crue critique laquelle peut engendrer une inondation sur les zones riveraines.

Les formations des crues et des inondations proviennent avant tout de conditions exceptionnelles d'alimentation des cours d'eau que se soit par des pluies ou des fontes de neiges. Elles sont accidentelles si elles résultent de l'action de l'homme (rupture des barrages, .....).

Devant cette menace, l'homme a tenté d'aménager, de modifier et d'apprendre à gérer le système fluvial, cela constitue une condition sine qua non pour réduire le risque d'inondation qui représente le risque naturel le plus coûteux, le plus répandu, faisant plus de victimes et de dégâts dans le monde.

Les inondations peuvent exercer leur influence sur le processus du développement économique de plusieurs manières, d'une part, elles sont la cause de dégâts conséquents. Elles détruisent des récoltes, emportent des routes et des habitations, endommagent tout ce qu'elles atteignent, provoquent parfois des pertes humaines.

D'autre part, elles sont l'origine de manque à gagner, car elles empêchent ou retardent la réalisation de certaines activités. De plus, elles mobilisent pour lutter contre elles des facteurs de production qui se trouvent par le fait même soustraits au reste de l'activité économique.

Enfin, elles exercent un effet répulsif. Les zones inondables détournent l'investisseur et le producteur qui craignent de perdre une partie du fruit de leur travail et de leur capital. en résulte une sous utilisation du potentiel de ces zones.

En Algérie, la wilaya d'Ain Temouchent est l'une des zones caractérisées par ce phénomène des inondations à cause des fortes précipitations et aussi par manque d'aménagements adéquat dans quelques régions.

La gestion de ce risque devient de plus en plus une nécessité qui doit impliquer tous les acteurs concernés (décideurs, techniciens et population) afin d'identifier les enjeux à protéger, les moyens disponibles et alternatives possibles pour atténuer les dégâts humains et matériels provoqués par ce phénomène.

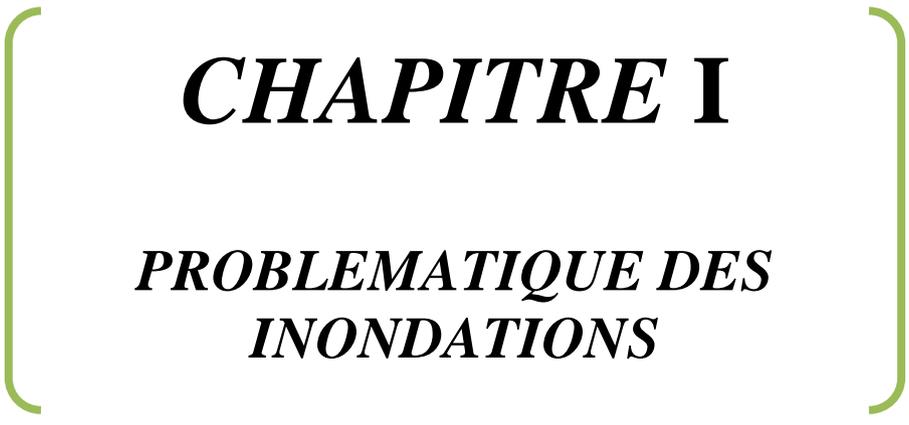
Dans cette étude nous nous sommes intéressé a la région de Tamazoura, une zone prometteuse avec sa zone industrielle de renommé, cette petite ville a longtemps subit des inondations malgré son canal aménagé de façon a réduire les conséquences de ces inondations sur la ville, mais malheureusement parfois les débordements ont rendus le canal insuffisant et pire encore les détériorations des parois du canal on fait agrandir la section d'écoulement sur plusieurs partie, tout cela laisse penser que le canal lui seul n'est plus capable de faire face aux inondations et une intervention pour expertise , diagnostique et des recommandations s'impose d'une manière plus que urgente.

Cela résume les objectifs de notre travail.

Afin de rayonner sur l'ensemble des aspects liés à cette problématique, notre étude a cerné les volets ci-dessous :

- Problématique des inondations,
- Etude morphologique,
- Etude hydrologique,
- Protection de la ville de Tamzoura

Et on termine par une conclusion générale.



***CHAPITRE I***  
***PROBLEMATIQUE DES***  
***INONDATIONS***

## **Introduction**

Le terme «inondation» fait souvent référence aux débordements de cours d'eau qui engendrent la submersion des terrains environnants. Elles peuvent être bénéfiques quand elles sont lentes et procurent des apports de limons fertilisants. Cependant, elles peuvent être désastreuses et dévastatrices si rapides et violentes. dans ce premier chapitre nous allons entamer une présentation générale sur les inondations

### **1. Du risque inondation à l'analyse de l'aléa**

#### **1.1. Les inondations dans le monde**

Les inondations constituent un risque majeur sur le territoire national, mais également dans le monde entier, elles font des milliers victimes par an. Il ya quel que régions dans le monde qui sont plus exposé aux inondations. Selon la base des données internationale des catastrophes du centre de recherche de l'épidémiologie des désastres de l'université catholique de Louvain, en Belgique, nous avons les pays les plus touché par les inondations depuis 1990, **en Etats-Unis 135 inondations, et la Chine 228 inondations, et Philippines 120 inondations, et Bangladesh 60 inondations, et Japon 22 inondations, et Inde 192 inondations, et Indonésie 137 inondations**, ce qui a causé des grandes pertes humaines, matérielles et sociales.

“Le nombre des inondations augmente partout et elles entraînent beaucoup de pertes. C'est de loin la plus grande menace pour le monde, y compris l'Europe”, explique Debarati Guha-Sapir, directrice du Centre de recherche sur l'épidémiologie des catastrophes (CRED) et enseignante à l'Université de Louvain, à Bruxelles.

Par inondation, le CRED entend, comme pour les autres catastrophes naturelles, tout événement qui a soit causé plus de 10 morts, soit affecté plus de 100 personnes, soit qui a fait l'objet d'une déclaration d'état d'urgence ou de catastrophe naturelle, ou enfin pour lequel les autorités ont dû lancer un appel à l'aide internationale.

Parmi les catastrophes naturelles d'origine météorologique, hydrologique et climatologique, les inondations sont celles qui ont le plus augmenté, derrière les températures extrêmes qui présentent une hausse de 140%.

D'autres phénomènes liés à ce type de catastrophes s'aggravent aussi. Le nombre de sécheresses annuelles s'est accru de près de 30% depuis les années 1990. Les glissements de terrain sont en hausse d'environ 23%. Enfin, la fréquence des tempêtes et incendies s'est accélérée également de 11% et de 13,5% respectivement.( CRED )

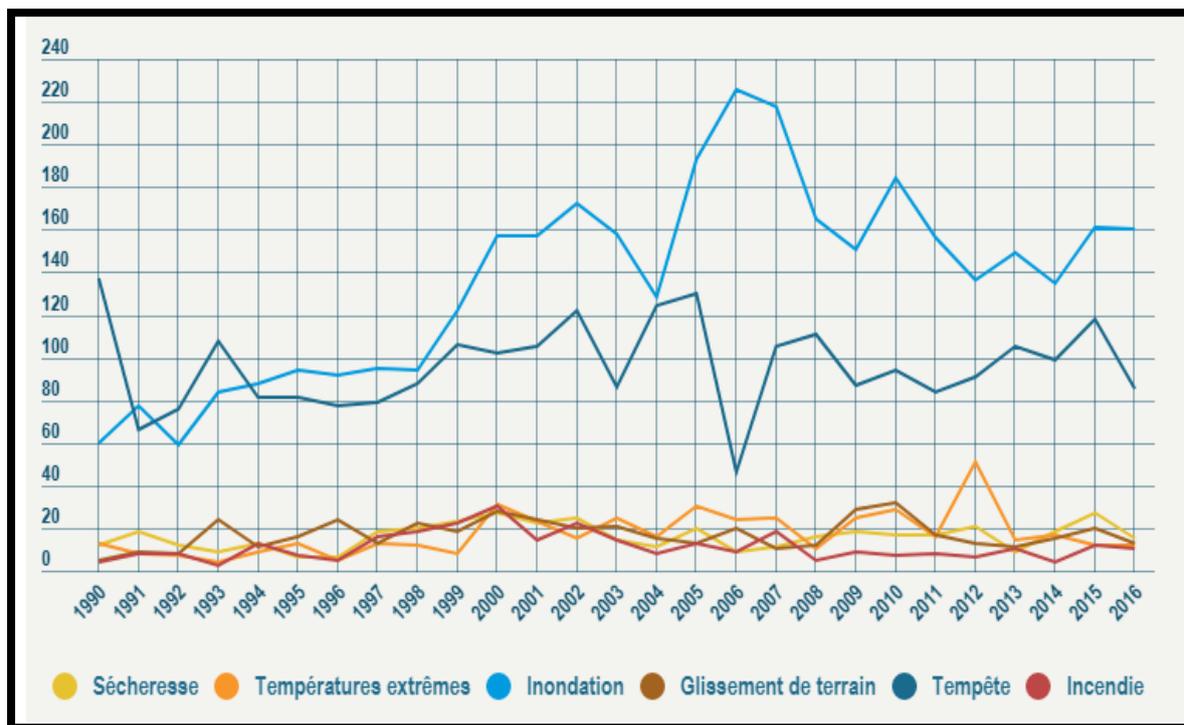


Figure I.1 : fréquence par type de catastrophe(CRED)

Les inondations ne tuent pas plus que d'autres catastrophes naturelles souvent bien plus meurtrières mais leurs victimes au sens large sont nombreuses : des personnes sont blessées, d'autres sont évacuées ou déplacées car elles se retrouvent sans toit, les cultures sont ravagées... Les conséquences possibles sont vastes.

“Les inondations touchent généralement des zones très vastes et affectent beaucoup de personnes, surtout les inondations côtières et les inondations des plaines”, explique la directrice du CRED

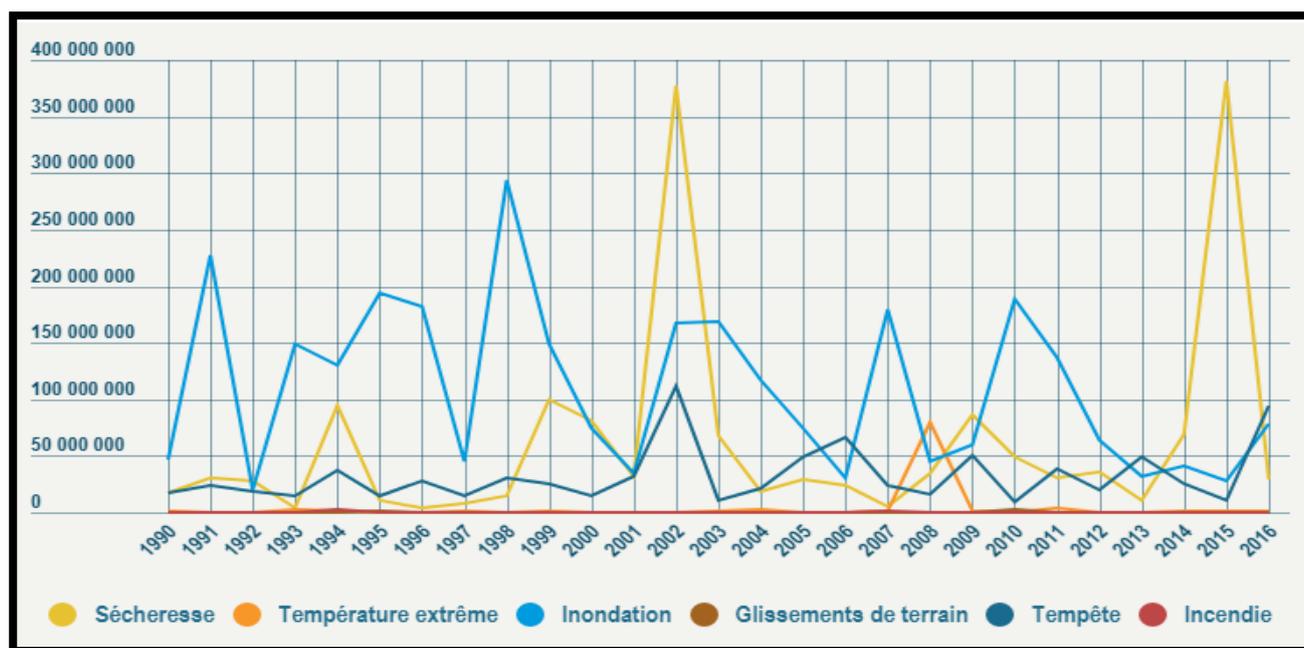


Figure I.2 : nombre total de personnes affectées par type de catastrophe (CRED)

Le bilan des pertes humaines imputables aux inondations est en baisse : dans les années 1990, on dénombrait environ 9 550 victimes d'inondations en moyenne chaque année, tandis que depuis les années 2000, la moyenne se situe à 5 500 victimes, soit une baisse de 44% environ.

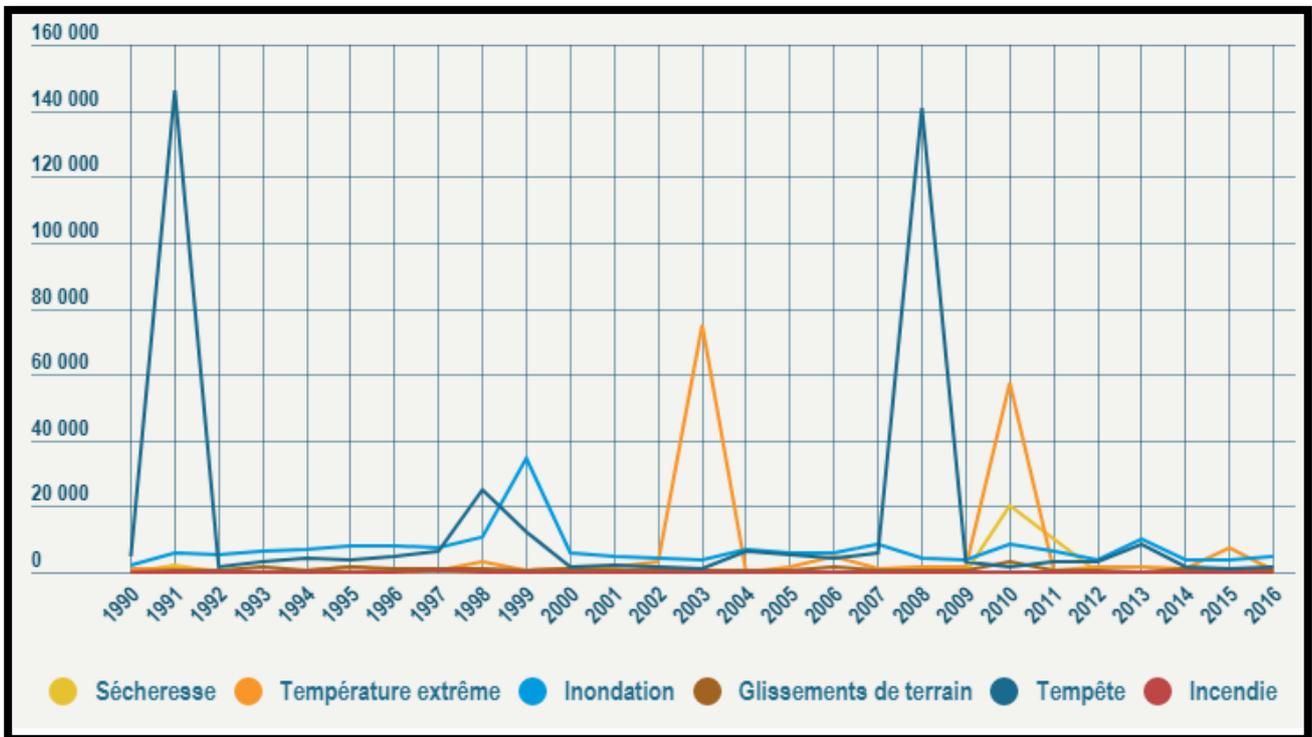


Figure I.3 : nombre de morts par type de catastrophe (CRED)

En 2016, les inondations représentent presque 50% des coûts des catastrophes météorologiques, hydrologiques et climatologiques, avec un montant total de 56 milliards de dollars.

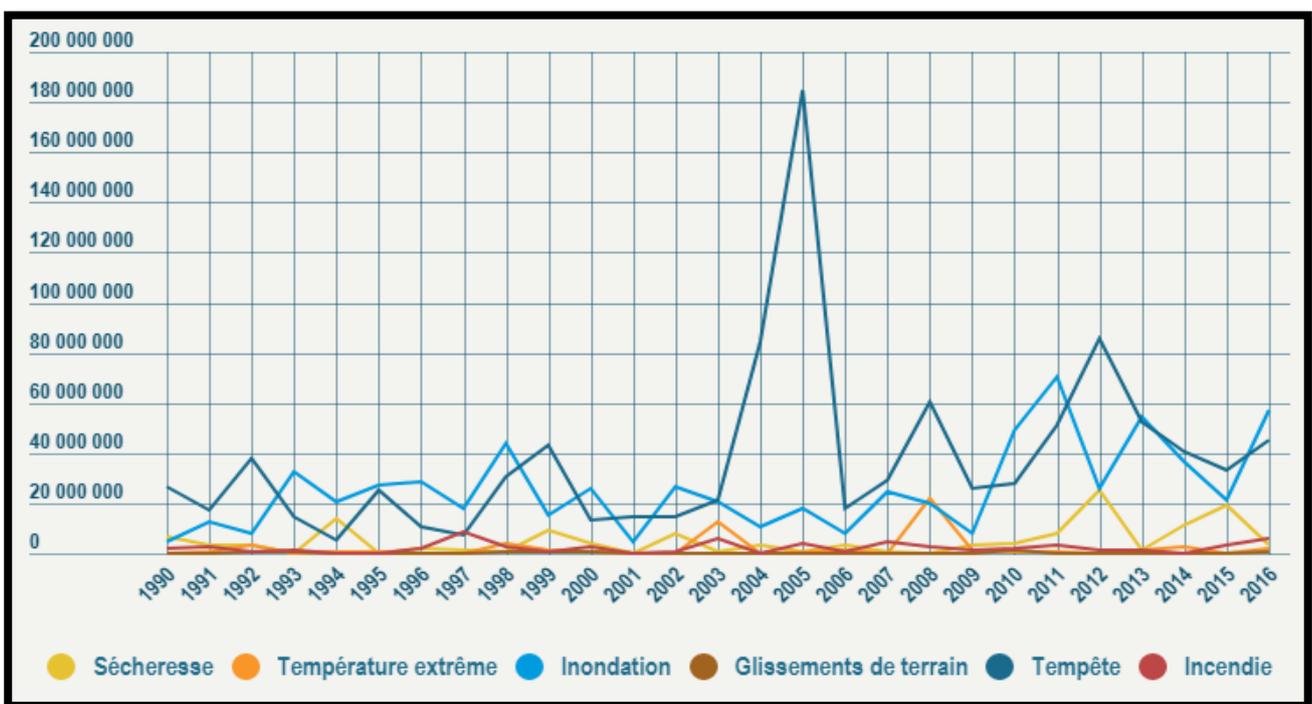


Figure I.4 : coût total ( en millier de dollars ) par type de catastrophe

Le tableau suivant présente les dégâts des pays touché par les inondations :

**Tableau I.1** : les dégâts des pays touché par les inondations (Source : CRED)

Pays	L'année d'inondation	Dégâts des inondations
Chine	2017	128 morts 42 personnes disparues Les dégâts sont estimés a plus de 5.13 milliards d'euros
Inde (Népal et Bangladesh)	2017	175 morts 36 personnes disparues 21000 personnes ont été déplacées 48000 foyies ont été totalement submergé par les inondations
Philippine	2015	54 morts 16000 personnes ont été déplacées 200000 maisons ont été endommagées
Japon	2017	15 morts 22 personnes disparues
L'États-Unis (Texas)	2017	40 morts Dégâts estimés plus de 30 milliards de dollars
Indonésie	2016	47 morts 22 personnes disparues



**Figure I.5** : inondation du chine 2017



**Figure I.6** : inondation du philippine 2015

### 1.2. Les inondations en Algérie

L'Algérie est confrontée aux phénomènes de crues et d'inondations qui se manifestent de façon catastrophique constituant ainsi une contrainte majeure pour le développement économique et social, ces inondations sont les catastrophes naturelles les plus destructives et même les plus fréquentes et provoquent d'importants dégâts humains et matériels.

Plusieurs régions de notre pays sont régulièrement menacées par ces catastrophes naturelles dont les impacts sont souvent intensifiés par d'autre facteur qui aggravent les effets de crues tels que :

- L'urbanisation anarchique par l'occupation des zones inondables
- La défaillance des réseaux d'assainissement et de collecte des eaux pluviales

- Le gonflement des oueds par les décombres et les détritiques

Ces événements dramatiques engendrant souvent des bilans lourds de dégâts humains et matériels ne sont pas toujours liés à des situations météorologiques exceptionnelles surviennent dans beaucoup de régions suite à des épisodes pluvieux saisonniers et n’ayant rien d’exceptionnel.

L’inventaire des inondations catastrophiques à travers le pays établi pour les 30 dernières années montre qu’il n’existe pas de régions prémunies contre ce risque et que ces événements sont imprévisibles dans le temps et l’espace .

Cet inventaire fait ressortir les grandes inondations engendrées par des pluies exceptionnelles généralisées sur des grands bassins versants: **les inondations de l’automne 1969 en Algérie et en Tunisie, les inondations catastrophiques de mars 1973 sur l’Est Algérien, les inondations de mars 1974 des bassins versants de l’Algérois et de la Sebou, les inondations de décembre 1984 sur tout l’Est Algérien et les inondations urbaines** affectant surtout les agglomérations et les villes provoqués par des orages localisés d’automne et d’été et dont les conséquences dramatiques pourraient être évités si ce n’est d’autres facteurs qui les amplifient(Mme TAHAR.S 2013 et LAHLAH.S 2004 ).

Les risque d’inondations sont dus, donc a l’interaction complexe de plusieurs composantes, c’est le produit de concomitance de facteurs topographiques, géologiques, hydrologiques et métrologiques.

La Dans la présente étude, nous avons choisi trois facteurs influençant le risque d’inondation (pente, altitude et exposition des versants).L’intégration de ces facteurs dans un système d’information géographique (SIG) nous a permis d’élaborer une carte de risque d’inondation

L’Algérie a été frappée par des inondations catastrophiques entre (1970-2000) et sont montrés dans le tableau suivant :

**Tableau I.2** : les inondations catastrophiques prévenus L’Algérie (1970-2000) (LAHLAH 2004)

Date	Inondation	Pluie journalier (mm)	Dégâts
12 octobre 1971	Fortes pluies orageuses localisés a Azzazga	182.6	40 morts et certaines d’habitation détruites
28 au 31mars 1974	Pluies exceptionnelles dans les wilayas d’Alger et Tizi Ouzou	381	52mort 4570maisons détruites 130 villages isolés 13 ponts détruits et dizaines kilomètres de routes emportés Dégâts évalués à 27 millions DA
01 septembre 1980	Pluies orageuses violentes à la ville d’El Eulma provoque des crues catastrophiques	--	44 morts 50 blesses 365familles sinistrées

	de l'oued Djehadi		
05 juillet 1987	Pluies orageuses très violentes à Batna	57	02 morts Des dizaines de familles sinistrées Degat évalués à 175millions de centimes
06 février 1996	Forte pluie dans la daïra d'El khemis à AIN Defla	81	158 familles sinistrées Importants dégâts matériels
14 janvier 1999	Fortes chutes de pluies à Adrar	74	12 morts et plusieurs disparus 174 habitations en toub détruites dans les localités de : Reggane, Tsabit, Timmimoun
14 octobre 2000	Fortes pluies dans la wilaya de Ain Temouchent	56mm/04h	04 morts et plusieurs disparus Plusieurs habitations démolies et immenses dégâts matériels



Figure I.7 : inondation du philippine 2015



Figure I.8 : inondation du philippine 2015

### 1.3. Les inondations d'Ain Temouchent

Ain Temouchent est connu depuis plusieurs années par les fortes pluies et les orages qui ont causées des inondations importantes. En 1984,1996, 2000 et décembre 2008 des inondations ravageuses associées aux crues de l'oued qui ont causé d'importants dégâts matériels. En 2008, des fortes pluies ont touchées la région d'Ain Temouchent ont eu pour conséquence de bloquer la circulation sur plusieurs routes dont celle de Terga à cause de débordement d'Oued Senane où les eaux ont emporté dans leurs course deux véhicules dont l'un des passagers a été retrouvé sans vie à hauteur de la plage. (Mlle. HADDOU Fatima Zohra & Mlle. LOUKILI Samira 2016).

Selon la protection civile de la région, Ain Temouchent a subi plusieurs inondations durant la période entre 2011, 2012 et 2013, d'où elles ont causées la perte de quatre victimes. En plus, et

selon la direction de l'hydraulique d'Ain Temouchent nous ajoutons celle la plus récente les inondations catastrophiques du 22 et 23 janvier 2014 sont dus aux crues exceptionnelles



**Figure I.9:** Photo des inondations de Sep 2013 en face du quartier Didi Lakhdar



**Figure I.10 :** Photo des inondations de la ville d'Ain Temouchent près du Siège SONALGAZ

#### 1.4. Définition et genèse du phénomène d'inondation

Une inondation est une submersion rapide ou lente d'une zone habitée ordinairement hors d'eau. Le risque inondation est la conséquence de deux composantes :

- L'eau qui peut déborder de son lit habituel d'écoulement et l'homme qui s'installe dans l'espace alluvial
- L'importance de l'inondation dépend de la hauteur d'eau, la vitesse du courant et la durée de la crue

Ces paramètres sont conditionnés par la précipitation, l'état du bassin versant et les caractéristiques du cours d'eau (profondeur, largeur, etc...). Ces caractéristiques naturelles peuvent être aggravées par la présence d'activités humaines. (BACHIM 2010)

Il existe 4 type d'inondation :

- **L'inondation a montée lente** : c'est les inondations de plaine se produisent lorsque la rivière sort lentement de son lit mineur et inonde la plaine pendant une période relativement longue. La rivière occupe ensuite son lit moyen et éventuellement son lit majeur
- **L'inondation a montée rapide** : lorsque des précipitations intenses, telles des averses violentes, tombent sur tout un bassin versant, les eaux de ruissellement se concentrent rapidement dans le cours d'eau engendrant des crues rapides, brutales et violentes. Généralement le temps de concentration est inférieur à 12h ce qui rend parfois difficile l'information de la population.

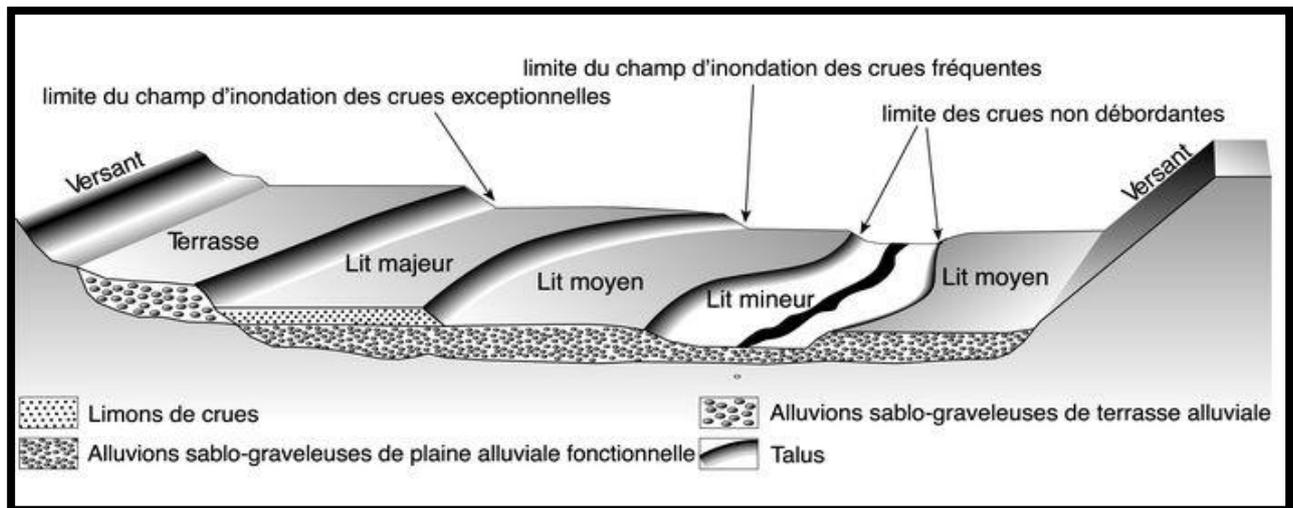
- **L'inondation par ruissellement pluvial (diffus)** : l'imperméabilisation du sol due aux aménagements (bâtiments, routes, parking...) limitent l'infiltration des précipitations dans le sol et accentuent le ruissellement. Ceci occasionne souvent la saturation et le refoulement du réseau d'assainissement des eaux pluviales. Il en résulte des écoulements plus ou moins importants et souvent rapides dans les rues.
- **L'inondation par submersion marine** : cela désigne une inondation temporaire de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques extrêmes, pouvant cumuler dépression atmosphérique, vent violent, forte houle, associés aux phénomènes marégraphique provoquant une élévation du niveau moyen de la mer, aggravés lorsque ces phénomènes se conjuguent à l'occasion d'une tempête.

### **1.5. La plaine alluviale**

Une plaine alluviale est une surface topographique à faible dénivelé, située en fond de vallée, constituée d'alluvions (galets, graviers, sables, argiles, limons...) et assimilable à la zone inondable d'un cours d'eau. Sa mise en place résulte du passage à répétitions de crues de différentes intensités suivant deux mécanismes:

- une migration latérale du cours d'eau et une accrétion verticale provoquée par les inondations.
- La migration latérale laisse en place des dépôts de sédiments relativement grossiers, dont la structure reflète le tri et la morphologie propre au chenal; elle façonne aussi la plaine en laissant des terrasses fluviales.

Les inondations laissent en place des dépôts de débordement composés de sédiments relativement fins. La combinaison des dépôts et des formes associées constituent les unités morphologiques de la plaine alluviale (lit mineur, moyen, majeur, majeur exceptionnel) (figure I.1 ). Ces unités sont encadrées par des reliefs plus ou moins marqués appelés unités encaissantes, pouvant être des roches en place (versant) ou des formations alluviales anciennes (ELIE SERGE 2013).



**Figure I.11** : Les unités géomorphologiques d'une plaine alluviale

### 1.6. Contexte des inondations de la gestion des risques:

La notion de risque est communément définie comme la combinaison de deux composantes qui sont l'aléa et la vulnérabilité.

« Il n'y a pas de risque sans aléa naturel, il n'y en a pas sans élément vulnérable exposé ».

Chez les spécialistes de l'étude des risques, il est désormais courant de définir le risque comme résultante du croisement entre aléa et vulnérabilité. Pour le risque d'inondation l'aléa représente le phénomène naturel aléatoire traduit par le débordement du cours d'eau et l'extension de l'eau dans le champ d'inondation. La vulnérabilité transcrit quant à elle la sensibilité de l'occupation du sol et de la société au phénomène d'inondation. Elle comprend intrinsèquement une notion d'acceptabilité, au sens socio-économique, des dommages potentiels encourus. (BENMIA.K 2012 IN ESTUPINA. 2004)

La caractérisation du risque est une problématique délicate. Pour aboutir à une quantification objective du risque, la méthode Inondabilité vise à mesurer dans la même unité et à comparer les deux facteurs indépendants que sont l'aléa et la vulnérabilité. Sa mise en œuvre sur un bassin versant consiste en une modélisation hydrologique (Débit-durée-Fréquence), couplée à une modélisation hydraulique et de l'occupation du sol pour aboutir à une représentation cartographique du risque. Par ailleurs, la quantification du risque est estimée à l'aide d'une différence (Risque =  $\Delta$  (aléa, vulnérabilité)) contrairement aux approches traditionnelles qui privilégient souvent un produit :

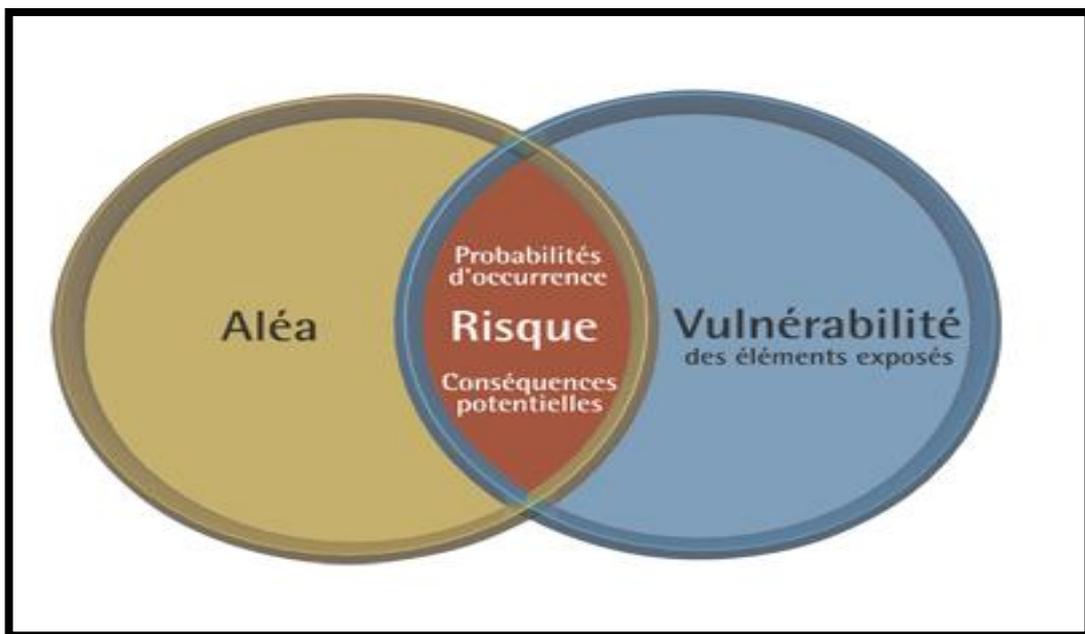
- (Risque = Coût  $\times$  probabilité), permettant ainsi la définition d'un risque acceptable ( $\Delta$  négatif).

Une augmentation du risque d'inondation dans une plaine alluviale peut être due à un accroissement des enjeux ou une augmentation de l'aléa. Par exemple, l'urbanisation est fréquemment responsable d'une croissance du risque pour deux raisons :

- La construction d'habitations en plaine alluviale accroît les enjeux.
- L'implantation de bâtiments, parkings, de routes... imperméabilise une partie du bassin versant et entraîne un accroissement du ruissellement, une augmentation du débit de pointe et une réduction du temps de concentration dont il résulte une augmentation de l'aléa et une réduction du temps disponible pour faire face.

### **1.7. Evaluation du risque d'inondation**

Puisque le risque inondation est caractérisé par deux composantes l'aléa inondation et la vulnérabilité des enjeux exposés (Figure I.2 ), alors l'évaluation de celui -là se base à la fois sur l'évaluation de ces deux derniers. Ainsi, évaluer le risque inondation veut dire apprécier, estimer, quantifier, calculer et mesurer la valeur de l'aléa, délimiter ,localiser, identifier, peser, chiffrer et analyser l'importance de la vulnérabilité.



**Figure I.12 : risque inondation**



Figure I.13 : les composantes de risque inondation

1.7.1. L'aléa

L'aléa est un événement, processus ou phénomène et interprété comme menaçant. Un aléa naturel provient de l'espace physique naturel (séisme, tornades, inondations).(PAULINE TEXIER 2009)

L'aléa est calculé à l'aide des résultats du modèle hydraulique pour la crue centennale de référence en termes de cotes maximales atteintes par les écoulements de crue et en termes de vitesses.

En ce qui concerne l'estimation et le zonage des vitesses d'écoulement, une différenciation qualitative a été adoptée (« faible » ( $V < 0,5$  m/s), « moyenne » ( $0,5 \text{ m/s} < V < 1$  m/s) et « forte »  $V > 1$  m/s).

Trois niveaux d'aléa sont définis : faible, moyen, fort. Leurs caractéristiques sont déterminées en fonction des hauteurs d'eau H et des vitesses V comme indiqué dans la figure ci-dessous :

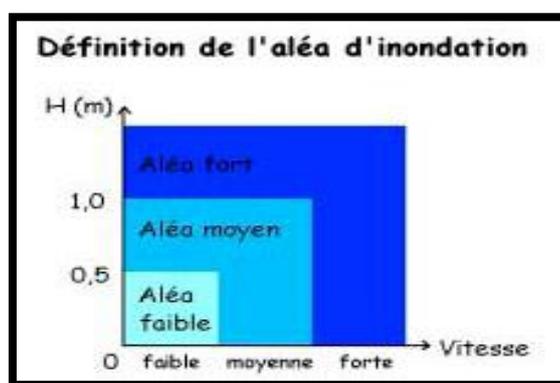


Figure I.14 : Définition de l'aléa (PPRI 2004)

- **L'aléa est considéré fort** dans les zones inondables où les hauteurs d'eau sont supérieures à 1 m ou les vitesses fortes.
- **L'aléa est considéré moyen** dans les zones inondables où pour des hauteurs comprises entre 0,5 et 1m, les vitesses d'écoulement sont faibles à moyennes, ou pour des vitesses moyennes, les hauteurs d'eau restent inférieures à 1 m.
- **L'aléa est considéré faible** dans les zones inondables où les hauteurs d'eau sont inférieures à 0,5 m et les vitesses faibles (PPRI 2004).

### **1.7.2. La vulnérabilité**

Outre les aléas, l'élément clé de l'analyse du risque est la vulnérabilité des espaces urbains et notamment des mégapoles. La vulnérabilité est humaine, socioéconomique, institutionnelle. Elle inclut l'existence ou l'absence de mesures de protection que certains pays prennent et d'autres non. Elle met en question la résilience de la société face à ces " crises " d'origine naturelle. Le fait que la population de certaines villes des pays en développement continue à accepter le risque et la catastrophe encore largement considérés comme envoyés par Dieu ou le Diable, est un facteur supplémentaire de vulnérabilité. (site web :[2] )

La vulnérabilité implique une approche systémique, indispensable mais complexe notamment quand il s'agit d'analyser la ville et plus encore la mégapole. La ville multiplie, amplifie, diversifie les facteurs de vulnérabilité, laquelle découle du fonctionnement même de la ville, de ses logiques d'organisation spatiale et des dynamiques territoriales. Les aspects économiques, sociaux et organisationnels, le patrimoine, les éléments environnementaux peuvent être des facteurs de vulnérabilité comme :

- **La densité de population** (l'extension du bâti)
- **Les facteurs techniques** (sous-dimensionnement des ouvrages d'évacuation et de traitement des eaux usées..)
- **Les éléments sociaux-économiques** (ils définissent au moins pour partie les modes d'occupation des sols, la ségrégation sociale, la fragmentation spatiale)
- **L'acceptation du danger** (le danger est parfois accepté contre un logement ou un emploi ; la pauvreté comme facteur de vulnérabilité)
- **Les facteurs psychologiques** (ignorance du danger, absence de conscience du risque)
- **Les facteurs politiques et ceux liés à l'histoire des sociétés : les facteurs institutionnels et politico-administratifs** (absence de réflexion sur les programmes de planification urbaine)
- **Les facteurs structurels** (localisation et moment précis de l'impact)

- **Les facteurs fonctionnels** (mauvaise gestion des crises, mauvaise organisation des aspects techniques et humains)

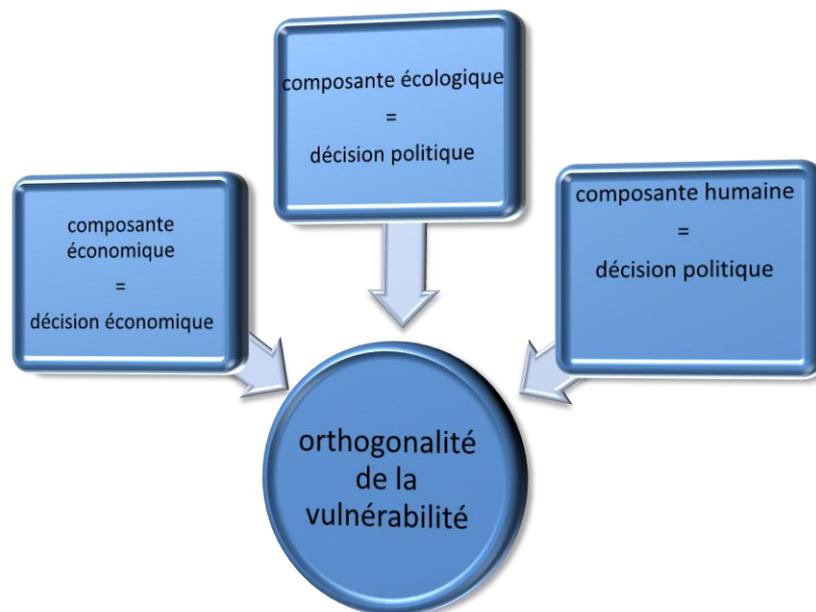
### 1.7.3. Les enjeux

Ce sont les éléments vulnérables exposés. Ils sont à la fois de nature humaine et matérielle

### 1.7.4. Orthogonalité de la composante vulnérabilité du risque

Un aspect de la vulnérabilité qu'il est important de connaître est l'orthogonalité ou l'indépendance de ses trois composantes principales. La vulnérabilité comporte trois composantes: écologique, humaine ou sociale, et économique (BLIN 2001).

Cette orthogonalité des composantes, illustrée à la Figure 05.



**Figure I.15 :** Orthogonalité de la vulnérabilité

## 1.8. Typologie des risques d'inondation

A l'exception de phénomènes rares de rupture de digue de barrage, l'inondation est toujours le résultat de précipitations internes. Selon la nature du processus aboutissant à l'inondation (origine, dynamique temporelle et spatiale) il est classique de distinguer trois grands types de risque d'inondation, qui dans la réalité, se trouvent souvent combinés.

### 1.8.1. Le risque d'origine pluvial

L'étude du ruissellement pluvial demande une étude des pluies : intensité, durée, cumuls, étendue, fréquence. En fonction des conditions locales, les inondations par ruissellement font donc généralement suite :

- soit à une pluie, éventuellement brève, mais de très forte intensité (plus de 50 mm/h). Dans ce cas, les débits d'eau arrivant au sol sont supérieurs aux capacités d'infiltration ou

d'entrée dans le réseau d'assainissement et, la totalité des eaux ne pouvant être prise en charge, une partie ruisselle en surface.

- soit à un cumul important de pluie pendant plusieurs jours, saturant sols, réseaux et ouvrages de rétention, et entraînant le ruissellement de l'eau. Chaque surface émergée peut être découpée en bassins versants, qui sont des surfaces caractérisées par le fait que la totalité des eaux tombées sur celles-ci rejoint un seul et même exutoire.

### **1.8.2. Le risque fluvial**

Est le résultat de débordement exceptionnel de cours d'eau en plaine, généralement caractérisé par des montées lentes des eaux et des vitesses d'écoulement modérées sur des surfaces de faible pente. Les zones exposées constituent généralement des secteurs de forte extension sur lesquels l'homme s'est implanté depuis longtemps.

### **1.8.3. Le risque torrentiel**

Est le résultat de débordement exceptionnel de cours d'eau de montagne, généralement caractérisé par des montées rapides des eaux et des vitesses d'écoulement élevées sur des surfaces de fortes pentes. Les zones exposées sont souvent limitées mais la violence la rapidité du phénomène le rend particulièrement dangereux. (BENMIA 2012)

## **1.9. Genèse des crues et réponse hydrologique**

La nature et l'origine des crues ou « hautes eaux » sont liées aux régimes hydrologiques et à la taille du bassin versant. On distingue les crues généralement selon leur cause, à savoir :

- Les crues d'averses (fortes pluies de plusieurs jours ou averses orageuses localisées).
- les crues de fonte de neige.
- les crues d'embâcle et de débâcles de glace.

Les Facteurs d'influence de la réponse hydrologique sont :

- Facteurs « externes » : les conditions climatiques du milieu et la pluviosité
- Facteur « internes » : la morphologie du bassin versant, les propriétés physique du bassin, la structuration du réseau hydrographique et l'état antécédent d'humidité.

## **1.10. Mesure de gestion du risque d'inondation**

L'ampleur du risque d'inondation en France et dans le monde nous éclaire sur les fortes motivations de tous les acteurs impliqués dans la mise au point de mesures de réduction de ce risque. Cependant n'oublions pas que le cours d'eau est le lieu de nombreux usages socioéconomiques qu'il faut satisfaire. Ainsi, les mesures de gestion devront également prendre en

compte les contraintes imposées par le maintien d'une richesse écologique et d'une ressource en eau suffisante (eau potable, activité de baignade, activité sportive aquatique). (DEFrance – 2009)

Une première typologie possible des modes de gestion du risque d'inondation découle directement de la dichotomie du risque en aléa et vulnérabilité. Elle conduit à différencier :

- Les mesures structurelles visant à modifier l'aléa par des mesures techniques (construction d'un barrage, la rectification de la section d'un cours d'eau, édification de digues...).
- Les mesures non structurelles qui agissent sur la vulnérabilité en cherchant à réduire les dommages potentiels soit de façon pérenne hors contexte de crise (contrôle de l'occupation du sol et de son usage), soit en réaction directe à l'événement (prévision, annonce de crue, organisation des secours...).

Une deuxième typologie, qui semble plus intéressante, redistribue les précédentes mesures selon trois champs d'intervention :

- Culture du risque (Volet communication).
- prédétermination et prévention du risque (Volet aménagement et réglementation).
- prévision et alerte (Volet gestion de crise). (BLIN – 2001)

### **1.11. Interaction hydrologie-inondation**

D'une façon très générale, l'hydrologie peut se définir comme l'étude du cycle de l'eau et l'estimation de ses différents flux. L'hydrologie au sens large regroupe :

- la climatologie, pour la partie aérienne du cycle de l'eau (précipitations, retour à l'atmosphère, transferts, etc.)
- l'hydrologie de surface au sens strict, pour les écoulements à la surface des continents
- l'hydrodynamique des milieux non saturés pour les échanges entre les eaux de surface et les eaux souterraines (infiltration, retour à l'atmosphère à partir des nappes, etc.)
- l'hydrodynamique souterraine pour les écoulements en milieux saturés.

L'hydrologie de surface est la science qui traite essentiellement des problèmes qualitatifs et quantitatifs des écoulements à la surface des continents. Ces problèmes se ramènent généralement à des prévisions (associer à une date une certaine grandeur) ou des prédéterminations (associer à une grandeur une certaine probabilité) de débits ou de volume en un point ou sur une surface.

(LABORDE – 2000)

## 2. Présentation de la zone d'étude:

### 2.1. Contexte géographique :

#### 2.1.1. Ain Temouchent :

La wilaya d'Ain Temouchent située à l'ouest de l'Algérie entre les wilayas d'Oran, Tlemcen et Sidi-Bel-Abbès. Avec une superficie d'environ 2 377 km<sup>2</sup>. La population est estimée à 415996 habitants, au 2017, avec une densité de 150 hab /km<sup>2</sup>. La wilaya d'Ain Temouchent compte: 8 daïras, 28 communes.

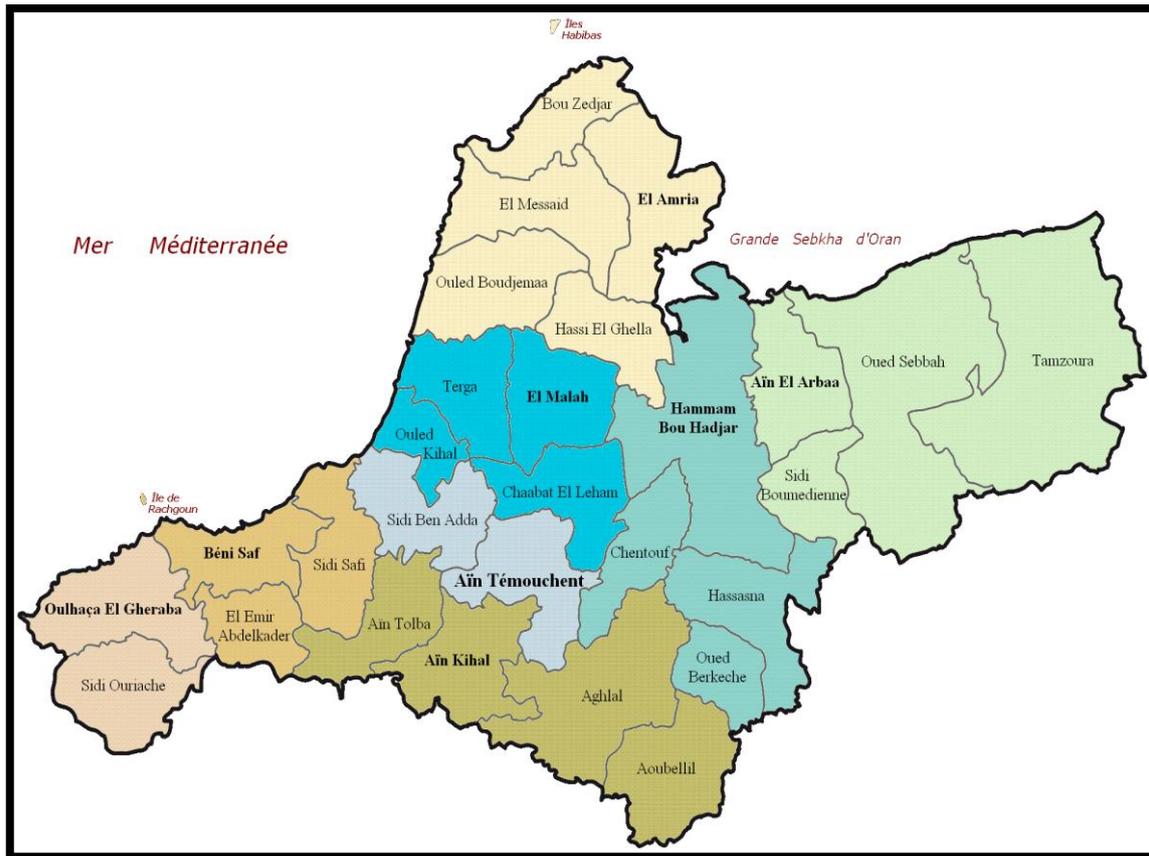


Figure I.16 : carte administrative de la wilaya d'Ain Temouchent.

#### 2.1.2. Zone d'étude (commune de Tamazoura) :

Tamazoura (Saint-Maur pendant une partie de la colonisation française) daïra d'Ain el arba est située à l'est de la wilaya d'Ain Témouchent. C'est la commune la plus étendue de la wilaya, avec une superficie de 229,06 km<sup>2</sup>. La population est estimée à 9 944 habitants en 31 décembre 2010 avec une densité de 43 hab /km<sup>2</sup>.

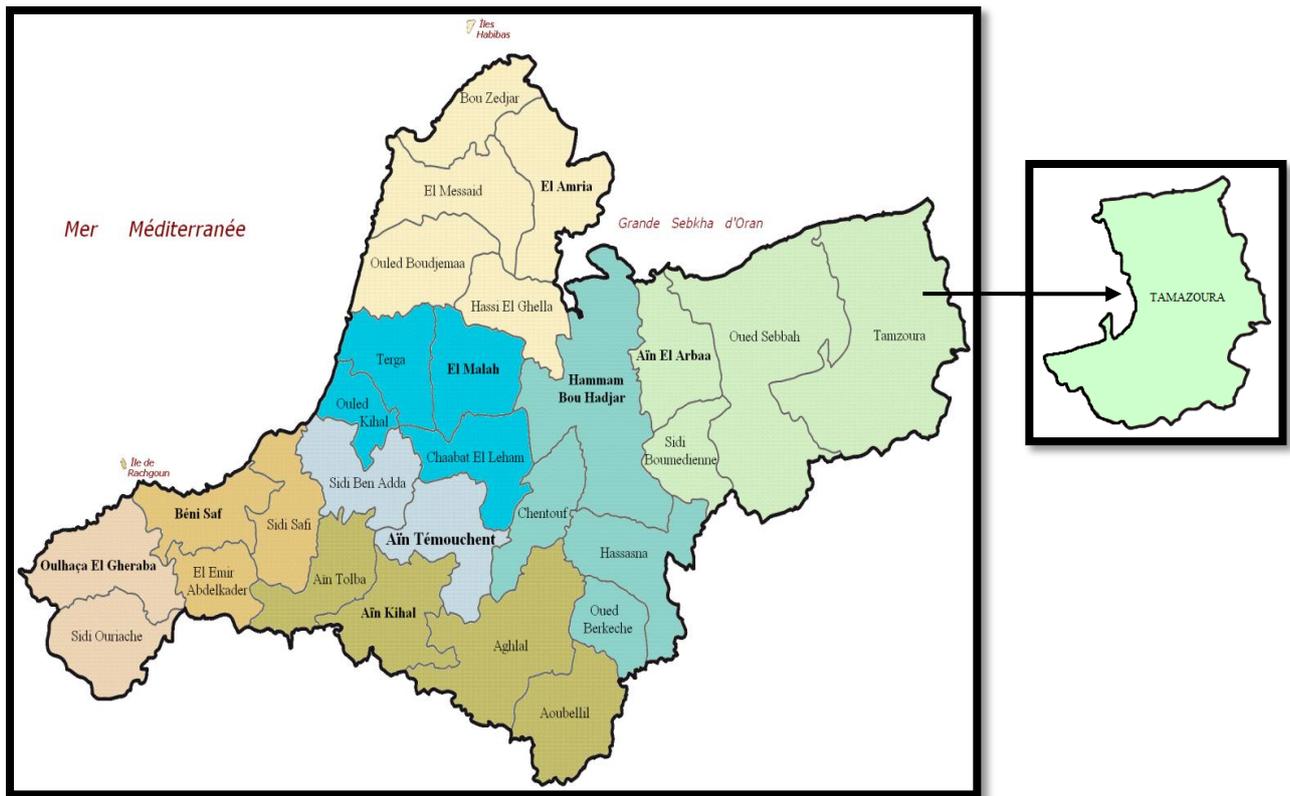


Figure I.17 : situation géographique de la commune de Tamazoura

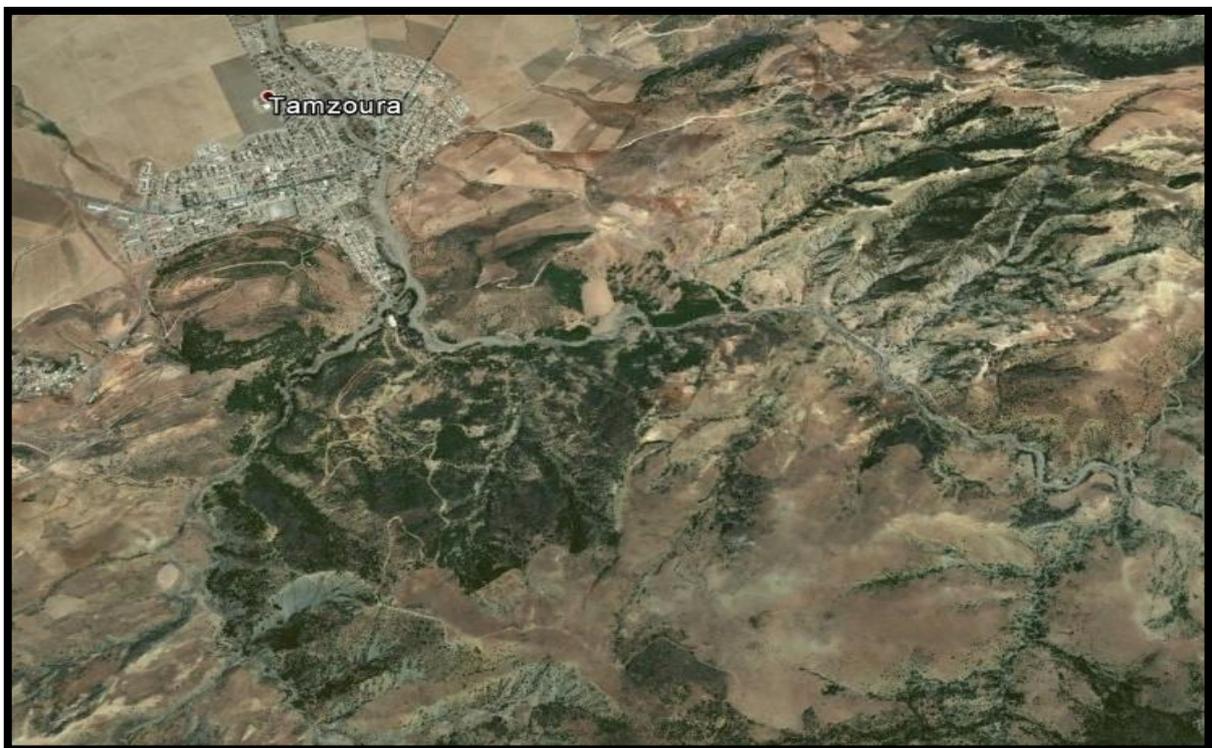


Figure I.18 : zone d'étude prélevée de Google Earth

**2.2. Contexte Topographique :**

La zone d'étude se définit par un relief montagneux et accidenté avec des pentes assez importantes et des altitudes comprises entre 150m et 900m. Toutes les caractéristiques topographiques de cette zone donnent l'avantage à des écoulements de grandes vitesses engendrant ainsi sur laps de temps très court des crues qui peuvent être catastrophiques.

**2.3. Contexte géologique :**

La commune comprend deux zones très contrastées. Dans sa partie nord, elle est située dans la grande plaine de la Mleta qui s'étend au sud de la Grande Sebka d'Oran. L'altitude de cette plaine passe du nord au sud, de 89 m d'altitude en bordure du lac salé à 200 m au pied des premiers contreforts montagneux. La zone sud de la commune est montagneuse, située dans le versant nord des monts du Tessalah, ici nommés djebel Bou Hanech, qui y culmine à 900 m environ.

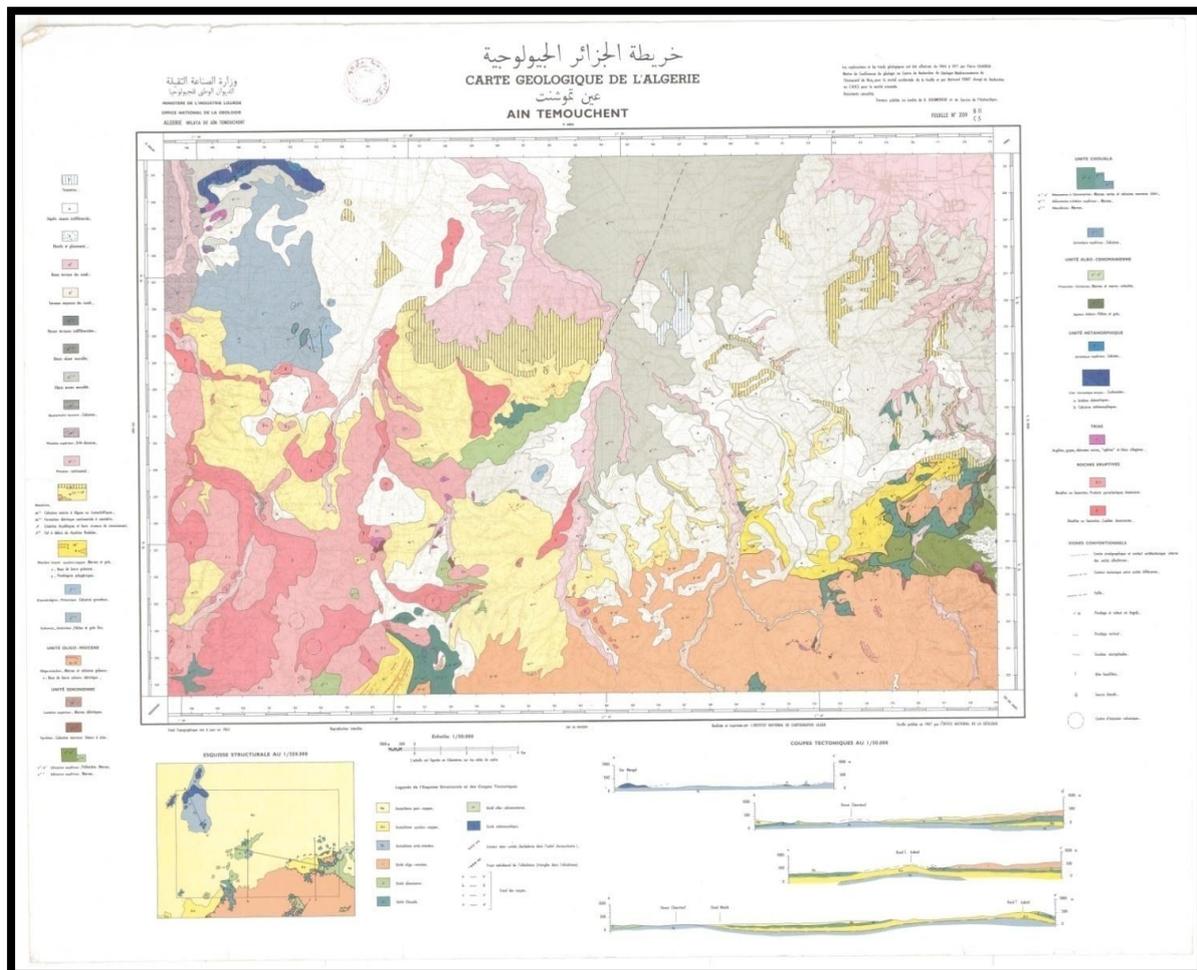


Figure I.19 : Carte géologique de Ain Temouchent

**2.4. Situation climatique :**

L'étude du climat est nécessaire, elle nous informe sur la pluviométrie de la région, les températures et les vents.

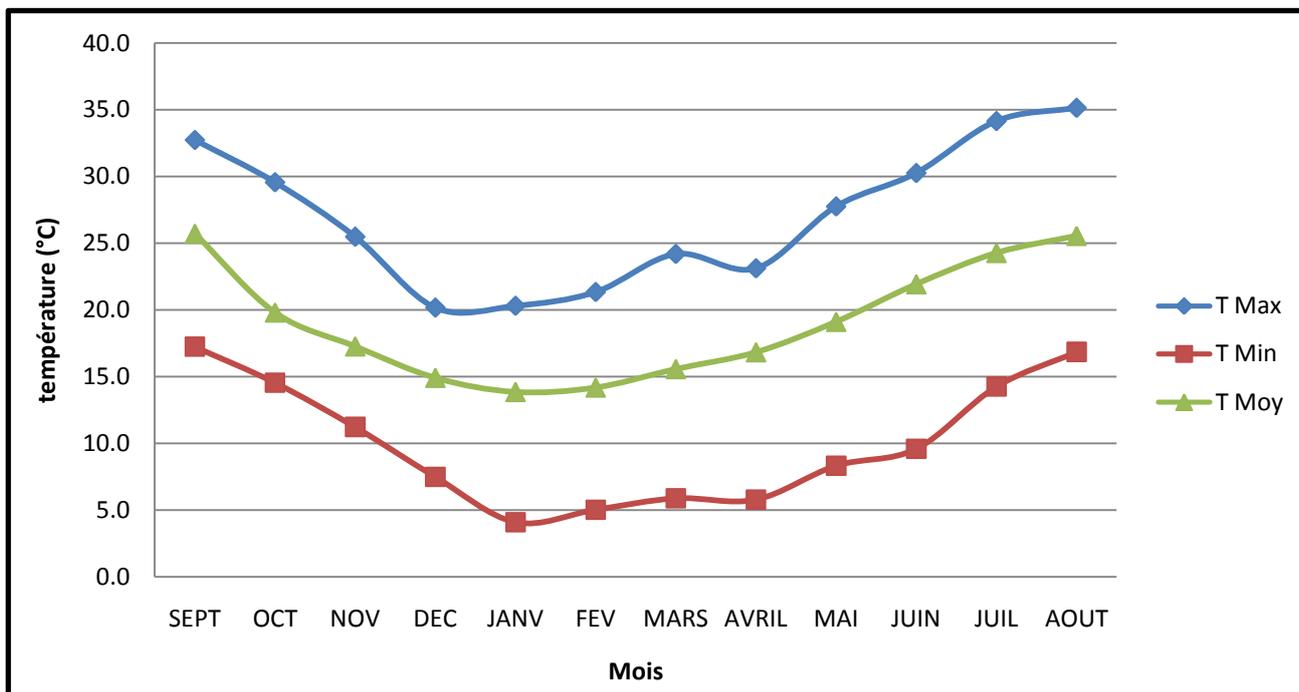
**2.4.1. Température :**

La température moyenne mensuelle oscille entre 5.0 °C et 35.1 °C ; avec une moyenne annuelle de 19.1 °C. Le tableau suivant donne les moyennes arithmétiques de la température interannuelle de la station de Tamazoura entre (1990-2001).

**Tableau I.3 :** Températures moyennes mensuelles et annuelles à la station de Tamazoura (1990-2001).

paramètres	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	moyenne
T MAX	32.7	29.6	25.5	20.2	20.3	21.3	24.2	23.1	27.8	30.3	34.1	35.1	27.0
T MIN	17.2	14.5	11.2	7.5	4.1	5.0	5.9	5.8	8.3	9.6	14.2	16.8	10.0
T MOY	25.6	19.8	17.3	14.9	13.9	14.2	15.6	16.8	19.1	21.9	24.3	25.7	19.1

Source : ANRH Oran



**Figure I.20 :** température minimale, moyenne et maximale de la région de Tamazoura (période 1990-2001)

**Interprétation:** Après une analyse de la Figure II.5 on remarque que les températures moyennes mensuelles de la région de Tamazoura varient en distinguant le mois le plus froid de l'année qui est janvier avec une température de 13.9 °C et le mois d'aout est le plus chaud de l'année avec une température de 25.7 °C. La température moyenne annuelle de la région est de 19.1 °C.

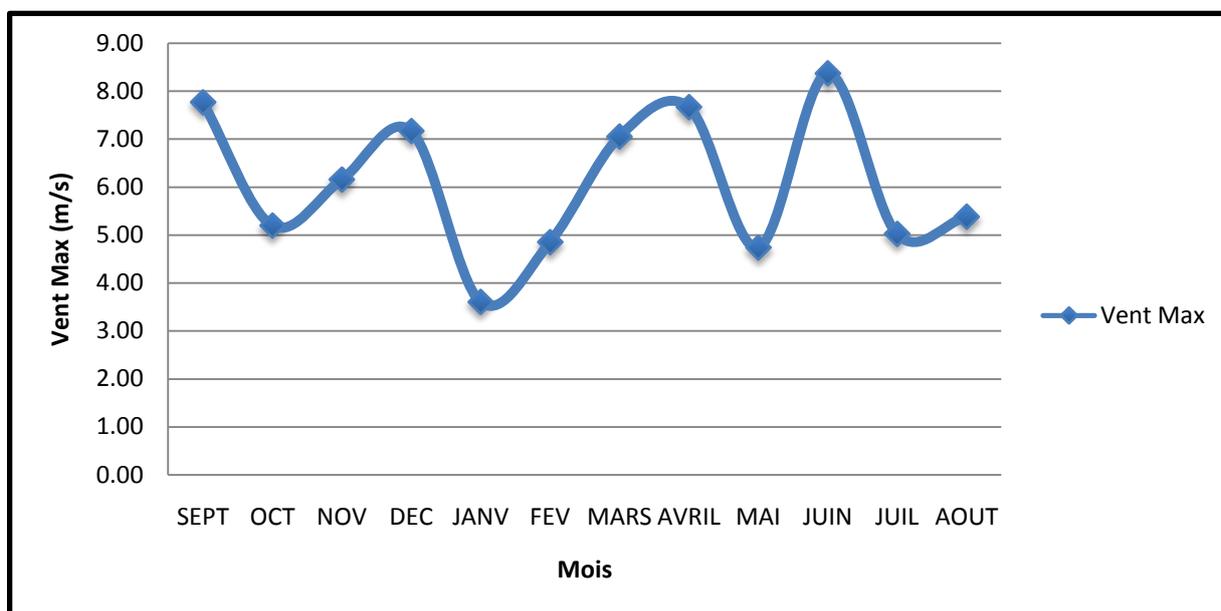
**2.4.2. Le vent :**

Le tableau II.2 présente les données de la station de Tamazoura des mesures de la vitesse du vent au sol.

**Tableau I.4 :** valeur de vent de la région de Tamazoura (1990-2001)

Paramètres	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Vent Max (m/s)	7.76	5.19	6.15	7.16	3.60	4.85	7.05	7.66	4.73	8.37	5.02	5.38

Source: ANRH oran 2018



**Figure I.21 :** courbe de vent max

**Interprétation:** La vitesse moyenne de vent qui définit cette région est de 6.08 m/s. au cours de l'année la vitesse du vent peut augmenter jusqu'à 8.37 m/s (mois de juin) ou descendre jusqu'à 3.60 m/s (mois de janvier)

### 2.4.3. La pluviométrie :

Sont dénommées précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...) elles sont provoquées par un changement de température ou de pression. Les précipitations constituent l'unique "entrée" des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants. (L'HYDROLOGIE DE L'INGENIEUR 1960 )

Les tableaux II.3, II.4, II.5, II.6, présentent les données de la pluviométrie de la station de Tamazoura (Code 40405) de la période de 1980 à 2017.

**Tableau I.5 :** pluie annuelle (mm) (1980-1990)

Année	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
<b>Pluviométrie (mm)</b>	368.8	163.7	378.6	305.5	349	350.2	294.7	253.9	184.5	276.1	447.7

**Tableau I.6 :** pluie annuelle (mm) (1991-2001)

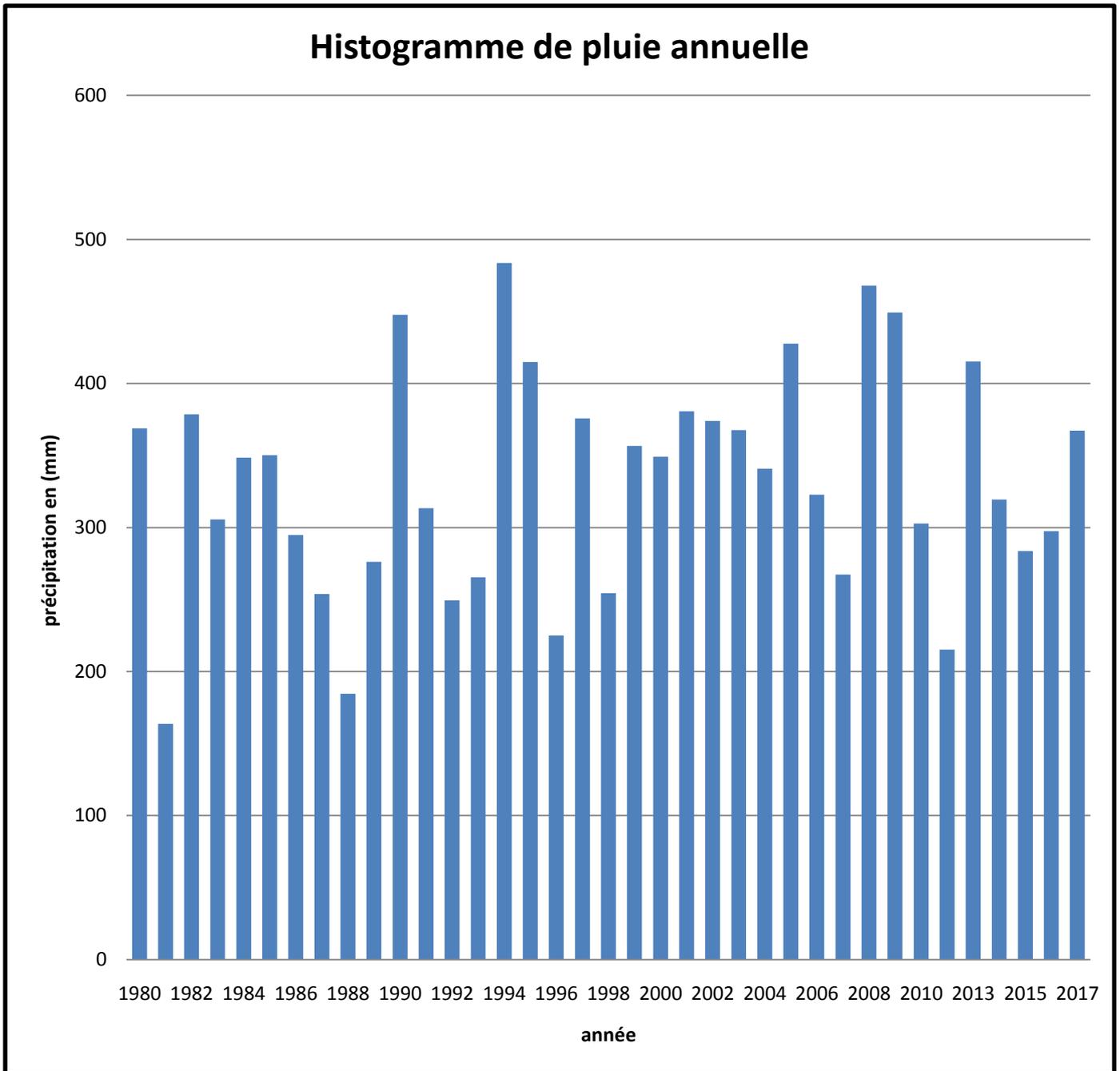
Année	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>Pluviométrie (mm)</b>	313.4	249.4	265.3	483.6	414.8	225	375.8	254.4	356.6	349.1	380.7

**Tableau I.7 :** pluie annuelle (mm) (2002-2011)

Année	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Pluviométrie (mm)</b>	374	367.6	340.8	427.7	322.7	267.3	467.9	449.3	302.7	162.2

**Tableau I.8 :** pluie annuelle (mm) (2012-2017)

Année	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Pluviométrie(mm)</b>	215.30	415.29	319.33	283.60	297.45	367.23



**Figure I.22 :** Histogramme de pluie annuelle

**Interprétation:** d'après la figure I.25, On remarque que durant ces 39 dernières années la région à connu deux périodes différentes :

- La période de sécheresse où la pluie annuelle varie entre 163.7 mm et 254.4 mm.
- La période où la pluie annuelle peut atteindre 483.6 mm.

#### **2.4.4. Sols et végétation :**

Les quantités d'eau disponibles pour l'écoulement de surface sont influencées par le couvert végétal.

La végétation joue le rôle de retardateur en période de crue, en effet le ruissellement est ralenti et la pointe de crue est atténuée par ailleurs, l'écoulement étant plus long, la part d'eau reprise par l'évapotranspiration augmente et le volume de la crue diminue.

Pour caractériser le couvert végétal, on utilise le pourcentage des surfaces occupées par chaque type de végétation. Selon le climat on se contente de différentes classes ( forêt, culture, pâturages et friches etc... ) .

La détermination des surfaces occupées par chaque type de végétation est difficile car les documents cartographiques les mentionnant sont rares et bien souvent dépassés. Par exemple, le type de culture peut changer d'une année à l'autre ( prairies-cultures).

# ***CHAPITRE II***

## ***ETUDE MORPHOLOGIQUE***

## Introduction

Les paramètres physiques et morphologiques du bassin versant jouent un rôle déterminant dans le développement des crues de l'oued de Tamazoura, wilaya d'Ain Temouchent.

ce deuxième chapitre a pour but de :

- Déterminer le bassin versant
- Etudier les caractéristiques physiques et morphologiques du bassin versant.

## 1. Caractéristiques géométriques du bassin versant

### 1.1. La surface du bassin versant

Les précipitations et l'alimentation des cours d'eau sont reçus par la surface du bassin versant, ce qui veut dire que tous les débits sont en relation avec cette surface.

La surface du bassin versant peut être mesurée par superposition d'une grille dessinée sur papier transparent, par l'utilisation d'un planimètre ou, comme dans notre cas l'utilisation du logiciel Globale Mapper.

#### ➤ Logiciel Globale Mapper

Global Mapper est un logiciel de système d'information géographique (SIG) qui fonctionne sous Microsoft Windows. Global Mapper gère à la fois les données vectorielles, raster et d'élévation, et fournit des fonctions de visualisation, de conversion et d'autres fonctionnalités SIG générales. Après numérisation de la carte d'état major 1/50 000, on suit les étapes suivantes :

- a. Géo référencement de la carte par calage sur logiciel MAP INFO
- b. Injection de la carte dans le logiciel Global Mapper
- c. création des couches (relief, world imagery, SRTM, la carte ..... ) on utilise les données on lignes



- d. Traçage du bassin versant suivant les règles du traçage avec l'outil

- e. clique sur l'outil

- f. Utiliser la fonction (create contours)

- g. Après sélection du bassin versant on clique sur bouton droit et on choisit l'option analysis/measurement et measurement display feature measurements montré sur la figure pour le calcul de la surface et du périmètre.

La figure suivante présente les étapes précédentes :

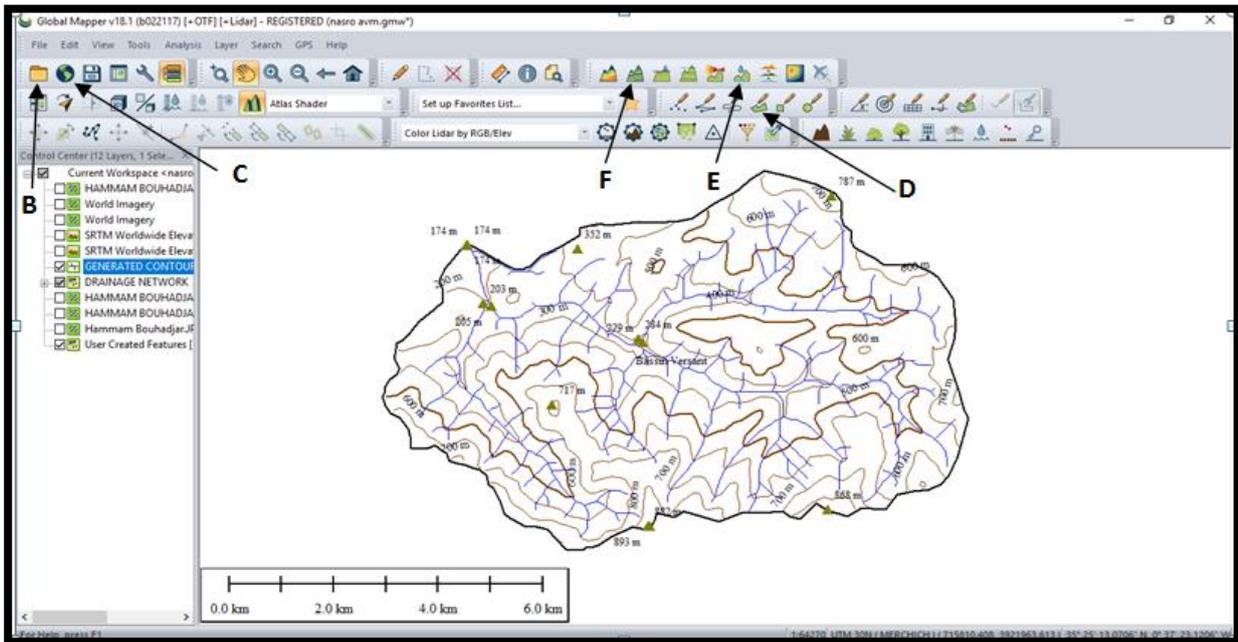


Figure II.1: les étapes de détermination du bassin versant sur Global Mapper

Le bassin versant s'étend sur une superficie de 56.311 km<sup>2</sup> pour un périmètre de 32.201 km.

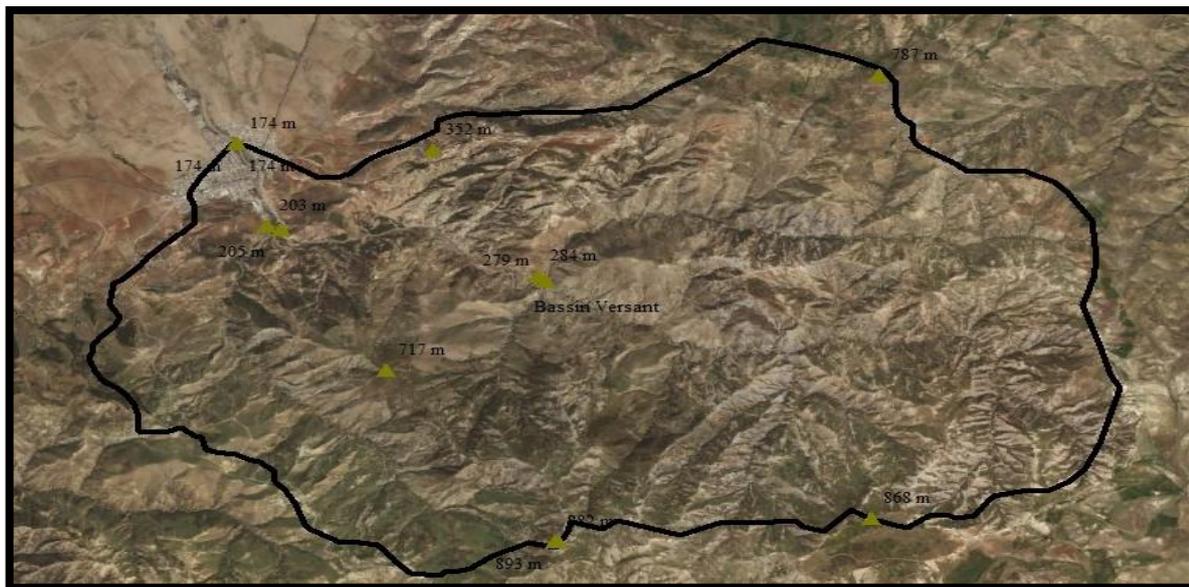


Figure II.2 : bassin versant de Tamazoura

## 1.2. La forme

La forme du bassin versants peut avoir des conséquences hydrologiques importantes, Pour cela il y'a plusieurs formules et indices de compacité qui permettent de définir la forme de notre bassin versant

**A. Coefficient de compacité  $K_c$** 

L'indice de compacité (Gravelius1914), défini comme le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface, et peut être déterminé grâce à la formule suivante :

$$k_c = \frac{P}{2 \times \sqrt{\pi \times S}} = 0.282 \times \frac{P}{\sqrt{S}} \dots\dots\dots(\text{II.1})$$

Avec :

S : Superficie du bassin versant

P : Périmètre du bassin versant en km.

**Tableau II.1** : les formes du bassin versant selon le Coefficient de compacité

La forme du bassin versant	Coefficient de compacité
Forme carré	= 1.12
Forme allongé	> 1.12
Forme circulaire	≤ 1

Dans notre cas  $K_c=1.20$  donc notre bassin versant est de forme allongé.

**1.3. Le relief**

Les paramètres du relief présentent une importance considérable pour l'estimation de la vitesse de ruissellement, une plus forte pente provoque un écoulement plus rapide, donc un temps de concentration plus court et une montée plus rapide pour les crues. Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques suivants :

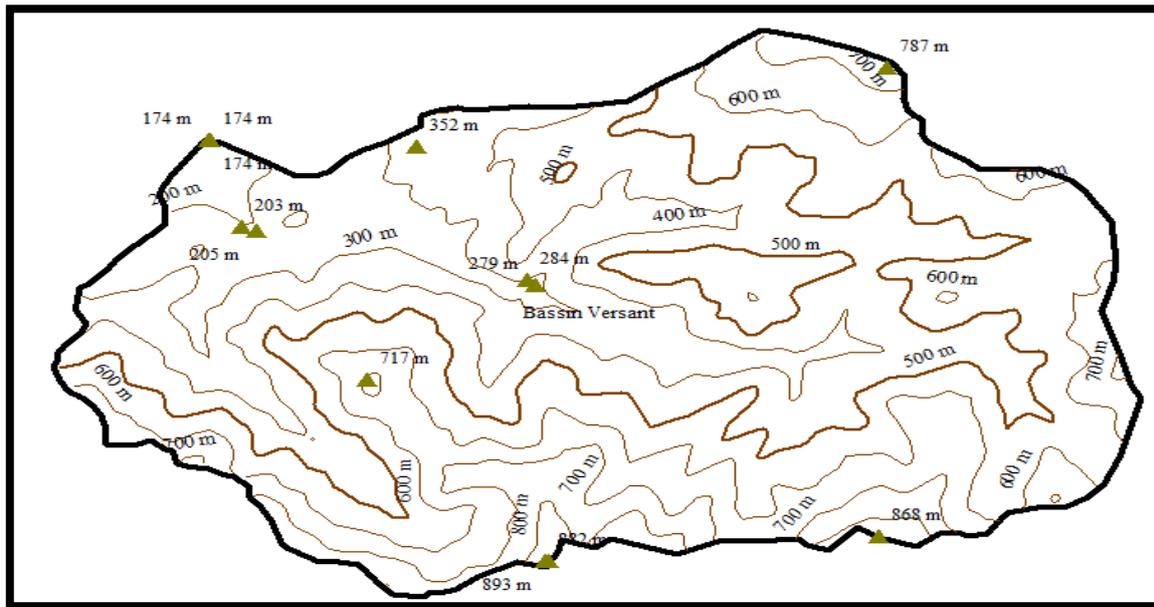


Figure II.3 : les courbes de niveau du bassin versant

**A. Courbe hypsométrique**

Elle fournit une vue synthétique sur la pente du bassin, donc du relief. Cette courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude. Elle porte en ordonnée la surface (ou le pourcentage de surface) du bassin qui se trouve au-dessus (ou au-dessous) de l'altitude représentée en abscisse. Elle exprime ainsi la superficie du bassin ou le pourcentage de superficie, au-delà d'une certaine altitude.

Tableau II.2 : Répartition du bassin versant en tranches d'altitudes

Altitude (m)	Surfaces partielles		Surface cumulées	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
<b>800-882</b>	0.734	1.3	56.311	1.3
<b>700-800</b>	3.567	6.33	55.577	7.63
<b>600-700</b>	9.209	16.35	52.01	23.98
<b>500-600</b>	15.81	28.08	42.801	52.06
<b>400-500</b>	13.838	24.58	26.991	76.64
<b>300-400</b>	8.241	14.63	13.153	91.27
<b>200 -300</b>	4.204	7.47	4.912	98.74
<b>174 -200</b>	0.708	1.26	0.708	100

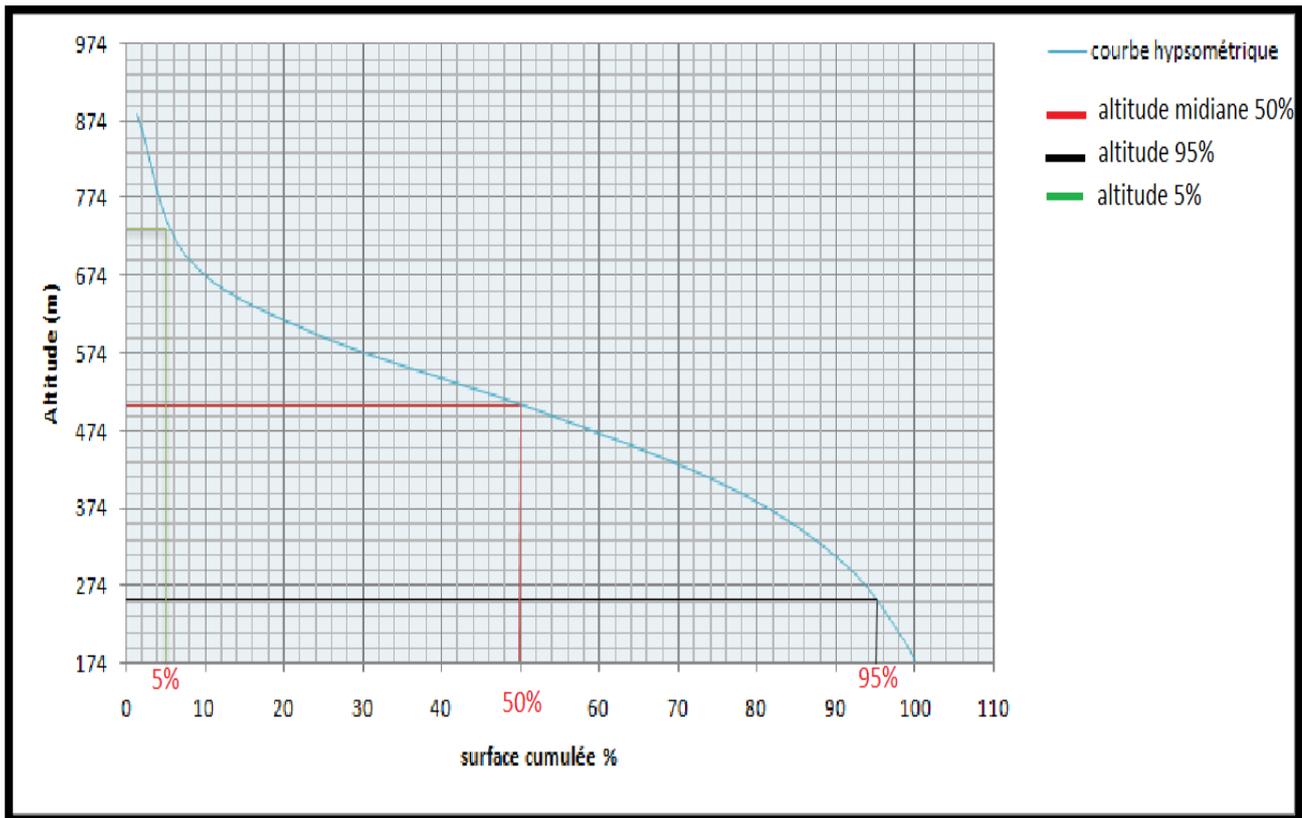


Figure II.4 : Courbe Hypsométrique

**B. Altitudes caractéristique**

La courbe hypsométrique permet de déterminer les altitudes caractéristiques suivantes :

- **Altitude maximal**

C'est l'altitude la plus haut dans notre bassin versent avec une hauteur de 882m.

- **Altitude minimal**

C'est l'altitude la plus bas dans notre bassin versent avec une hauteur de 174m.

- **Altitude moyenne**

Elle est définie comme étant l'ordonnée moyenne de la courbe donnée par la relation suivant :

$$H_{moy} = \frac{\sum A_i \times H_i}{S} \dots\dots\dots ( II.2)$$

Avec :

$H_i$  : l'altitude moyenne entre deux courbes de niveau en m

$A_i$  : l'aire comprise entre deux courbes de niveau en  $Km^2$

$S$ : surface totale du bassin en  $Km^2$ .

- **Altitude médiane**

C'est l'altitude correspondante au point d'ordonnée 50% de la courbe hypsométrique.

**C. Rectangle équivalent**

Le rectangle équivalent assimile le bassin en un rectangle ayant même surface et périmètre que celui du bassin versant considéré de longueur L et largeur l et défini par la relation suivante :

$$L = \frac{Kc\sqrt{S}}{1.12} \times \left[ 1 + \sqrt{1 - \frac{(1.12)^2}{kc}} \right] \dots\dots\dots (\text{II.3})$$

$$l = \frac{Kc\sqrt{S}}{1.12} \times \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{(1.12)^2}{kc}} \right] \dots\dots\dots (\text{II.4})$$

Avec :

Kc : indice de compacité

S : superficie de bassin versant en Km<sup>2</sup>

L : longueur du rectangle équivalent en Km

l : largeur du rectangle équivalent en Km

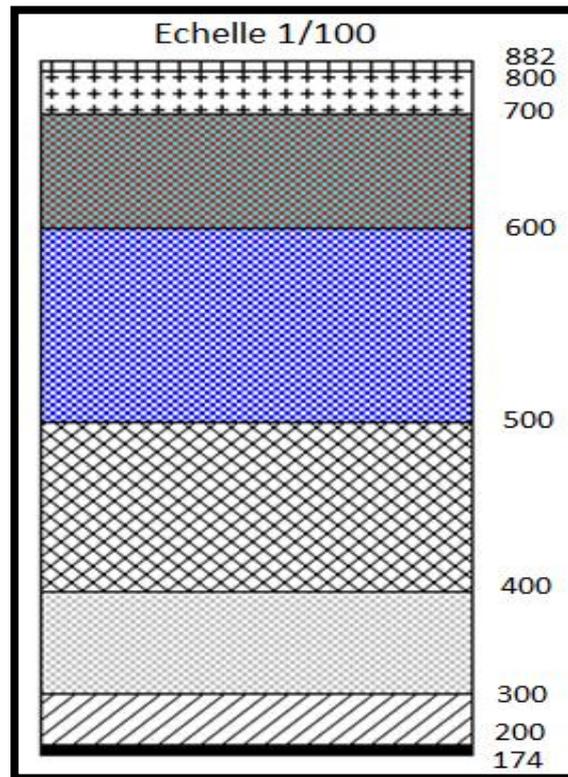


Figure II.5 : Le rectangle équivalent de bassin versant

**D. Indice de pente Ip**

Cet indice se calcule à partir du rectangle équivalent. Il est égal à la somme des racines carrées des pentes moyennes de chacun des éléments pondérés par la surface intéressée, soit :

$$Ip = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n (Xi \cdot \sqrt{\frac{d}{Xi}}) \dots\dots\dots (\text{II.5})$$

Avec :

: Longueur du rectangle [m],

: Distance qui sépare deux courbes sur la longueur du rectangle [m] (la largeur du rectangle étant constante, cette distance est égale au facteur de pondération),

: Distance entre 2 courbes de niveau successives (peut être variable) [m],

$\frac{d}{Xi}$ : Pente moyenne d'un élément [%].

**E. Indice de pente global  $I_g$**

L'indice de pente global  $I_g$  permet de déterminer l'importance du relief sur le bassin. Il est défini comme étant le rapport entre la dénivellation utile (Du) et la longueur (L) du rectangle équivalent. Cet indice caractérise le relief du bassin.

$$I_g = \frac{D}{L} \dots\dots\dots (II.6)$$

Avec :

D : la dénivelé (D = H5% - H95%)

L : la longueur de rectangle équivalent

La valeur de la pente globale, pour le bassin versant est 56.71 m/km soit 0.06 %

Selon la classification du relief donné par l'ORSTOM, la valeur de l'indice de pente global du bassin versant montre que le relief est fort :

**Tableau II.3:** Classification du relief selon  $I_g$  par l'ORSTOM.

Relief	Valeur d' $I_g$
Relief très faible	$I_g < 0.002$
Relief faible	$0.002 \leq I_g < 0.005$
Relief assez faible	$0.005 \leq I_g < 0.01$
Relief modéré	$0.01 \leq I_g < 0.02$
Relief assez fort	$0.02 \leq I_g < 0.05$
Relief fort	$0.05 \leq I_g < 0.5$
Relief très fort	$I_g > 0.5$

**F. Dénivelé spécifique**

L'indice décroît pour un même bassin lorsque la surface augmente, il était donc difficile de comparer des bassins de tailles différentes. La dénivelée spécifique DS ne présente pas cet

inconvenient, elle dérive de la pente globale  $I_g$  en la corrigeant de l'effet de surface admis étant inversement proportionnel à  $\sqrt{S}$ . Elle est donnée par l'équation suivante :

$$D_s = I_g \times \sqrt{S} \dots\dots\dots (II.7)$$

Avec :

$I_g$  : indice de pente global

$S$  : surface du bassin versant

La valeur du dénivelé spécifique, pour le bassin versant est de 425.53 m. Selon le tableau II.8 notre bassin versant est de relief fort :

**Tableau II.4:** Classification du relief selon  $D_s$ .

1	Relief très faible	$D_s < 10$
2	Faible	$10 < D_s < 25$
3	Assez faible	$25 < D_s < 50$
4	Modéré	$50 < D_s < 100$
5	Assez fort	$100 < D_s < 250$
6	Fort	$250 < D_s < 500$
7	Très fort	$500 < D_s$

**G. La pente moyenne**

La pente moyenne du bassin versant, donne une information sur la topographie du bassin versant. C'est la division de la différence entre les hauteurs extrêmes sur la longueur  $L$  du rectangle équivalent.

$$P_{moy} = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \dots\dots\dots (II.8)$$

Avec :

$P_{moy}$  : la pente moyenne du bassin versant en m/Km

$\Delta H$  : L'altitude moyenne en (m)

$L$  : la longueur du rectangle équivalent en (Km)

**H. Densité de drainage**

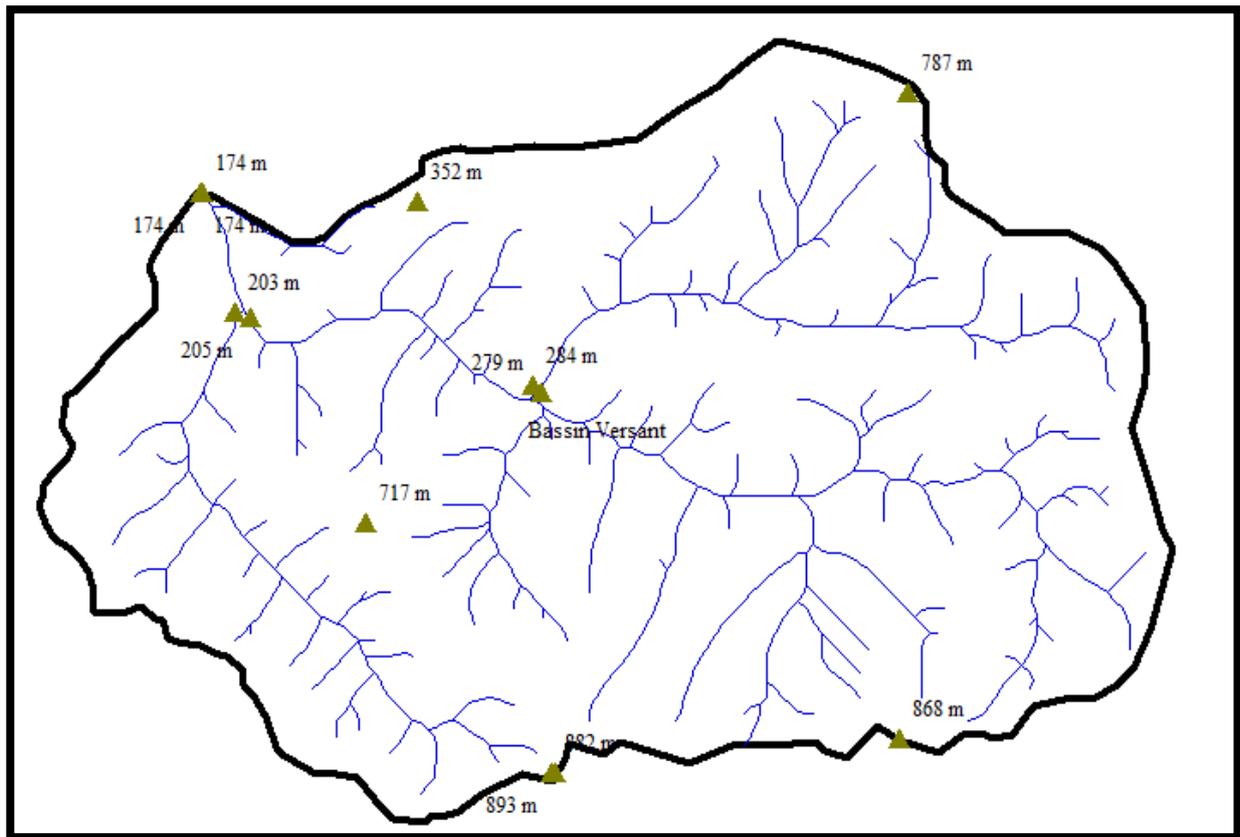
Elle est définie comme étant le rapport entre la longueur totale de tous les talwegs  $L_i$  du bassin versant, à la surface totale  $S$ .

$$D_d = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S} \dots\dots\dots (II.9)$$

Avec

$L_i$  : La longueur totale du réseau hydrographique (Km)

$S$  : La superficie du bassin versant (Km<sup>2</sup>).



**Figure II.6 : réseau hydrographique du bassin versant**

**I. Fréquence des cours d'eau**

C'est le nombre des canaux d'écoulement par unité de surface.

$$F = \frac{\sum N_i}{S} \dots\dots\dots (II.10)$$

**Avec :**

$F$  : densité du réseau hydrographique (Km<sup>2</sup>).

$N_i$  : nombre de cours d'eau.

S : surface du bassin versant (Km<sup>2</sup>).

**J. Coefficient de torrentialité**

C'est le produit de la densité de drainage par la fréquence des talwegs élémentaires.

$$C_t = D_d \times \frac{N_1}{S} \dots\dots\dots (\text{II.11})$$

Avec :

**Dd**: densité de drainage

**N<sub>1</sub>**: nombre de talwegs d'ordre « 1 »

**S**: surface du bassin versant

**K. Temps de concentration**

Le temps de concentration *T<sub>C</sub>* des eaux sur un bassin versant se définit comme le maximum de durée nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point du bassin et l'exutoire de ce dernier. On peut déterminer Tc soit par des mesures sur terrain ou par des formules empiriques comme suit :

• **Formule de Giandotti**

$$T_C = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot L_p}{0.8 \cdot \sqrt{H_{moy} - H_{min}}} \dots\dots\dots (\text{II.12})$$

Avec :

**L<sub>p</sub>** : Longueur du talweg principale (Km).

**S** : Surface du bassin versant (Km<sup>2</sup>).

**H<sub>moy</sub>** : Altitude moyenne du bassin versant (m). Formule (6.3)

**H<sub>min</sub>** : Altitude minimale du bassin versant (m).

• **Formule de CALIFORNIA**

$$T_C = \left( \frac{0.87 \cdot L^3}{H_{max} - H_{min}} \right)^{0.386} \dots\dots\dots (\text{II.13})$$

Avec :

: Longueur du talweg principal en [Km].

**H<sub>max</sub>, H**: Respectivement l'altitude maximale et minimale du B.V en [m].

• **Formule de KIRPICH**

$$T_c = 0.6615 \cdot L_p^{0.77} \cdot I_{moy}^{0.385} \dots\dots\dots (\text{II.14})$$

Avec :

**L<sub>p</sub>** : Longueur du cours d'eau principal (km).

**I<sub>moy</sub>** : Pente moyenne du bassin.

• **Formule de VENTURA**

$$T_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{S}{I_{moy}}} \dots\dots\dots \text{(II.15)}$$

Avec :

**S**: Surface du bassin versant (Km<sup>2</sup>).

**I<sub>moy</sub>** : Pente moyenne du bassin.

**Tableau II.5:** temps de concentration

Les formules	Résultat
Formule de Giandotti	2.54
Formule de CALIFORNIA	0.44
Formule de KIRPICH	10.60
Formule de VENTURA	0.12
Moyenne	3.43

**L. Le coefficient de ruissellement**

La capacité d'un bassin versant à ruisseler peut être caractériser par une coefficient de ruissellement C<sub>r</sub>, mais il peut conduire à commettre de grossières erreurs, en pourcentage ce coefficient peut être défini comme suite :

$$C_r = \frac{\text{hauteur d'eau ruisselle (mm)}}{\text{hauteur d'eaude précipitation (mm)}} \dots\dots\dots \text{( II.16)}$$

Ce coefficient est fortement influencé par la couverture du sol comme le montre le tableau suivant dans lequel les quelques valeurs de ce coefficient issues des normes suisses sont présentées.

**Tableau II.6** : valeurs du coefficient de ruissellement pour différentes couvertures du sol

<b>Nature superficielle du bassin versant</b>	<b>Coefficient de ruissellement Cr</b>
Bois	10%
Prés, champs cultivés	20%
Vignes, terrains nus	50%
Rochers	70%
Routes sans revêtement	70%
Routes avec revêtement	90%
Villages, toitures	90%

**Conclusion**

nous avons conclu ce chapitre par un tableau récapitulative de toutes les caractéristiques nécessaires de notre bassin versant pour une étude hydrologique approfondi

Tableau II.7 :caractéristique géométrique du bassin versant

Caractéristique	Unité	symboles	valeurs
Surface	Km2	S	56.311
Périmètre	km	P	32.201
Altitude maximale	m	Hmax	882
Altitude minimale	m	Hmin	174
Altitude moyenne	m	Hmoy	502.01
H5%	m	H5%	734
H95%	m	H95%	254
Altitude médiane	m	H50%	508
Indice de compacité	-	Kc	1.20
Longueur du rectangle équivalent	km	L	10.93
Largeur du rectangle équivalent	km	l	5.15
Indice de pente globale	m/km	Ig	43.91
Indice de pente moyenne	m/km	Im	64.77
Dénivelée	m	D	480
Dénivelée spécifique	m	Ds	329.50
Longueur du talweg principal	km	Lp	4.56
Densité de drainage	Km/km2	Dd	1.76
Coefficient de torrencialité	-	Ct	3.91
Temps de concentration	heurs	Tc	3.43
Fréquence des cours d'eaux	-	F	4.44

***CHAPITRE III***

**Etude**

**Hydrologique**

## Introduction

Le chapitre précédent nous a donné l'occasion de définir les caractéristiques du bassin versant. le présent chapitre entame l'étude hydrologique, cette étude s'intéresse aux mécanismes de formation des crues, implique l'étude de la pluie, des débits de la rivière et de la zone qu'elle draine et d'évaluer les apports en eau.

### 1. Analyse des données pluviométriques

les caractéristiques climatiques de la zone d'étude, ont été présentées par deux stations pluviométriques, Hammam Bouhdjar et Tamazoura, nous avons choisi celle de Tamazoura qui est la station la plus proche à la zone d'étude .

**Tableau III.1 :** Présentation de station pluviométrique

station	Coordonnées de station	Code de station
Hammam Bouhdjar	X= 167.2 Y= 237.45 Z=153	040415
Tamazoura	X=195,4 Y= 239,9	40405

### 1.2. série de Pluie

#### 1.2.1. Précipitation moyenne annuelle

La précipitation moyenne annuelle établie sur un grand nombre d'année (hauteur moyenne des précipitations annuelles tombant à un endroit donné) est aussi appelée sa valeur normale, son module annuel ou sa valeur interannuelle.

**Tableau III.2 :** Précipitation moyenne annuelle des stations de Hammam bouhdjar et Tamazoura.

Station	Période d'observation	Précipitation moyenne annuelle (mm)
040415 Hammam bouhdjar	1970-2011	329
40405 Tamazoura	1979-2017	333

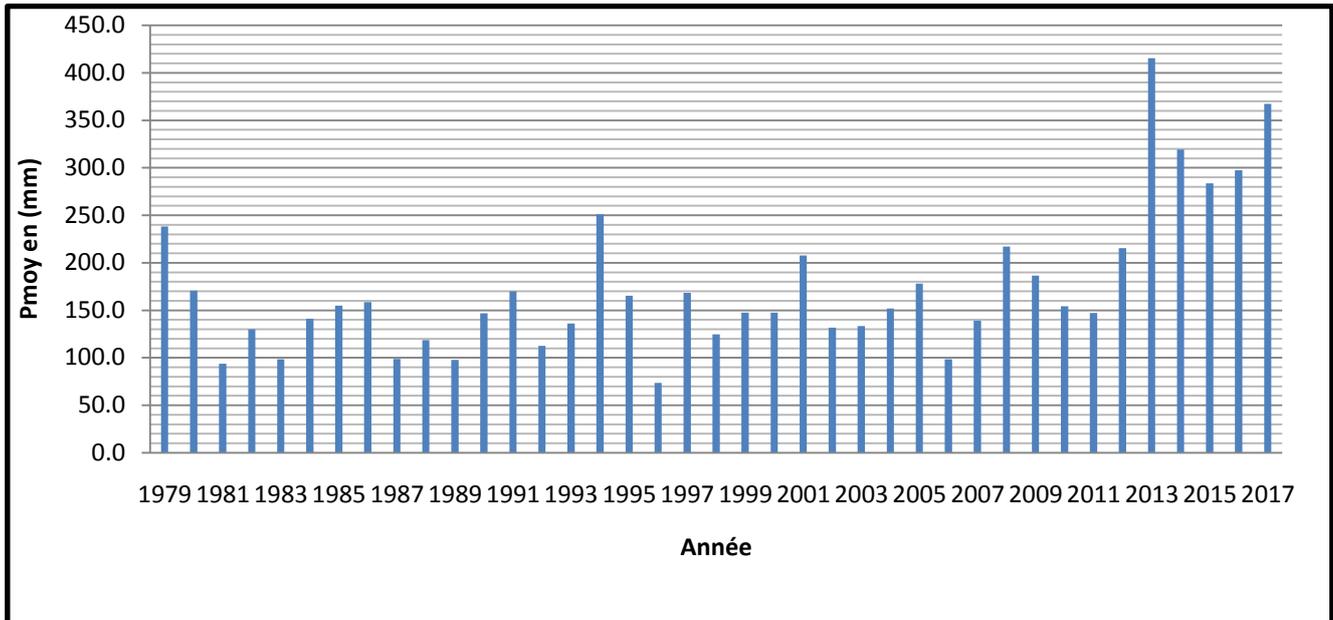


Figure III.1 :précipitation moyenne annuelle des stations de Tamazoura.

1.2.2. Précipitations saisonnières

Désigne la valeur moyenne d'un paramètre météorologique (précipitations) déterminée sur un intervalle de temps (saisonnières).

Tableau III.3: Précipitations saisonnières à Tamazoura (1979-2011).

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
	Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	juin	Juil	Aou t
40405 Tamazoura	Moyenne mensuelle (mm)	10.2	14.9	23.4	18.6	18.1	18.1	21.4	14.3	14.0	2.1	0.7	1.8
	Moyenne saisonnière (mm)	48.55			54.8			49.7			4.7		

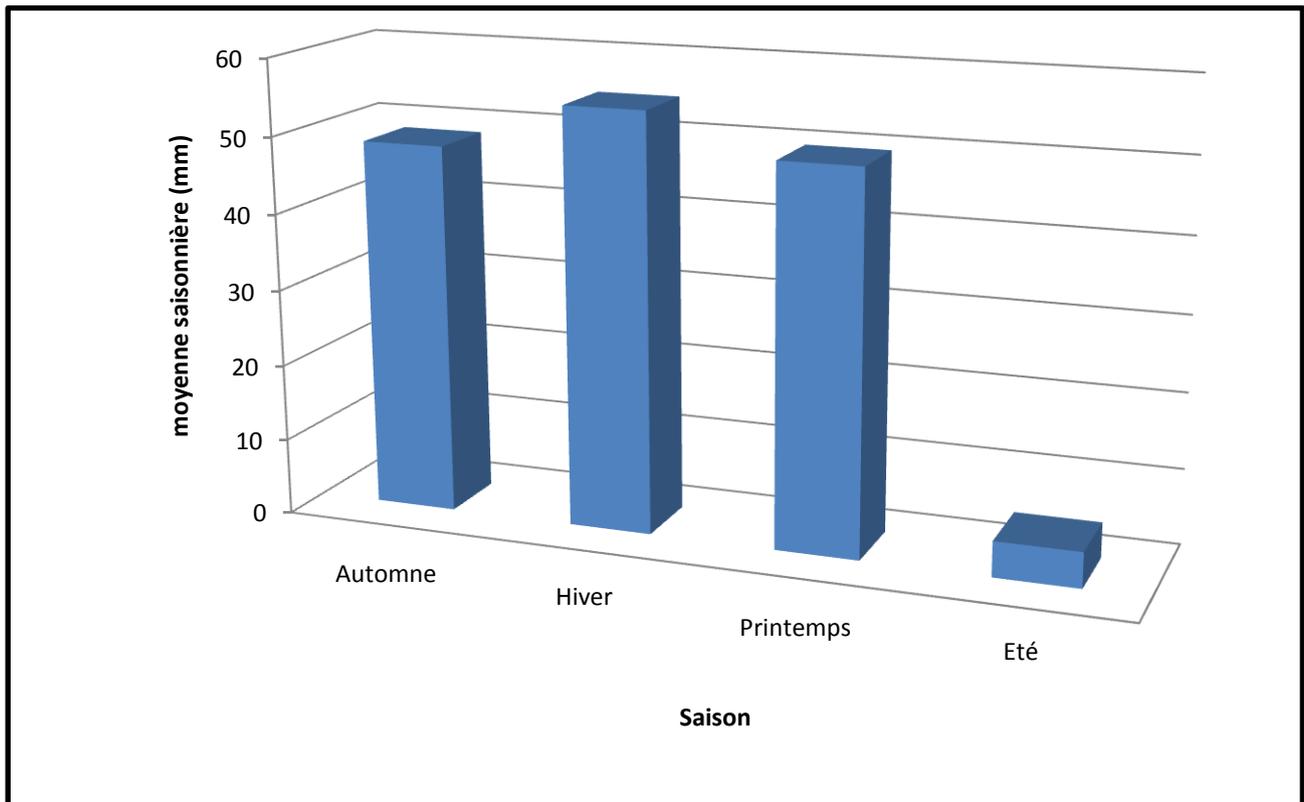


Figure III.2 : Variations saisonnières des précipitations à la station de Tamazoura

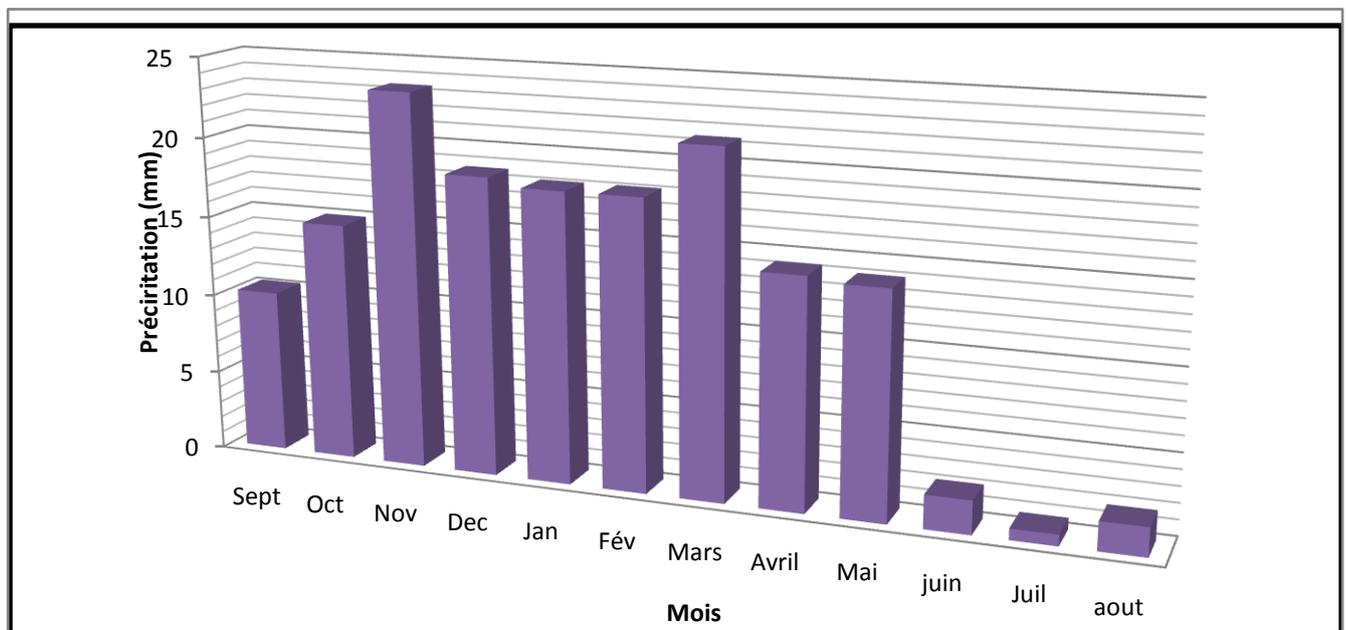


Figure III.3 : Précipitations moyennes mensuelles interannuelles à la station de Tamazoura

## 2. L'ajustement de la loi de guembel

L'analyse fréquentielle d'une longue série de débits maximaux permet d'estimer le temps de retour d'une valeur particulière. Cette prédiction repose sur la définition et la mise en œuvre d'un modèle fréquentiel qui est une équation décrivant (modélisant) le comportement statistique d'un processus. Ces modèles décrivent la probabilité d'apparition d'un événement de valeur donnée. C'est du choix du modèle fréquentiel (et plus particulièrement de son type) que dépendra la validité des résultats de l'analyse fréquentielle.

Un modèle fréquentiel très souvent utilisé pour décrire le comportement statistique des valeurs extrêmes est la distribution statistique de Gumbel (loi double exponentielle ou loi de Gumbel). La fonction de répartition de la loi de Gumbel  $F(x)$  s'exprime de la manière suivante :

$$F(x) = \exp\left(-\exp\left(-\frac{x-a}{b}\right)\right) \text{ avec la variable réduite suivante : } U = \frac{x-a}{b}$$

où  $a$  et  $b$  sont les paramètres du modèle de Gumbel.

La distribution s'écrit alors de la manière suivante :  $F(x)=\exp(-\exp(-u))$  et  $U= -\ln(-\ln(F(x)))$  L'avantage d'utiliser la variable réduite est que l'expression d'un quantile est alors linéaire:  $X_q= a+ bu_q$

En conséquence, dès lors que les points de la série à ajuster peuvent être reportés dans un système d'axes  $x - u$  il est possible d'ajuster une droite qui passe le mieux par ces points et d'en déduire les deux paramètres  $a$  et  $b$  de la loi. Il existe différentes méthodes d'ajustement : méthode graphique (ajustement à l'œil ou à l'aide d'une régression statistique), méthode des moments ect. (L'HYDROLOGIE DE L'INGENIEUR 1960 )

En pratique, il s'agit essentiellement d'estimer la probabilité de non dépassement  $F(x_i)$  qu'il convient d'attribuer à chaque valeur  $x_i$ . Il existe de nombreuses formules d'estimation de la fonction de répartition à l'aide de la fréquence empirique. Elles reposent toutes sur un tri de la série par valeurs croissantes permettant d'associer à chaque valeur son rang  $r$ . Des simulations ont montré que pour la loi de Gumbel, il faut utiliser la fréquence empirique de Hazen :

$$\frac{r - 0.5}{n}$$

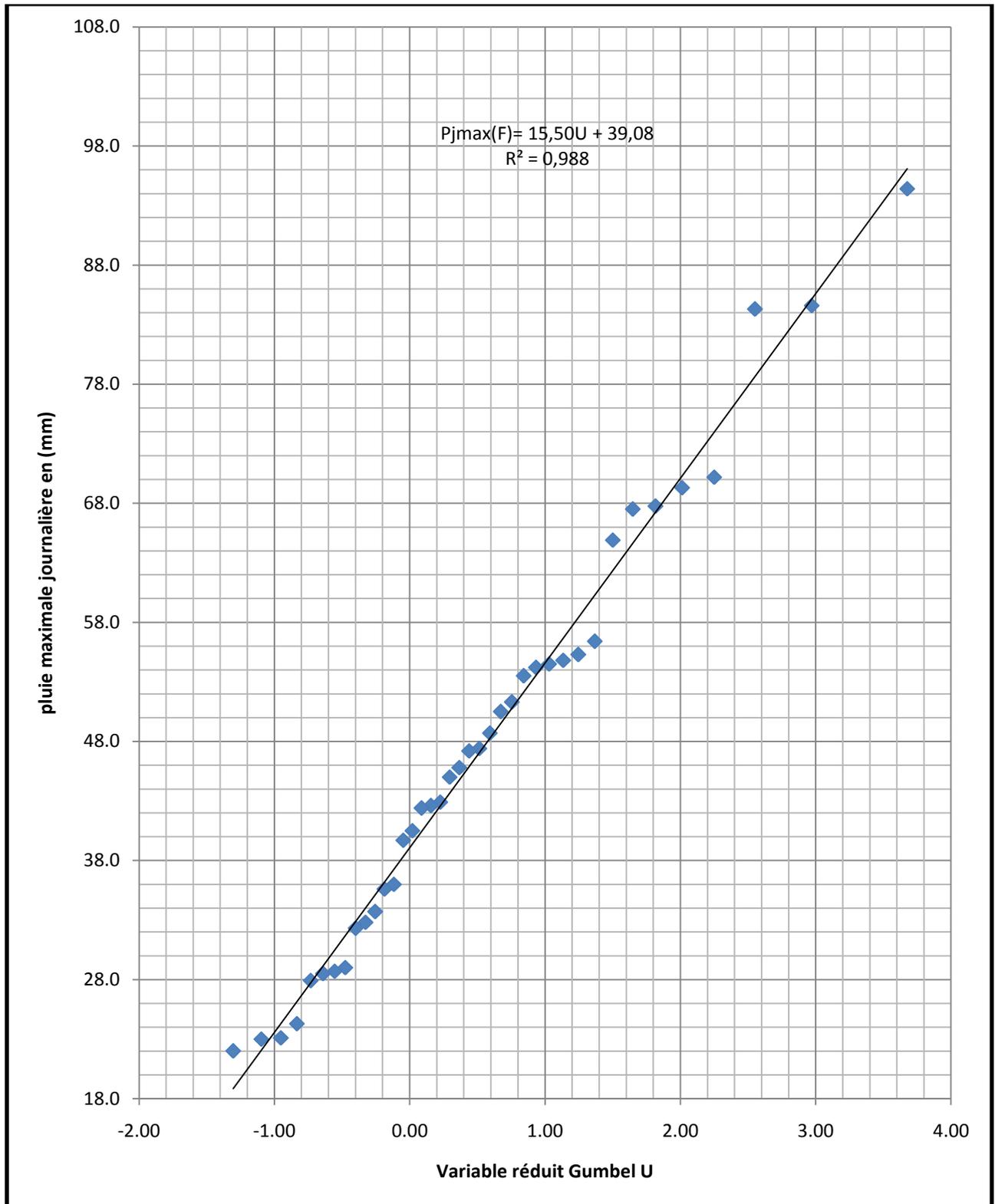
où  $r$  est le rang dans la série de données classée par valeurs croissantes,  $n$  est la taille de l'échantillon,  $x(r)$  la valeur de rang  $r$ .

Rappelons encore que le temps de retour  $T$  d'un événement est défini comme étant l'inverse de la fréquence d'apparition de l'événement. Soit :

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

Tableau III.4 : ajustement de la loi-Gumbel

Années	R	P <sub>jmax</sub>	P <sub>jmax</sub> classé	F	FND	U
1979-1980	1	84,6	94,4	0,03	0,98	3,68
1980-1981	2	42,6	84,6	0,05	0,95	2,97
1981-1982	3	45,8	84,3	0,08	0,93	2,55
1982-1983	4	50,5	70,2	0,10	0,90	2,25
1983-1984	5	22,0	69,3	0,13	0,88	2,01
1984-1985	6	94,4	67,8	0,15	0,85	1,82
1985-1986	7	35,6	67,5	0,18	0,83	1,65
1986-1987	8	32,8	64,9	0,20	0,80	1,50
1987-1988	9	28,5	56,4	0,23	0,78	1,37
1988-1989	10	56,4	55,3	0,25	0,75	1,25
1989-1990	11	28,7	54,8	0,28	0,73	1,13
1990-1991	12	54,8	54,5	0,30	0,70	1,03
1991-1992	13	47,4	54,2	0,33	0,68	0,93
1992-1993	14	23,1	53,5	0,35	0,65	0,84
1993-1994	15	33,7	51,3	0,38	0,63	0,76
1994-1995	16	67,5	50,5	0,40	0,60	0,67
1995-1996	17	39,7	48,7	0,43	0,58	0,59
1996-1997	18	24,3	47,4	0,45	0,55	0,51
1997-1998	19	47,2	47,2	0,48	0,53	0,44
1998-1999	20	51,3	45,8	0,50	0,50	0,37
1999-2000	21	36,0	45,0	0,53	0,48	0,30
2000-2001	22	29,0	42,9	0,55	0,45	0,23
2001-2002	23	54,2	42,6	0,58	0,43	0,16
2002-2003	24	27,9	42,4	0,60	0,40	0,09
2003-2004	25	32,3	40,5	0,63	0,38	0,02
2004-2005	26	42,4	39,7	0,65	0,35	-0,05
2005-2006	27	42,9	36,0	0,68	0,33	-0,12
2006-2007	28	23,0	35,6	0,70	0,30	-0,19
2007-2008	29	53,5	33,7	0,73	0,28	-0,26
2008-2009	30	54,5	32,8	0,75	0,25	-0,33
2009-2010	31	40,5	32,3	0,78	0,23	-0,40
2010-2011	32	45,0	29,0	0,80	0,20	-0,48
2011-2012	33	48,7	28,7	0,83	0,18	-0,56
2012-2013	34	70,2	28,5	0,85	0,15	-0,64
2013-2014	35	84,3	27,9	0,88	0,13	-0,73
2014-2015	36	64,9	24,3	0,90	0,10	-0,83
2015-2016	37	55,3	23,1	0,93	0,08	-0,95
2016-2017	38	67,8	23,0	0,95	0,05	-1,10
2017-2018	39	69,3	22,0	0,98	0,03	-1,31



**Figure III.4 :** Ajustement d'une loi-Gumbel aux pluies journalières maximales observées à la station de Tamazoura

**Tableau III.5** : Pluies maximales journalière observées à la station de Tamazoura

Aannée	P <sub>jmax</sub> (mm)	Année	P <sub>jmax</sub> (mm)
1979	84,6	1999	36,0
1980	42,6	2000	29,0
1981	45,8	2001	54,2
1982	50,5	2002	27,9
1983	22,0	2003	32,3
1984	94,4	2004	42,4
1985	35,6	2005	42,9
1986	32,8	2006	23,0
1987	28,5	2007	53,5
1988	56,4	2008	54,5
1989	28,7	2009	40,5
1990	54,8	2010	45,0
1991	47,4	2011	48,7
1992	23,1	2012	70,2
1993	33,7	2013	84,3
1994	67,5	2014	64,9
1995	39,7	2015	55,3
1996	24,3	2016	67,8
1997	47,2	2017	69,3
1998	51,3		

**Tableau III.6** : Paramètres statistiques de la série pluviométrique à la station de Tamazoura

Nombre d'années observé	Pluie Maximum en (mm)	Pluie Minimum en (mm)	Pluie moyenne en (mm)	Ecart Type $\sigma$	Coefficient de variation $Cv$	Equation d'ajustement la loi Gumbel
39	94.4	22	47.50	18	0.38	$P_{jmax}(F) = 15,50U + 39,08$

$$\sigma = \sqrt{\left[ \frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (P_i - P_{\text{moy}})^2 \right]} \dots\dots\dots (\text{III.1})$$

$$C_v = \frac{\sigma}{p_{\text{moy}}} \dots\dots\dots (\text{III.2})$$

N: Taille de la série.

P<sub>i</sub> : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

σ : Ecart type

C<sub>v</sub>: Coefficient de variation

P<sub>moy</sub>: Précipitation moyenne en (mm)

**Tableau III.7 : Période de retour**

<b>Temps de retour (an)</b>	10	20	50	100	1000
<b>Fréquence (%)</b>	90	95	98	99	99,9
<b>Variable de Gumbel</b>	1,29	1,65	2,06	2,33	3,04
<b>Pluie maximale</b>	59,075	64,655	71,01	75,195	86,2

### 2.1. la courbe IDF (Intensité - Durée - Fréquence)

L'analyse des pluies a permis de définir deux lois générales de pluviosité qui peuvent s'exprimer de la manière suivante:

- Pour une même fréquence d'apparition - donc un même temps de retour - l'intensité d'une pluie est d'autant plus forte que sa durée est courte.
- Ou encore, en corollaire, à durée de pluie égale, une précipitation sera d'autant plus intense que sa fréquence d'apparition sera petite (donc que son temps de retour sera grand).

Ces lois permettant d'établir les relations entre les intensités, la durée et la fréquence d'apparition des pluies peuvent être représentées selon des courbes caractéristiques : on parle généralement de courbe IDF (Intensité - Durée - Fréquence) figure III.6 . La notion de fréquence est en fait exprimée par la notion de temps de retour.

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

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

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

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

$$P_{Tc} = P_{max j} \times \left(\frac{Tc}{24}\right)^{0.35} \dots\dots\dots (III.19)$$

$$I = \frac{PTc}{Tc} \dots\dots\dots ( III.3)$$

Avec :

**P<sub>Tc</sub>** : précipitation journalière maximal fréquentielle

**T<sub>c</sub>** : Temps de concentration (heur). T<sub>c</sub>= 3.43 heur.

**P<sub>max j</sub>** : Pluie maximale journalière Fréquentielle (mm).

**b**: exposant climatique b = 0.35 selon les études régionales de l'AN RH.

**I** : L'intensité maximale de période t (h).

Les courbes IDF sont établies sur la base de l'analyse d'averses enregistrées à une station au cours d'une longue période. L'analyse fréquentielle peut s'appliquer si on ne présuppose pas une loi connue (de type Montana, etc.) et si on s'intéresse à des événements rares, donc extrêmes. Les données recueillies sont alors ajustées, à un pas de temps choisi, à une loi statistique qui doit décrire relativement bien la répartition des extrêmes. La loi de Gumbel est la plus utilisée. Si l'opération est répétée sur plusieurs pas de temps, on obtient la variation de l'intensité avec la durée de la pluie pour différents temps de retour, c'est à dire des courbes IDF de la station considérée sur la période analysée.

**Tableau III.8 :** Pluies maximales de 24 heures et pluies de durée de temps de concentration ainsi que les intensités maximales correspondantes

Période de retour	10		20		50		100		1000	
	P <sub>Tc</sub>	I (mm/h)	P <sub>Tc</sub> (mm)	I (mm/h)						
<b>1</b>	19,495	19,495	21,336	21,336	23,433	23,433	24,814	24,814	28,446	28,446
<b>2</b>	24,812	12,406	27,155	13,578	29,824	14,912	31,582	15,791	36,204	18,102
<b>4</b>	31,310	7,827	34,267	8,567	37,635	9,409	39,853	9,963	45,686	11,422
<b>6</b>	36,036	6,006	39,440	6,573	43,316	7,219	45,869	7,645	52,582	8,764
<b>8</b>	40,171	5,021	43,965	5,496	48,287	6,036	51,133	6,392	58,616	7,327
<b>10</b>	43,716	4,372	47,845	4,784	52,547	5,255	55,644	5,564	63,788	6,379
<b>12</b>	46,079	3,840	50,431	4,203	55,388	4,616	58,652	4,888	67,236	5,603
<b>14</b>	49,032	3,502	53,664	3,833	58,938	4,210	62,412	4,458	71,546	5,110
<b>16</b>	51,395	3,212	56,250	3,516	61,779	3,861	65,420	4,089	74,994	4,687
<b>18</b>	53,168	2,954	58,190	3,233	63,909	3,551	67,676	3,760	77,580	4,310
<b>20</b>	55,531	2,777	60,776	3,039	66,749	3,337	70,683	3,534	81,028	4,051
<b>22</b>	57,303	2,605	62,715	2,851	68,880	3,131	72,939	3,315	83,614	3,801
<b>24</b>	59,075	2,461	64,655	2,694	71,010	2,959	75,195	3,133	86,200	3,592

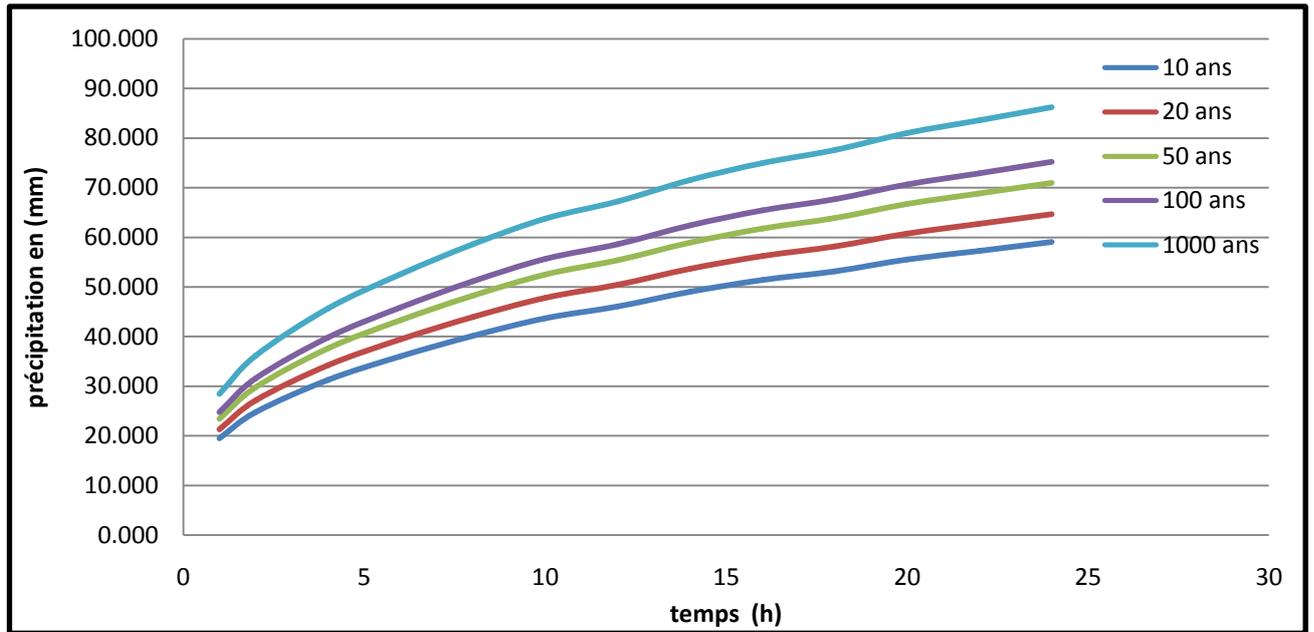


Figure III.5 : Courbes des pluies de courte durée fréquentielle du bassin versant de Tamazoura

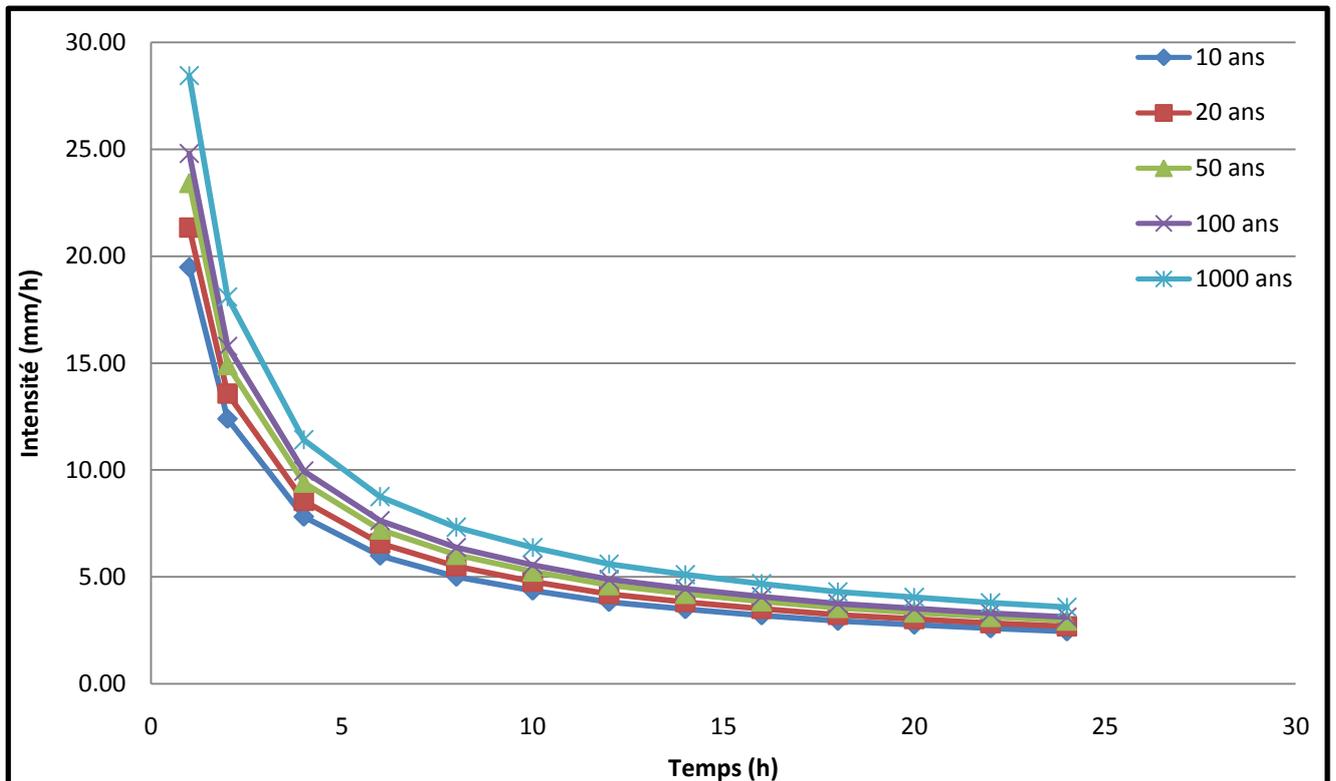


Figure III.6: Courbes intensité durée fréquence (IDF) du bassin versant de Tamazoura

### 3. Etude des apports

#### 3.1. Apport moyen interannuel ( $A_{moy}$ )

##### ➤ Formule de DERY:

Avec:

$$A_{moy} = M0 \cdot A \cdot K \dots \dots \dots (III.4)$$

$A_{moy}$  : Apport moyen annuel (Hm3)

$K$  : constante donnée  $K=31,54 \cdot 10^{-3}$

$A$  : superficie du bassin versant en  $Km^2$   $S=56.311$  ( $Km^2$ )

$M0$  : Module spécifique moyen annuel en ( $l/s/Km^2$ )

$$M0 = 11,8 \cdot P_{moy}^{2.82}$$

$P_{moy}$  : Pluie moyenne annuelle (m)

##### ➤ Formule de MEDINGUER :

Avec:

$$Le = 1.024 (P_{moy} - 0.26)^2 \dots \dots \dots (III.5)$$

$$A_{moy} = Le \cdot A \dots \dots \dots (III.6)$$

$A_{moy}$  : Apport moyen annuel (Hm3)

$Le$  : Lamme d'eau écoulée ( m)

$A$  : superficie du bassin versant en  $Km^2$   $S=56.311$  ( $Km^2$ )

$P_{moy}$  : Pluie moyenne annuelle (m)

##### ➤ Formule de COUTAGNE :

$$Le = (0.06 - 0.00145) \cdot \sqrt{A} \cdot P_{moy} \dots \dots \dots (III.7)$$

$$A_{moy} = Le \cdot A \dots \dots \dots (III.8)$$

$A_{moy}$  : Apport moyen annuel (Hm3)

$P_{moy}$  : Pluie moyenne annuelle en (m)

$A$  : Surface du bassin en ( $km^2$ )

$Le$  : Lamme d'eau écoulée en (m)

##### ➤ Formule de SAMIE :

$$A_{moy} = 0,915 \cdot P_{moy}^{2.684} \cdot A^{0.842} \dots \dots \dots (III.9)$$

Avec:

$A_{moy}$  : Apport moyen annuel (Hm3)

$P_{moy}$  : Pluie moyenne annuelle (m)

$A$  : Superficie du bassin ( $Km^2$ )

Tableau III.9 : Apports moyens interannuels de bassin versant de Tamazoura

<b>Formule de DERY</b>	0.94
<b>Formule de MEDINGUER</b>	0.31
<b>Formule de COUTAGNE</b>	0.02
<b>Formule de SAMIE</b>	1.42
<b>Moyenne</b>	0.67

### 3.2. caractéristiques de l'écoulement

#### ➤ Module de l'écoulement (Me)

$$\mathbf{Me} = \frac{\mathbf{Amoy}}{\mathbf{T}} \dots\dots\dots (\text{III.10})$$

Avec:

**Me** : Module de l'écoulement (l/s).

**Amoy** : Apport moyen annuel (l).

**T** : Temps d'une année en [secondes] "T = 31,536.10<sup>6</sup> secondes"

#### ➤ Module de l'écoulement relatif ou spécifique (M<sub>0</sub>)

$$\mathbf{M}_0 = \frac{\mathbf{Me}}{\mathbf{A}} \dots\dots\dots (\text{III.11})$$

Avec:

**Me** : Module de l'écoulement (l/s)

**A** : Superficie du bassin (Km<sup>2</sup>)

#### ➤ lame d'eau écoulée

$$\mathbf{Le} = \frac{\mathbf{Amoy}}{\mathbf{A}} \dots\dots\dots (\text{III.12})$$

Avec:

**Le** : lame d'eau écoulée en (m).

**Amoy** : Apport moyen annuel (m<sup>3</sup>).

**A** : Superficie du bassin (m<sup>2</sup>)

➤ Coefficient de l'écoulement :

$$C_e = \frac{L_e}{P_{moy}} \dots\dots\dots (III.13)$$

Avec:

$C_e$  : Coefficient de l'écoulement

$P_{moy}$  : Pluie moyenne annuelle en (mm)

$L_e$  : Lamme d'eau écoulée en (mm)

➤ Coefficient de variation :

• Formule de SOKOLOVSKY:

$$C_v = a - 0.063 \text{Log}_{10} (A + 1) \dots\dots\dots (III.14)$$

Avec :

$$A = 0.78 - 0.29 \text{Log}_{10} (M_0) \dots\dots\dots (III.15)$$

$M_0$  : Module de l'écoulement relatif (l/s/km<sup>2</sup>)

• Formule d'OURKGUIPROVODKHOZ

$$C_v = 0.7 / M_0^{-0.127} \dots\dots\dots (III.16)$$

Tableau III.10: Les caractéristiques d'écoulement

Bassin versant	A (Km <sup>2</sup> )	A <sub>0</sub> (Mm <sup>3</sup> )	M <sub>e</sub> (L/s)	M <sub>0</sub> (L/s/Km <sup>2</sup> )	L <sub>e</sub> (mm)	C <sub>e</sub> (%)	C <sub>v</sub>	
							F.SOKO	F.OURK
Oued Tamazoura	56.311	0.94	29.81	0.53	16.69	5.01	0.69	0.64

3.3. Evaluation des apports solides

➤ Formule de TIXERONT :

$$ES = a \cdot L_e^{0.15} \dots\dots\dots (III.17)$$

Avec:

$ES$  : taux d'abrasion (t/km<sup>2</sup>/an)

$L_e$  : lame d'eau ruisselée en (mm)

$a$ : coefficient empirique qui varie en fonction de la perméabilité du terrain

$a = 350$  (perméabilité moyenne).

En tenant compte du poids spécifique moyen des sédiments  $\gamma = 1.4 \text{T/m}^3$ .

$$VS = ES \cdot \frac{a}{\gamma} \dots\dots\dots (III.18)$$

Tableau III.11: les apports solides

Bassin versant	A (Km <sup>2</sup> )	L <sub>e</sub> (mm)	E <sub>s</sub> (T/ Km <sup>2</sup> /an)	V <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /an)
Oued Tamazoura	56.311	16.69	381.34	24159.2

#### 4. Estimations empiriques des débits de pointe et des hydrogramme de crue

Débit de crue sur une année : une des manières de caractériser les crues est d'utiliser les débits de pointe, soit en valeurs instantanées (Qix) ou en valeurs journalières (Qjx). Débit de crue sur plusieurs années : à partir d'un échantillon le plus fourni possible de débits de crue, on détermine par une étude statistique la valeur du débit associé à différentes fréquences théoriques de retour (2, 5, 10 ans ...). Par exemple, le débit journalier de crue décennale correspond au débit qui se produit en moyenne 1 fois tous les 10 ans. Cela veut aussi dire qu'il a 1 chance sur 10 de se produire chaque année. Ce résultat théorique doit être systématiquement associé à un intervalle de confiance, qui dépend du nombre d'années disponibles, de leur homogénéité, de la méthode utilisée . (SGHARA Nacer 2013)

les formules empiriques utilisé pour estimés les débit sont :

##### ➤ Formule de Mallet Gauthier

$$Q_{\max f} \% = 2K \log T (1 + A \times P_{\text{moy}}) \times \frac{S}{L_{cp}} \times \sqrt{(1 + 4 \log T - \log S)} \dots \dots (III.19)$$

Avec :

**S**: superficie du bassin versant (Km<sup>2</sup>).

**Lcp**: longueur du talweg principal (Km).

**K** et **A** : coefficient qui dépend de la topographie du bassin versant, ils varient comme suit :

2 < K < 3 et 20 < A < 30, donc en prend K = 3 et A = 30

**Pmoy**: précipitation moyenne interannuelle (m).

**T**: période de retour en années.

##### ➤ Formule de TURRAZA :

$$Q_{\max f} \% = \frac{C \cdot S \cdot It}{3.6} \dots \dots \dots (III.20)$$

Avec :

**S:** superficie du bassin versant (Km<sup>2</sup>).

**It:** intensité des pluies pendant une durée égale au temps de concentration pour une fréquence donnée (mm/h).

**C :** coefficient de ruissellement en fonction de la probabilité donnée

**C=0.6** pour P= 5%, P= 10%

**C=0.7** pour P= 1%, P= 2%

**C=0.8** pour P= 0.1 %

#### ➤ Formule de POSSENTI

$$Q_{\max f \%} = \frac{\mu \cdot P_{\max f \%} \cdot S}{L_{cp}} \dots\dots\dots (III.21)$$

Avec :

**μ :** Coefficient compris entre 700 -800 ; On prend  $\mu = 750$ .

**P<sub>max,p%</sub> :** Pluie maximale journalière correspondante à la période de retour donnée.

**S:** superficie du bassin versant (Km<sup>2</sup>).

**L<sub>cp</sub>:** longueur du talweg principal (Km).

#### ➤ Formule de SAMIE

$$Q_{\max f \%} = \frac{0.8 \cdot S \cdot P_{j\max}}{86.4} \dots\dots\dots (III.22)$$

Avec:

**S:** superficie du bassin versant (Km<sup>2</sup>).

**P<sub>jmax</sub>:** Pluie maximale journalière

**L<sub>cp</sub>:** longueur du talweg principal (Km).

#### ➤ Formule de GIANDOTTI

$$Q_{\max f \%} = \frac{1.66 \cdot P_{tc;p\%} \cdot \sqrt{(H_{\max} - H_{\min})}}{0.8 \cdot \sqrt{S} + 1.5L_{cp}} \dots\dots\dots (III.23)$$

Avec :

**Ptc ;p%** :Précipitation en mm ,de probabilité p% correspondante à un temps Tc.

**Sbv**: superficie du bassin versant en Km<sup>2</sup>.

**Lcp**: longueur du talweg principal (Km).

**Hmax** : Altitude maximale (m)

**Hmin** : Altitude minimale (m)

**Tableau III.12:** Estimation du débit de pointe fréquentiel  $Q_{max,F}$  (Formules empiriques)

Q <sub>max,p%</sub> (m <sup>3</sup> /s)						
Période de retour	Formule de Mallet Gauthier	Formule de TURRAZA	Formule de POSSENTI	Formule de SAMIE	Formule de GIANDOTTI	Moyenne
10 ans	95.88	73.46	547.13	30.80	103.06	90.8
20 ans	112.25	80.40	598.81	33.71	112.79	101.81
50 ans	130.78	103.02	657.67	37.02	123.88	119.22
100 ans	143.22	109.09	696.43	39.21	114.72	122.34
1000 ans	178.41	142.93	798.36	44.94	150.38	157.24

**Remarque :** le résultat du débit fréquentiel est la moyenne des trois formules ( **Formule de Mallet Gauthier, Formule de TURRAZA, Formule de GIANDOTTI** ) car ces formules sont les plus proches.

On écarte les formules de POSSENTI et celle de SAMIE vue les valeurs très éloigné de l'ensemble des formules.

#### 4.1. Hydrogramme de crue :

L'hydro gramme est le graphique de la variation temporelle du débit d'écoulement d'eau, mesurée au sol. On utilise des hydro grammes pour étudier cette variation soit au point d'un bassin versant (hydro gramme de précipitations), soit à une section d'un cours d'eau (hydro gramme de ruissellement). L'hydro gramme diffère du pluviogramme car il indique en un point donné la réponse d'écoulement à un épisode pluvieux en intégrant à la fois la capacité locale d'évacuation (pente, rugosité du relief) et la capacité locale d'absorption du sol. Dans la plupart des cas, l'hydro gramme est une courbe reconstituée par le bureau d'étude à partir de mesures pluviométriques ou de mesures de jaugeage, en lui supposant une forme *a priori* : on ne dispose en effet pratiquement jamais de l'hydro gramme au point géographique souhaité, de sorte qu'il faut s'appuyer sur les hydro grammes de points voisins et sur les données du relief (contributions des différents points du bassin versant) pour en obtenir une estimation sur un hydro gramme : (L'HYDROLOGIE DE L'INGENIEUR 1960 )

- la partie montante (d'augmentation du débit), dite courbe de concentration. La durée correspondante est appelée temps de montée
- la pointe, ou pic, de l'hydro gramme
- la partie à décroissance rapide, dite courbe de décrue. La durée totale couvrant la concentration et la décrue est appelée temps de base de l'hydro gramme ;
- la branche finale, à décroissance plus lente, dite courbe de tarissement.

pour le tracé de l'hydro gramme, on utilise la méthode de SOKOLOVSKY.

Cette méthode qui consiste à tracer la courbe à partir de deux équations paraboliques l'une pour la montée de la crue et l'autre pour la décrue :

- branche de crue (montée)

$$Q_T = Q_{\max} \left[ \frac{t}{T_m} \right]^n \dots\dots\dots ( \text{III.24} )$$

- branche de décrue (descente)

$$Q_T = Q_{\max} \left[ \frac{(T_D + T_c - t)}{T_d} \right]^m \dots\dots\dots ( \text{III.25} )$$

**Q max (%)**: débit maximum de fréquence donnée.

**Q t**: débit instantané au moment (t).

**t m, t d**: temps de montée et de décrue.

**m, n**: puissances des paraboles pour les bassins de petites gabarits (m=3, n=2). Temps de base:  $t_b = t_m + t_d$

On considère généralement que:  $t_d = 2 t_m$ , et  $t_m = t_c$  (pour des petits bassins).

Tableau III.13: Hydrogramme de crues fréquentielles

Temps (heur)	F=10% 10ans	F= 5 % 20 ans	F=2 % 50 ans	F=1% 100 ans	F=0.1% 1000 ans
0	0	0	0	0	0
0,1	0,08	0,09	0,10	0,10	0,13
0,2	0,31	0,35	0,41	0,42	0,53
0,3	0,69	0,78	0,91	0,94	1,20
0,4	1,23	1,38	1,62	1,66	2,14
0,5	1,93	2,16	2,53	2,60	3,34
0,6	2,78	3,12	3,65	3,74	4,81
0,7	3,78	4,24	4,97	5,10	6,55
0,8	4,94	5,54	6,49	6,66	8,55
0,9	6,25	7,01	8,21	8,42	10,83
1	7,72	8,65	10,13	10,40	13,37
1,1	9,34	10,47	12,26	12,58	16,17
1,2	11,11	12,46	14,59	14,97	19,25
1,3	13,04	14,62	17,13	17,57	22,59
1,4	15,13	16,96	19,86	20,38	26,20
1,5	17,37	19,47	22,80	23,40	30,07
1,6	19,76	22,15	25,94	26,62	34,21
1,7	22,30	25,01	29,29	30,05	38,63
1,8	25,01	28,04	32,83	33,69	43,30
1,9	27,86	31,24	36,58	37,54	48,25
2	30,87	34,61	40,53	41,59	53,46
2,1	34,04	38,16	44,69	45,86	58,94
2,2	37,35	41,88	49,05	50,33	64,69
2,3	40,83	45,78	53,61	55,01	70,70
2,4	44,45	49,85	58,37	59,90	76,98
2,5	48,24	54,09	63,33	64,99	83,53
2,6	52,17	58,50	68,50	70,30	90,35
2,7	56,26	63,09	73,87	75,81	97,43
2,8	60,51	67,85	79,45	81,53	104,78
2,9	64,91	72,78	85,22	87,45	112,40
3	69,46	77,88	91,20	93,59	120,29
3,1	74,17	83,16	97,38	99,93	128,44
3,2	79,03	88,61	103,77	106,48	136,86
3,3	84,05	94,24	110,35	113,24	145,55
3,4	89,22	100,04	117,14	120,21	154,50
3,43	90,80	101,81	119,22	122,34	157,24
3,5	88,05	98,73	115,61	118,63	152,48
3,6	84,22	94,43	110,57	113,47	145,84
3,7	80,50	90,26	105,69	108,46	139,39
3,8	76,89	86,21	100,95	103,59	133,14
3,9	73,39	82,28	96,36	98,88	127,08
4	69,99	78,48	91,90	94,31	121,21
4,1	66,71	74,80	87,59	89,88	115,52
4,2	63,53	71,23	83,41	85,59	110,01
4,3	60,45	67,78	79,37	81,45	104,68
4,4	57,47	64,44	75,46	77,44	99,53
4,5	54,59	61,21	71,68	73,56	94,54
4,6	51,81	58,10	68,03	69,81	89,73
4,7	49,13	55,09	64,51	66,20	85,08
4,8	46,54	52,18	61,11	62,71	80,59
4,9	44,04	49,38	57,83	59,34	76,27
5	41,64	46,69	54,67	56,10	72,10
5,1	39,32	44,09	51,63	52,98	68,09
5,2	37,09	41,59	48,70	49,97	64,23
5,3	34,95	39,18	45,89	47,09	60,52
5,4	32,89	36,88	43,18	44,31	56,95
5,5	30,91	34,66	40,59	41,65	53,53

5,6	29,02	32,53	38,10	39,09	50,25
5,7	27,20	30,50	35,71	36,65	47,10
5,8	25,46	28,55	33,43	34,30	44,09
5,9	23,80	26,68	31,24	32,06	41,21
6	22,21	24,90	29,16	29,92	38,46
6,1	20,69	23,20	27,17	27,88	35,83
6,2	19,24	21,58	25,27	25,93	33,32
6,3	17,87	20,03	23,46	24,07	30,94
6,4	16,56	18,56	21,74	22,31	28,67
6,5	15,31	17,17	20,10	20,63	26,52
6,6	14,13	15,85	18,55	19,04	24,47
6,7	13,01	14,59	17,09	17,53	22,54
6,8	11,96	13,41	15,70	16,11	20,70
6,9	10,96	12,29	14,39	14,76	18,98
7	10,02	11,23	13,15	13,50	17,35
7,1	9,13	10,24	11,99	12,30	15,81
7,2	8,30	9,30	10,90	11,18	14,37
7,3	7,52	8,43	9,87	10,13	13,02
7,4	6,79	7,61	8,91	9,15	11,76
7,5	6,11	6,85	8,02	8,23	10,58
7,6	5,47	6,14	7,19	7,38	9,48
7,7	4,89	5,48	6,42	6,58	8,46
7,8	4,34	4,87	5,70	5,85	7,52
7,9	3,84	4,31	5,04	5,17	6,65
8	3,38	3,79	4,43	4,55	5,85
8,1	2,95	3,31	3,88	3,98	5,12
8,2	2,57	2,88	3,37	3,46	4,45
8,3	2,22	2,49	2,91	2,99	3,84
8,4	1,90	2,13	2,49	2,56	3,29
8,5	1,61	1,81	2,12	2,17	2,79
8,6	1,36	1,52	1,78	1,83	2,35
8,7	1,13	1,27	1,48	1,52	1,96
8,8	0,93	1,04	1,22	1,25	1,61
8,9	0,76	0,85	0,99	1,02	1,31
9	0,60	0,68	0,79	0,81	1,05
9,1	0,47	0,53	0,62	0,64	0,82
9,2	0,36	0,41	0,48	0,49	0,63
9,3	0,27	0,31	0,36	0,37	0,47
9,4	0,20	0,22	0,26	0,27	0,34
9,5	0,14	0,16	0,18	0,19	0,24
9,6	0,09	0,10	0,12	0,12	0,16
9,7	0,06	0,06	0,08	0,08	0,10
9,8	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06
9,9	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
10,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

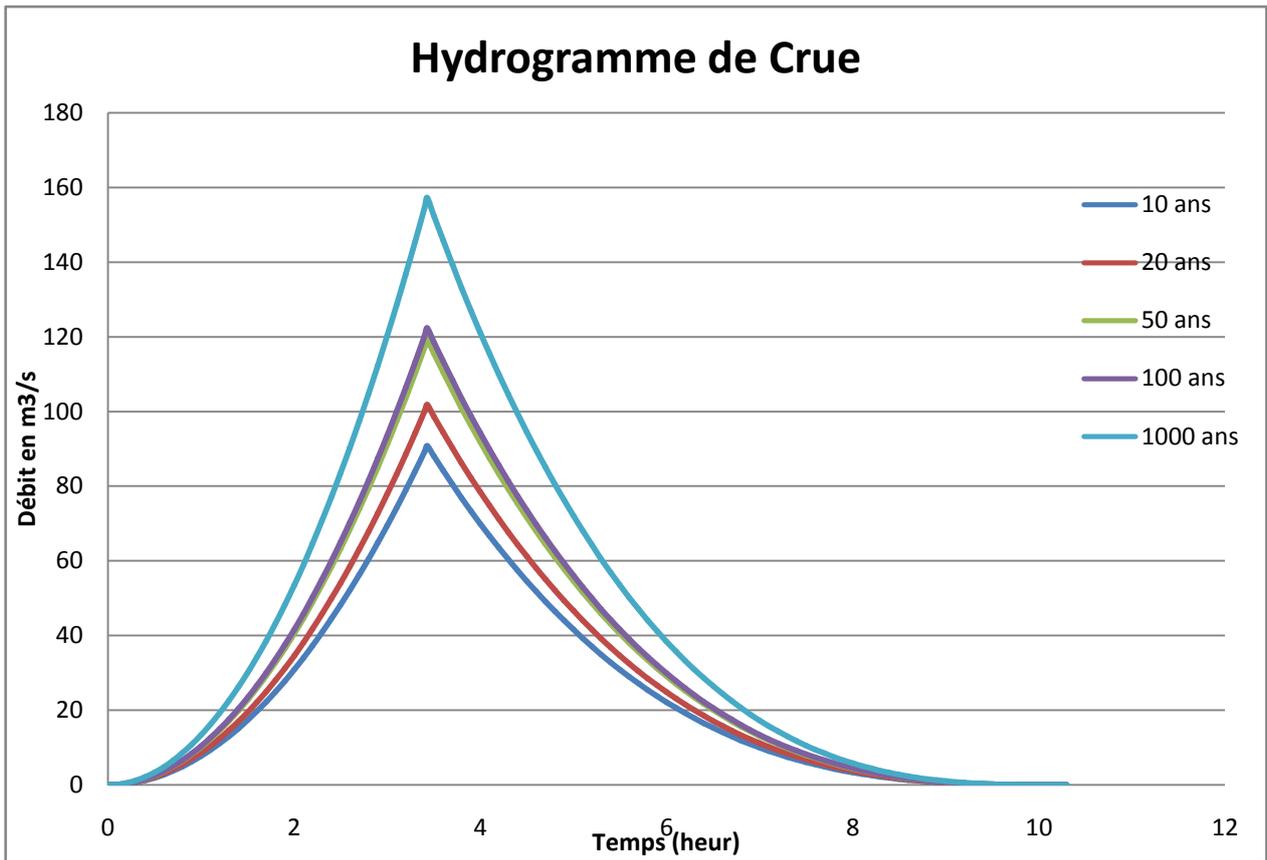


Figure III.7 : Hydro gramme de crue fréquentielle Tamazoura

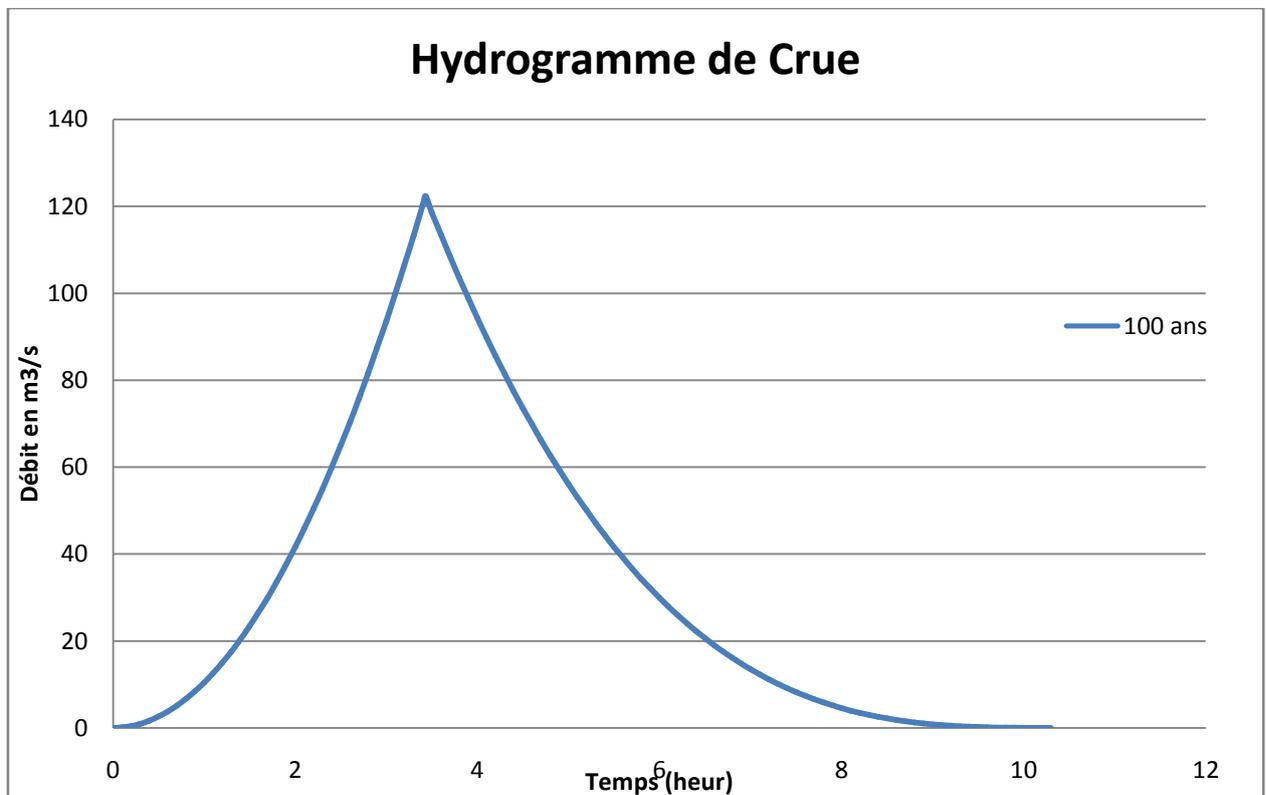


Figure III.8 : Hydro gramme de crue fréquentielle F=1% ; 100ans (Tamazoura)

#### 4.2 Détermination du volume de la crue

Le volume de crue donnée par la relation suivante :

$$W1 = \frac{Q_{max} * Tm}{m+1} \dots\dots\dots (III.26)$$

$$W2 = \frac{Q_{max} * Td}{n+1} \dots\dots\dots ( III.27)$$

$$Wt = W1 + W2 \dots\dots\dots ( III.28)$$

Avec :

**W1** : apport pendant la crue (Hm3)

**W2** : apport pendant la décrue

**W t** : apport total (Hm3)

**Tableau III.14:** Estimation du volume de crue de oued Tamazoura

Q max (m <sup>3</sup> /s)	90.8	101.81	119.22	122.34
Période de retour	10	20	50	100
$W1 = \frac{Q_{max} * Tm}{m + 1}$	280299.6	314287.47	368032.14	377663.58
$W2 = \frac{Q_{max} * Td}{n + 1}$	747465.6	838099.92	981419.04	1007102.88
$Wt = W1 + W2$ (m <sup>3</sup> )	1027765.2	1152387.39	1349451.18	1384766.46
$Wt = W1 + W2$ (Hm <sup>3</sup> )	1.03	1.15	1.35	1.38

**interprétation :** L'analyse des apports totaux des crues fréquentielles montre que le volume des crues pour une période de retour de 100 ans, pour le bassin versant de Tamazoura, tableaux (III.14), est de 1.38 Hm3.

#### 4.3. détermination des débits fréquentiels de sous bassin de Oued EL Ibel et Oued EL Hammam

Pour déterminer les débits fréquentiels il faut d'abord déterminer les paramètre suivant:

**A . Temps de concentration**

Nous avant calculer le temps de concentration par les formules suivant:

- **Formule de Giandotti**

$$Tc = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot Lp}{0.8 \cdot \sqrt{Hmoy - Hmin}} \dots\dots\dots (\text{III.29})$$

Avec :

**Lp** : Longueur du talweg principale (Km).

**S** : Surface du bassin versant (Km<sup>2</sup>).

**Hmoy** : Altitude moyenne du bassin versant (m). Formule (6.3)

**Hmin** : Altitude minimale du bassin versant (m).

- **Formule de CALIFORNIA**

$$TC = \left( \frac{0.87 \cdot L^3}{Hmax - Hmin} \right)^{0.386} \dots\dots\dots (\text{III.30})$$

Avec :

: Longueur du talweg principal en [Km].

**Hmax, H**: Respectivement l'altitude maximale et minimale du B.V en [m].

- **Formule de KIRPICH**

$$Tc = 0.6615 \cdot Lp^{0.77} \cdot Imoy^{0.385} \dots\dots\dots (\text{III.31})$$

Avec :

**Lp** : Longueur du cours d'eau principal (km).

**Imoy** : Pente moyenne du bassin.

- **Formule de VENTURA**

$$Tc = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{S}{Imoy}} \dots\dots\dots (\text{III.32})$$

Avec :

**S**: Surface du bassin versant (Km<sup>2</sup>).

**Imoy** : Pente moyenne du bassin.

Tableau III.15: temps de concentration

Les formules	Sous Bassin de Oued El Ibel	Sous Bassin de Oued El Hammam
Formule de GIANDOTTI	2.11	1.49
Formule de CALIFORNIA	0.386	0.43
Formule de KIRPICH	0.99	1.34
Formule de VENTURA	1.59	0.71
Moyenne	1.27	0.99

**Interprétation :** le temps de concentration est la moyenne des formules (VENTURA, CALIFORNIA, KIRPICH, GIANDOTTI )

### B. les caractéristiques morphologiques

Les Caractéristiques morphologique sont afficher dans le tableau suivant:

Tableau III.16: Caractéristiques des Sous Bassins

	Caractéristiques des Sous Bassins	
	Sous Bassin de Oued El Ibel	Sous Bassin de Oud El Hammam
<b>Surface</b>	41.252 Km <sup>2</sup>	9.864 Km <sup>2</sup>
<b>Périmètre</b>	34.851 Km	2.031 Km
<b>Longueur du Talweg principal</b>	3.315 Km	4.467 Km
<b>H max</b>	867 m	893 m
<b>H min</b>	202 m	203 m
<b>H moy</b>	530.72 m	465.5 m
<b>Pente moyenne</b>	26.34 %	32.07 %
<b>Temps de concentration</b>	1.27 h	0.99 h

**Interprétation :** les caractéristiques (Surface, Périmètre, Longueur du Talweg principal, H max, H min, H moy, Pente moyenne) nous les avons obtenus du logiciel GLOBAL MAPPER

**C. Estimations empiriques des débits de pointe et des hydro grammes de crue**

les formules empiriques utilisé pour estimés les débit sont:

➤ **Formule de Mallet Gauthier**

$$Q_{\max f \%} = 2K \log(1 + A \times P_{\text{moy}}) \times \frac{S}{L_{cp}} \times \sqrt{(1 + 4 \log T - \log S)} \dots\dots ( \text{III.33} )$$

Avec :

**S:** superficie du bassin versant (Km2).

**Lcp:** longueur du talweg principal (Km).

**K** et **A** : coefficient qui dépend de la topographie du bassin versant, ils varient comme suit :

2 < K < 3 et 20 < A < 30, donc en prend K = 3 et A = 30

**Pmoy:** précipitation moyenne interannuelle (m).

**T:** période de retour en années.

➤ **Formule de TURRAZA**

$$Q_{\max f \%} = \frac{C \cdot S \cdot It}{3.6} \dots\dots\dots ( \text{III.34} )$$

Avec :

**S:** superficie du bassin versant (Km2).

**It:** intensité des pluies pendant une durée égale au temps de concentration pou une fréquence donnée (mm/h).

**C** : coefficient de ruissellement en fonction de la probabilité donnée

C=0.6 pour P= 5%, P= 10%

C=0.7 pour P= 1%, P= 2%

C=0.8 pour P= 0.1 %

➤ **Formule de POSSENTI**

$$Q_{\max f \%} = \frac{P_{\max f \%} \cdot S}{L_{cp}} \dots\dots\dots ( \text{III.35} )$$

Avec :

$\mu$  : Coefficient compris entre 700 -800 ; On prend  $\mu = 750$ .

**Pmax,p%** :Pluie maximale journalière correspondante à la période de retour donnée.

**S**: superficie du bassin versant (Km2).

**Lcp**: longueur du talweg principal (Km).

➤ **Formule de SAMIE :**

$$Q_{max} f \% = \frac{0.8 \cdot S \cdot P_{jmax}}{86.4} \dots\dots\dots (III.36)$$

Avec:

**S**: superficie du bassin versant (Km2).

**Pjmax**: Pluie maximale journalière

**Lcp**: longueur du talweg principal (Km).

➤ **Formule de GIANDOTTI :**

$$Q_{max} f \% = \frac{1.66 \cdot P_{tc;p\%} \cdot \sqrt{(H_{max} - H_{min})}}{0.8 \cdot \sqrt{S} + 1.5L_{cp}} \dots\dots\dots (III.37)$$

Avec :

**Ptc ;p%** :Précipitation en mm ,de probabilité p% correspondante à un temps Tc.

**Sbv**: superficie du bassin versant en Km2.

**Lcp**: longueur du talweg principal (Km).

**Hmax** : Altitude maximale (m)

**Hmin** : Altitude minimale (m)

**Tableau III.17:** temps de concentration

Sous Bassin Oued El Ibel		Sous Bassin Oued El Hammam	
Formule de Mallet Gauthier	114.33	Formule de Mallet Gauthier	20.92
Formule de TURRAZA	79.91	Formule de TURRAZA	14.66
Formule de GIANDOTTI	112.94	Formule de SAMIE	24.60
Moyenne	102.39	Moyenne	20.12

**Interprétation :** le débit fréquentiel de sous bassin de Oued EL Ibel est de 102.39 m<sup>3</sup>/s débit fréquentiel de sous bassin de Oued EL Hammam est de 20.12 m<sup>3</sup>/s

## D. Hydro gramme de crue :

Tableau III.18: Hydrogramme de crues fréquentielles

Temps (heur)	Sous Bassin 01	Temps (heur)	Sous Bassin 02
	F=1% 100 ans		F=1% 100 ans
0	0.00	0	0.00
0.1	0.63	0.1	0.20
0.2	2.54	0.2	0.82
0.3	5.71	0.3	1.84
0.4	10.16	0.4	3.27
0.5	15.87	0.5	5.12
0.6	22.85	0.6	7.37
0.7	31.11	0.7	10.03
0.8	40.63	0.8	13.10
0.9	51.42	0.9	16.58
1	63.48	0.99	20.06
1.1	76.81	1	19.76
1.2	91.41	1.1	16.90
1.27	102.39	1.2	14.33
1.3	98.80	1.27	12.70
1.4	87.46	1.3	12.04
1.5	77.02	1.4	10.00
1.6	67.44	1.5	8.21
1.7	58.70	1.6	6.65
1.8	50.74	1.7	5.29
1.9	43.54	1.8	4.14
2	37.05	1.9	3.17
2.1	31.24	2	2.36
2.2	26.08	2.1	1.70
2.3	21.51	2.2	1.18
2.4	17.52	2.3	0.78
2.5	14.05	2.4	0.48
2.6	11.07	2.5	0.27
2.7	8.55	2.6	0.13
2.8	6.44	2.7	0.05
2.9	4.71	2.8	0.01
3	3.32	2.9	0.00
3.1	2.24	3	0.00
3.2	1.42	3.1	0.00
3.3	0.83	3.2	0.00
3.4	0.43	3.3	0.00
3.5	0.19	3.4	0.00
3.6	0.06	3.5	0.00
3.7	0.01	3.6	0.00
3.8	0.00	3.7	0.00
3.9	0.00	3.8	0.00

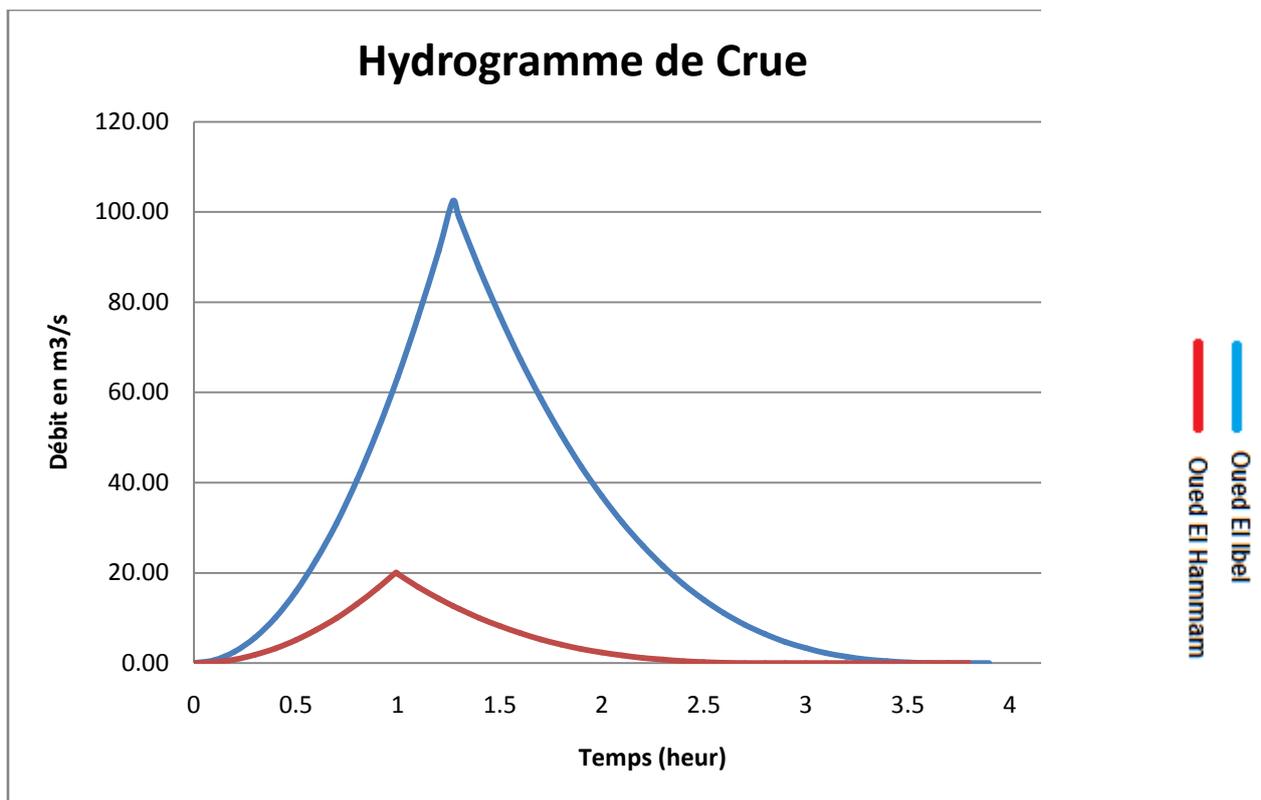


Figure III.9 : hydrogramme de crue

**conclusion :**

Après le calcul de plusieurs données ( débit fréquentielle, volume de crue ) dans ce chapitre et qui vont nous être très utiles pour l dimensionnement de l'aménagement choisi, nous allons traiter tous ce ceci dans le troisième chapitre.

***CHAPITRE IV***  
**LES AMENAGEMENT  
HYDRAULIQUES DE  
PROTECTION**

## **Introduction**

Depuis toujours, l'homme a aménagé les cours d'eau pour réduire les risques d'inondation. Cela s'est traduit essentiellement par des endiguements, des rééquilibrages ou la réalisation de grands barrages. Mais les aménagements réalisés à un endroit se répercutent sur la manière dont l'eau va s'écouler en aval. Ainsi, les conséquences des endiguements sont parfaitement connues : ils augmentent le niveau de l'eau et la vitesse du courant.

De ce fait, l'eau est plus vite évacuée du secteur à protéger, mais cette eau arrive plus rapidement en aval, ce qui aggrave les inondations de cet endroit. Les travaux de protection contre les inondations doivent donc être aussi envisagés en fonction de leurs conséquences en aval.

En effet, l'évaluation du risque d'inondation doit s'appuyer sur des estimations fiables des niveaux d'eau et des vitesses locales, que ce soit en zone rurale (problèmes de stockage, érosion ou dépôt de limon) ou dans les plaines d'inondation urbanisées (problèmes de vulnérabilité).

Le présent travail consiste à l'étude de protection De la ville de Tamazourah contre les inondations. Un thalweg longe les tissus urbains est situé au Pied d'un important bassin versant, source d'écoulements de surface.

Sur la base des données du milieu physique morpho-métriques et climatiques, une étude hydrologique a été engagée et a permis de déterminer l'ensemble des paramètres servant à la conception et aux dimensionnements des ouvrages de protection l'un au niveau du Bassin versant et l'autre au niveau du milieu urbain..

### **1. Les méthodes de protection contre les inondations**

Une inondation est le phénomène occasionnel qui peut noyer de vastes parties du lit majeur ou de la plaine, à la suite d'une crue particulièrement importante et du débordement des eaux.

Une fois la situation du risque est décrite, il est possible de faire une prévision d'un large éventail d'aménagements qui pourra a priori participer à la réduction des conséquences des écoulements provoquant les inondations. Ces aménagements peuvent être prévus au niveau du bassin versant, dans les réseaux primaires et dans le lit majeur des cours d'eau. (Hachemi ,2014).

Parmi les méthodes de protection on a :

#### **a) Recalibrage du cours d'eau**

Le principe du recalibrage consiste à augmenter la débitante du lit mineur en augmentant la section d'écoulement par élargissement du lit, approfondissement ou les deux.

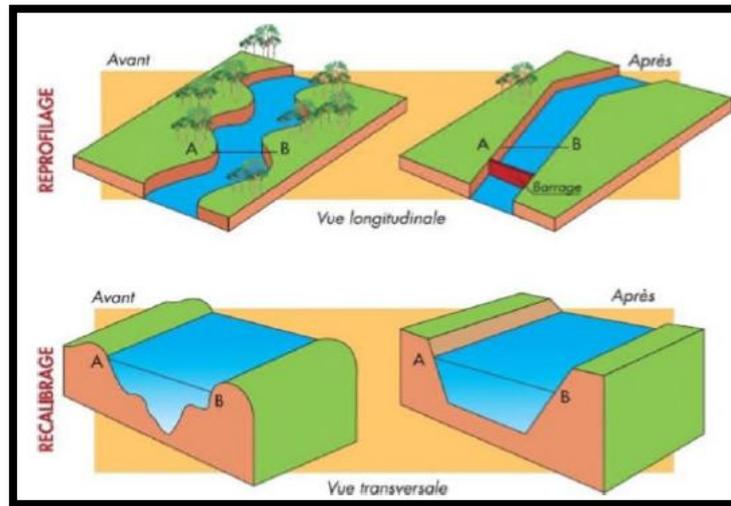


Figure IV.1 : Recalibrage d'un cours d'eau

**b) Barrage écrêteur**

C'est une solution qui stocke l'eau à l'amont pour protéger l'aval. Elle fait appel à une solidarité à l'échelle du bassin versant entre amont/aval et secteurs urbains/ruraux selon le schéma suivant :

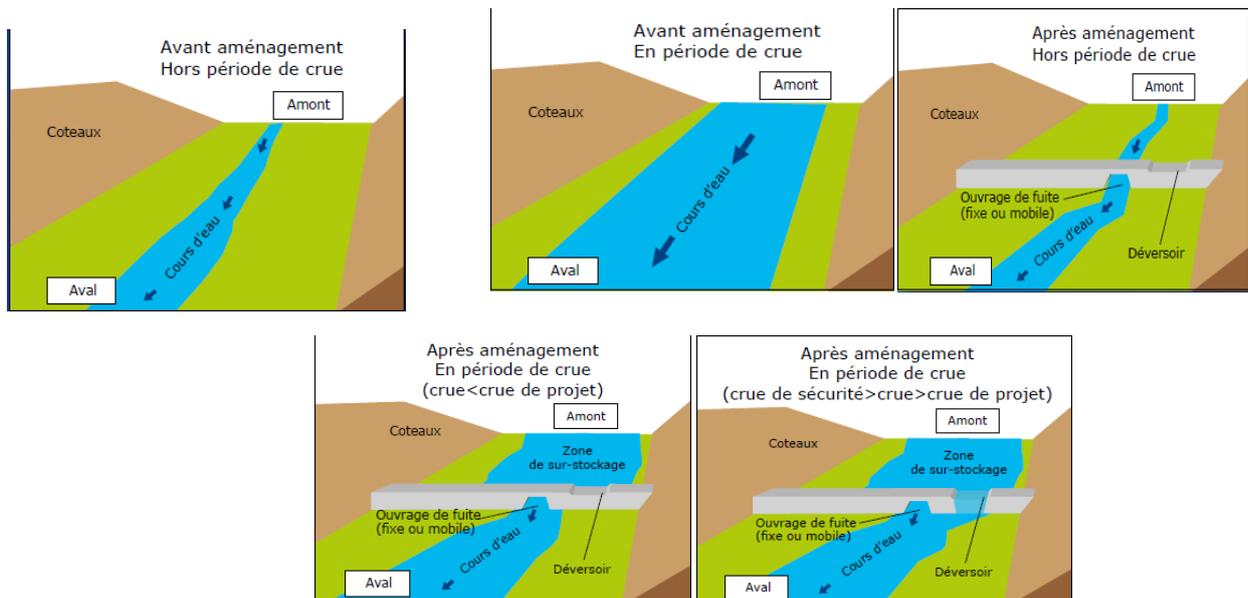


Figure IV.2 : fonctionnement de barrage écrêteur

**c) Correction torrentielle**

C'est une technique qui a pour objectif de limiter les vitesses des écoulements dans les cours d'eau ayant des régimes torrentiels. Un torrent est corrigé par la construction d'un nombre de digues successives transversales sur les lits des canaux naturels (Abdeddaim, 2008).



Figure IV.3 : Correction torrentielle

**d) Les épis**

Un épi en rivière est ouvrage transversal au courant, enraciné dans la berge, ne barrant qu'une partie du lit et au moins partiellement submersible. Les épis sont utilisés pour protéger les berges ou pour faciliter la navigation. Dans le domaine maritime, des épis peuvent être utilisés pour protéger des plages (Gérared, 2012)

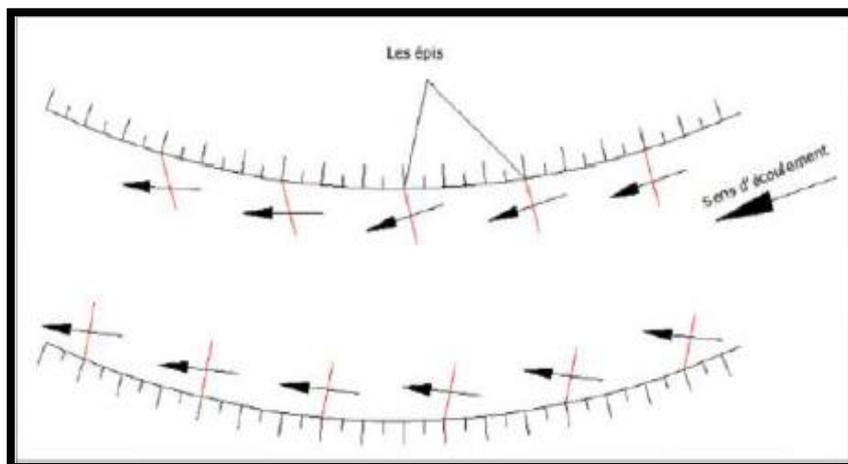


Figure IV.4 : les épis

**e) Banquette**

La technique des banquettes est de double objectif, la lutte contre l'érosion et la réduction de ruissellement en favorisant l'infiltration due à la diminution de pente. Leurs effets sont considérables dans la défense et la restauration de sol (Benmia, 2012).

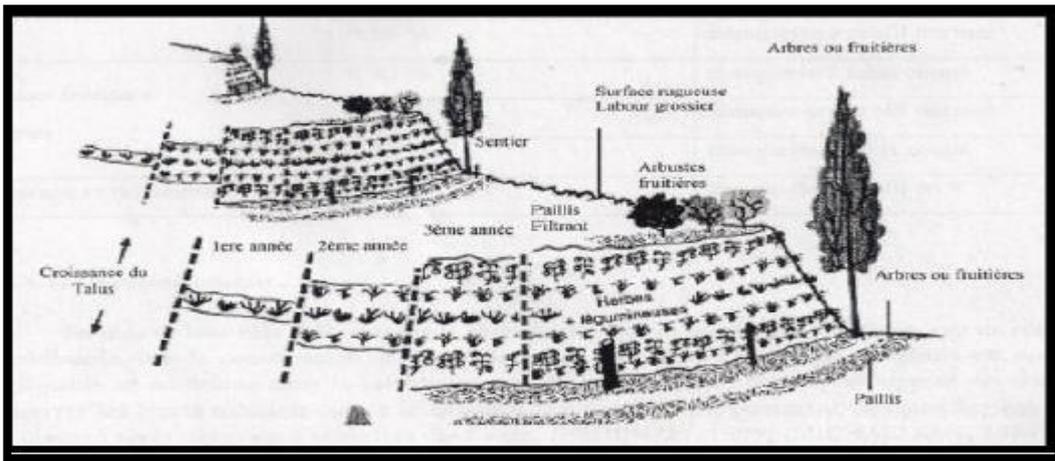


Figure IV.5 : technique des banquettes

**f) Ouvrage de stockage en dérivation**

Ces ouvrages peuvent être implantés dans le lit majeur, voire dans la plaine au-delà. Ils sont alimentés en dérivation du cours d'eau et nécessitent les aménagements suivants :

- Une section rétrécie de la rivière (section de contrôle),
- Un seuil latéral calé pour la crue à écrêter,
- Un dispositif de limitation du débit dérivé vers les bassins de stockage, égal au plus à la capacité des ouvrages de trop plains des bassins,
- Des bassins aménagés par creusement du terrain naturel (dans le cas où ils seraient situés au-delà du lit majeur), par construction de digues ou par une solution mixte entre les deux précédentes : il est également possible de profiter d'anciennes gravières, réaménagées en plans d'eau où la tranche supérieure va être mobilisée pour l'écrêtement des crues.

Les bassins peuvent être implantés en cascade, comme indiqué sur le dessin ci-dessous.

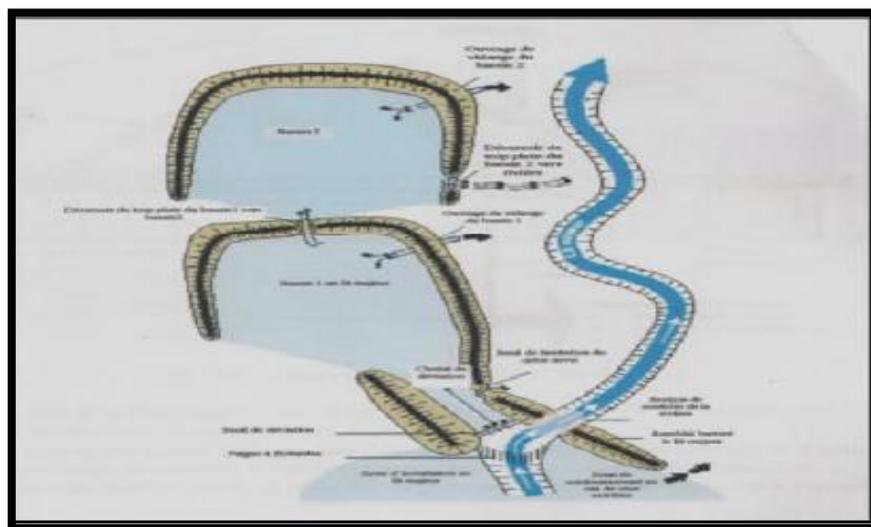


Figure IV.6 : Fonctionnement d'ouvrage de stockage en dérivation (Benmia, 2012)

### g) Reboisement

En plus de leur rôle à développer le volet écologique et touristique, les forêts ont un rôle considérable dans la conservation de sol et des eaux. Le volume intercepté de pluies et non négligeable et contribue dans le ralentissement de la montée de crue et en opposé on doit conserver les forêts existants contre le déboisement (un fort accroissement de ruissellement a été observé après des coupes sélectives des forêts).

Le taux d'infiltration sous un couvert végétal naturel non modifié est généralement élevé et le ruissellement est un phénomène relativement rare sauf dans le cas de pluie exceptionnellement violente (Chachoua, 2010).

Au plan de la tenue des berges, un arbre peut jouer différents rôles selon, sa taille, sa position et son espèce citons ici le platane qui tapisse la berge et la protège de l'érosion.

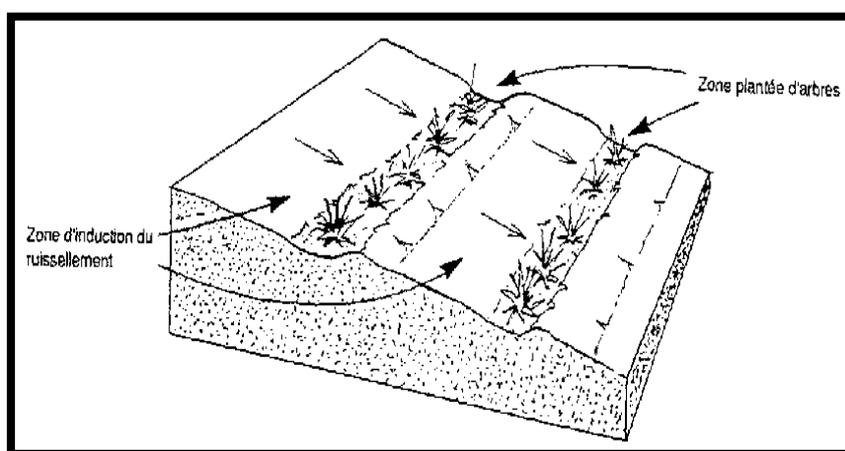


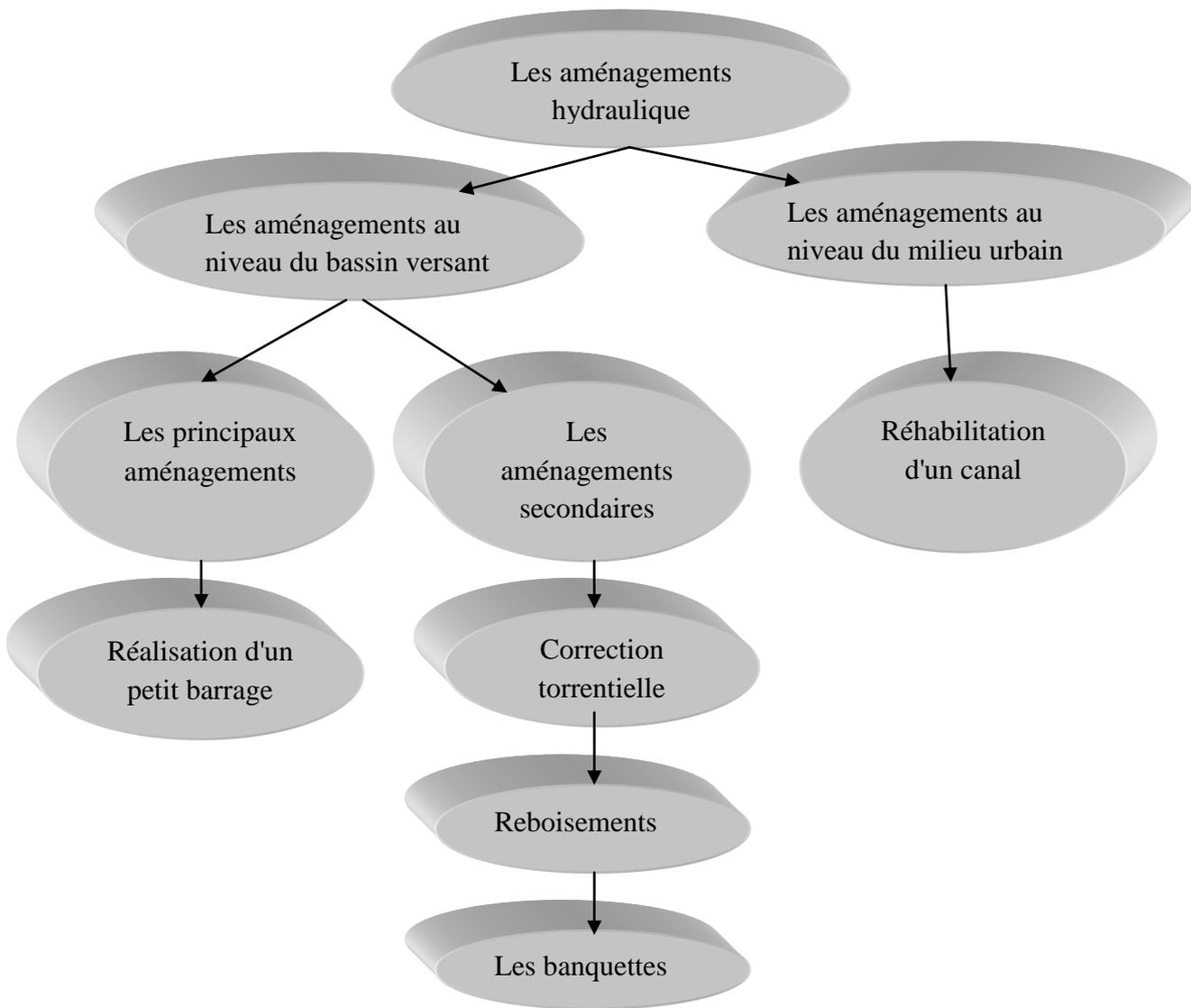
Figure IV.7 : Reboisement

## 2. Les aménagements hydrauliques adoptés pour la protection de la ville de Tamazoura contre les inondations

La ville de Tamazoura est sujette aux inondations et nous avons donc mené des études pour se protéger contre ce danger car en 2012 elle a été soumise à une forte inondation entraînant des pertes matérielles et des dommages importants (figure IV.1). D'après notre étude nous avons proposer des aménagement comme suit (figure IV.2) :



Figure IV. 8: Inondation du Tamazoura 2012



**Figure IV.9:** Les aménagements hydrauliques adoptés pour la protection de la ville de Tamazoura contre les inondations

D'après les études faites par la DRE de la wilaya d'Ain Temouchent , les aménagements proposé au niveau de Oued EL Hammam et Oued El IBel sont deux retenues qui sont montré dans les tableaux IV.1, IV.2. La direction des forêts de la wilaya d'Ain Temouchent a aussi fait des aménagement au niveau du bassin versant par la réalisation de correction torrentielle environ de 50000 m<sup>3</sup>( figure IV.4) a travers les cours d'eau pour réduire le transport solide et l'érosion, comme aussi elle a fait du reboisement au niveau du bassin versant et surtout au bord de l'Oued afin d'arrêter l'érosion du sol et l'élargissement de l'Oued parce que le terrain est argileux .( figure IV.3 ).

**Tableau IV.1:** caractéristiques de retenue de sous bassin versant de Oued El Hammam

Sous bassin versant de Oued El Hammam								
Les coordonnées (X, Y, Z)	La surface Km <sup>2</sup>	Périmètre Km	Altitude Min m	Altitude Max M	Evaporation mm	Pluvio Moyenne mm		
X=195.35 Y=237.38 Z=312	9.864	20.031	312	913	1165.80	438		
Digue et retenue								
Type	Hauteur de digue (m)	Largeur En Crête (m)	Talus amont	Talus aval	Capacité De Retenue (m <sup>3</sup> )	Volume Utile (m <sup>3</sup> )	Site	Matériaux
Terre a noyau	24.3	8	1/3	1/2.5	423000	300720	Argileux	Argiles

**Tableau IV.2:** caractéristiques de retenue de sous bassin versant de Oued El Bel

Sous bassin versant de Oued El IBel								
Les coordonnées (X, Y, Z)	La surface Km <sup>2</sup>	Périmètre Km	Altitude Min m	Altitude Max M	Evaporation mm	Pluvio Moyenne Mm		
X=197.30 Y=238.90 Z=335	41.252	34.851	335	720	1225	420		
Digue et retenue								
Type	Hauteur de digue (m)	Largeur En Crête (m)	Talus amont	Talus aval	Capacité De Retenue (m <sup>3</sup> )	Volume Utile (m <sup>3</sup> )	Site	Matériaux
Homogène en argile	9.61	6	1/3	1/2.5	1600000	1402000	Argileux	Argiles



**Figure IV.10 :** reboisement sur les bord d'oued

Ibel

**Figure IV.11:** reboisement sur les bord d'oued

Ibel

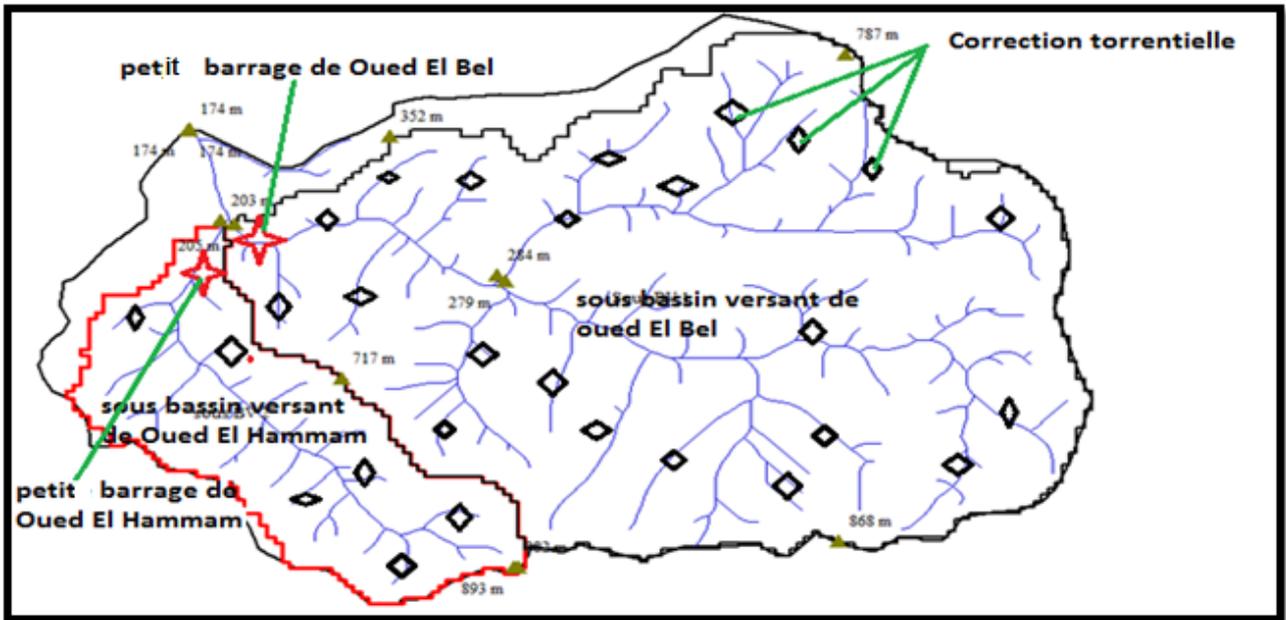


Figure IV.12: les aménagements proposé et réalisé au niveau du bassin versant

### 3. les aménagements principales proposés au niveau du bassin versant

Dans notre cas d'étude nous avons proposé un petit barrage au niveau d'Oued EL Ibel après les résultats de notre étude hydrologique. comme toute réalisation d'un barrage nous avons effectué:

- un choix du site : les coordonnées du site sont : 35°24'10.43"N / 0°38'06.02"O / altitude :349 m / élévation 246 m
- un levé topographique pour le dimensionnement de la digue .

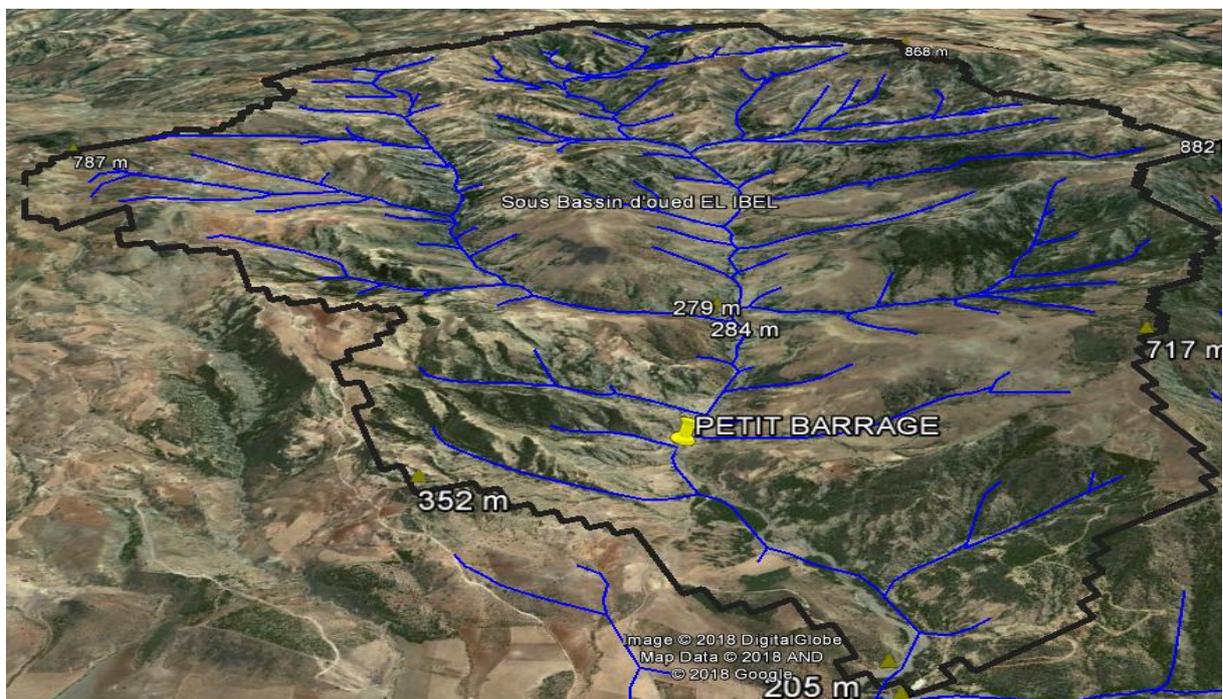


Figure IV.13: position du petit barrage d'Oued El Ibel

### 3.1 Dimensionnement du petit barrage

#### 3.1.1 Calcul des apports annuels

#### 3.1.2 Apport moyen annuel

L'écoulement moyen annuel où l'abondance annuelle est une notion fondamentale en hydrologie, c'est le volume d'eau écoulé en 365 jours à l'issue d'un bassin versant.

Il existe de nombreuses formules d'estimation des apports annuels, quelques unes d'entre elles sont plus employées en Algérie.

#### Formule de SAMIE

Lame d'eau ruisselée :

$$L e = P^2 \times (293 - 2.2\sqrt{S}) \dots\dots\dots(IV.1)$$

Avec :

**L e** : lame d'eau écoulée en **mm**

**P** : module inter annuel **P = 0.164 m**

**S** : superficie du bassin versant **S = 41.252 Km<sup>2</sup>**

On obtient ainsi : **L e = 7.50 mm**

L'apport moyen inter annuel est donné par la relation :

$$A = L e \times S = 0.309 \text{ hm}^3 \dots\dots\dots(IV.2)$$

Le module spécifique  $M_0$  :

$$M_0 = \frac{A}{31.54 \times 1000 \times S} \dots\dots\dots(IV.3)$$

$$M_0 = 0.066 \text{ l / s / km}^2$$

#### Formule de J. DERRI

$$A = 0.915 \times P^{2.684} \times S^{0.842} \dots\dots\dots(IV.4)$$

$$A = 1.09 \text{ hm}^3$$

Avec :

**A** : apport moyen inter annuel en  $10^6 \text{ m}^3$

**P** : précipitations moyennes annuelles en **P=0.333 m**

**S** : surface du bassin versant **S= 41.252 m<sup>2</sup>**

Lame d'eau ruisselée :

$$L e = \frac{A}{S} \dots\dots\dots (IV.5)$$

$$L e = 26.4 \text{ mm}$$

Le module spécifique  $M_0$  :

$$M_0 = \frac{A}{31.54 \times 1000 \times S} \dots\dots\dots (IV.6)$$

$$M_0 = 0,232 \text{ l / s / km}^2$$

**Formule de MEDINGER**

Lame d'eau ruisselée :

$$L e = 1.024 \times (P - 0.26)^2 \dots\dots\dots (IV.7)$$

$$L e = 0.0055\text{m donc } L e = 5.46 \text{ mm}$$

Avec :

**Le et P** : en m

L'apport inter annuel est obtenu par la relation

$$A = L e \times S \dots\dots\dots (IV.8)$$

$$A = 0.223 \text{ hm}^3$$

Avec :

**Le** en m et **S** en  $\text{km}^2$

Le module spécifique  $M_0$  :

$$M_0 = \frac{A}{31.54 \times 1000 \times S} \dots\dots\dots (IV.9)$$

$$M_0 = 0.048 \text{ l / s / km}^2$$

**Formule d'URGIPROVKHOZ**

$$M_0 = (P / 340)^{2,24} \dots\dots\dots( \text{IV.10} )$$

$$M_0 = 0.95 \text{ l / s / km}^2$$

Avec

**P** en mm précipitation moyenne annuelle

L'apport inter annuel est obtenu par la relation

$$A = M_0 \times 31.54 \times 10^3 \times S \dots\dots\dots( \text{IV.11} )$$

$$A = 4.44 \text{ hm}^3$$

Lame d'eau ruisselée :

$$Le = A / S = 107 \text{ mm}$$

**Formule de ( J. DERRI II ANRH )**

$$M_0 = 11,8 \times P^{2,82} \dots\dots\dots( \text{IV.12} )$$

$$M_0 = 0.53 \text{ l/s/km}^2$$

Avec :

**P** : précipitations moyennes annuelles en m

L'apport inter annuel est obtenu par la relation :

$$A = M_0 \times S \times 31,54 \times 10^3 \dots\dots\dots( \text{IV.13} )$$

$$A = 2.48 \text{ hm}^3$$

Avec:

**S** : surface du bassin versant en Km<sup>2</sup>

**A** : apport moyen inter annuel en m<sup>3</sup>

Lame d'eau ruisselée

$$Le = A / S = 0,060\text{mm}$$

**Tableau IV.3:**les résultats des Apports moyens annuel

Formule	Lame d'eau écoulee en mm	Module spécifique l/s/Km <sup>2</sup>	Apport moyen inter annuel hm <sup>3</sup>
SAMIE	7.50	0.066	0,309
J.DERRI	26.4	0.232	1.09
MEDINGER	5.46	0.048	0,223
URGIPROVOD-	107	0.95	4.44
J.DERRI ANRH	0.060	0.53	2.48

La valeur adoptée de l'apport inter annuel est de 164 m m , c'est la valeur moyenne obtenue par les formules de SAMIE , MEDINGER, J.DERRI ANRH et de l'URGIPROVO-DKHOZ. Ces formules sont généralement admises pour des climats semi-arides

**Tableau IV.4:**la valeur moyenne de l'apport inter annuel obtenue par les déférents formules

	Lame d'eau écoulee en mm	Module spécifique l/s/Km <sup>2</sup>	Apport moyen inter annuel hm <sup>3</sup>
<b>Valeur Moyenne</b>	29.284	0.365	2.67

### 3.1.3 Irrégularité des apports (variabilité des apports)

La variabilité de l'apport peut être calculée par l'application d'une loi logarithmique normale (Loi de GALTON) qui représente au mieux la distribution des apports fréquentiels en Algérie

$$A_{f\%} = \left[ \frac{A}{\sqrt{(CV^2+1)}} \right] * e^{u \sqrt{\log (CV^2+1)}} \dots\dots\dots(IV.14)$$

Avec :

**A %** : Apport de fréquence donnée ( %)

**U** : Variable réduite de GAUSS

**A** : Apport moyen inter annuel (hm3)

**Cv** : Coefficient de variation

Plusieurs auteurs ont proposé des formules de détermination du coefficient de variation des apports sur la base de données d'observation des bassins versants algériens parmi lesquels :

**Formule de URGIPROVODKHOZ**

$$CV = \frac{0.70}{Mo^{0.125}} \dots\dots\dots (IV.15)$$

**Cv = 0.794**

**Formule de SOKOLOWSKY**

$$Cv = 0.78 - 0.27 \log (Mo) \dots\dots\dots (IV.16)$$

**Cv = 0.898**

Mo = module spécifique moyen = 1.77 l / s / km<sup>2</sup> déjà calculer.

**Formule de PARDOUN**

$$Cv = \frac{0.93}{M^{0.23}} * K \dots\dots\dots (IV.17)$$

**Cv = 1.17**

**K**= coefficient de réduction pris égal à 1 pour les cours d'eau temporaires.

La valeur moyenne de coefficient de variation (Cv) adoptée est égale

$$Cv = ( 0.651 + 0.713 + 0.815 ) / 3 = 0.954$$

Cette valeur est proche à celle calculée par la méthode de Sokolowski, largement utilisée en Algérie.

$$A_{80\%} = \frac{A}{\sqrt{(Cv^2+1)}} * e u . \sqrt{\log (Cv^2 + 1)} \dots\dots\dots (IV.18)$$

$$A_{80\%} = 1.987 x e^{0.507 u}$$

Tableau IV.5: Apport fréquentiel

Période de retour Année	Fréquence %	Variable de Gauss U	Apport fréquentiel (hm <sup>3</sup> )	Lame d'eau écoulee Le (mm)
2	50	0.000	1.987	48.16
5	80	0.842	<b>3.045</b>	73.81
10	90	1.282	3.806	92.26
20	95	1.644	4.572	110.83
50	98	2.057	5.637	136.64
100	99	2.328	6.468	156.79
1000	99.99	3.100	9.567	231.91

On peut estimer le volume utile du barrage par  $A (80\%) = 3.045 \text{ hm}^3 = 3045000 \text{ m}^3$

**3.1.4 Calcul du volume mort :**

Le volume mort est donné par la formule suivante :

$$V_m = ( E_s \times S \times T \times M ) / R \dots\dots\dots (IV.19)$$

Avec :

**Es** : Erosion spécifique en m3

**S** : Surface du bassin versant en km2

**T** : Temps de fonctionnement de la retenue par an

**M** : Pourcentage d'alluvions restant dans la retenue

**R** : Poids spécifique des terres d'envasement.

Erosion spécifique:  $ES = a \cdot Le^{0.15} \dots\dots\dots (IV.20)$

$$Es = 580.84$$

Tableau IV.6: calcul de volume mort

Années	Es	S	T	M	R	VMO
	t/km2/an	km2	An	%	t/m3	m3
1	580.84	41.252	1	1	1.6	14 976
2	580.84	41.252	2	1	1.6	29 951
3	580.84	41.252	3	1	1.6	44 927
4	580.84	41.252	4	1	1.6	59 902
5	580.84	41.252	5	1	1.6	74 878
6	580.84	41.252	6	1	1.6	89 853
7	580.84	41.252	7	1	1.6	104 829
8	580.84	41.252	8	1	1.6	119 804
9	580.84	41.252	9	1	1.6	134 780
10	580.84	41.252	10	1	1.6	149 755
11	580.84	41.252	11	1	1.6	164 731
12	580.84	41.252	12	1	1.6	179 706
13	580.84	41.252	13	1	1.6	194 682
14	580.84	41.252	14	1	1.6	209 657
15	580.84	41.252	15	1	1.6	224 633
16	580.84	41.252	16	1	1.6	239 608
17	580.84	41.252	17	1	1.6	254 584
18	580.84	41.252	18	1	1.6	269 559
19	580.84	41.252	19	1	1.6	284 535
20	580.84	41.252	20	1	1.6	299 510

Le volume mort de petit barrage est de : 299 510 m<sup>3</sup>

3.1.5 Dimensionnement de la digue

Tableau IV.7: courbes caractéristiques.

Cotes (m)	Surfaces (m) <sup>2</sup>	Surfaces moy (m <sup>2</sup> )	Volume partielle (m <sup>3</sup> )	Volume cumulés (Hm <sup>3</sup> )
235	00	00	00	00
236	1000	500	500	0.005
237	13500	7150	7150	0.00775
238	22150	17825	17825	0.025575
239	40360	31255	31255	0.056830
240	69390	54875	54875	0.111705
241	98770	84080	84080	0.195785
242	146400	122585	122585	0.318370
243	187420	166910	166910	0.485280
244	224850	206135	206135	0.691415
245	275890	250370	250370	0.941785
246	250500	313195	313195	1.254980
247	411690	381095	381095	1.636075
248	578123	494906.5	494906.5	2.130981.5
249	1493334	1035728.5	1035728.5	3.166710
250	1523246	1333290	1333290	4.50

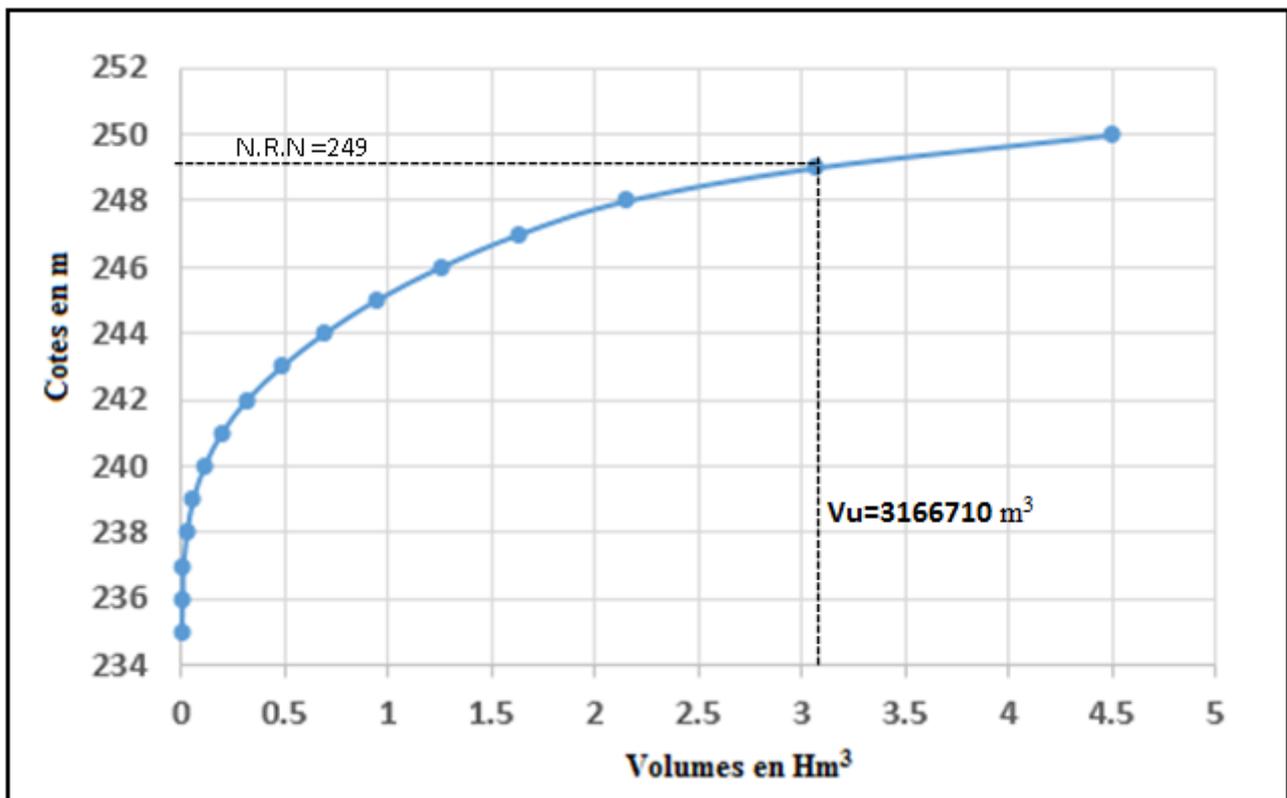


Figure IV.14: Courbe caractéristique des volumes

Remarque : d'après la Courbe caractéristique des volumes la cote du niveau normal de retenue et de 249 m donc la hauteur est de 15 m

3.1.6 Détermination des volumes

a. Volume utile

C'est la quantité d'eau réellement mobilisée, elle est égale à la capacité réelle mobilisée par la cuvette réduite du volume mort, des infiltration et de évaporation.

Et le volume utile est égale à :

$$V_u = V_{A(80\%)} - V_{inf} - V_{evap} = V_{régularisation} \dots\dots\dots (IV.21)$$

Avec :

$$V_t = V_{A(80\%)} + V_m \dots\dots\dots (IV.22)$$

**V<sub>t</sub>** : volume total en (m<sup>3</sup>).

**V<sub>A(80%)</sub>** : Apport fréquentielle de 80%

**V<sub>m</sub>** : Volume mort.

**V<sub>inf</sub>** ; Volume perdue par infiltration en m<sup>3</sup>

**V<sub>évap</sub>** : Volume perdue par l'évaporation en m<sup>3</sup>.

Donc :

$$V_t = 3045000 + 299510$$

$$V_t = 3344510m^3$$

b. Evaluation des pertes dues à l'évaporation

$$V_{évap} = e \times S_{moy} \dots\dots\dots (IV.23)$$

**S<sub>moy</sub>** : La surface moyenne en fonction de H<sub>moy</sub> qui est égale = 19h<sub>a</sub> .

**e** : évaporation du site qui est «égale =0.85m.

Donc :

$$V_{évap} = 0.85 \times 180000$$

$$V_{évap} = 153000m^3$$

### c. Evaluation des pertes dues à l'infiltration :

Au stade préliminaire les pertes par infiltration ne peuvent être évaluées car elles sont dépendantes de l'étanchéité de la cuvette et du barrage.

On pourra cependant, considérer que les pertes par infiltration représentant dans notre projet 1% de l'apport moyenne annuel.

$$\mathbf{V_{inf} = 1\% \times A_0 \dots\dots\dots (IV.24)}$$

$A_0$  : Apport moyenne annuel. (2.48 Hm<sup>3</sup>)

Ce qui donne :

$$V_{inf} = 0.01 \times 2480000$$

$$V_{inf} = 24800 \text{ m}^3$$

Donc :

$$V_u = 3344510 - (24800 + 153000)$$

$$\mathbf{V_u = 3166710 \text{ m}^3}$$

### 3.1.7 Laminage des crues

Pour le dimensionnement de l'évacuateur, nous avons adopté pour la crue centennale  $Q_{1\%} = 122.34 \text{ m}^3/\text{s}$ , conformément aux normes applicables.

#### a. Principe de calcul

Le calcul du laminage de crues permet de réduire les dimensions et le coût de l'ouvrage d'évacuation sans affecter la sécurité globale de l'aménagement, Ce type de calcul optimise la capacité de stockage momentanée de la retenue et le débit progressif des déversements en fonction de l'apport entrant de la crue.

Il existe plusieurs procédés de laminage (Sorensen, Blackmore, Kotcherine, Patapov et d'autres méthodes graphiques). Nous retenons la méthode de Kotcherine car l'information utilisée est facilement accessible. La méthode de Kotcherine est un procédé grapho-analytique, qui se base sur les principes suivants :

- l'hydrogramme de crue est considéré comme un triangle ou un trapèze,
- les débits transitant par l'évacuateur de crue se déversent selon une fonction linéaire

- le laminage commence avec le remplissage de la cuvette au niveau NNR
- les pertes par infiltration et évaporation sont considérées comme nulles au moment de la crue.

Ces suppositions simplifient énormément les calculs de laminage sans pour autant réduire leurs précisions, Pour estimer le débit de crue laminé, on procède de la manière suivante :

$$q_{lam} = Q_{1\%}(1 - V_{ch}/V_{cr}) \dots\dots\dots (IV.25)$$

Avec :

**Q<sub>lam</sub>** : le débit laminé (crue de projet, déversé)

**V<sub>ch</sub>**: le volume d'eau en charge sur le seuil déversant

**V<sub>cr</sub>** : le volume de la crue centennial de projet

**Q<sub>1%</sub>** : le débit de la crue centennial de projet

**b. Estimation de la longueur du déversoir :**

En faisant transiter ces volumes par un évacuateur de crues aux dimensions que l'ont définit, on analyse plusieurs variantes, la longueur déversant du déversoir se calcul alors avec la relation suivante:

$$Q = m \times b \times \sqrt{2g} \times H^2/3 \dots\dots\dots (IV.26)$$

Avec:

**Q<sub>p</sub>** : le débit évacué par le déversoir

**m** : le coefficient de débit, (0,49)

**g** : L'accélération de pesanteur, (9,81 m/s<sup>2</sup>)

**b** : la longueur du seuil déversant, en m

**H** : la charge sur le déversoir, m

Le débit laminé est calculé pour différentes charges (0,5 > H > 2.6 m), et différentes longueurs déversâtes (5 > L > 35m) de l'évacuateur de crues Cette itération donne des courbes qui peuvent s'entrecroiser avec la relation de  $q_{lam}=f(h_d)$ , ce sont ces points de croisement qui permettent de définir le débit de crue laminé en correspondance a la longueur optimale.

Les graphiques de la figure sont accordés à la table de calculs, en faisant varier les variables H et L. Les relations s'ajustent automatiquement. La variante retenue est la plus économique.

$$NNR = 249 \text{ m}$$

$$Q_{1\%} = 122.34 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_u = 3166710 \text{ m}^3$$

$$V_{cr} = 1380000 \text{ m}^3$$

$$V_{ch} = V_{forcé} = V_{PHE} - V_u \dots\dots\dots (IV.27)$$

$$q_i = Q_{1\%} [1 - (V_{ch}/V_{cr})] \dots\dots\dots (IV.28)$$

Tableau IV.8: volume du crue

H <sub>d</sub>	PHE	V <sub>PHE</sub>	V <sub>ch</sub>	q max p	Débit de Crue laminé 121.02 (m <sup>3</sup> /s)							
(m)	(m)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)								
b (m)					6	8	10	12	16	20	24	28
0.50	249.50	3 170 112	3 402	122.04	4.5572	6.0763	7.5953	9.1144	12.1525	15.1906	18.2288	21.2669
0.60	249.60	3 171 200	4 490	121.94	5.9906	7.9874	9.9843	11.9812	15.9749	19.9686	23.9623	27.9561
0.80	249.80	3 172 300	5 590	121.84	9.2231	12.2975	0.0000	18.4462	24.5950	30.7437	36.8924	43.0412
1.00	250.00	3 173 100	6 390	121.77	12.8897	17.1863	21.4828	25.7794	34.3725	42.9656	51.5588	60.1519
1.20	250.20	3 175 115	8 405	121.59	16.9439	22.5919	28.2399	33.8879	45.1838	56.4798	67.7758	79.0717
1.40	250.40	3 180 250	13 540	121.14	21.3518	28.4691	21.4828	42.7036	56.9381	71.1727	85.4072	99.6417
1.60	250.60	3 187 369	20 659	120.51	26.0869	34.7825	43.4782	52.1738	69.5651	86.9563	104.3476	121.7389
1.80	250.80	3 220 312	53 602	117.59	31.1280	41.5040	51.8800	62.2560	83.0080	103.7600	124.5120	145.2640
2.00	251.00	3 321 700	154 990	108.60	36.4576	48.6101	60.7626	72.9151	97.2201	121.5252	145.8302	170.1352
2.20	251.20	3 340 000	173 290	106.98	42.0607	56.0809	70.1012	84.1214	112.1619	140.2023	168.2428	196.2833
2.40	251.40	3 365 000	198 290	104.76	47.9247	63.8996	79.8745	95.8494	127.7992	159.7490	191.6988	223.6486
2.60	251.60	3 401 950	235 240	101.49	54.0384	72.0512	90.0640	108.0768	144.1024	180.1280	216.1536	252.1792

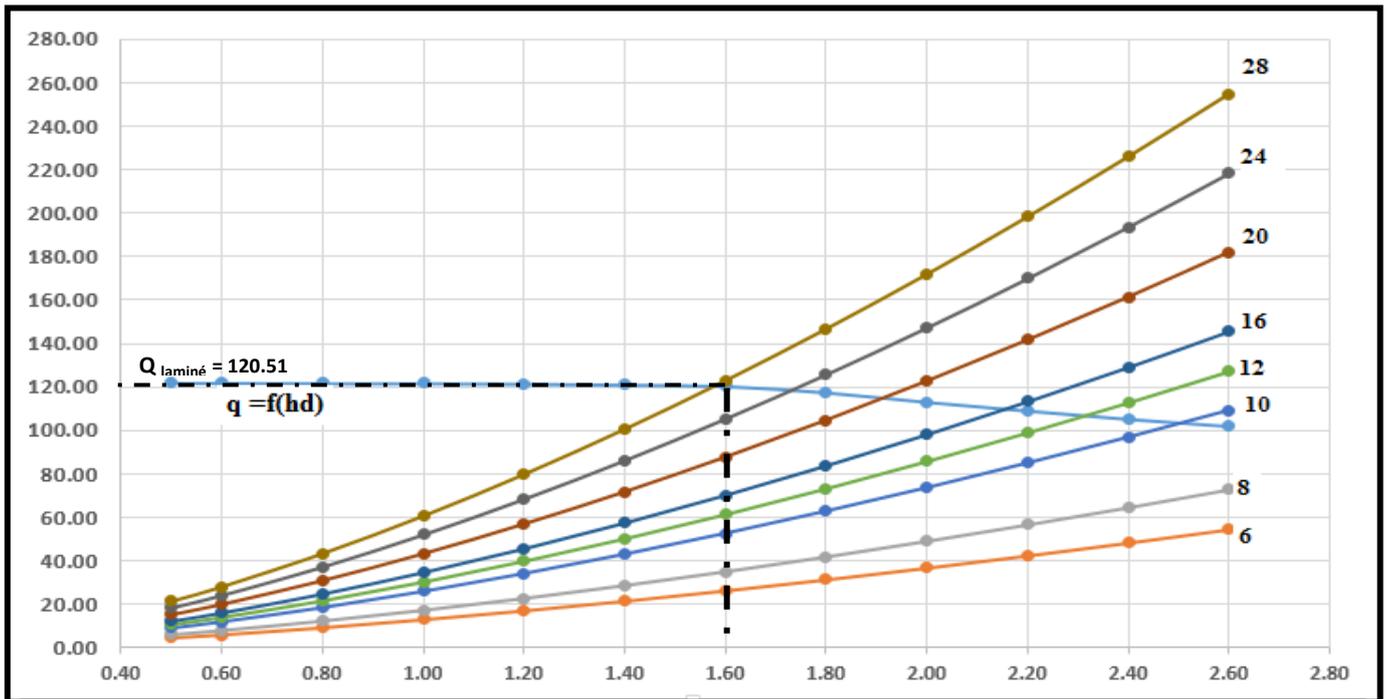


Figure IV.15 : Laminage de crue du petit barrage oued IBEL commune de Tamazoura

**c. Calcul de la revanche**

Le dimensionnement de la revanche tient compte de la hauteur potentielle des vagues et de l'effet de projection de l'eau vers la crête lorsque les vagues viennent buter contre le talus amont.

Déterminer par la formule suivant :

**Formule Simplifiée**

$$R = 1 + 0,3 \cdot \sqrt{F} \dots\dots\dots(IV.29)$$

$$R = 1.28 \text{ m}$$

en prend **R=1.3m**

Avec:

$$F = 0.9 \text{ km}$$

**d. Hauteur de la digue**

On détermine la hauteur de la digue par la formule suivante:

$$H_d = (N_{NNR} + N_{FO}) + H_d + R + H_s \dots \dots \dots (IV.30)$$

$$H_d = 19m$$

Avec :

**H<sub>d</sub>**: Hauteur de la digue en m;

**N<sub>NNR</sub>** : Côte du niveau normal de la retenue déterminée ;

**h<sub>d</sub>** : Hauteur d'eau correspond au volume forcé en [m] ;

**R** : Revanche de la digue en [m];

**H<sub>s</sub>** : Hauteur de sécurité en m

**N<sub>FO</sub>** : Côte du fond en m.

**e. Largeur en crête :**

On détermine la largeur en crête par les formules suivantes:

**Formule de KNAPEN T**

$$b_{cr} = 1.65 \cdot \sqrt{H_b} \dots \dots \dots (IV.31)$$

$$b_{cr} = 7.19m$$

**Formule Anonyme (simplifiée)**

$$b_{cr} = 3,60 \cdot \sqrt[3]{H_b} - 3 \dots \dots \dots (IV.32)$$

$$b_{cr} = 12.69m$$

Avec :

**H<sub>d</sub>**: Hauteur de la digue en m;

**Remarque:** on prend la largeur en crête **b<sub>cr</sub> = 9 m**

**f. pentes des talus**

Les pentes des talus sont fixées par les conditions de stabilité mécanique du massif et de ses fondations.

Pour les massifs, on donne des pentes qui paraissent optimales.

**Tableau IV.9:** Valeurs indicatives des pentes des talus.

Hauteur de la digue (m)	Type de la digue	Fruit des talus	
		Amont	Aval
$H < 5$	- Homogène	2,5	2
	- A zones	2	2
$5 < H < 10$	- Homogène granulométrie étendue	2	2
	- Homogène à fort % d'argile	2,5	2,5
	- A zones	2	2,5
$10 < H$	- Homogène granulométrie étendue	2,5	2,5
	- Homogène à fort % d'argile	3	2,5
	- A zones	3	3
$H \geq 20$	- Homogène granulométrie étendue	3	2,5
	- A zones	3	3

**g . largeur en base du barrage**

On détermine la largeur en crête par les formules suivantes:

$$B = (m_1 \times Hd) + (m_2 \times Hd) + b \dots \dots \dots (IV.33)$$

$$B = 112.5 \text{ m}$$

**Avec :**

**m<sub>1</sub>**: Fruit des talus Amont

**m<sub>2</sub>**: Fruit des talus aval

**Hd** : Hauteur de la digue e

**b** : Largeur en crête

Tableau IV.10: caractéristique du petit barrage d'Oued IBil

Les Coordonnés	Largeur en crête (m)	Largeur en fond du barrage (m)	Hauteur digue (m)	Volume utile (m <sup>3</sup> )	Fruit des Talus en aval	Fruits Talus en amont	Matériaux de constructions
35°24'10.43"N 0°38'06.02"O altitude :349 m	8	112.5	19	3166710	2.5	3	Homogène

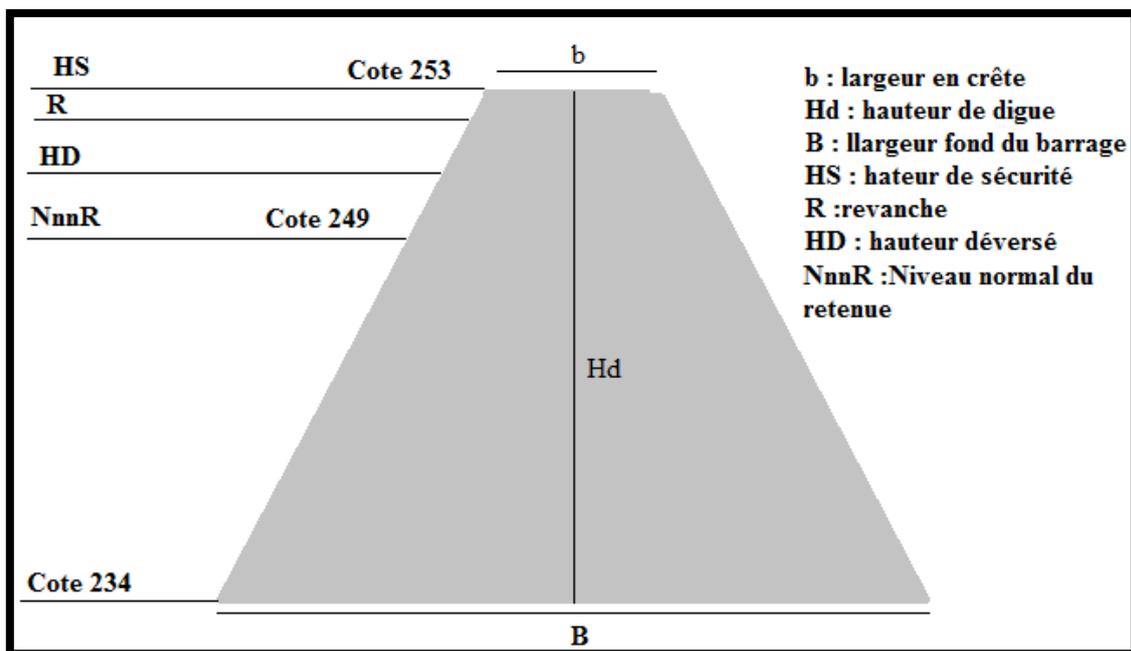


Figure IV.16: cop transversal de digue de petit barrage de oued el IBil

**Conclusion :**

La courbe de laminage des crues qui définit le débit laminé en fonction de la hauteur déversante fait apparaître que l'optimum serait l'adoption d'un déversoir de 30 m de largeur

L'étude du laminage à l'aide de la méthode de Kotcherine donne les résultats suivants :

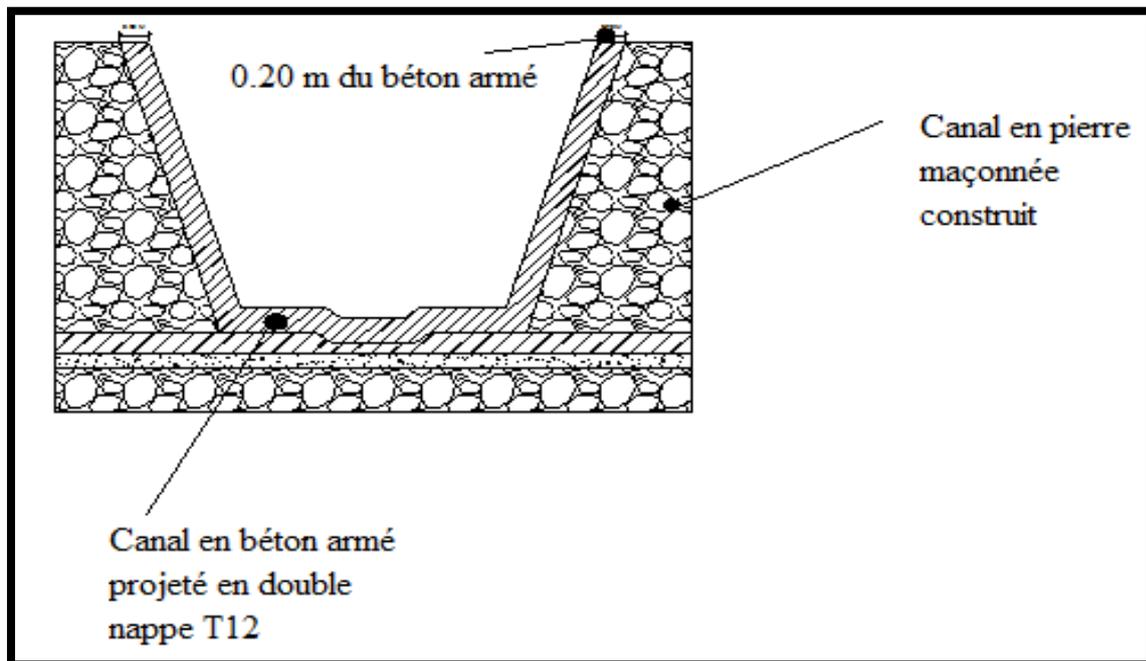
- Largeur du déversoir **b = 28 m**
- Charge sur le seuil du déversoir **H = 1.6 m**
- Débit évacué **Qp = 120.51 m<sup>3</sup>/s**

#### 4. Types d'aménagement Hydraulique proposé au niveau milieu urbain

Dans notre cas à étudié nous avons proposé trois variantes d'aménagement du canal au milieu urbain comme suit :

➤ **variante N° 01 :**

Construction d'un canal en béton armé de long de l'aménagement ( pierre maçonnée) sur une linéaire de 1.5 km avec une petite réfection du radier construit et ouverture latérale au niveau de chaque chaabat ( voir la coupe en travail du canal ).

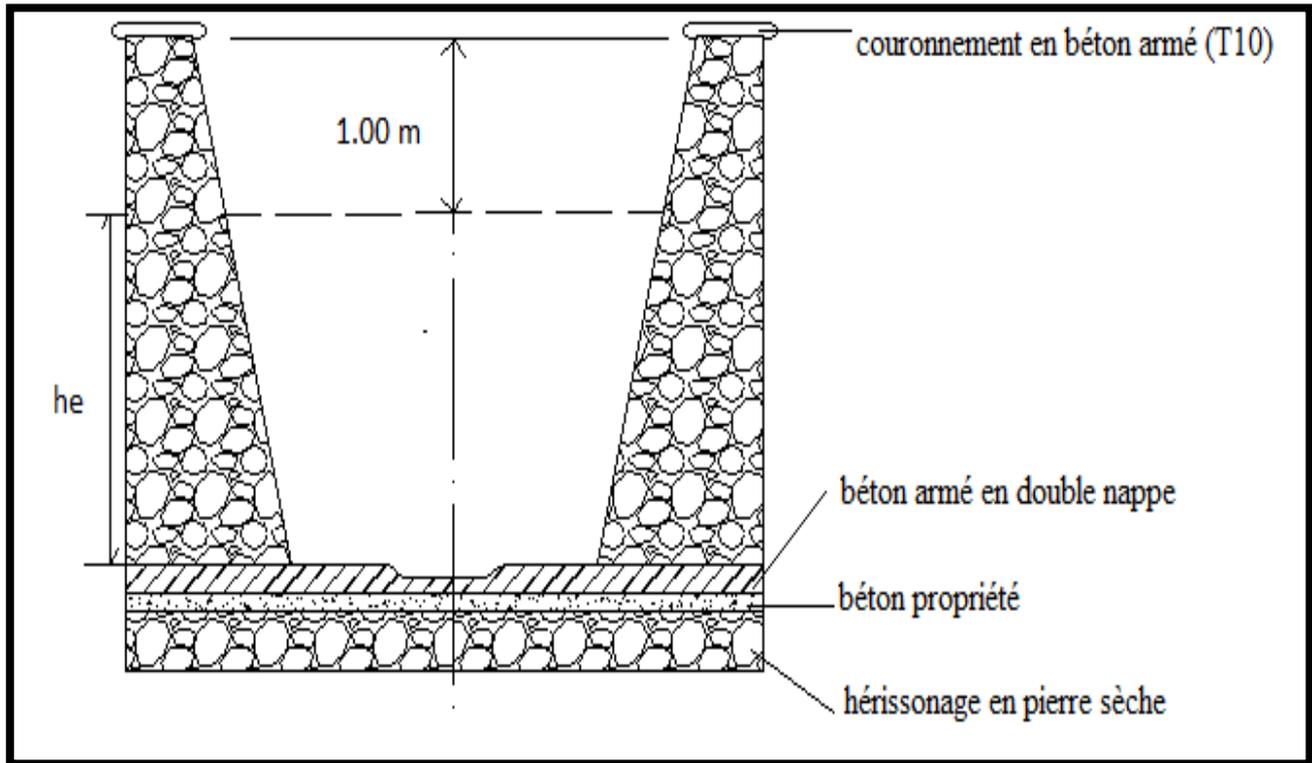


**Figure IV.17 :** coup du travail du canal

➤ **variante N° 02 :**

Réhabilitation du canal construit (pierre maçonnée) seulement sur les endroits qui ont été endommagés par les différents crues (2012-2013-2016) en gardant la forme géométrique de l'ouvrage .

- des ouvertures qui frappent les mûrs latéralement déversent être aussi construites en conservant leurs itinéraire.
- Remblaiement derrière les mûrs arosé et compacté en stérile.
- projection des piles en gabion lieu rangée au niveau du pout de Tamazoura (exutoire) et sur les virages ou l'aménagement à été détruit (voir la coup en traverse de l'aménagement)
- petite réfection sur le long du radier .



**Figure IV.18** : coup du en traverse l'aménagement du canal

➤ **variante N° 03 :**

Démolition totale des murs (pierre maçonnée) le long de l'Oued et réaménagement de l'Oued sur un canal à ciel ouvert en pierre mise en béton avec réalisation des poteaux en béton armé (T12) tous les 5m et parties transversales sur les berges de l'Oued avec augmentation de la section du canal en jouant sur les feuillets du talus.

- Récupération de la pierre sèche après démolition des murs du canal qui ont servi comme matériaux pour la construction du nouveau canal
- Projection des piles galerie au niveau du pont de Tamazoura
- Construction d'un bassin d'amortissement juste à l'entrée du canal qui va jouer le rôle d'un dissipateur d'énergie
- Remblaiement derrière les murs de l'aménagement lieu arrosé et compacté
- Une petite rejection du radier et précisèrent au niveau des endroits détériorés (voir la coupe en traverse de l'aménagement).

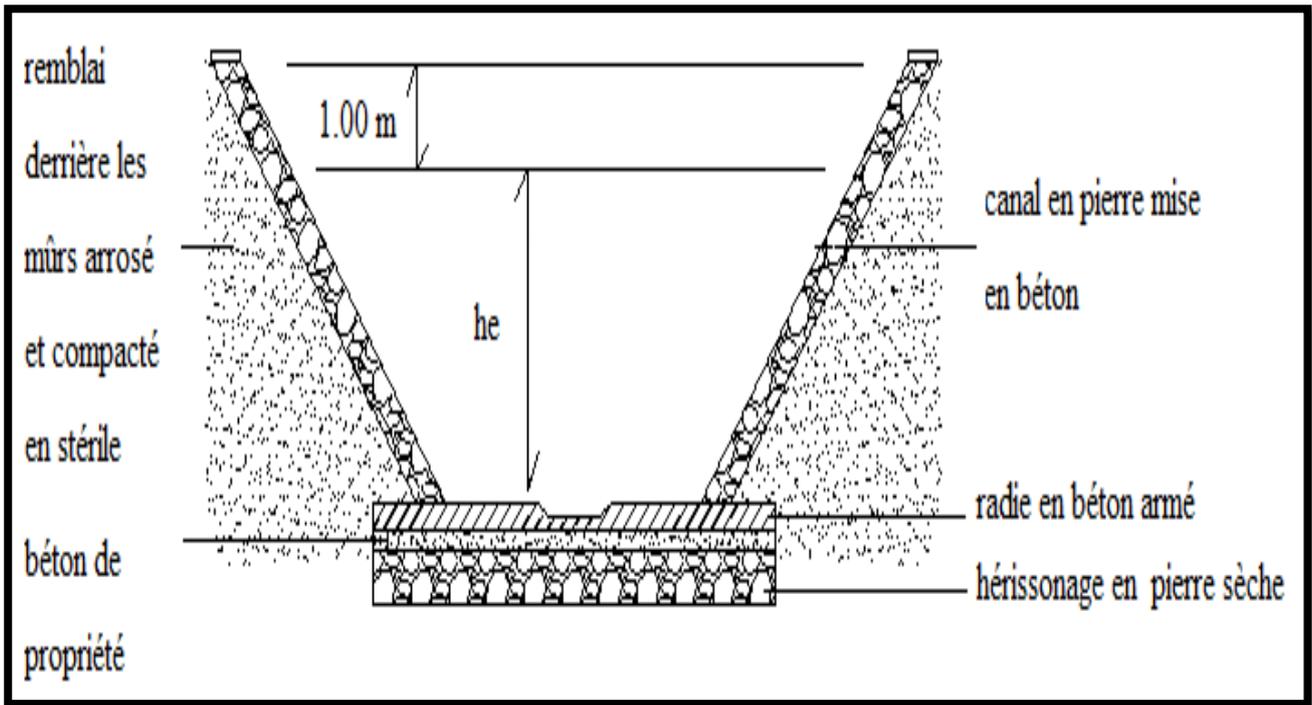


Figure IV.19: coup du en traverse l'aménagement du canal a ciel ouvert

#### 4.1 dimensionnement du canal

La ville de Tamazoura est sujette aux inondations en raison de la vallée qui traverse la ville (figure) et nous avons donc mené des études pour se protéger contre ce danger car en 2012 elle a été soumise à une forte inondation entrainants des pertes matérielles et des dommages importants et d'après notre étude nous avons proposer des aménagement au niveau de milieu urbain c'est la réalisation d'un canal en béton armé ou pierres maçonneries



Figure IV.20: vu en plan de la ville de Tamazoura



Figure IV.21: profil en long de Oued Tamazoura

Pour le dimensionnement du canal de Oued Tamazoura on applique l'équation de Manning Strickler comme suit:

**a. Formule de Manning Strickler :**

$$Q = K_s * S * R_h^{2/3} * I^{1/2} \dots\dots\dots (IV.34)$$

$$\frac{Q}{\sqrt{I}} = K_s * S * R_h^{2/3}$$

$$\frac{Q}{\sqrt{I}} = K_s * S^{5/3} / P^{2/3}$$

$$\frac{Q}{\sqrt{I}} = 865.2051$$

**Avec :**

**Q :** débit fréquentielle = 122.34 m<sup>3</sup>

**Ks :** rugosité = 60 pour les parois en béton rugueux ou vieux , pierres maçonnerie vieille ou mal soignée

**S :** surface du canal

**R<sub>h</sub> :** rayon hydraulique

**I :** la pente du canal = 2%

**L :** la largeur du canal

pour calculer la hauteur normal il faut calculer les paramètre comme elle à dans le tableau suivant :

Tableau

Tableau IV.11: calcul de la hauteur normal

h	S=B*h	P=(2h+B)	S <sup>5/3</sup>	P <sup>2/3</sup>	4(h)=K <sub>s</sub> *S <sup>5/3</sup> /P <sup>2/3</sup>
0	0	8	0	4	0
1	9	10.82	38.94	4.89	477.50
1.6	15.36	12.52	94.95	5.393	1055.94
1.5	14.25	12.24	83.75	5.35	946.41
1.4	13.16	11.96	73.35	5.22	843.10
1.42	13.37	12.01	75.37	5.24	863.01

**Remarque :** après les calculs nous avons trouvé la hauteur normal ( hn = 1.42 m) plus la hauteur de sécurité et de 1.20 m

**b. le calcul de surface du canal**

$$\tan \beta = X / 2.42 \quad \dots\dots\dots (IV.35)$$

$$X = \tan \beta * 2.42$$

$$X = 2.42m$$

$$\sin \beta = 2.42 / Y \quad \dots\dots\dots (IV.36)$$

$$Y = 2.42 / \sin \beta$$

$$Y = 3.42 m$$

$$P = 2Y + B \quad \dots\dots\dots (IV.37)$$

$$P = (3.42 * 2) + 8$$

$$P = 14.84 m$$

$$S = ( h * X / 2 ) * 2 + ( h * B ) \quad \dots\dots\dots (IV.38)$$

$$S = ( 2.42 * 2.42 / 2 ) * 2 + ( 2.42 * 8 )$$

$$S = 62.54 m^2$$

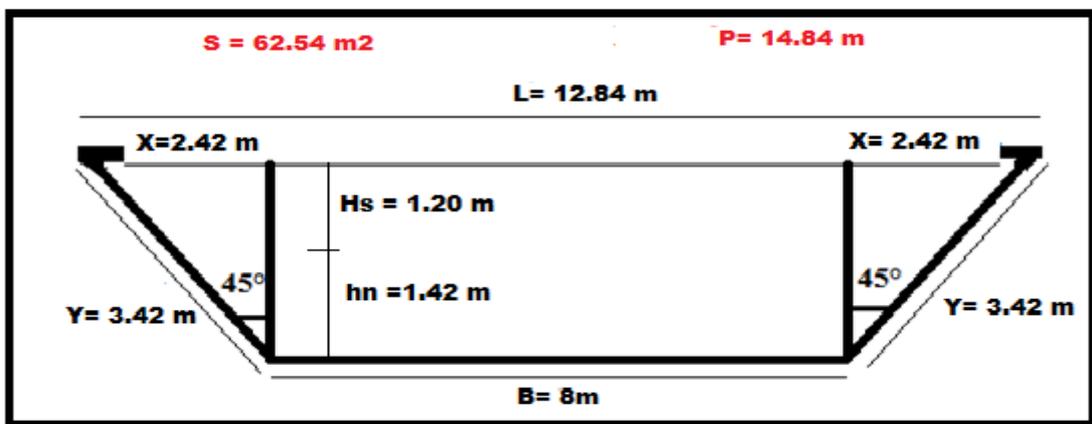


Figure IV.22: schéma de la section du canal

**Conclusion générale**

## Conclusion générale

Au terme de ce travail, mené dans le but de protéger la ville de Tamazoura contre les inondations, nous avons tiré des conclusions et des résultats à la hauteur d'un travail de grande ampleur.

Les inondations représentent un risque naturel très aléatoire qui menace les populations loin des cours d'eau autant que ceux au voisinage des cours d'eau, malheureusement, ce phénomène cause toujours des pertes humaines parfois par manque d'aménagements de protection de grande ampleur mais aussi par le manque des petits aménagements, qui, par leurs présences peuvent réduire, voir atténuer considérablement les effets des inondations.

L'inondation est le phénomène occasionnel qui peut noyer les parties du lit majeur ou les plaines, à la suite d'une crue particulièrement importante et du débordement des eaux.

En règle générale la puissance de la crue et les dégâts qu'elle occasionne sont d'autant plus forts que :

- Les précipitations sur le bassin versant ont été fortes, intenses et durables.
- Les quotients d'écoulements sont plus élevés.

De ce fait la protection des villes contre les inondations devient une opération économique justifiée lorsqu'elle permet d'éviter les dégâts.

La connaissance des facteurs principaux qui génèrent ce phénomène, est la condition nécessaire qui nous permet de proposer les aménagements adéquats et limiter les dégâts.

Les objectifs fixés préalablement ont été, d'abord de comprendre le phénomène d'inondation et puis de voir les moyens de protections contre ce risque

Le plan de travail a été dressé de façon à bien cerner la problématique de tous les cotés, la première partie a été dédiée au problématique des inondations ce qui nous a permis de comprendre et présenter les inondations comme un risque naturel très complexe et qui nécessite plus d'engagement de la part de tous les acteurs dans le domaine pour pouvoir réduire ces conséquences.

Les deux études morphologique et hydrologique nous ont permis de comprendre le cycle de l'eau dans le bassin versant en question.

En absence d'une station de mesure de débit nous avons été dans l'obligation de faire appel à des équations empiriques pour estimer le débit d'eau qui déverse dans la ville dans les périodes exceptionnelles,

Cette étape est décisive car c'est sur la base de ce débit qu'on peut aménager ou réhabiliter des ouvrages de protection contre les inondations.

Le bassin versant de Tamzourah de 56,30Km<sup>2</sup> est composé de deux sous bassins versant, celui de Oued El Ibel est le plus conséquent et le sous bassin de Oued Hamam de petite taille et moins d'apport d'eau, à l'exutoire les deux sous bassins peuvent donner un débit centennal d'environ 122m<sup>3</sup>/s.

Les premières constatations de la zone d'études nous ont permis de faire un diagnostique de l'aménagement du canal traversant la ville qui été en partie rongé par les eaux, mal entretenu et nécessite une réhabilitation complète.

Théoriquement, les modes de protections contre les inondations sont différents, des aménagements du cours d'eau aux aménagements du bassin versant passant par le reboisement ou même les corrections torrentielles tous est mis à disposition des techniciens afin de mieux protéger mais le volet économiques pèse sur l'opération et un choix des meilleures modes de protection les plus efficace s'impose.

Souvent la protection est la conjugaison plusieurs techniques et dans notre cas c'est très pratique

Une protection fiable passe certainement par une étude des causes d'inondations puis proposition des solutions convenables, ce qui nous a conduit vers :

- ❖ Des aménagements dans le bassin versant.
- ❖ Des mesures préventives au niveau de la ville.

En discutant les modes de protection on s'est amené à la conjugaison de plusieurs mesures dans le but d'assurer le plus de sécurité.

Les corrections torrentielles dans le bassin versant afin de réduire l'apport solide et aussi d'augmenter le temps de concentration et par conséquent laminer l'hydrogramme de crue.

La réalisation d'un petit barrage sur Oued El Ibel d'une capacité de 3,6Hm<sup>3</sup>, ce dernier permettra de laminer la crue centennale. Le site de ce petit barrage a été choisit après une étude des cartes d'état majors puis une sortie sur terrain nous a permis de calculer l'emplacement exact de la cuvette et sa capacité.

Les mesures de prévention au niveau de la ville se résument principalement dans la réhabilitation du canal qui traverse la ville.

Les connaissances théoriques des aménagements et leurs études ont été confirmées par les résultats et les observations sur le terrain, néanmoins quelque défaillance dans le canal lui-même

laisse à tirer des conclusions et de soumettre des recommandations afin de pouvoir améliorer et faire durer cet ouvrage si vital pour la ville et la protection de ces citoyens.

Sur le terrain on a remarqué des irrégularités dans le canal et nous proposant une réhabilitation de cet ouvrage en complément aux aménagements du bassin versant.

Finalement il est important de signaler que pour le choix du site du petit barrage, nous avons fait un levé topographique détaillé de la zone et nous avons fait notre propre choix de la future cuvette du petit barrage en question.

Cette variante n'a pas été discutée et notre manière de faire les calculs aussi, les valeurs de débit que nous avons trouvées sont faites avec les équations empiriques qu'après discussion de résultats.

En perspectives, l'impact des inondations sur la sebka doit être étudié, cette dernière ronge les terres agricoles et chaque année elle gagne d'espace au détriment des terres fertiles.

*Référence bibliographique*

# *Référence bibliographique*

- **Abdeddaim 2008** : Contribution à la mise en oeuvre d'une méthode d'analyse du risque d'inondation et de prévision des solutions d'aménagement, Thèse de magister, Université de Batna.
- **Bachi .M 2010** : Problématique du Risque Inondation en milieu urbain ; cas de l'agglomération de Sidi Bel Abbés Mémoire de Magister, Université de Tlemcen
- **BENMIA K. 2012**: Evaluation de la performance des barrages de protection contre les inondations, cas de la ville de Ghazaouet, Thèse de magister, Université de Tlemcen.
- **BLIN 2001** : « Développement d'une nouvelle méthode de cartographie du risque unitaire d'inondation (crue) pour des résidences », Thèse de Grande de Maître Université du Québec .
- **CHACHOUA A 2010** : Gestion de crue dans un bassin versant –Etude hydrologique, hydraulique et aménagement, Mémoire de Magister, Université de Tlemcen.
- **CRED**: Centre de recherche sur l'épidémiologie des catastrophes et enseignante à l'Université de Louvain, à Bruxelles.
- **Defrance 2009** : « Plan de prévention naturel d'inondation (PPRNI) Brévenne – Turdine »,compte-rendu de 1ere réunion publique le 1ere octobre 2009 à Tarare ; chef du service Environnement Risque et Développement durable SERDD
- **ELIE SERGE 2013** : etude des potentialités hydrogéologique d'une plaine aluviale en relation avec les eaux souterraines, thèse de doctorat , université de liège
- **Estupina 2004** : Vers une modélisation hydrologique adaptée à la prévision opérationnelle descrués éclair Application à de petits bassins versants du sud de la France. Thèses Doctorat, Sciences de l'université de Montpellier II
- **GERARED DEGOUTTE 2012** : Diagnostic aménagement et gestion des rivières Hydraulique et morphologie fluvial appliquées 2édition Expert hydraulique à Irstea, enseignant en écoles d'ingénieur
- **HACHEMI 2014** : Protection Des Agglomérations Contre Les inondations cas Du Centre D'el Gouassir (W. TLEMCEN), Mémoire de Master en hydraulique, Université de Tlemcen.
- **Laborde 2000** : « Eléments d'hydrologie de surface ». Editions CNRS

- **LAHLAH S. 2004** : (Ingénieur Hydrologue, chef de section. ANRH. ALGER) : « Les inondations en Algérie ».
- **PAULINE TEXIER 2009** : vulnérabilité et réduction des risque liés à l'eau dans les quartiers informels de Jakarta, thèse de doctorat , université paris-diderot(paris 7)
- **PPRi 2004 (Plan de prévention du risque d'inondation )** :du Gouëssant Communes de Lamballe, Noyal et Plestan Note de présentation dossier approuve par arrêté préfectoral
- **SGHARA Nacer 2013** : Protection de la ville de Béni-Ounif (Béchar) contre les inondations : Application de logiciel HEC-HMS et HEC-RAS
- **TAHAR S. 2013** : « Impact des inondations sur les espaces urbains : le cas de la wilaya de Sidi Bel Abbes », Mémoire de Magister, université d'Oran, faculté des sciences de la terre, de la géographie et d'aménagement du territoire.
- **livre de L'HYDROLOGIE DE L'INGENIEUR 1960** : 1<sup>er</sup> édition1960 , G.Réménieras
- **Mlle. HADDOU Fatima Zohra & Mlle. LOUKILI Samira 2016**: étude de l'aménagement de oued Sanan Ain Temouchent

# **Les Annexes**

## ANNEXES

## 01

## Pluie journalière maximum de 24 h

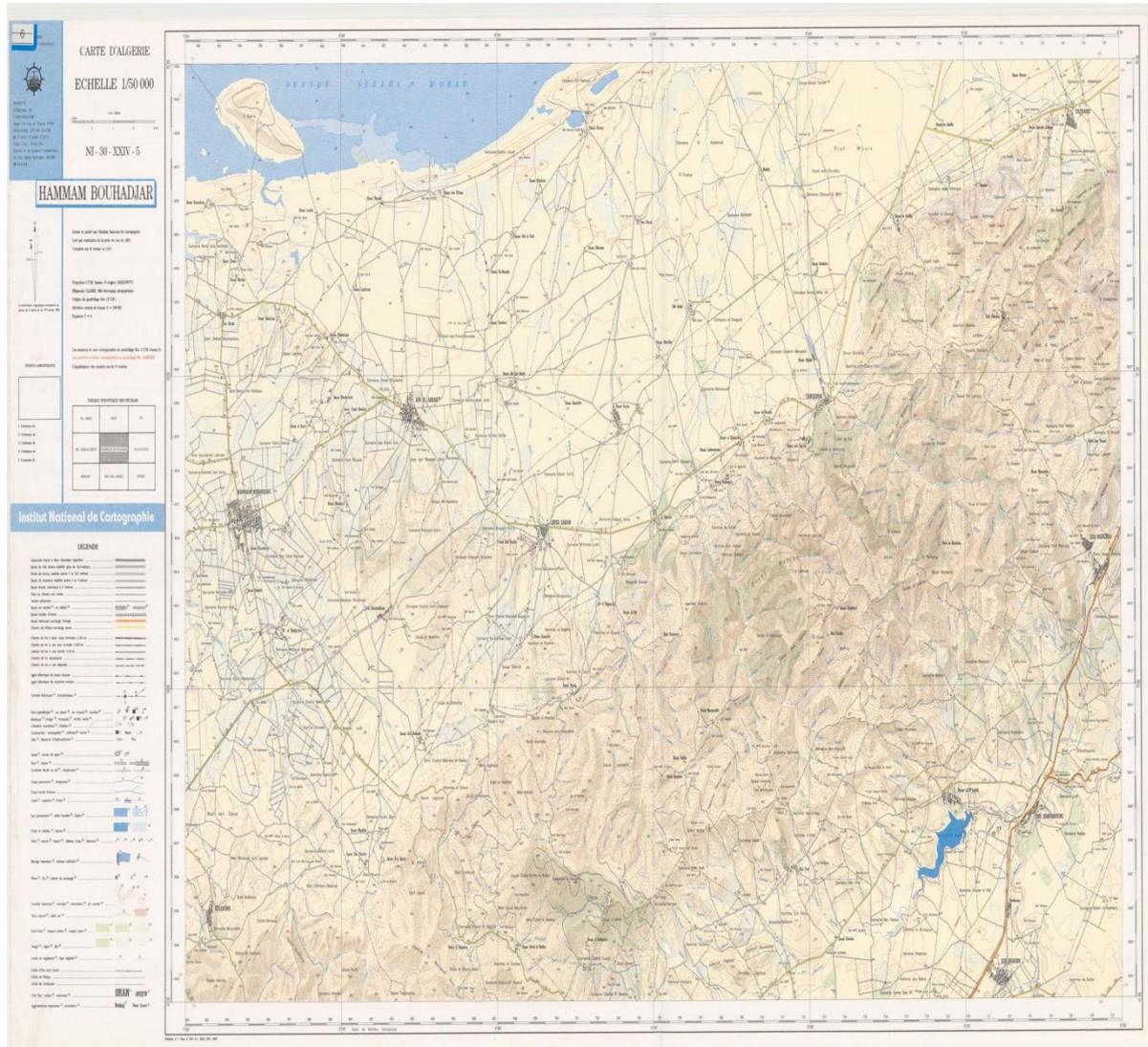
X	Y	ANNEE	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
195,4	239,9	1979	7,4	29,3	12,4	84,6	27,7	23,5	35,0	11,0	7,5	0,0	0,0	0,0
195,4	239,9	1980	5	6,4	5,4	42,6	33,7	19,0	5,8	13,3	15,2	18,3	0,0	0,0
195,4	239,9	1981	0,0	1,2	0,0	6,2	9,3	15,1	0,0	16,2	45,8	0,0	0,0	0,0
195,4	239,9	1982	0,0	34,0	21,0	19,0	0,0	50,5	3,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0
195,4	239,9	1983	0,0	0,0	11,5	18,5	22,0	21,0	10,0	0,0	15,5	0,0	0,0	0,0
195,4	239,9	1984	0,0	0,0	94,4	11,3	9,3	7,2	10,9	8,2			0,0	0,0
195,4	239,9	1985	0,0	12,6	17,4	10,1	31,3	35,6	33,5	11,2	0,7	2,4	0,0	0,0
195,4	239,9	1986	32,8	15,5	18,0	18,4	18,3	18,0	14,5	0,0	11,2	0,0	7,8	4,1
195,4	239,9	1987	8,5	13,4	15,5	5,2	28,5	0,0	3,1	15,2	5,1	4,4	0,0	0,0
195,4	239,9	1988	0,0	6,4	18,8	0,0	17,0	5,2	56,4	8,9	2,1	0,0	0,0	3,8
195,4	239,9	1989	10,3	3,9	8,8	7,3	28,7	0,0	16,1	18,2	4,5	0,0	0,0	0,0
195,4	239,9	1990	4,1	4,1	16,8	17,5	20,1	13,1	54,8	3,5	10,4	2,3	0,0	0,0
195,4	239,9	1991	1,8	18,3	25,0	11,7	13,0	10,5	26,9	4,2	47,4	11,3	0,0	0,0
195,4	239,9	1992	4,3	4,8	12,8	21,5	0,5	23,1	9,5	18,9	13,4	3,7	0,0	0,0
195,4	239,9	1993	6,2	33,7	25,7	7,8	14,7	16,4	0,0	19,5	6,2	0,0	5,8	0,0
195,4	239,9	1994	21,3	56,6	10,1	18,6	16,5	47,7	67,5	5,8	1,3	3,4	0,8	1,6
195,4	239,9	1995	8,9	11,2	11,9	23,1	18,0	20,8	39,7	15,4	9,4	0,0	6,1	0,8
195,4	239,9	1996	14,8	2,4	2,7	11,3	9,8	0,0	0,0	24,3	6,9	0,0	0,0	1,4
195,4	239,9	1997	25,7	13,8	47,2	10,3	10,7	13,3	19,8	5,8	16,3	0,0	0,8	4,6
195,4	239,9	1998	0,8	3,1	12,9	10,2	19,3	24,7	51,3	0,0	0,0	1,6	0,0	0,8
195,4	239,9	1999	4,6	8,2	24,5	33,3	0,0	0,0	36,0	7,4	29,6	0,0		4,0
195,4	239,9	2000	29,0	19,6	24,8	6,4	25,6	22,6	0,0	12,3	7,1	0,0	0,0	0,0
195,4	239,9	2001	7,9	26,5	54,2	10,3	4,2	3,7	17,7	22,8	42,4	0,0	0,0	18,1
195,4	239,9	2002	0,9	12,5	20,6	8,4	27,9	25,2	7,2	15,4	11,2	2,4	0,0	0,0
195,4	239,9	2003	4,6	8,6	10,0	22,5		19,9	10,5	22,3	32,3	2,6	0,0	0,0
195,4	239,9	2004	0,8	19,1	19,4	42,4	8,0	12,2	33,7	16,2	0,0	0,0	0,0	0,0
195,4	239,9	2005	5,7	13,8	24,0	9,2	42,9	32,4	6,7	22,9	12,0	8,4	0,0	0,0
195,4	239,9	2006	4,8	0,8	8,5	12,2	7,9	10,4	23,3	23,0	7,7	0,0	0,0	0,0
195,4	239,9	2007	9,1	23,8	53,5	4,4	12,3	7,4	8,9	6,3	9,8	1,9	1,8	0,0
195,4	239,9	2008	54,5	22,3	28,3	24,0	12,4	23,3	9,4	33,2	7,3	0,0	0,0	2,5
195,4	239,9	2009	28,6	2,2	12,5	18,0	40,5	11,8	33,3	12,3	10,6	3,1	0,0	13,5
195,4	239,9	2010	1,4	13,8	8,8	8,0	16,2	11,5	14,2	34,0	45,0	0,0	0,0	1,3
195,4	239,9	2011	6,3	21,0	48,7	21,3	16,1	17,1	4,1	12,6				

## ANNEXES 2

### Pluie moyenne annuel

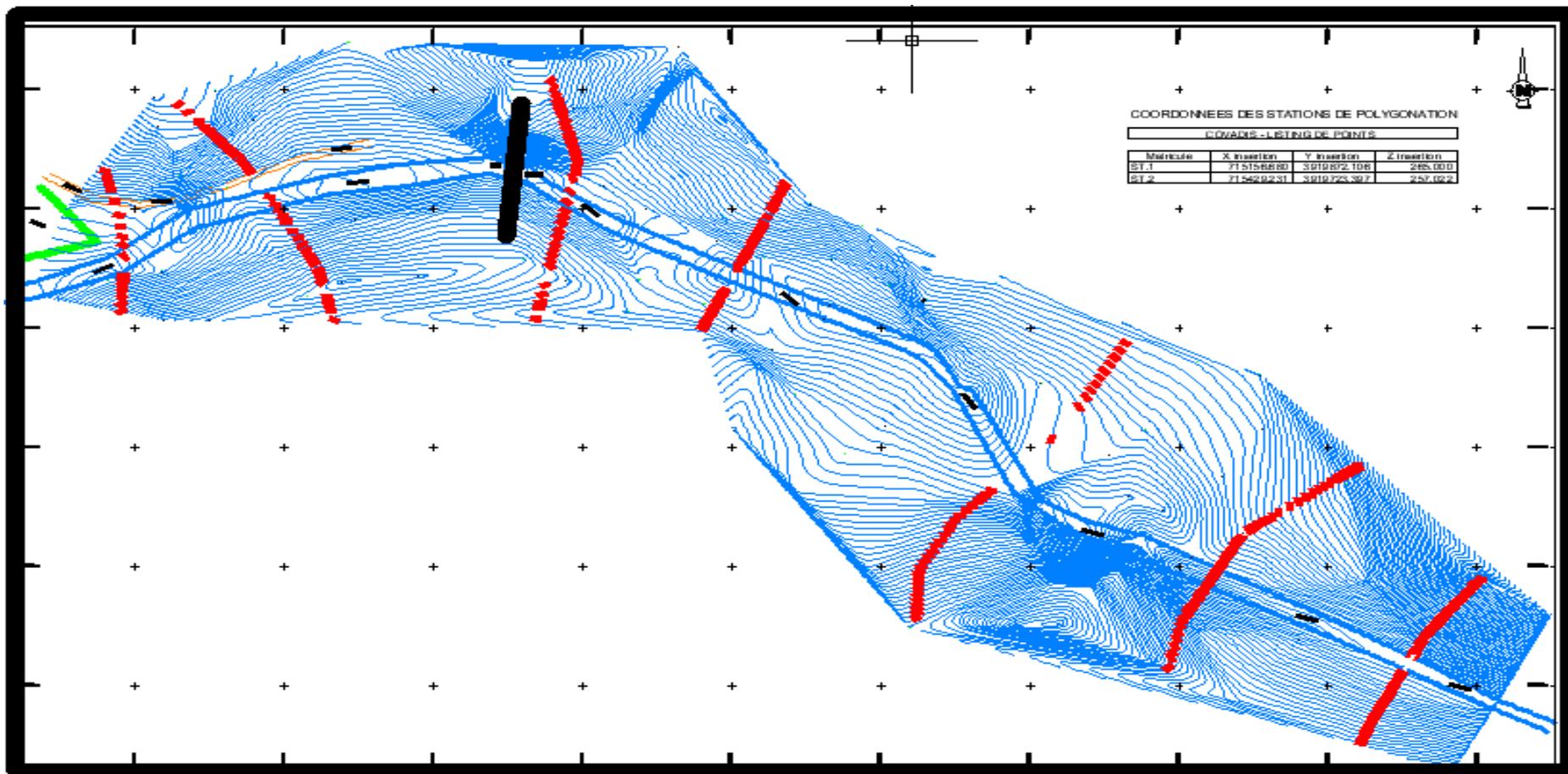
STATION	CODE	X	Y	ANNEE	pluie annuelle en mm
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1979	424,8
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1980	368,8
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1981	163,7
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1982	378,6
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1983	305,5
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1984	349
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1985	350,2
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1986	294,7
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1987	253,9
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1988	184,5
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1989	276,1
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1990	447,7
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1991	313,4
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1992	249,4
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1993	265,3
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1994	483,6
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1995	414,8
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1996	225
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1997	375,8
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1998	254,4
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	1999	356,6
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	2000	349,1
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	2001	380,7
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	2002	374
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	2003	367,6
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	2004	340,8
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	2005	427,7
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	2006	322,7
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	2007	267,3
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	2008	467,9
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	2009	449,3
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	2010	302,7
TAMZOURAH	40405	195,4	239,9	2011	300

# ANNEXES 3



carte d'état major de la région Oranaise 1/50 000

# ANNEXES 4



Levé topographique de petite barrage de Oued EL IBEL

## Résumé

Les catastrophes liées aux inondations ne cessent de se multiplier et de s'amplifier, l'actualité nous le rappelle tous les jours. Néanmoins, des solutions techniques existent pour en limiter les effets et préserver les Hommes et les biens.

La problématique des risques naturels et plus particulièrement du risque d'inondation est un sujet d'actualité en Algérie et dans le monde entier, notamment au regard des dernières grandes crues catastrophiques.

Le présent travail consiste à l'étude de protection de la ville de Tamazoura contre les inondations. Sur la base des données du milieu physique morpho-métriques et climatiques, une étude hydrologique a été engagée et a permis de déterminer l'ensemble des paramètres servant à la conception et aux dimensionnements des ouvrages de protection au niveau du Bassin versant et au niveau du milieu urbain.

Une protection fiable passe obligatoirement par une conjugaison de solutions. Une intervention au niveau du bassin versant par la réalisation d'un petit barrage d'une capacité de 3,6Hm<sup>3</sup> sert à laminier la crue considérablement et puis la réhabilitation du canal qui traverse la ville permettra de réduire les conséquences des inondations sur la ville.

Finalement, malgré les difficultés dans l'acquisition des données et l'accès difficile au terrain mais le travail effectué dans le cadre de ce mémoire est original et le site potentiel du petit barrage a été examiné sur terrain et proposé pour la première fois dans cette étude

## Abstract

Flood-related disasters continue to multiply and intensify, the news reminds us every day. Nevertheless, technical solutions exist to limit their effects and preserve people and property. The issue of natural hazards and more particularly the risk of flooding is a hot topic in Algeria and around the world, especially in light of the latest major catastrophic floods. The present work consists of the protection study of the city of Tamazoura against floods. On the basis of the morpho-metric and climatic physical environment data, a hydrological study was initiated and it was possible to determine all the parameters used for the design and sizing of the protection structures at the level of the catchment area and at the level of the watershed. Urban. Reliable protection necessarily involves a combination of solutions. An intervention at the level of the watershed by the construction of a small dam with a capacity of 3.6 Hm<sup>3</sup> serves to roll the flood considerably and then the rehabilitation of the canal that crosses the city will reduce the consequences of flooding on the city. Finally, despite the difficulties in acquiring the data and the difficult access to the field, the work done in this memoir is original and the potential site of the small dam was examined on the ground and proposed for the first time in this field. study

## ملخص

تستمر الكوارث ذات الصلة بالفيضانات في التكاثر والتكثيف ، وتذكرنا الأخبار كل يوم. ومع ذلك ، توجد حلول تقنية للحد من أثارها والحفاظ على الناس والممتلكات.

قضية الأخطار الطبيعية وعلى الأخص خطر الفيضان موضوع ساخن في الجزائر وحول العالم ، خاصة في ضوء أحدث الفيضانات الكارثية.

يتكون العمل الحالي من دراسة الحماية لمدينة تامازورة ضد الفيضانات. استنادا إلى بيانات من البيئة المادية، مورفو متري والمناخ، وقد أجريت الدراسة الهيدرولوجية وحددت جميع المعلمات من أجل تصميم وتنسيب هياكل الحماية في مستجمعات المياه وفي البيئة الحضرية.

تتضمن الحماية الموثوقة بالضرورة مجموعة من الحلول. التدخل على مستوى مستجمعات المياه عن طريق سد صغير بسعة 3,6 Hm<sup>3</sup> تستخدم لصفح الخام بشكل كبير ومن ثم إعادة تأهيل القناة الذي يمر عبر المدينة سوف يقلل من عواقب الفيضانات من المدينة.

وأخيرا، على الرغم من الصعوبات في الحصول على البيانات وصعوبة الحصول على الأرض ولكن العمل في إطار هذه الأطروحة هو الأصلي وتم فحص الموقع المحتمل للسد صغير على الأرض المقترحة لأول مرة في هذا دراسة