



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option: AMENAGEMENT ET OUVRAGES HYDROTECHNIQUES

THEME :

**ÉTUDE DE PROTECTION DE LA VILLE DE DEBDEB
CONTRE LES INONDATIONS (WILAYA D'ILLIZI)**

Présenté par :

BENDJEDDOU Racha Inas

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
HADJ SADOK Ahmed	M.C.A	Président
ZEROUAL Ayoub	M.C.A	Examineur
BOUZIANE Mamar	M.A.A	Examineur
BENLAOUKLI Bachir	M.C.A	Promoteur

Session : Octobre 2020

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes parents

Mon père Mohamed et ma mère Nadja merci maman

merci papa pour votre soutien, votre encouragement et votre

confiance,

Mon frère Djamel

Mes sœurs Soria, Abir, Hind

Mes amies qui m'ont accompagnées durant ce merveilleux

parcours.

Remerciement

*Je remercie tout d'abord **ALLAH** le tout puissant pour m'avoir aidé et donné le courage, la patience, la volonté et la foi afin d'achever ce modeste travail et sans Lequel il n'aurait jamais été accompli.*

Je remercie infiniment mon promoteur M^r B.BENLAOUKLI pour ses qualités humaines, scientifiques et d'enseignement, Je ne pourrai jamais oublier sa gentillesse, ses conseils précieux, ses commentaires efficaces, ses remarques, ses encouragements. Un grand merci de m'avoir donné la chance d'être votre étudiante et de réaliser ce travail. Je tiens à remercier l'ensemble des enseignants de l'ENSH, sans exception pour leurs conseils durant toute ma période d'étude.

Je tiens à remercier M^r A.Hadj sadok, d'avoir accepté de présider mon jury de soutenance, et également les membres du jury, M^r A.Zeroual, M^r M.Bouziane ,de l'ENSH Blida pour le temps consacré à l'évaluation du présent mémoire.

Je tiens à remercier M^r R.Zgait enseignant, Ingénieur responsable au bureau d'étude S.E.D.A.T de la wilaya de Ouargla .

Enfin, mes sincères remerciements s'adressent à tous ceux qui m'ont apporté leur aide et leur appui pour mener à bien ce travail.

BENDJEDDOU RACHA INES

ملخص

في عملنا هذا قمنا بدراسة تقنية بهدف حماية مدينة دبداب (ولاية البزري) من الفيضانات. و على هذا الاساس، قمنا بدراسة هيدرولوجية ، بغية تقدير التدفقات التي بإمكانها ان تمس المناطق المعنية بالدراسة. و للحد من هذه الظاهرة، قمنا بإنشاء خريطة للمناطق الفيضية باستعمال برنامج Hec -Ras و Google Earth، ثم اقترحنا مجموعة من التدابير اللازمة لهيئة واد دبداب. انطلاقا من دراسة تقنية اقتصادية، عملنا على بناء هياكل حماية الضفاف ضد تآكل منحدر الوادي عن طريق بناء جدران من الحجارة، وهياكل لتنظيم التدفق على مستوى حوض الوادي عند العتبات، بالطريقة التي تسمح بإخلاء مياه الفيضانات بدون اخطار.

Résumé

Notre travail consiste à faire une étude sur les moyens de protection contre les inondations de la ville de Debdeb (W. Illizi). Dans ce contexte nous avons élaborer une étude hydrologique afin d'estimer les débits qui peuvent affecter les zones concernés pas l'étude.

Pour réduire ce phénomène, nous avons élaborer à l'aide de Hec -Ras et Google Earth une carte des zones inondables. Ensuite, on a proposé un ensemble des mesures pour l'aménagement d'oued Debdeb.

Sur la base d'une étude technico-économique, nous avons travaillé à la réalisation des ouvrages de protection des berges contre l'érosion des talus de l'oued par la construction des murs en gabion, et des ouvrages pour régulation d'écoulement au niveau de lit de oued par les seuils de manière à évacuer les eaux de la crue sans dangers.

Abstract

This dissertation presents a complete technical study of wadi Debdeb (Illizi), in order to protect the town of Debdeb against seasonal floods. In this context, a hydrological study was performed to estimate the flows that can affect the studied area. To reduce this phenomenon, a flood map was elaborated using Hec-Ras and Google Earth. Then, a set of measures were proposed for the Debdeb Wadi adjustment. Based on the technical and economic studies, we tried to realize bank protection against erosion of the wadi embankments by the construction of gabion walls, and structures for flow regulation at the wadi bed by the thresholds so as to evacuate the flood waters without dangers.

SOMMAIRE

INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE.....	1
------------------------------------	---

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.1 INTRODUCTION	2
I.2 CADRE GEOGRAPHIQUE	2
I.3 ANALYSE CLIMATIQUE.....	3
I.3.1 Facteurs climatiques.....	3
I.3.1.1 Températures	4
I.3.1.2 Précipitations	4
I.3.1.3 Humidité relative de l'air	4
I.3.1.4 Vents.....	5
I.4 ASPECT GEOLOGIQUE	6
I.5 APERCU HYDROGEOLOGIQUE	8
I.6 REMARQUES GENERALES	9
I.7 CONCLUSION	10

Chapitre II : Historique des inondations dans la ville

II.1 HISTORIQUE DES OBSERVATIONS.....	11
II.2 LOCALISATION DES INFRASTRUCTURES INONDEES ET TRACES DE LA DERNIERE CRUE	15
II.3 LOCALISATION DES TRACES DE LA DERNIERE CRUE (Visites sur le terrain)...	16

Chapitre III : Etude hydrologique

III.1 INTRODUCTION	19
III.2 BASSIN VERSANT	20
III.2.1 Définition	20
III.2.2 Caractéristiques géométriques des bassins	20
III.2.3 Caractéristiques hydro-morphologiques	21
III.2.3.1 Indice de compacité de Graveleuse KG.....	21
III.2.3.2 Coefficient d'allongement	22
III.2.3.3 Rectangle équivalent.....	53

III.2.4	Caractéristiques hydrographiques	24
III.2.4.1	Paramètres du relief	24
III.2.4.1.1	Courbe Hypsométrique	25
III.2.4.1.2	Indices	29
III.2.4.1.2.1	Indices de pente de Roche IP	30
III.2.4.1.2.2	Indice de pente globale Ig	30
III.2.4.1.2.3	Indice de pente moyenne Im	31
III.2.4.1.2.4	Dénivelée spécifique Ds	32
III.2.5	Caractéristiques du réseau hydrographique	32
III.2.5.1	Densité de drainage	32
III.2.5.2	Ordre de cours d'eau	33
III.2.5.3	Densité de thalweg élémentaire	34
III.2.5.4	Coefficient de torrentialité Ct	35
III.2.5.5	Pente moyenne du cours d'eau principale Ic	35
III.2.5.6	Le temps de concentration Tc	36
III.2.5.7	Vitesse de ruissellement.....	37
III.3	ANALYSE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES	38
III.3.1	Pluies maximales journalières.....	38
III.3.2	Les paramètres statistiques de l'échantillon	38
III.3.3	Ajustement des pluies maximales journalières	39
III.3.4	Test de validité de l'ajustement	44
III.3.5	Comparaison visuelle des ajustements (Analyse des graphes)	45
III.3.6	Estimation des intensités maximales	46
III.3.6.1	Pluies de courte durée	46
III.3.6.2	L'intensité maximale journalière	47
III.4	ETUDE DES APPORTS	50
III.4.1	Pluies maximales journalières.....	50
III.4.1.1	Apport moyens annuels.....	50
III.4.2	Apports solide en suspension.....	52
III.5	ETUDE DE CRUES	53
III.5.1	Différentes méthodes d'évaluation des crues	53
III.5.1.1	Les formules empiriques d'estimation du débit de pointe	54
III.5.2	Hydrogrammes des crues	58

III.6 CONCLUSION.....	62
-----------------------	----

Chapitre IV : Etude géologique et géotechnique

IV.1 INTRODUCTION	63
IV.2 LES CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUE DU SITE DE L'ETUDE.....	63
IV.3 LES CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUE DU SITE.....	65
IV.4 CONCLUSION	66

Chapitre V : Proposition des variantes d'aménagement

V.1 INTRODUCTION	67
V.2 VARIANTES D'AMENAGEMENT PROPOSEES.....	67
V.2.1 Contre les crues	67
V.2.1.1 Première variante	67
V.2.1.1.1 Implantation des seuils	68
V.2.1.1.2 Un système de protection des berges	69
V.2.1.1.3 Rénovation du pont	70
V.2.1.2 Deuxième variante	70
V.2.1.2.1 Construction une Digue.....	70
V.2.1.2.2 Aménagement	71
V.2.1.3 Troisième variante.....	71
V.2.2 Contre les eaux usées et les eaux stagnantes.....	71
V.2.2.1 les eaux usées	71
V.2.2.2 Les eaux stagnantes.....	73
V.3 DEVIS QUANTITATIF DES TRAVAUX.....	73
V.3.1 Première variante	73
V.3.2 Deuxième variante	74
V.3.3 Troisième variante.....	74
V.4 LE CHOIX DE LA VARIANTE D'AMENAGEMENT	76
V.4.1 Les critères d'évaluation	76
V.4.2 La variante choisie	76
V.5 CONCLUSION	76

Chapitre VI : Étude détaillée de la variante choisie

VI.1 INTRODUCTION	77
VI.2 DESCRIPTION DE LA VARIANTE CHOISIE	77
VI.3 LES EAUX STAGNANTES	78
VI.4 RENOVATION DU PONT	79
VI.5 PROTECTION DES BERGES.....	83
VI.6 LES SEUILS.....	84
VI.7 MODELISATION HYDRODYNAMIQUE (TERRAIN NATURELLE +OUVRAGES EXISTANT).....	87
VI.8 MODELISATION HYDRODYNAMIQUE (TERRAIN NATURELLE +OUVRAGES PROPOSES)	89
VI.9 CARTES D'INONDATION	92
VI.10 CONCLUSION.....	93
CONCLUSION GENERALE.....	94

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Tableau I.1 : Données climatiques de la région d'In Aménas	5
Tableau I.2 : Données climatiques de (station de Ghadamès/Libye), périodes 1927 à 1934 et 1944 à 1950.....	6
Tableau I.3: Forage de DEB DEB II / 9 L 14	9
Tableau I.4: Forage de DEB DEB III / 12 L 14	9

Chapitre II : Historique des inondations dans la ville

Tableau II.1 : Crues observées de 1923 à 1951	11
Tableau II.2 : Fréquence des mois de crues de l'Oued Debdeb	14
Tableau III.3: Fréquence des mois de pluies	15

Chapitre III : Etude hydrologique

Tableau III.1 : Surfaces des bassins versants	21
Tableau III.2 : Périmètres des sous bassins versants	21
Tableau III.3 : Longueurs des thalwegs principaux.....	21
Tableau III.4 : Indice de compacité de Graveleuse KG	22
Tableau III.5 : Coefficients d'allongement.....	22
Tableau III.6 : Longueurs et largeurs des rectangles équivalents	23
Tableau III.7 : Répartition des surfaces en fonction des côtes	26
Tableau III.8 : Détermination des altitudes.....	27
Tableau III.9 : Répartition des surfaces en fonction des côtes	28
Tableau III.10 : Détermination des altitudes.....	29
Tableau III.10 : Détermination des altitudes.....	30
Tableau III.12 : Indice de pente globale	30
Tableau III.13 : Classe de relief selon Bonnard et Gardel, 1996.....	31
Tableau III.14 : Indice de pente moyenne Im	32
Tableau III.15 : Dénivelée spécifique Ds	32
Tableau III.16 : Densité de drainage.....	33
Tableau III.17: l'ordre du bassin versant	34

Tableau III.18: Densité de thalweg élémentaire	35
Tableau III.19 : Coefficient de torrentialité	35
Tableau III.20 : pente moyenne du cours d'eau principale.....	36
Tableau III.21 : Le temps de concentration (Formule de SCS)	36
Tableau III.22 : Le temps de concentration (Formule de GIANDOTTI)	37
Tableau III.23 : Le temps de concentration (Formule de TURRAZA)	37
Tableau III.24 : Vitesse de ruissellement.....	38
Tableau III.25 : Les paramètres statistiques	39
Tableau III.26 : Résultats d'ajustement à la loi de Galton.....	40
Tableau III.27 : Résultats d'ajustement à la loi de Gumbel.....	42
Tableau III.28 : Résultats d'ajustement à la loi Normal	43
Tableau III.29 : Résultats de test d'adéquation (Loi log normal).....	44
Tableau III.30 : Résultats de test d'adéquation (Loi de Gumbel).....	45
Tableau III.31 : Résultats de test d'adéquation (Loi Normal)	45
Tableau III.32 : Les précipitations et les intensités maximales pour différentes durées	47
Tableau III.33 : Apport liquide des différentes formules	51
Tableau III.34 : Les apports liquides et les lames d'eau du sous bassins versants	51
Tableau III.35 : Différentes valeurs de « α ».....	52
Tableau III.36 : Les apports solides de chaque sous bassins	52
Tableau III.37 : les débits de point « Q_p » pour différents périodes de retour	55
Tableau III.38 : Extrait de tableau des valeurs des coefficients A, B et n	56
Tableau III.39 : Valeurs de paramètre P0 (BOUTOUTAOU.D).....	56
Tableau III.40 : les résultats de détermination de différent paramètre.....	57
Tableau III.41 : les débits de point « Q_p » pour différents périodes de retour.....	57
Tableau III.42 : comparaison entre les résultats des deux formules	57
Tableau III.43 : Hydrogrammes des crues de différents périodes de retour Merkséne	59
Tableau III.44 : Hydrogrammes des crues de différents périodes de retour Timissit.....	59
Tableau III.45 : Hydrogrammes des crues de différents périodes de SB Merkséne, Timissit)	60

Chapitre IV : Etude géologique et géotechnique

Tableau IV.1: Forage dans le Nord de la localité de Debdeb	66
Tableau IV.2: Forage dans le Sud de la localité de Debdeb	66

Chapitre V : Proposition des variantes d'aménagement

Tableau V.1 : les caractéristiques des conduites d'assainissement de la ville de DEB DEB ...	71
Tableau V.2 : Les caractéristiques du réseau d'assainissement de la ville de DEB DEB	72
Tableau V.3: les caractéristiques du réseau de drainage de a ville de DEBDEB	73
Tableau V.4: Devis quantitatif des travaux de la 1ère variante	73
Tableau V.5: Devis quantitatif des travaux de la 2ème variante.....	74
Tableau V.6: Devis quantitatif des travaux de la 3ème variante.....	74
Tableau V.7: Devis des travaux quantitatif du réseau de drainage	75

Chapitre VI : Étude détaillée de la variante choisie

Tableau VI.1 : vérification les conditions d'écoulement pour une pente de l'ordre de 10%...	79
Tableau VI.2 : vérification les conditions d'écoulement pour une pente de l'ordre de 15%...	80
Tableau VI.3 : vérification les conditions d'écoulement pour une pente de l'ordre de 20%...	80
Tableau VI.4 : vérification les conditions d'écoulement pour une pente de l'ordre de 5%.....	80
Tableau VI.5 : Calcul de ligne d'eau avec ouvrages courts $Q=6.288 \text{ m}^3/\text{s}$ $D=1500\text{mm}$	81
Tableau VI.6 : Calcul de ligne d'eau avec ouvrages courts $Q=6.719 \text{ m}^3/\text{s}$ $D=1500\text{mm}$	81
Tableau VI.7 : Calcul de ligne d'eau avec ouvrages courts $Q= 6.176\text{m}^3/\text{s}$ $D=1500\text{mm}$	81
Tableau VI.8 : Calcul de ligne d'eau avec ouvrages courts $Q =7.701\text{m}^3/\text{s}$ $D=1500\text{mm}$	81
Tableau VI.9 : Calcul de ligne d'eau avec ouvrages courts $Q=8.229 \text{ m}^3/\text{s}$ $D=1500\text{mm}$	82
Tableau VI.10 : Calcul de ligne d'eau avec ouvrages courts $Q=8.892\text{m}^3/\text{s}$ $D=1500\text{mm}$	82
Tableau VI.11 : Calcul de ligne d'eau avec ouvrages courts $Q=8.933\text{m}^3/\text{s}$ $D=2000\text{mm}$	82
Tableau VI.12 : Calcul de ligne d'eau avec ouvrages courts $Q=10.29\text{m}^3/\text{s}$ $D=2000\text{mm}$	82
Tableau VI.13 : les mesures des ouvrages existant.....	88

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Figure I.1: Carte de découpage Administratif de la Wilaya d'Illizi2

Chapitre II : Historique des inondations dans la ville

Figure II.1 : Flaque d'eau laissée au milieu de la route de In AMINAS témoignant des eaux decrue.....16

Figure II.2 : Niveau du plan des eaux de la crue et sa fluctuation à proximité du marché17

Figure II.3 : La trace du niveau du plan des eaux de la crue à côté de la route nationale d'In AMINAS.....17

Figure II.4 : Trace laissée lors de la crue, mur de clôture du siège de la Daïra (In-AMINAS) 18

Figure II.5 : Une trace du niveau d'eau de l'inondation, Cité résidentiel.....18

Chapitre III : Etude hydrologique

Figure III .1 : carte représente le réseau hydrographique avec les limites de sous bassin24

Figure III.2 : la carte hypsométrique des sous BV Merkséne25

Figure III.3 : Courbe Hypsométrique du Merkséne26

Figure III.4 : la carte hypsométrique de sous BV Timissit28

Figure III.5 : Courbe Hypsométrique du Timissit29

Figure III.6 : le réseau hydrographique avec les limites de sous bassin de la ville deDebdeb34

Figure III.7 : représentation graphique de l'ajustement à la loi de Galton40

Figure III.8 : représentation graphique de l'ajustement à la loi de Gumbel42

Figure III.9 : représentation graphique de l'ajustement à la loi Normal.....44

Figure III.10: graphe de comparaison entre les trois lois d'ajustement.....46

Figure III.11 : courbes des pluies-durée-fréquences.....49

Figure III.12 : courbes des intensités-durée-fréquences49

Figure III.13: Hydrogrammes des crues de différents périodes de retour SB Merkséne.....61

Figure III.14: Hydrogrammes des crues de différents périodes de retour SB Timissit61

Figure III.15: Hydrogrammes de cumule des crues de différents périodes de retour62

Chapitre V : Proposition des variantes d'aménagement

Figure V.1 : Schéma des seuils	68
Figure V.2 : Gabion métallique	68
Figure V.3 : Schéma de protection des berges	69
Figure V.4 : Gabion métallique.....	69
Figure V.5 : Schéma de la digue	70

Chapitre VI : Étude détaillée de la variante choisie

Figure VI.1 : Un réseau de drainage.....	78
Figure VI.2 : Présentation de la cage métallique	83
Figure VI.3 : Présentation le remplissage de cage par des pierres.....	84
Figure VI.4 : Disposition intérieure des tirants.....	85
Figure VI.5 : Présentation la cage métallique	85
Figure VI.6 : Présentation le remplissage d'un cage par des pierres	86
Figure VI.7 : Coupe transversale (A-A) de remplissage d'un cage par des pierres.....	86
Figure VI.8 : Passage busé intégré au pont.....	87
Figure VI.9 : Passage busé colmaté	87
Figure VI.10 : Passage au-dessous de pont.....	88
Figure VI.11 : Modélisation de pont de Debdeb avec le passage busé intégré a le pont.....	89
Figure VI.12 : modélisation de murs au niveau des berges	89
Figure VI.13 : modélisation de seuil 1 proposé	90
Figure VI.14 : modélisation de seuil 2 proposé	90
Figure VI.15 : modélisation de seuil 3 proposé	90
Figure VI.16 : modélisation de seuil 4 proposé	91
Figure VI.17 : modélisation de seuil 5 proposé	91
Figure VI.18 : modélisation de seuil 6 proposé	91
Figure VI.20 : Carte des limites des inondations de la ville de DEBDEB avant la réalisation des ouvrages de protection (50ans).....	92
Figure VI.21 : Carte des limites des inondations de la ville de DEBDEB après la réalisation des ouvrages de protection (50ans).....	93

LISTE DES PLANCHES

- **PLANCHE N1** : PLAN DE SITUATION DE L'AMENAGEMENT.
- **PLANCHE N2** : PROFIL EN LONG DE L'OUED.
- **PLANCHE N3** : PROFIL EN TRAVERS DE L'OUED.
- **PLANCHE N4** : PLAN DES OUVRAGES DE PROTECTION (D'AMENAGEMENT)
DE L'OUED.
- **PLANCHE N5** : PLANNING DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT DE L'OUED.

Introduction

INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE

L'homme, depuis des siècles, s'installe aux abords des rivières afin de profiter de ses avantages ; transport fluvial de marchandises, pêche, ressource d'alimentation en eau, source d'énergie hydraulique, mais il doit aussi en subir les caprices dont les plus redoutables sont liés aux crues. Les inondations représentent un danger pour les biens et les personnes dans la plupart des régions du globe. Elles causent plus de 50% des catastrophes naturelles : en moyenne 20.000 morts / an dans le monde. Pour minimiser ce risque, l'analyse des ondes de submersion engendrées par une crue est le plus souvent menée pour le dimensionnement des plans correspondants à la protection civile. Ainsi que l'évaluation des dommages causés par les inondations avant et après la mise en œuvre d'un ouvrage de protection permet d'analyser la réduction du coût moyen annuel des dommages causée par l'inondation.

L'objectif de notre travail est :

- D'étudier l'inondation de la ville de DEBDEB, et de traiter les moyens de protection contre ce phénomène. Sachant que les inondations que subit cette ville sont du type torrentiel, qui sont dues à des fortes averses de pluie ou des orages violents sur des petits bassins versants représentant des reliefs accidentés comparables à celle de DEBDEB.
- D'assurer l'évacuation de ces eaux loin de la zone urbaine avec de meilleures solutions.
- L'application du Modèle HEC-RAS, dans la simulation hydraulique qui permet la détermination des limites du champ d'inondation de crues de référence à partir d'un modèle numérique de terrain qui a pour but de décrire la géométrie du terrain réel pour le dimensionnement des ouvrages de protection.

∞Chapitre I∞

Présentation de la zone d'étude

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.1. INTRODUCTION :

L'importance de ce chapitre est de nous renseigner sur le terrain du point de vue topographique, géologique, hydrogéologique, climatique ...etc. Pour mieux choisir le type d'aménagement hydraulique.

I.2. CADRE GEOGRAPHIQUE :

La wilaya d'Ilizi se situe à l'extrême Sud Est de l'Algérie, elle s'étend sur une superficie de 284 618 Km² avec une population estimée à 33767 habitants (O.N.S 2000), répartie à travers 06 Communes (Bordj Omar Driss, DEBDEB, In Aménas, Illizi, Djanet, Bordj El Houes). La commune de DEBDEB est située au nord de la wilaya d'ILLIZI, Elle fait du vaste ensemble appelée bas sahara, elle est comprise entre 28° 310.55 et 30° 330.85 de latitude Nord et 9° 50.9 et 7° 30.25 de longitude Est, la ville se trouve au bord de l'un des oueds le plus important de la région dit Merkséne, près des frontières à environ 12 Km de la ville de Ghadamès en Libye .

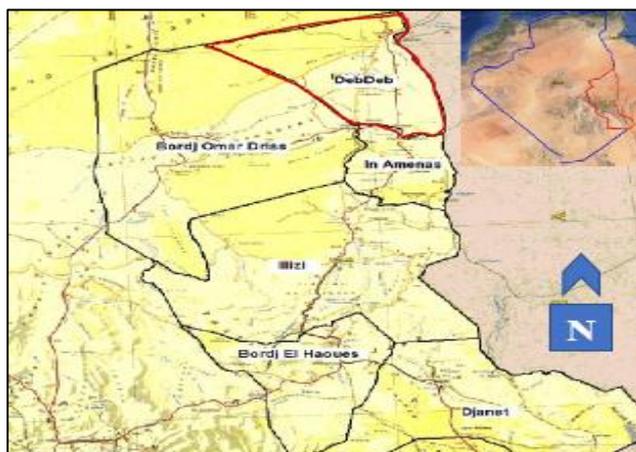
La localité de DEBDEB est limitée par :

- la wilaya de Ouargla au Nord
- la commune de BORDJ OMAR DRISS à l'Ouest
- la commune d'IN-AMINAS au Sud
- la LYBIE tout au long de la frontière à l'Est

la ville de DEBDEB a une superficie de 33116Km² traversée par deux principaux oueds :

- Oued Merkséne.
- Oued Timissit.

Figure I.1: Carte de découpage Administratif de la Wilaya d'Ilizi.



I.3. ANALYSE CLIMATIQUE :

Selon J. Dubief le climat du Sahara septentrional correspond à un schéma global de circulation atmosphérique, qui consiste en un échange entre la zone des basses pressions et celle des hautes pressions subtropicales dues aux Alizés (qui soufflent à basse altitude du Nord et du Nord-Est vers l'Equateur), et aux courants d'altitude venant de l'Ouest. Cependant ce schéma de circulation n'est pas valable toute l'année. L'absence de relief à l'Ouest sur la bordure atlantique permet à l'anticyclone subtropical des Açores de déborder en hiver sur l'Afrique du Nord et le Sahara tandis qu'en été, il migre vers le Nord. Par ailleurs, les vents d'été, qui sont relativement frais et humides sur la côte méditerranéenne se déplacent sur le Sahara, où ils se réchauffent et s'éloignent de leur point de saturation, ce qui augmente leur action de dessèchement. La région d'Illizi fait partie du bas Sahara et obéit à ce schéma climatique.

La région d'Illizi est caractérisée par un climat de type saharien :

- C'est un climat aride : un été chaud et sec et un hiver relativement doux avec des températures élevées pendant la saison estivale où la température peut atteindre les 45°C avec d'importants écarts journaliers et des températures relativement basses en dessous de 10°C en hiver.
- Les précipitations sont très rares : elles ne dépassent guère les 50 mm/an en moyenne, janvier est le mois le plus pluvieux (9 mm) et août le plus sec (1mm en moyenne).
- Les vents sont abondants et deviennent plus fréquents et plus violents pendant la saison printanière.

I.3.1. Facteurs climatiques :

Pour ces facteurs climatiques, les données statistiques de deux stations météorologiques ont été pris en considération, à savoir : Stations d' IN AMENAS sur le territoire algérien et la station de Ghadamès sur le territoire Libyen de la faite qu'elle est située à 12 Km sur le même parallèle et la même altitude que MERIKSENE. Les données climatiques des régions d' IN AMENAS disponible s'étalent sur la période 1924 / 1975. Pour la station de GHADAMES, la série et comme suit :

Températures : période d'enregistrement années 1927 à 1934 et 1944 à 1950.

Précipitations : période d'enregistrement années 1944 à 1950.

I.3.1.1. Températures :

A cause du faible taux d'humidité de l'air, le climat marque des écarts importants de températures. La moyenne interannuelle est de 21,90 °C à In Aménas et de 22,25 °C à Ghadamès. Comme la localité de DEBDEB se trouve à environ 12 Km sur la même parallèle et la même altitude que la ville de Ghadamès nous pouvons prendre les données climatiques de cette dernière comme référence dans le reste de l'étude.

Les températures dans la région sont marquées par de très fortes variations saisonnières: 10,2 °c en janvier à 32,2 le mois de juillet. La température maximale enregistrée avoisine les 42 °c en juillet, tandis que le minimum absolu est de 2,6 le mois de janvier. Les tableaux I et II illustrent les données et les valeurs caractéristiques de la température sur les deux stations.

I.3.1.2. Précipitations :

L'apport pluvial dans cette région est extrêmement faible. D'après Dubief la pluviométrie moyenne interannuelle pour toute la région d'In Aménas et la localité de DEBDEB, pour la période de 1924 / 1975 est comprise entre 20 et 30 mm/an, alors qu'elle est de 30 mm/an pour Ghadamès période de 1926/1950/ Dubief). La majeure partie des pluies tombe de novembre à mai avec un maximum en avril, pour le reste de l'année la pluviométrie mensuelle est nulle ou atteint rarement 1 mm. Les précipitations qui tombent sont l'effet conjugué des dépressions soudano – sahariennes pour les pluies proches de l'été et par des dépressions purement sahariennes. Le gradient de croissance de cette pluviométrie est SW – NE.

I.3.1.3. Humidité relative de l'air :

Cette valeur illustre le rapport de pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air et la pression de vapeur saturante dans les mêmes conditions de température et de pression. Les valeurs observées à In Aménas montrent que l'humidité est plus élevée en hiver qu'en été, ces valeurs peuvent osciller entre 35 et 50,1 %. En été les fortes températures dissipent la vapeur d'eau atmosphérique, ce qui explique les faibles valeurs de l'humidité pouvant descendre jusqu'à 19,1 %.

I.3.1.4. Vents :

En générale les vents de la région sont fréquents, leur dominance est du secteur nord - est et nord sauf en juillet et août où ils sont de secteur Est et Nord - Est. La vitesse des vents n'est importante que de mars à octobre où ils atteignent une moyenne de 4,2 à 5 m/s. Pendant cette période les vents soufflent violemment provoquant l'entraînement des matériaux sableux sans cohésion, et est ainsi responsable du modelé sableux (dunes) qu'on observe dans cette région. La valeur interannuelle est de 4,3 m/s.

Tableau I.1 : Données climatiques de la région d'In Aménas.

STATION : IN AMENAS LATITUDE : 28° 05' N INDICATIF: 60611
 ALTITUDE: 561 m LONGITUDE: 09° 63' E PERIODE : 1924/1975

PARAMETRES	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Cumul mensuel précipitations quotidiennes (mm)	1.9	3.8	3.1	4.4	1.9	2.6	4.5	0.7	3.4	3.2	0.0	0.0	29.5
Précipitations mensuelles maximales (mm)	10.6	10.7	22.9	19.1	7.7	13.2	13.6	4.1	13.1	13.5	0.0	0.0	/
Moyennes mensuelles des températures (°C)	28.6	23.0	15.6	10.9	09.9	12.7	16.9	22.8	27.8	31.5	31.8	31.5	21.9
Moyennes mensuelles humidité relative (%)	28.7	38.1	47.8	49.6	50.1	42.6	35.0	27.9	25.5	21.4	21.7	22.0	34.2
Moyennes mensuelles vitesses du vent (m/s)	4.6	4.2	3.5	3.0	3.3	3.7	4.3	4.6	5.6	5.2	5.0	4.6	4.3

Source : bureau S.E.D.A.T (d'après ONM).

Tableau I.2 : Données climatiques de (station de Ghadamès/Libye), périodes 1927 à 1934 et 1944 à 1950.

Paramètres	Mois												Année
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Températures Minima (m)	2.6	4.3	8.4	12.3	17.9	21.7	22.5	21.9	19.4	14.9	9.4	5.0	13.4
Températures Maxima (m)	17.7	20.7	25.7	30.8	35.9	40.8	41.9	41.4	37.7	32.1	24.9	23.5	32.5
Précipitations mensuelles Moyennes (mm)	5.4	4.7	2.0	14.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.7	30.3

Source : bureau S.E.D.A.T (d'après ONM).

- Températures : période d'enregistrement années 1927 à 1934 et 1944 à 1950.
- Précipitations : période d'enregistrement années 1944 à 1950.

I.4. ASPECT GEOLOGIQUE :

Le plateau du Tinghert constitue le rebord sud du bassin sédimentaire du grand erg oriental. L'ensemble des formations sont d'âge crétacées et jurassiques réapparaissent successivement, déterminant ainsi une série de plateaux séparés par des lignes de falaises orientées Est – Ouest et plongent tous vers le Nord (D'après une carte géologique au 1/500.000ème).

Les altitudes les plus élevées se trouvent le long du rebord sud du plateau du Tinghert (entre 700 et 750 mètres). Ces altitudes commencent à baisser régulièrement en se déplaçant vers le nord jusqu'à atteindre 600 m à Meriksène et 450 m à Rhourd Nouss. Vers le sud, la pente des plateaux reste orientée vers le nord avec un léger pendage de l'Est vers l'Ouest. La pente générale du relief diminue d'une manière considérable du Sud vers le Nord, de 700 mètres au sud de la localité de Debdeb elle passe à 250 mètres au nord de cette dernière. Un paysage accidenté et dunaire caractérise le Nord de la zone avec une présence de couvert végétal de type saharien. Le Sud est relativement plat, caillouteux et dépourvu de végétation.

- Les formations rencontrées sont les suivantes : (D'après la coupe géologique schématique)
- ❖ **Sénonien Lagunaire** : affleure sur une très large partie du Tinghert oriental, il y est recouvert d'une mince couche de Maestrichtien mal différencié (Sénonien Carbonaté), le Sénonien Lagunaire est formé d'argiles, de calcaires, dolomies et de gypses; la série inférieure qui n'affleure que très localement est formée d'argiles gypseuses.
- ❖ **Turonien**: affleure sur une largeur de 10 à 40 Km, est formé de dolomies et de calcaires massifs dans la zone orientale, et d'une dalle dolomitique reposant sur des marnes vertes à l'Ouest d'Ohanet. L'ensemble du Turonien se termine par une série de calcaires turonien et cénonanien mal différenciés. Dans cette zone, ces formations ne sont pas aquifères.
- ❖ **Série d'In Akhamil** : correspond à l'Albien, elle est formée d'argiles rouges, gypseuses dans la partie supérieure, la série d'In Akhamil est localement grés-argileuses et faiblement aquifère.
- ❖ **Série du Taouratine** : est formée de grès carbonatés, avec de nombreuses intercalations d'argiles, le Taouratine est aquifère et correspond au premier niveau aquifère de la nappe du Continental Intercalaire.
- ❖ **Série de Zarzaitine Supérieur** : est imperméable et formée d'argiles grises.
- ❖ **Série de Zarzaitine Inférieur** : est formée de grès et d'argiles gréseuses, il constitue le deuxième niveau aquifère du Continental Intercalaire.
- ❖ **Série de Tiguentourine** : correspond au niveau supérieur du carbonifère, elle est formée d'argiles et constitue le mur du Continental Intercalaire.
- ❖ **Westphalien** : principalement calcaires et ne sont pas aquifères.
- ❖ **Dévonien** : formée de grès argileux à ciment siliceux est aquifère; la nappe du dévonien alimenterait des résurgences au niveau des affleurements.

N.B: Le Tinghert désigne par les Touaregs la hamada triangulaire qui s'étend entre le grand erg oriental au Nord, les ergs Isaouane et d'Oubari au Sud, le Tadmait à l'Ouest et le djebel Nefousa au Nord – Est.

I.5. APERCU HYDROGEOLOGIQUE :

Sur le plan hydrique et à l'exception de quelques points d'eau sur la vallée de l'Oued Mariksène qui régule leurs réserves, la nappe la plus connue et exploitée dans la région est celle du Continental Intercalaire contenue dans les sables fins et grès friables de l'Albien. Cette nappe est localement exploitée par le captage de 02 horizons aquifères juxtaposés, ceux de l'Albien et du Barrémien.

Le gradient de profondeur de captage de ces aquifères augmente du sud vers le nord, l'exemple de la formation Albo – Barrémienne illustre parfaitement ce plongement, elle affleure à In Aménas et plonge à 750 mètres au Nord de Debdeb. En effet, les forages au Nord peuvent atteindre les 900 m de profondeur et sont jaillissants avec des débits qui avoisinent les 50 l/s. les forages qui exploitent la nappe au sud ont une profondeur d'environ 450 mètres, l'eau est mobilisée par pompage à près de 150 à 160 mètres avec un débit moyen de 10 l/s.

La gradient de salinité des eaux est inverse de la profondeur, les eaux du Nord sont plus douces (0,75 g/l) alors que ceux du Sud sont plus minéralisées (plus de 2 g/l).

D'une manière générale :

- ❖ Le toit de l'Albien à Debdeb est entre 650 et 700 mètres de profondeur
- ❖ La piézométrie est entre 300 et 320 mètres
- ❖ La pression en tête de puits pour les captages jaillissants est d'environ 5 bars
- ❖ La transmissivité de la formation Albienne est de l'ordre de 5×10^{-3} m²/s.

A titre d'illustration voici une description lithostratigraphique sommaire de 02 forages, le premier dans le Nord de la localité de Debdeb, le deuxième au sud de cette dernière :

Tableau I.3: Forage de DEB DEB II / 9 L 14.

X : 9° 20' 20" Y : 29° 55' 25" Z : 330 m			
Profondeur (m)	Description lithologique	Epaisseur (m)	Etage
0 à 308	Calcaires, marnes et dolomies	308	Sénonien
308 à 372	Calcaires et marnes	64	Turonien
372 à 604	Argiles et évaporites	232	Cénomanién
604 à 642	Grès et sables argileux	38	Albien
642 à 681	Argiles et calcaires gréseux	39	Aptien
681 à 770	Sables argileux et grès	89	Barrémien

Tableau I.4: Forage de DEB DEB III / 12 L 14.

X : 9° 21' 00" Y : 30° 00' 45" Z : 355 m			
Profondeur (m)	Description lithologique	Epaisseur (m)	Etage
0 à 290	Calcaires, marnes et dolomies	290	Sénonien
290 à 374	Calcaires et marnes	84	Turonien
374 à 580	Argiles et évaporites	206	Cénomanién
580 à 630	Grès et sables argileux	50	Albien
630 à 645	Argiles et calcaires gréseux	15	Aptien
645 à 770	Sables argileux et grès	125	Barrémien

I.6. REMARQUES GENERALES :

- ❖ la région en question ne possède aucune information hydro- pluviométrique pour une étude détaillée de ce cas , néanmoins , pour l'estimation des débits de crues maximales, on s'est basé d'une part sur les enquêtes de terrain et le témoignage des riverains, d'autre part sur les postes d'observation dans la région.
- ❖ l'extension future d'après le (P.D.A.U) de la ville est vers le Nord ,sur le plateau par contre la ville ancienne est riveraine de l'oued.

I.7. CONCLUSION :

Comme on a mentionné au début que l'importance de la présentation de la zone d'étude à travers la collecte des informations brutes de la zone (sa topographie, son climat,...). Ces informations permet d'évaluer les risques et d'estimer les catastrophes qui peuvent être engendré par un phénomène naturel comme les crues.

∞ Chapitre II ∞

Historique des inondations dans la ville

HISTORIQUE DES INONDATIONS DANS LA VILLE

II.1. HISTORIQUE DES OBSERVATIONS :

Sur les Oueds sahariens on ne dispose pas de mesures ou observations continues jamais réalisées vu les conditions climatiques, Néanmoins des observations descriptives des crues ou leur trace ont depuis longtemps fait l'objet de plusieurs notes. Les plus anciennes crues notées dans les archives françaises et le recueil de Jean Dubief, sont celles de 1923 à 1951. La liste des crues recueillies à partir de 1923 est représentée dans le tableau ci- après :

Tableau II.1 : Crues observées de 1923 à 1951.

Dates des Crues	Nature de crue (Importance)	Observations
1923 30 Mars	Néant	Crue des Oueds ouan essar et toulout, lac Merksene plein.
Mai	Crue	Crues des Oueds du Tassili tel que le Tarat.
Juin	Néant	
1924 (Octobre)	Crue	Crue de l' Oued de Debdeb pendant 03 jours, ainsi que de l'Emihrou et de l'Issekra.
1925 (Septembre)	Néant	Crues de quelques Oueds du Tassili occidental tels que ceux du Tirhemar et du Tahihaout.
1928 (Janvier)	Importante	Crue de l' Oued Debdeb le 08. Après un maximum le 09, elle reste stationnaire jusqu'au 13 et décroît rapidement ensuite. Crues des autres Oueds du Timissit.
1930 (Mai)	Importante	Crue de l' Oued Debdeb du 26 au 30. Hauteur maximum 1 à 2 mètres 50.
1931 (Avril)	Très forte	Crue très forte de l' Oued

		Debedeb le 25 à 20 h 30 mn. A 23 heures sa largeur atteint 700 à 800 mètres, sur 4 mètres de profondeur. Les jardins et les puits sont détruits. Six autochtones mort noyés. Crués des autres Oueds du Timissit dont le ouan essar.
1932 (Mars)	/	Crués des autres Oueds du Timissit.
1933 janvier	Néant	Crue du Timissit.
Juin	Néant	Crue de quelques Oueds.
1934 (Mai)		Crue de quelques Oueds.
1938 Mai	Néant	Crue de l'Oued ouali abdellah.
Novembre	Néant	Crue de l'Oued ouali abdellah.
1940 Août	Néant	Crués de certains Oueds.
Septembre	Néant	Crués des Oueds Toulout, ouan essar et Timissit.
Octobre	Assez importante	02 crués de l' Oueds Debdeb , la 2 ^{ème} de 60 heures de durée.
1941 (Juin)	Néant	Crués en montagne, notamment des Oueds ouan essar et Toulout.
1942 Janvier	Néant	Crués des Oueds du Toutout. L'Oued Timissit coule pendant 03 jours.
Août	Moyenne	Le 25 crue de l' Oued Debdeb durant toute la journée.
Septembre	Néant	Crués le 08 des Oueds Timissit, Toulout, le 09 de l'ouan essar.
Octobre	Abondante	Nuit du 22 au 23, crue abondante de l' Oued Debdeb . Elle se prolonge jusqu'au 26, époque où commence la décrue. Le 31 il y a encore de l'eau dans le lit de l'Oued.
1943 (Avril)	Néant	Quelques Oueds coulent.
1945 Février	Forte	Forte crue de l' Oued Debdeb et des Oueds du Timissit.

Avril – Mai	Néant	Crue de l'Oued ouali abdellah.
Juin	Crue	Entre le 10 et le 15, crue des Oueds du Tassili. Lac Merksène rempli.
Septembre	Néant	En fin du mois, crue de 19 heures et 15 heures de durée de l'Oued Ouan essar (toulout supérieur) ainsi que l'Oued Timissit.
Octobre	Crue	Crue de l' Oued Debdeb du 13 au 22. L'Oued toulout atteint l'ouan essar , le Timissit n'atteint pas l'ouali abdellah. Le Tadjeradjeri ne remplit pas le Merksène comme en juin, mais forme un petit lac à timissit. Le Karkai forme un Lac de 200 mètres de long au débouché du merksène.
1946 Février	Importante	Du 05 au 08, crues des Oueds Ouan essar, ouali abdellah, Debdeb , Toulout qui remplit le lac Merksène.
Septembre	Crue	Crues des Oueds Timissit, ouan essar, Debdeb et ouali abdellah.
1947 Mai	Néant	La majorité des Oueds ont coulé.
Juin	Néant	Forte crue de l'Oued Timissit.
1948 (Avril)	Néant	De nombreux Oueds du Merksène ont coulé.
1949 (Avril)	Néant	Crue de l'Oued Ouali abdellah inondant le Maader.
1950 Février	Néant	Crue de l'Oued Tadjeradjeri.
Août	Crue	Le 23, crue des Oueds ouali abdelah et ouan essan .
1951 Janvier	Crue	Du 13 au 15.

19 septembre au 06 octobre	Très forte	Crues de tous les Oueds du 20 septembre au 05 ou 06 octobre. L'Oued Toulout coule jusqu'au Maader d'In Zaouatene, l' Oued de Debdeb jusqu'à In Aménass, le ouali abdellah jusqu'à timissit, l'Emihrou jusqu'à 08 Km en amont de Merksène, le ouan essar jusqu'à ouan essar.
-------------------------------	------------	--

(NB : Ces renseignements sont assez complets relatifs aux crues de l'Oued de DEBDEB. Ils étaient observés par des observateurs météorologistes et complétés par les "rapports mensuels des territoires du sud").

Tableau II.2 : Fréquence des mois de crues de l'Oued DEBDEB.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Fréquence des mois de crues Oued Debdeb													
Nombre de mois	2	2	0	1	1	1	0	2	2	5	1	0	17
Pour 100 ans	8	8	0	4	4	4	0	8	8	19	4	0	67
Ensemble des Oueds (de 1938 à 1950)													
Nombre de mois	1	3	0	4	3	3	0	3	4	3	1	0	23
Pour 100 ans	8	23	0	31	23	23	0	23	31	23	8	0	193
Ensemble des Oueds (de 1926 à 1950)													
Nombre de mois	3	3	1	6	6	4	0	3	4	4	2	0	36
Pour 100 ans	12	12	4	24	24	16	0	12	16	16	8	0	144

Source : bureau S.E.D.A.T (d'après ONM).

Tableau III.3: Fréquence des mois de pluies.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Fréquence des mois de pluie													
Oued Debdeb (26 ans)	31	38	23	27	35	27	0	19	31	42	23	31	327
Hauteurs de pluie													
Oued Debdeb (1926-50, 25 ans)	1.9	3.4	1.2	1.6	1.4	0.6	0.0	0.1	1.7	2.1	1.4	1.4	16.8

II.2. LOCALISATION DES INFRASTRUCTURES INONDEES ET TRACES DE LA DERNIERE CRUE.

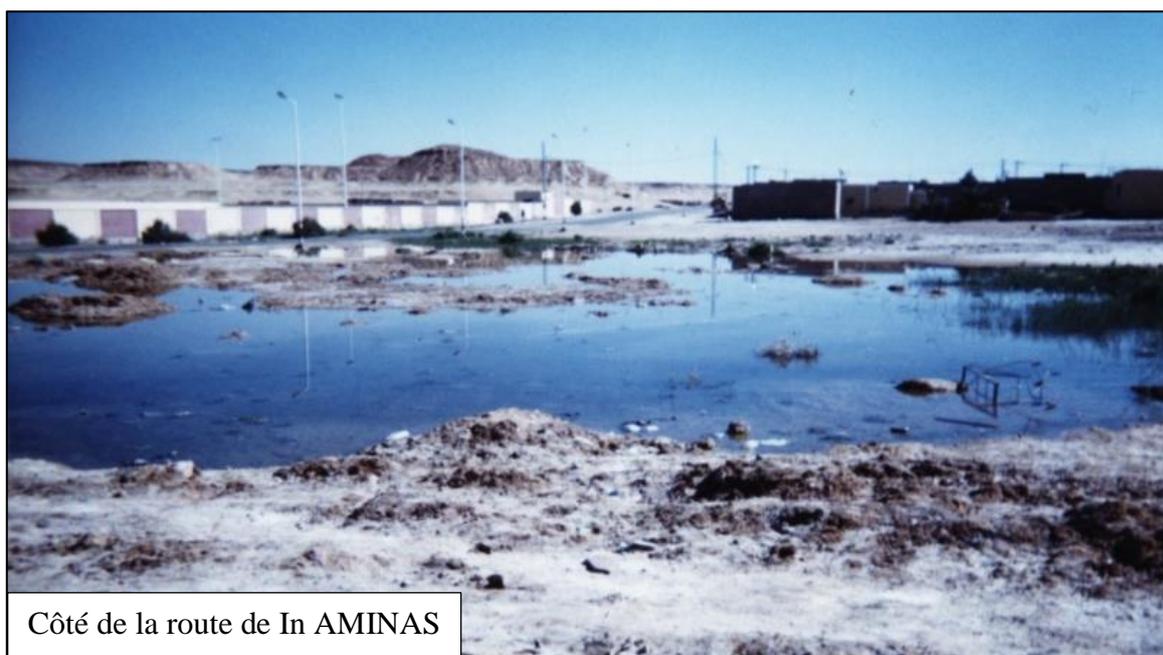
N°	Localisation des infrastructures Inondées	Côte Terrain Naturel	Côte trace Inondation	Hauteur lame d'eau	Observations
1	Côté école (centre-ville) : X : 449746 Y : 2931408 Z' : 547,04 (hauteur gabion)	545,04			Point désigné comme vulnérable et de débordement de l'Oued vers la ville, d'après la constatation faite par l'organisme de contrôle technique de la construction du sud
2	X : 449115.7 Y : 2931408	545.11			Point fragile
3	X : 447150 Y : 2931338	543.79			Situé derrière la SNTV, près de la station pompage finale (A.E.U), point d'évacuation et d'allègement des eaux d'inondation, retour vers le cours de l'Oued Debdeb. Brèche ouverte par les services de la cellule de gestion de la crise.
4	X : 447929.5 Y : 2930683	544.03			Point d'évacuation et d'allègement des eaux d'inondation, retour vers le cours de l'Oued Debdeb. Brèche ouverte par les services de la cellule de gestion de la crise.
5	X : 446946.4 Y : 2931593	543.66			Point d'évacuation et d'allègement des eaux d'inondation situé au centre-ville, retour vers le cours de l'Oued Debdeb. Brèche ouverte par les services de la cellule de gestion de la crise.
6	Marché	544.42	546.26	+1.84	-
7	Ecole	545.54	-	-	-

8	Ecole Primaire	547.96	-	-	-
9	Douanes Algériennes (Parc)	545.52	-	-	-
10	Mosquée	547.05	-	-	-
11	Siège de la Daïra	547.95	-	-	Limite inondation
12	Agence Algérie Poste	549.15	-	-	Limite inondation
13	S.N.T. V	543.21	-	-	-
14	Cité résidentiel	546.00	547.10	+1.10	-
15	Côté de la route de In AMINAS	544.47	545.97	+1.50	-
16	Siège de la Gendarmerie Nationale	542.83	-	-	-

D'après bureau d'étude SEDAT (A partir des enquêtes effectuées sur le terrain).

NB : On trouve que la surface globale touché est de 89.93 ha qui représente 25 % de la surface totale urbaine.

II.3. LOCALISATION DES TRACES DE LA DERNIERE CRUE (Visites sur le terrain) :



Côté de la route de In AMINAS

Figure II.1 : Flaque d'eau laissée au milieu de la route de In AMINAS témoignant des eaux de crue.



Figure II.2 : Niveau du plan des eaux de la crue et sa fluctuation à proximité du marché.



Figure II.3 : La trace du niveau du plan des eaux de la crue à côté de la route nationale d'In AMINAS.



Figure II.4 : Trace laissée lors de la crue, mur de clôture du siège de la Daïra (In-AMINAS).



Figure II.5 : Une trace du niveau d'eau de l'inondation, Cité résidentiel.

∞Chapitre III∞

Etude hydrologique

ETUDE HYDROLOGIQUE

III.1. INTRODUCTION :

Actuellement, l'hydrologie est devenue une science importante de l'art de l'ingénieur intéressé à l'exploitation et au contrôle des eaux naturelles. Des études hydrologiques plus au moins poussées sont indispensables pour toute mise en œuvre de projet hydroélectrique, de distribution d'eau, de protection contre les crues, d'assainissement, de drainage, d'irrigation, de barrage et de navigation fluviale. Le dimensionnement, la sécurité et la bonne exploitation des ouvrages hydrauliques sont toujours liés à une évaluation saine non seulement des débits disponibles en moyenne mais surtout des débits extrêmes des crues. Plus encore que les facteurs morphologiques, lithologiques et biogéographiques, les conditions climatiques du bassin versant jouent un rôle capital dans le comportement hydrologique des cours d'eau.

Ce sont les précipitations qui constituent le facteur essentiel intervenant par :

- ❖ Leur hauteur totale annuelle qui détermine l'abondance fluviale.
- ❖ Leur répartition mensuelle et saisonnière qui influence directement les régimes hydrologiques.
- ❖ Leurs totaux journaliers et surtout les averses génératrices de crues. Ces différents aspects des précipitations sont plus ou moins modifiés selon l'effet combiné des autres paramètres physiques et climatiques (températures et évapotranspiration). Mais, contrairement aux paramètres proprement physiques permettent une interprétation seulement qualitative du comportement hydrologique des bassins, les précipitations et les facteurs climatiques dans leur ensemble, variables aléatoires dans le temps et l'espace, permettent d'expliquer quantitativement les variations des composantes du régime hydrologique dans sa conception la plus large.

C'est pourquoi nous consacrerons, à travers ce chapitre, un développement particulier aux précipitations qui sont les plus importantes agissant directement dans l'alimentation pluviale de l'écoulement d'oued DEBDEB.

L'hydrologie saharienne est, à nos jours, mal connue des hydrologues du fait de l'absence de campagnes de mesures et d'études approfondies dans cette région, de l'aridité, et de la complexité des phénomènes qui s'y produisent. Dans cette analyse, nous allons aborder brièvement les différentes caractéristiques hydrologiques du bassin versant de l'Oued DEBDEB, et certains paramètres qui peuvent influencer le cycle naturel de l'eau comme la géologie, mais nous nous attarderons sur l'étude des crues qui est notre point de départ dans l'étude des inondations dans la vallée du DEBDEB.

III.2. BASSIN VERSANT :

III.2.1. Définition :

Un bassin versant est une surface d'alimentation d'un cours d'eau ou d'un lac. Le bassin se définit comme l'aire de collecte limitée par le contour à l'intérieur duquel se rassemblent les eaux précipitées qui s'écoulent en surface et en souterrain vers une sortie. Aussi dans un bassin versant, il y a une continuité longitudinale, de l'amont vers l'aval (dans l'ordre ruisseaux, rivières, fleuves), latérale, des crêtes vers le fond de la vallée – verticale, des eaux superficielles vers les eaux souterraines et vis-vers-vers. Les limites sont la ligne de partage des eaux superficielles.

III.2.2. Caractéristiques géométriques des bassins :

A. Superficie :

Les surfaces des bassins versants sont déterminées avec le logiciel Arc Gis 10.2.2, elles sont déterminées à partir de la surface obtenue de la projection horizontale du territoire délimité par la ligne de partage superficielle. Par Arc Gis et une DEM de 30*30m.

Les surfaces des bassins sont :

Tableau III.1 : Surfaces des bassins versants.

Sous bassin	superficie du bassin versant S (km ²)
SB 1	350
SB 2	249
SB 3	377
SB 4	180
Surface totale	1156

B. Périmètre :

Les périmètres des bassins versants sont obtenus directement à l'aide de logiciel sur la même DEM :

Tableau III.2 : Périmètres des sous bassins versants.

Sous bassin	périmètre du bassin versant P (km)
SB 1	92.1
SB 2	77.65
SB 3	96.81
SB 4	62.71

C. Longueur du thalweg principal :

La longueur est déduite à l'aide de l'Arc gis sur la même DEM :

Tableau III.3 : Longueurs des thalwegs principaux.

Sous bassin	longueur de thalwegs principale L (km)
SB 1	37
SB 2	35
SB 3	46
SB 4	28

III.2.3. Caractéristiques hydro-morphologiques :**III.2.3.1. Indice de compacité de Gravelleuse K_G :**

C'est le rapport du périmètre du bassin sur la circonférence du cercle de rayon **R** ayant la même superficie **S** que le bassin, cet indice exprime la forme du bassin versant, il est en fonction de la surface du bassin et de son périmètre. Son expression est comme suite :

$$K_G = \frac{P}{2\pi\sqrt{\frac{S}{\pi}}} \rightarrow K_G = \frac{\sqrt{\pi}}{2\pi} \frac{P}{\sqrt{S}} \rightarrow K_G = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

Avec : K_G : Indice de compacité de Graveluis ;

P : Le périmètre du BV (km) .

S : La surface du BV (km²).

Si : $K_G = 1$; le bassin versant est ramassé.

$K_G > 1$; le bassin est allongé.

Tableau III.4 : Indice de compacité de Graveluis K_G .

Sous bassin	Indice de compacité de Graveluis K_G
SB 1	1.38
SB 2	1.38
SB 3	1.40
SB 4	1.31

III.2.3.2. Coefficient d'allongement :

Ce coefficient est obtenu par la relation :

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

L : la longueur du talweg principal en Km.

S : la superficie du bassin versant en Km².

Tableau III.5 : Coefficients d'allongement.

Sous bassin	Ca
SB 1	3.91
SB 2	4.92
SB 3	5.61
SB 4	4.36

Conclusion : cela signifie que les sous bassins (SB1 /SB2 /SB3/SB4) ont une forme allongée.

III.2.3.3. Rectangle équivalent :

C'est une transformation purement géométrique en un rectangle de dimensions ' L ' et ' l ' ayant la même surface que le bassin versant. Il permet de comparer les bassins versants entre eux de points de vue de l'écoulement. Les courbes de niveau sont des droites parallèles aux petits côtés du rectangle et l'exutoire est l'un de ces petits cotés.

Le périmètre et la surface du rectangle sont respectivement :

$$P = 2*(L+l) \quad \text{et} \quad S = L*l$$

La longueur L et la largeur l en Km sont données par la résolution de P et S :

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

De (1) et (2) on obtient une équation de 2^{ème} degré admet deux solutions L et l :

$$L = \frac{Kc \cdot \sqrt{S}}{1,128} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,128}{Kc} \right)^2} \right)$$

$$l = \frac{Kc \cdot \sqrt{S}}{1,128} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,128}{Kc} \right)^2} \right)$$

Avec :

L : Longueur du rectangle équivalent en (Km).

l : Largeur du rectangle équivalent en (Km).

D'où :

Tableau III.6 : Longueurs et largeurs des rectangles équivalents.

Sous bassin	L	l
SB 1	36	9.72
SB 2	30.34	8.21
SB 3	38.19	9.87
SB 4	23.46	7.67

- Ce tableau suivant englobe les paramètres géométriques des bassins versants de la région d'étude :

Sous bassins versant	S	P	L_{cp}	K_G	C_a	L	l
SB 1	350	92.1	37	1.38	3.91	36	9.72
SB 2	249	77.65	35	1.38	4.92	30.34	8.21
SB 3	377	96.81	46	1.40	5.61	38.19	9.87
SB 4	180	62.71	28	1.31	4.36	23.46	7.67

III.2.4. Caractéristiques hydrographiques :

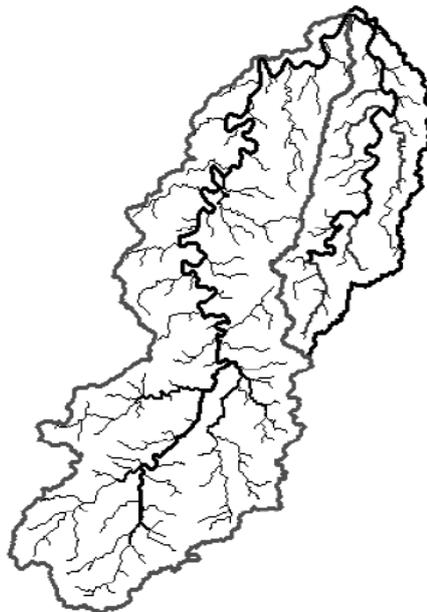


Figure III .1 : carte représente le réseau hydrographique avec les limites de sous bassin.

III.2.4.1. Paramètres du relief :

Le relief et les caractéristiques physiques d'un bassin versant ont une forte influence sur l'hydrogramme de crue. Car une forte pente occasionne un écoulement aussi rapide en un temps de concentration très courte et donc montée plus rapide.

Le relief se détermine au moyen des indices ou des caractéristiques tels que :

- Courbe hypsométrique.
- Altitude moyenne.
- Indice de pente globale I_g .
- Indice de pente roche I_p .

III.2.4.1.1. Courbe Hypsométrique :

Elle fournit une vue synthétique de la pente du bassin, donc du relief. Cette courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de l'altitude.

Les courbes hypsométriques demeurent un outil pratique pour comparer plusieurs bassins entre eux ou les diverses sections d'un seul bassin. Elles peuvent en outre servir à la détermination de la pluie moyenne sur un bassin et donnent des indications quant au comportement hydrologique et hydraulique du bassin et de son système de drainage.

A. Sous bassins versants merkséne:

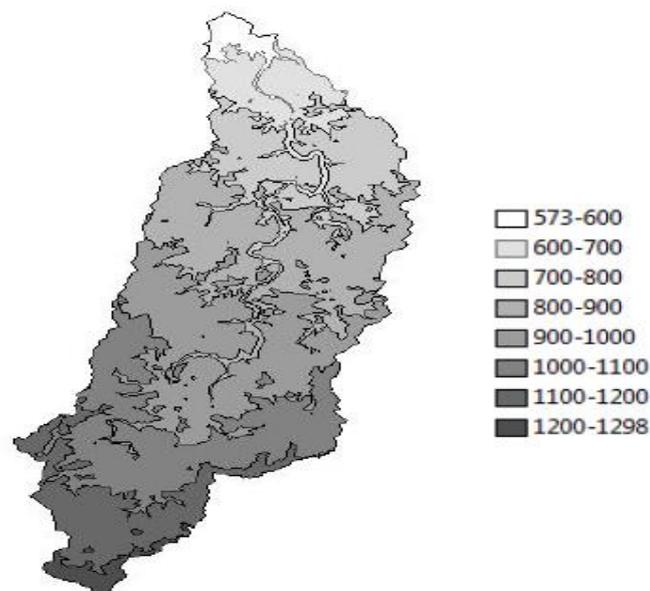
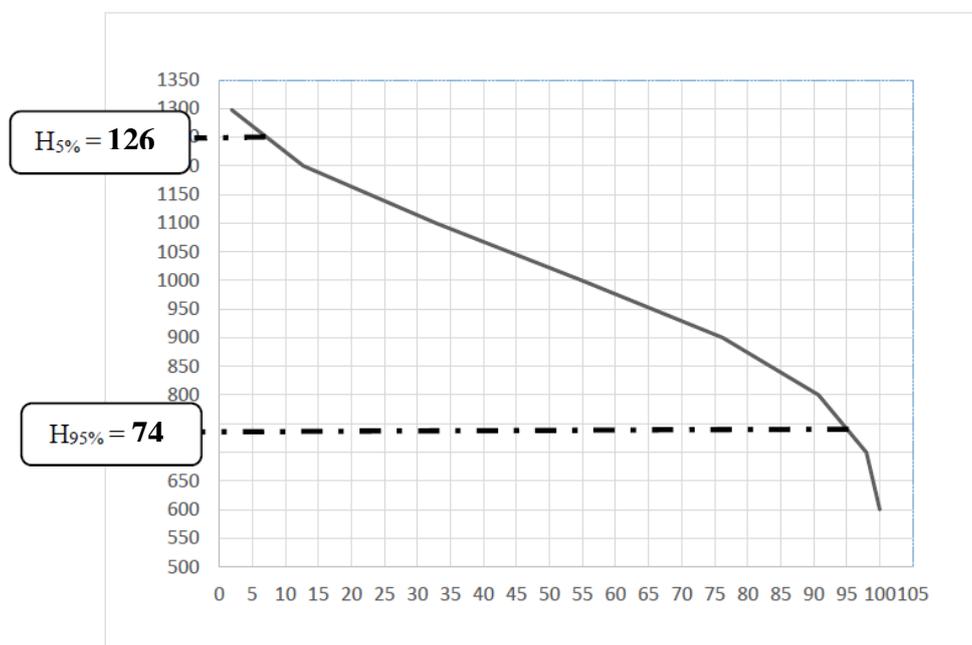


Figure III.2 : la carte hypsométrique des sous BV Merkséne.

Tableau III.7 : Répartition des surfaces en fonction des côtes.

Altitudes (m)	Surface partielle (km ²)	Surface partielle (%)	% des surfaces cumulées
572-600	16.43	2.74	16.43
600-700	58.13	9.70	74.56
700-800	116.80	19.50	191.36
800-900	116.50	19.45	307.86
900-1000	77.40	12.92	385.26
1000-1100	111.60	18.63	496.86
1100-1200	87.42	14.59	584.28
1200-1298	14.73	2.46	599
Total	599	100	

**Figure III.3** : Courbe Hypsométrique du Merkséne.

De la courbe hypsométrique on a :

a) **Altitude $H_{5\%}$** = 1260 m.

Altitude $H_{95\%}$ = 740 m.

B. Altitude médiane :

C'est l'ordonnée de la courbe hypsométrique correspondante à la surface 50%. C'est l'altitude médiane. **$H_{50\%}$** = 1035m.

C. Altitude moyenne :

L'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique ou de la lecture d'une carte topographique. On peut la définir comme suit :

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

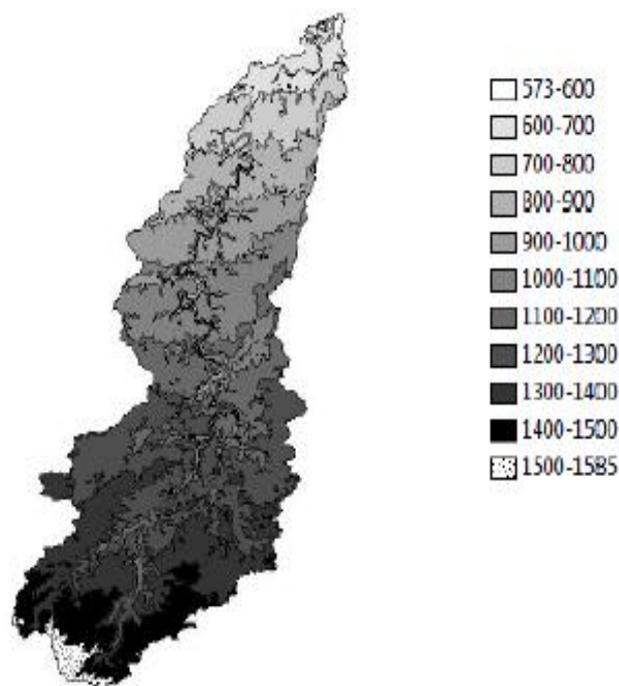
- **H_{moy}** : Altitude moyenne du bassin (m).
- **S_i** : surface partielle entre deux courbes de niveau (km²).
- **H_i** : Altitude moyenne entre deux courbes de niveau successives (m).
- **S** : Superficie totale du bassin versant (km²).

L'altitude moyenne est peu représentative de la réalité. Toutefois, elle est parfois utilisée dans l'évaluation de certains paramètres hydrométéorologiques ou dans la mise en œuvre de modèles hydrologiques.

D'où : **H_{moy}** = 907.64 m.

Tableau III.8 : Détermination des altitudes.

Altitudes	Valeurs (m)
H_{moyenne}	907.64
$H_{\text{médiane}}$	1035
$H_{95\%}$	740
$H_{5\%}$	1260
H_{max}	1298
H_{min}	572

D. Sous bassins versant du Timissit :**Figure III.4** : la carte hypsométrique de sous BV Timissit.**Tableau III.9** : Répartition des surfaces en fonction des côtes.

Altitudes (m)	Surface partielle (Km ²)	Surface partielle (%)	Surfaces cumulées (km ²)	% des surfaces cumulées
572 - 600	13.93	2.501	13.93	2.501
600 - 700	20.3	3.645	34.23	6.15
700 - 800	24.73	4.440	58.96	10.59
800 - 900	35.04	6.291	94	16.88
900 - 1000	56.3	10.108	150.3	26.98
1000 - 1100	78.65	14.120	228.95	41.10
1100 - 1200	65.08	11.684	294.03	52.79

1200 - 1300	95.88	17.214	389.91	70.00
1300 - 1400	80.51	14.454	470.42	84.46
1400 - 1500	37.2	6.679	507.62	91.13
1500 - 1585	49.38	8.865	557	100.00

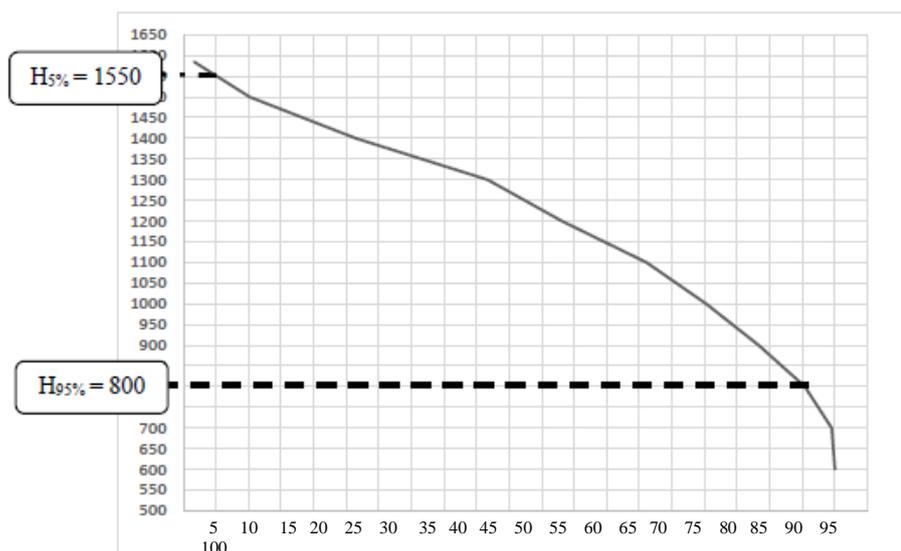


Figure III.5 : Courbe Hypsométrique du Timissit.

Tableau III.10 : Détermination des altitudes.

Altitudes	Valeurs (m)
$H_{moyenne}$	1147.66
$H_{médiane}$	1275
$H_{95\%}$	800
$H_{5\%}$	1550
H_{max}	1585
H_{min}	572

III.2.4.1.2.Indices :

Le but de ces indices est de caractériser les pentes d'un bassin versant et de permettre des comparaisons et des classifications. Les indices de pente se déterminent à partir de la connaissance de la répartition hypsométrique sur le bassin.

III.2.4.1.2.1. Indice de pente de Roche IP :

I_p est la somme de la racine carrée des pentes mesurées sur la racine de longueur de rectangle équivalent, et pondérée par les surfaces comprises entre deux courbes de niveau H_i et H_{i-1} .

(Touiabia, 2004) . il est donné par la formule suivante :

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum \sqrt{S_i(H_i - H_{i-1})}$$

Avec :

L : longueur de rectangle équivalent (m).

S_i : surface partielle% comprise entre deux courbes de niveau consécutives H_i et H_{i-1} .

Tableau III.11 : Indice de pente de Roche.

Sous BV	I_p (m/km)
Merkséne	78.43
Timissit	93.17

III.2.4.1.2.2. Indice de pente globale I_g :

L'indice global de pente évalue le relief. De la courbe hypsométrique, on prend les points tels que la surface supérieure ou inférieure soit égale à 5% de la superficie du bassin. On déduit les altitudes $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$ entre lesquelles s'inscrit 90% de l'aire du bassin.

$$I_g = \frac{D}{L} = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L}$$

Avec :

D : Dénivelée entre $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$ (m).

L : Longueur du rectangle équivalent (km).

$H_{5\%}$ et $H_{95\%}$ sont respectivement les altitudes correspondantes à $S_{5\%}$ et $S_{95\%}$.

Tableau III.12 : Indice de pente globale.

Sous BV	D(m)	I_g (m/km)
Merkséne	520	7.84
Timissit	750	12.16

- **Classes du relief :**

La valeur d'Ig peut être utilisée comme paramètre de certains abaques.

Tableau III.13 : Classe de relief selon Bonnard et Gardel, 1996.

Classe de relief	Ig (m/km)	Nature
R2	$2 < I_g < 5$	Bassins plaines
R3	$5 < I_g < 10$	Terrains intermédiaires entre la plaine et la zone à ondulation
R4	$10 < I_g < 20$	Ondulation de terrain
R5	$20 < I_g < 50$	Régions de collines
R6	$50 < I_g$	Régions montagneuse

Les résultats de calcul de Ig et de classification de relief du bassin versant sont résumés dans le tableau suivant:

Sous BV	Ig (m/ km)	Classes du relief	Nature
Merkséne	7.84	R3	Terrains intermédiaires entre la plaine et la zone à ondulation
Timissit	12.16	R4	Ondulation de terrain

III.2.4.1.2.3. Indice de pente moyenne I_m :

Donne une bonne indication sur le temps de parcours du ruissellement direct et influence sur le débit de pointe lors d'un avers. (André Musy, 2005). Elle est donnée par la formule suivante :

$$I_m = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{\sqrt{S}}$$

D'où :

H_{\max} : altitude maximale (m).

H_{\min} : altitude minimale (m).

S : superficie totale du bassin versant (km²).

AN :

Tableau III.14 : Indice de pente moyenne I_m .

Sous BV	I_m (m/km)
Merkséne	29.67
Timissit	42.92

III.2.4.1.2.4. Dénivelée spécifique D_s :

Est obtenue par la formule suivante (ORASTOM) :

$$D_s = D \sqrt{\frac{lr}{Lr}}$$

Avec :

D : dénivelée.

Lr : longueur de rectangle équivalent.

Largeur de rectangle équivalent lr.

Tableau III.15 : Dénivelée spécifique D_s .

Sous BV	D_s
Merkséne	270.34
Timissit	400.04

III.2.5. Caractéristiques du réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique qui est sans doute une des caractéristiques les plus importantes du bassin.

III.2.5.1. Densité de drainage :

Elle est définie comme étant le rapport entre longueur totale de tous les talwegs L_i du bassin versant, à la surface totale S. elle reflète la dynamique du bassin, la stabilité du chevelu hydrographique et le type de ruissellement de surface. Elle est exprimée en km/km^2 .

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{S}$$

Avec :

$\sum Li$: somme des longueurs de tous les cours d'eau d'ordre i (km).

S : surface du bassin versant en km^2 .

Le tableau ci-dessous rassemble la densité de drainage des sous bassins :

Tableau III.16 : Densité de drainage.

Sous BV	$\sum_{i=1}^n Li$ (km)	S (km^2)	D_d (km/km^2)
Merkséne	272.65	599	0.455
Timissit	794	557	1.425

III.2.5.2. Ordre de cours d'eau :

L'ordre des cours d'eau est une classification qui reflète la ramification du cours d'eau. Il existe plusieurs types de classifications des tançons des cours d'eau, dont la classification de Strahler (1957) qui est la plus utilisée.

- Tous cours d'eau dépourvue de tributaires est d'ordre 1.
- Le cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eau d'ordre différent prend l'ordre du plus élevé des deux.
- Le cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eau du même ordre est augmenté de 1.
- Un bassin versant à l'ordre du plus élevé de ses cours d'eau, soit l'ordre du cours d'eau principale à l'exutoire.

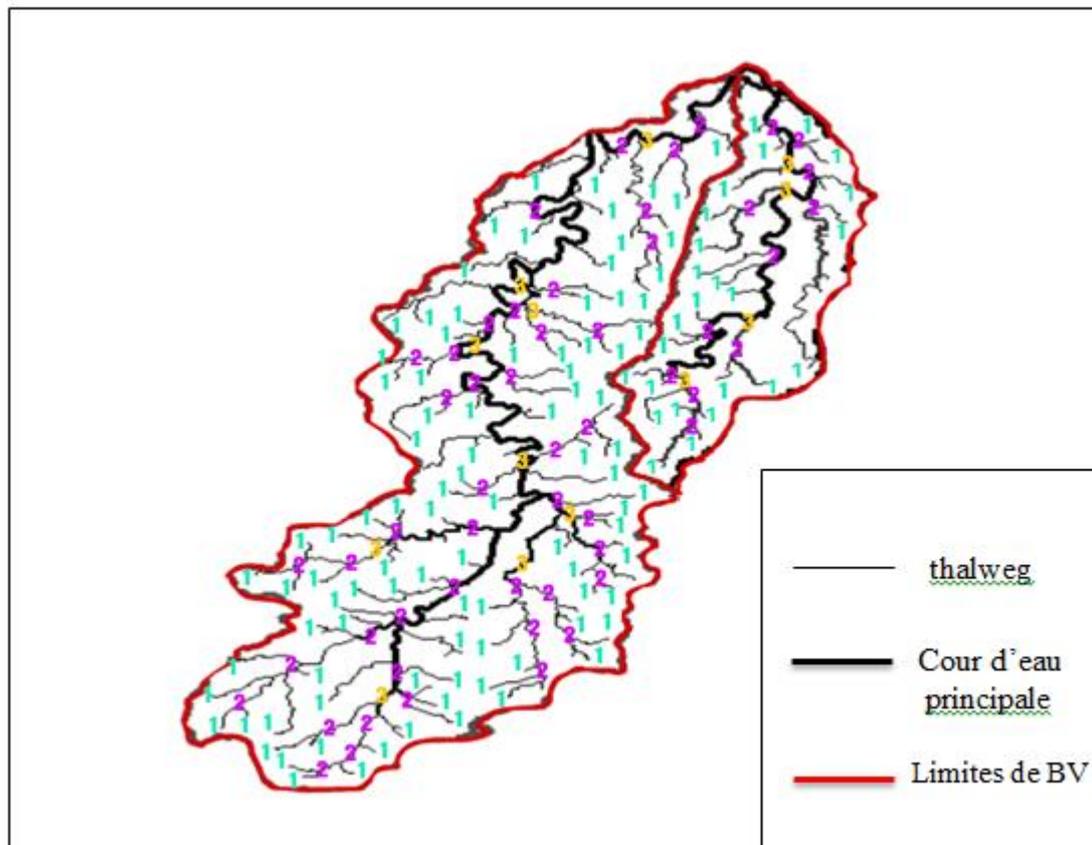


Figure III.6 : le réseau hydrographique avec les limites de sous bassin de la ville de Debdeb.

Selon le système de STRAHLER, on trouve que l'ordre de chaque sous bassin versant :

Tableau III.17: l'ordre du bassin versant.

Sous BV	Merkséne	Timissit
L'ordre	3	4

III.2.5.3. Densité de thalweg élémentaire (thalweg/km²) :

$$F_1 = \frac{N1}{S}$$

Avec :

N1 : Nombre de thalweg d'ordre 1.

S : Superficie du bassin versant.

Tableau III.18: Densité de thalweg élémentaire.

Sous BV	Merkséne	Timissit
Densité de thalweg élémentaire (F_1)	0.041	0.169

III.2.5.4. Coefficient de torrentialité C_t :

C'est le produit de la densité des thalwegs élémentaires et la densité de drainage.

$$C_t = F_1 * D_d$$

Avec :

C_t : coefficient de torrentialité.

F_1 : densité des thalwegs élémentaires.

D_d : la densité de drainage.

Tableau III.19 : Coefficient de torrentialité.

Sous BV	Merkséne	Timissit
Coefficient de torrentialité (C_t)	0.019	0.241

III.2.5.5. Pente moyenne du cours d'eau principale I_c :

C'est le rapport entre la dénivelée et la longueur comprise entre deux points éloignés sur le cours d'eau principal.

$$I_c = \frac{\Delta H}{\Delta L} \text{ (m/km)}$$

Avec :

I_c : pente moyenne du cours d'eau principale.

ΔH : dénivelée entre deux points suffisamment distants (m).

ΔL : distance entre ces deux points (km).

Tableau III.20 : pente moyenne du cours d'eau principale.

Sous BV	Merkséne	Timissit
Pente moyenne I_c	0.0122	0.0085

III.2.5.6 Le temps de concentration T_c :

Le temps de concentration T_c 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.

Le temps de concentration peut être déduit de mesures sur le terrain ou s'estimer à l'aide de formules empiriques. Il existe plusieurs formules, mais les plus utilisées :

- **Formule de SCS (Soil Conservation Service, USA) :**

$$T_c = \left(0.87 * \frac{L^3}{H}\right)^{0.387}$$

Avec :

L : longueur de cours d'eau principal en km.

H : la différence entre altitude max et altitude min en m.

Tableau III.21 : Le temps de concentration (Formule de SCS).

Sous BV	Merkséne	Timissit
Le temps de concentration	9.85 (h)	11.57 (h)

- **Formule de GIANDOTTI :**

$$T_c = \frac{4 * \sqrt{S} + 1.5L}{0.8 * \sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

Avec :

L : longueur de cours d'eau principale en km.

S : surface de versant en km².

Tableau III.22 : Le temps de concentration (Formule de GIANDOTTI).

Sous BV	Merkséne	Timissit
Le temps de concentration	14.01	28.39

- **Formule de TURRAZA :**

$$T_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{S.L}}{\sqrt{I}}$$

Avec :

T_c : temps de concentration (h).

L : longueur du cours d'eau principale en km.

S : surface de bassin versant km².

I : pente moyenne de cours d'eau principal en %.

Tableau III.23 : Le temps de concentration (Formule de TURRAZA).

Sous BV	Merkséne	Timissit
Le temps de concentration	34.29	40.46

On prend la valeur minimale : T_c = 9.85 (h) (Merkséne)

T_c = 11.57 (h) (Timissit)

III.2.5.7. Vitesse de ruissellement :

Elle est donnée par la formule de « SOKOLOVSKY » (Touiabia B, 2004).

$$V_r = \frac{Lp}{T_c} \quad (\text{km/ h})$$

Avec :

L_p : la longueur du thalweg.

T_c : le temps de concentration.

Tableau III.24 : Vitesse de ruissellement.

Sous BV	Merkséne	Timissit
Vitesse de ruissellement	7.31	6.39

III.3. ANALYSE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES :

III.3.1. Pluies maximales journalières :

La pluie maximale journalière est la cause principale des crues exceptionnelles, donc la détermination de l'intensité de pluie, durée et période de retour oblige l'ajustement de la série pluviométrique. Ainsi que les pluies maximales journalières de rares fréquences sont des pluies génératrices des crues d'importants débits, dans lesquels il faut protéger l'ouvrage. Dans notre cas, on a utilisé les cumule mensuel comme des pluies MAX journalier, Car les jours des précipitations dans les zones arides en générale et dans notre zone (Illizi) spécifiquement sont presque 1 jour par mois à la majorité des mois.

Il existe plusieurs lois d'ajustement des séries pluviométrique, et l'ajustement des pluies maximales journalières sera effectuer à l'aide de logiciel « **Hyfran** » avec une comparaison des graphes de régression obtenue par les trois lois d'ajustements :

- ✓ La loi Log- normal (GALTON).
- ✓ La loi de Gumbel.
- ✓ La loi Normal

III.3.2. Les paramètres statistiques de l'échantillon :

Les résultats des paramètres statistiques dans le tableau suivant :

Tableau III.25 : Les paramètres statistiques.

Nombre d'observations	13
Minimum	0.9
Maximum	21.8
Moyenne	8.55
Ecart-type	6.17
Médiane	7.9
Coefficient de variation Cv	0.72
Coefficient d'asymétrie Cs	0.77
Coefficient d'aplatissement	2.34

III.3.3. Ajustement des pluies maximales journalières :**A - Loi Log-normal :**

La loi Log-Normale s'appelle également la loi de Galton ou loi de Gibrat-Gauss. La fonction de répartition de la loi de Galton s'exprime sous la formule suivante :

$$F(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_u^{+\infty} e^{-\frac{1}{2}u^2} du$$

Ou
$$U = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma}$$

Avec :

δ : Ecart-type.

U : Variable réduite de GAUSS.

L'équation de la droite de GALTON est la suivante :

$$\text{Log}(x_{p\%}) = \overline{\text{Log}(x)} + \text{Log}(u_{p\%}).$$

Les résultats de l'ajustement dans le tableau suivant :

Tableau III.26 : Résultats d’ajustement à la loi de Galton.

Période de retour	Probabilité	Valeurs Théoriques	Ecart type	Intervalle de confiance
T(ans)	q	Xt (mm)	δ	95%
1000	0.999	118.18	77.901	N/D
100	0.99	56.925	29.947	N/D
50	0.98	43.86	21.091	N/D
40	0.975	40.095	18.637	N/D
20	0.95	29.66	12.357	N/D
10	0.9	20.95	7.6404	5.9720 – 35.928
5	0.8	13.75	4.2904	5.3388 – 22.161
2	0.5	6.1483	1.631	2.9508 – 9.3458

Le tracé de la droite de GALTON est représenté sur papier normal comme montre la figure suivante :

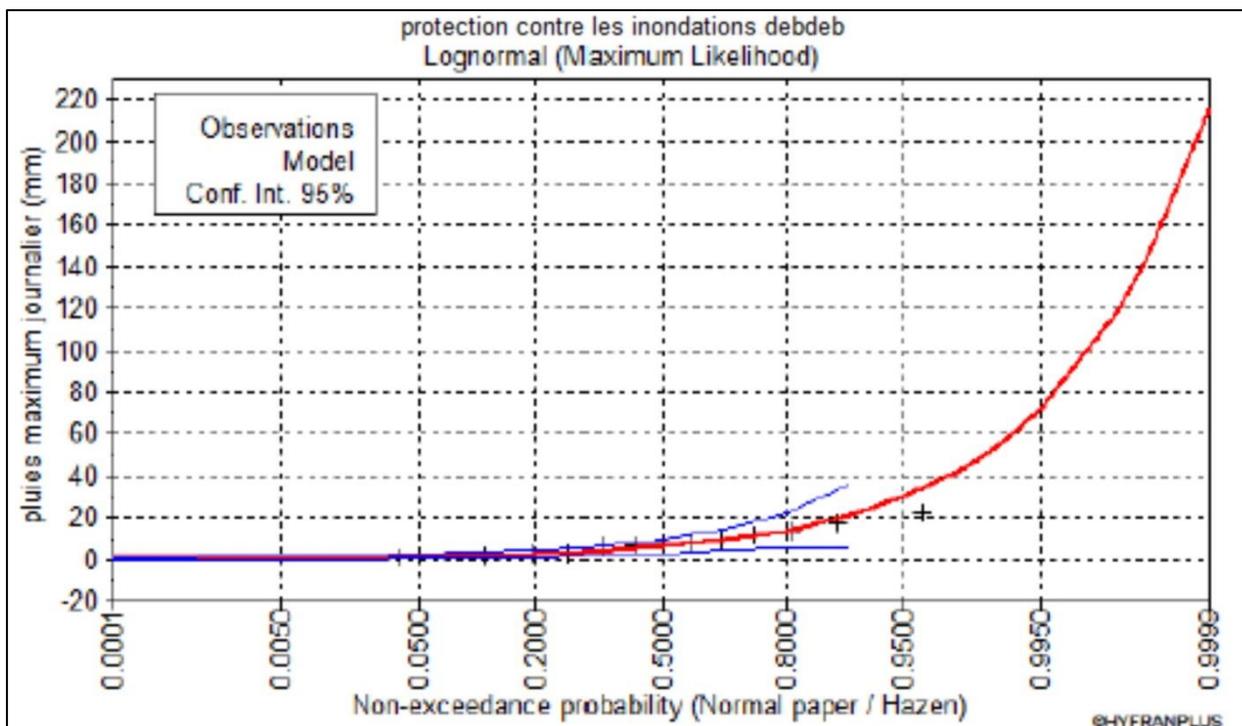


Figure III.7 : représentation graphique de l’ajustement à la loi de Galton.

B - Loi de Gumbel :

La loi de Gumbel est la loi à double exponentielle sa fonction de répartition s'écrit selon la formule suivante :

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

Tel que : $y = \alpha (x - x_0)$

L'équation de la droite de Gumbel est : $P_{\max j} = \frac{1}{\alpha} Y + X_0$

Avec :

Y : la variable réduite de Gumbel

$$Y = -[\ln(-\ln(F(x)))]$$

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

Avec :

m : Ordre de classement,

N : taille de l'échantillon.

$\frac{1}{\alpha}$, X_0 : sont déterminées par la méthode des moindres carrées.

Les résultats de l'ajustement dans le tableau suivant :

Tableau III.27 : Résultats d'ajustement à la loi de Gumbel

Période de retour	Probabilité	Valeurs Théoriques	Ecart type	Intervalle de confiance
T(ans)	q	Xt (mm)	δ	95%
1000	0.999	40.1	8.4524	23.524 - 56.664
100	0.99	28.59	5.8529	17.116 - 40.063
50	0.98	25.1	5.0767	15.155 - 35.060
40	0.975	23.98	4.8276	14.518 - 33.446
20	0.95	20.46	4.0568	12.508 - 28.414
10	0.9	16.87	3.2911	10.420 - 23.324
5	0.8	13.13	2.5343	8.1614 - 18.098
3	0.6667	10.15	1.9943	6.2419 - 14.061
2	0.5	7.47	1.6074	4.3264 - 10.629

Le tracé de la droite de **Gumbel** est représenté sur papier log-normal comme le montre la figure suivante :

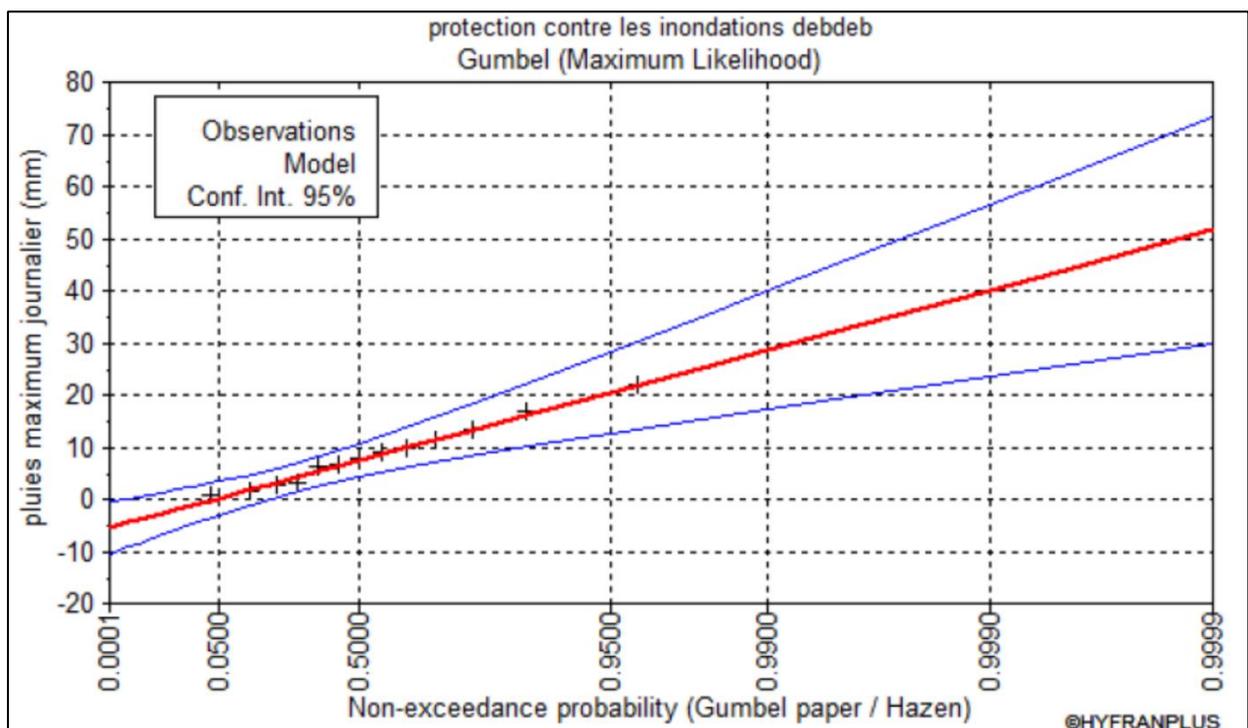


Figure III.8 : représentation graphique de l'ajustement à la loi de Gumbel

C – Loi Normal :

C'est la loi la mieux connue et la plus étudiée des lois de probabilités usuelles. Elle s'écrit selon la formule suivante :

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} du$$

Avec :

u : variable central réduit $= \frac{x-\sigma}{\sigma}$

σ : l'écart type de la population.

Les résultats de l'ajustement dans le tableau suivant :

Tableau III.28 : Résultats d'ajustement à la loi Normal

Période de retour	Probabilité	Valeurs Théoriques	Ecart type	Intervalle de confiance
T(ans)	q	(mm)	δ	95%
1000	0.999	27.639	4.2557	19.296 - 35.982
100	0.99	22.923	3.3965	16.264 - 29.581
50	0.98	21.239	3.1046	15.153 - 27.326
40	0.975	20.66	3.0067	14.766 - 26.554
20	0.95	18.714	2.6897	13.441 - 23.987
10	0.9	16.469	2.3546	11.853 - 21.085
5	0.8	13.75	2.0146	9.8008 - 17.700
3	0.6667	11.211	1.7966	7.6891 - 14.733
2	0.5	8.5538	1.7128	5.1962 - 11.912

Le tracé de la droite de **Normal** est représenté sur papier log-normal comme le montre la figure suivante :

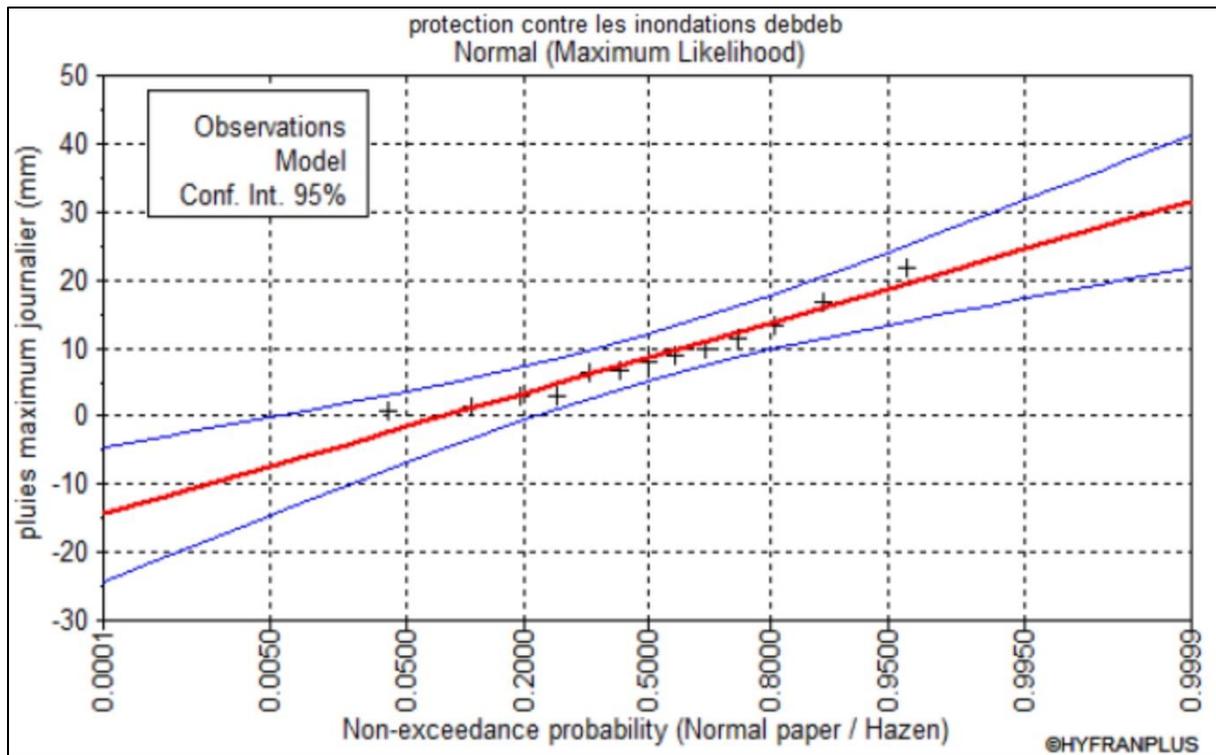


Figure III.9 : représentation graphique de l’ajustement à la loi Normal.

III.3.4. Test de validité de l’ajustement :

A- Loi log normal :

Notons que (Hypothèses) :

H0 : Echantillon provient d'une loi Log Normal.

H1 : Echantillon ne provient pas d'une loi Log Normal.

Tableau III.29 : Résultats de test d’adéquation.

Valeur P	Marge libre
0.2504	2

B- Loi de Gumbel :

(Hypothèses)

H0 : Echantillon provient d'une loi Gumbel.

H1 : Echantillon ne provient pas d'une loi Gumbel.

Tableau III.30 : Résultats de test d'adéquation.

Résultats statistiques X^2	La valeur P	Marge libre	Nombre de classes
4.31	0.1160	2	5

C- Loi Normal :

(Hypothèses)

 H_0 : Echantillon provient d'une loi Normal. H_1 : Echantillon ne provient pas d'une loi Normal.**Tableau III.31** : Résultats de test d'adéquation.

Valeur P	Marge libre
0.5404	2

Conclusion : Selon les tableaux précédents nous pouvons accepter H_0 au niveau de signification de 5% pour les trois lois Gumbel, Galton et Normal, on constate que les droites d'ajustement sont bien ajustées par rapport aux nuages de points expérimentaux. et pour but de choisir le meilleur choix on va faire une comparaison entre les trois lois.

III.3.5. Comparaison visuelle des ajustements (Analyse des graphes) :

C'est la comparaison entre les trois courbes des lois Gumbel, Galton et Normal dans un même graphe tracé à l'aide d'Hyfran.

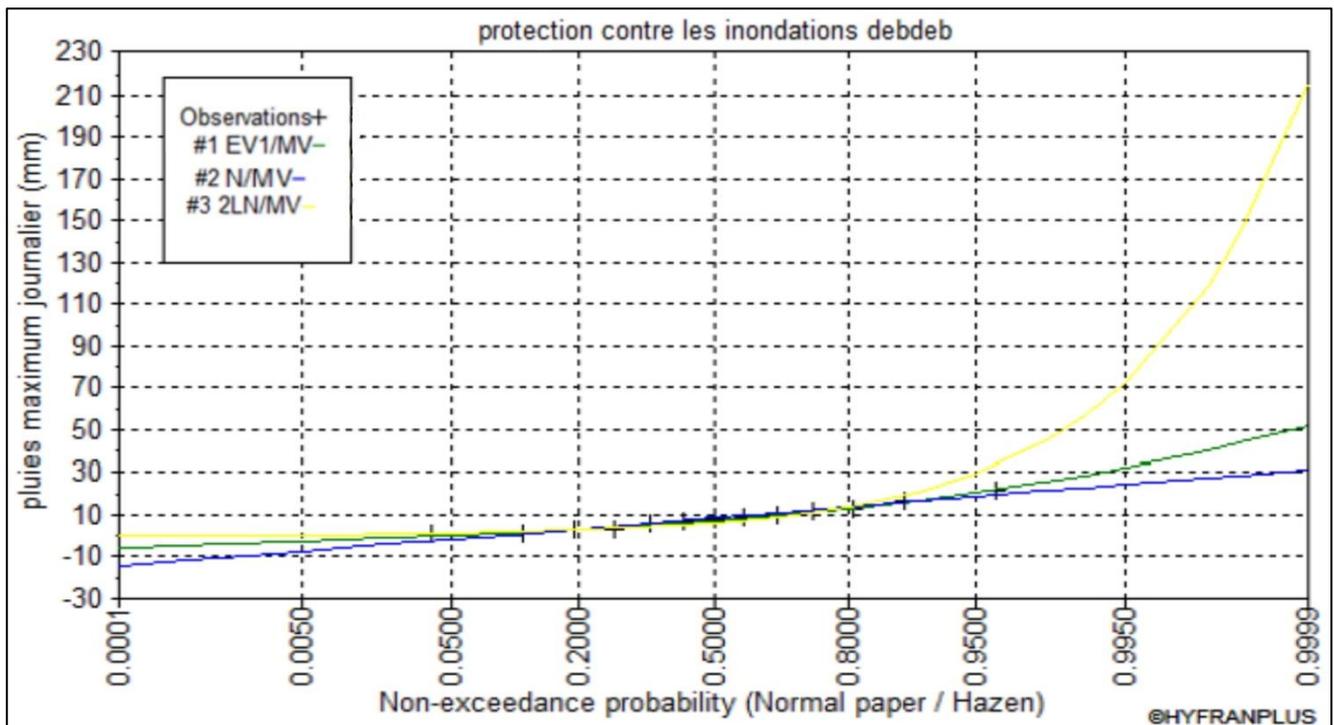


Figure III.10: graphe de comparaison entre les trois lois d'ajustement.

Observations et conclusion :

D'après la figure ci-dessus et si on compare les trois courbes, on remarque que tous les points de série sont bien ajustés sur la droite de Gumbel, certes on peut voir une mauvaise correspondance dans la première point et la droite de loi normal, la même chose pour la droite de log normale et la droite de loi normal et le dernier point de série.

Alors on prend les valeurs d'ajustement de loi de Gumbel pour continuer l'évaluation des débite de crue.

III.3.6. Estimation des intensités maximales :

III.3.6.1. Pluies de courte durée :

Les pluies de courte durée apportent des grandes quantités d'eau dans une courte durée (d'une heure à une journée), elles peuvent égaler à celle qui reçues habituellement en un ou plusieurs mois. Cette courte de pluie est la cause principale des phénomènes des inondations et qui provoquent des dégâts sur la zone inondable.

Donc on passe des pluies maximales journalières aux pluies de courtes durées par la formule de MONTARI (Touiabia 2004) :

$$P_{tc} = P_{\max j} * \left(\frac{t}{24}\right)^b$$

D'où :

$P_{\max j}$: la pluie maximale journalière de fréquence donnée (mm)

P_{tc} : la pluie de courte durée de fréquence égale à celle de $P_{\max j}$ (mm)

t : la durée de l'averse (h)

b : l'exposant climatique ($b=0.24$) (ANRH, Alger)

III.3.6.2. L'intensité maximale journalière :

La pluie de courte durée P_{tc} permet de calculer les intensités maximales d'une durée t (h) et une période de retour T (ans) par la relation suivante :

$$I_t = \frac{P_{tc}}{t}$$

Avec :

I_t : l'intensité de la durée t (h), exprimée en (mm/h)

Le tableau suivant récapitule les résultats de calcul :

Tableau III.32 : Les précipitations et les intensités maximales pour différentes durées.

Période de retour	100ans		40ans		10ans		5ans		2ans	
	Ptc (mm)	It (mm/h)								
1	18.91	18.91	15.86	15.86	11.16	11.16	8.69	8.69	4.94	4.94
2	20.70	10.35	17.36	8.68	12.21	6.11	9.51	4.75	5.41	2.70
3	21.82	7.27	18.30	6.10	12.87	4.29	10.02	3.34	5.70	1.90
4	22.65	5.66	19.00	4.75	13.36	3.34	10.40	2.60	5.92	1.48

5	23.32	4.66	19.56	3.91	13.76	2.75	10.71	2.14	6.09	1.22
6	23.88	3.98	20.03	3.34	14.09	2.35	10.96	1.83	6.24	1.04
7	24.36	3.48	20.43	2.92	14.37	2.05	11.19	1.60	6.36	0.91
8	24.78	3.10	20.79	2.60	14.62	1.83	11.38	1.42	6.48	0.81
9	25.17	2.80	21.11	2.35	14.85	1.65	11.56	1.28	6.58	0.73
10	25.51	2.55	21.40	2.14	15.06	1.51	11.72	1.17	6.67	0.67
11	25.83	2.35	21.67	1.97	15.24	1.39	11.86	1.08	6.75	0.61
12	26.13	2.18	21.91	1.83	15.42	1.28	12.00	1.00	6.83	0.57
13	26.40	2.03	22.14	1.70	15.58	1.20	12.12	0.93	6.90	0.53
14	26.66	1.90	22.36	1.60	15.73	1.12	12.24	0.87	6.96	0.50
15	26.90	1.79	22.56	1.50	15.87	1.06	12.35	0.82	7.03	0.47
16	27.12	1.70	22.75	1.42	16.00	1.00	12.46	0.78	7.09	0.44
17	27.34	1.61	22.93	1.35	16.13	0.95	12.55	0.74	7.14	0.42
18	27.54	1.53	23.10	1.28	16.25	0.90	12.65	0.70	7.20	0.40
19	27.73	1.46	23.26	1.22	16.37	0.86	12.74	0.67	7.25	0.38
20	27.92	1.40	23.42	1.17	16.47	0.82	12.82	0.64	7.30	0.36
21	28.10	1.34	23.57	1.12	16.58	0.79	12.90	0.61	7.34	0.35
22	28.27	1.28	23.71	1.08	16.68	0.76	12.98	0.59	7.39	0.34
23	28.43	1.24	23.85	1.04	16.78	0.73	13.06	0.57	7.43	0.32
24	28.59	1.19	23.98	1.00	16.87	0.70	13.13	0.55	7.47	0.31

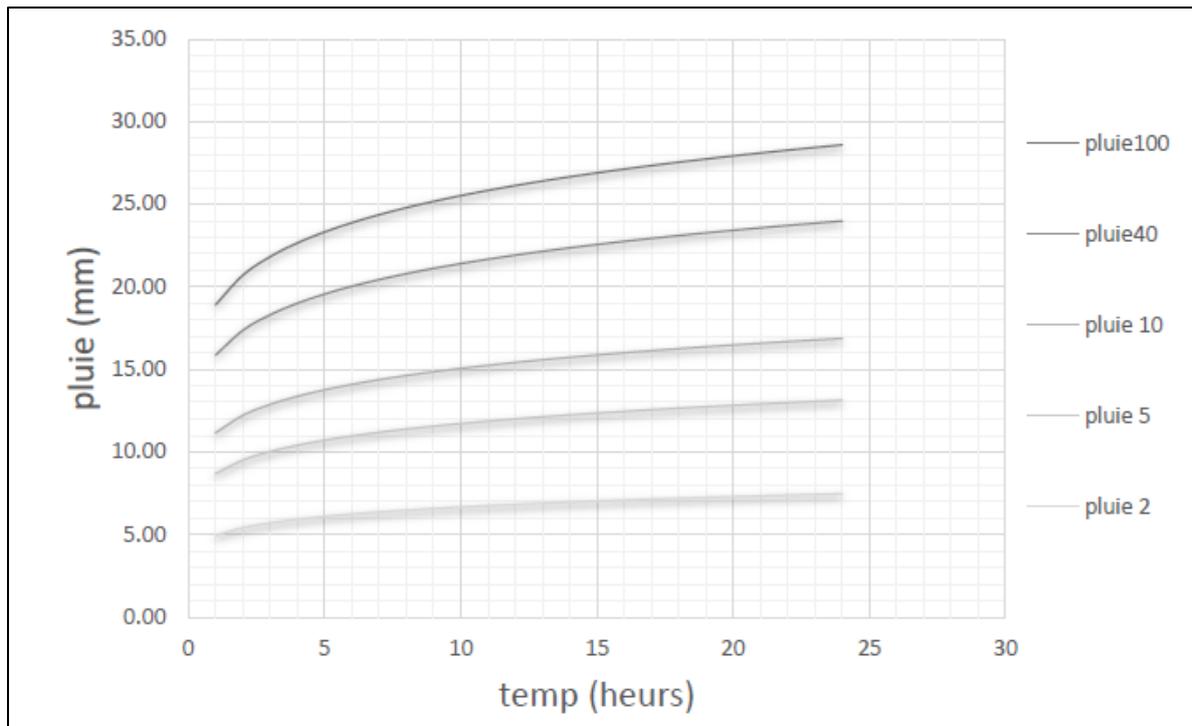


Figure III.11 : courbes des pluies-durée-fréquences.

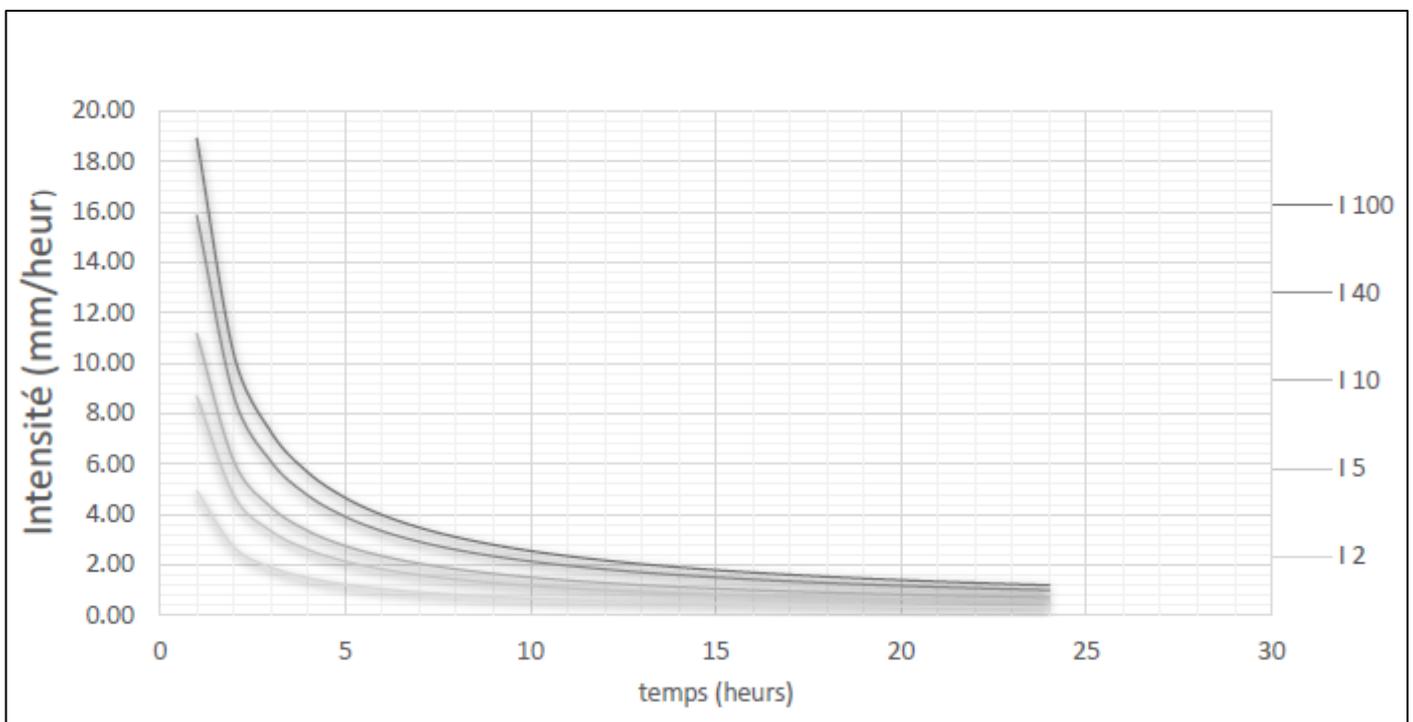


Figure III.12 : courbes des intensités-durée-fréquences

III.4.ETUDE DES APPORTS :**III.4.1.Apports liquides :****III.4.1.1.Apport moyens annuels :**

En raison de l'absence des stations hydrométriques sur l'oued, l'estimation de rapport moyen annuel est déterminée à l'aide de formules empiriques :

- Formule de l'ANRH (1997)
- Formule de SAMIE (1956)
- Formule de Mallet – Gauthier (1999)

- **Formule de l'ANRH :**

$$A = 0.915 P^{2.684} S^{0.842} * 10^6$$

Avec :

A : apport liquide en (hm³)

P_{moy} : pluie moyenne annuelle en (m) = **0.0024m**

S : surface du bassin versant (km²)

- **Formule de SAMIE :**

$$A = Le.S$$

$$Le = P_{moy}^2 (293 - 2.2\sqrt{S})$$

Avec :

A: Apports liquide en (hm³)

Le: Lamme d'eau écoulée en (mm).

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

S : Surface du bassin versant (Km²).

- **Formule de Mallet – Gauthier :**

$$A = 0.6P(1 - 10^{-0.36P^2}). S$$

Avec :

A: Apports liquide en (hm³).

P = P_{moy} : Pluie moyenne annuelle en (m).

S : surface du bassin versant (km²).

Les résultats de calcul sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau III.33 : Apport liquide des différentes formules.

Formule	Sous bassin	
	Merkséne (Hm ³)	Timssit (Hm ³)
ANRH	0.055	0.052
SAMIE	1.005	0.935
Mallet – Gauthier	0.0041	0.0038

- **Commentaire :**

On prend la valeur calculée par la formule de l'ANRH parce qu'elle est proche à la valeur moyenne des 3 formules empiriques.

Alors, pour les lames d'eau et les apports liquides du sous bassins sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.34 : Les apports liquides et les lames d'eau du sous bassins versants.

Sous bassins	Merkséne	Timissit
Lame d'eau (mm)	0.092	0.093
A. liquide (Hm ³)	0.055	0.052

III.4.2. Apports solide en suspension :**a) Formule de SOGREAH (1969) :**

Ce modèle relie les apports solides en fonction du ruissellement annuel (R en mm) et la perméabilité du bassin α . Le modèle est le suivant :

$$A_s = \alpha R^{0.15}$$

Ou :

A_s : apports solides (t/km²/an).

R : lame d'eau ruisselée en (mm).

Coefficient empirique qui varie en fonction de la perméabilité du terrain α .

Tableau III.35 : Différentes valeurs de « α »

Variation de perméabilité	α
Elevée	8.5
Moyenne	75
Faible à moyenne	350
Faible	1400
Imperméable	3200

AN : $\alpha = 350$.

Les apports solides obtenues par chaque sous bassins sont les suivantes dans le tableau suivant :

Tableau III.36 : Les apports solides de chaque sous bassins

Sous bassins	Merkséne	Timissit
$A_s(t/km^2/an)$	244.70	245.10

III.5.ETUDE DE CRUES :**III.5.1.Différentes méthodes d'évaluation des crues:**

Les techniques utilisées pour la détermination des crues dépendent pour une grande part des données disponibles. Presque chaque problème qui se produit est unique, du aux variations des conditions et des données, qui fait que c'est la disponibilité des données plutôt que la nature des problèmes qui conditionnent la procédure. Il n'existe pas encore une unicité de calcul des crues, les méthodes de calcul différent aussi selon le chargé d'études.

Nous rappelons ci-dessous, les différentes méthodes de calcul des crues que chacune d'elles a ses avantages et ses inconvénients.

a) Méthode historique :

Etudes des archives, enquêtes auprès des populations et recherches d'anciennes traces des crues (les niveaux atteints par les crues du passé).

b) Méthode empirique :

Relations établies entre le débit et la surface du bassin versant, la pluie et la période de retour comme les formules de Greager, Fuller, Snyder, Possenti, etc. ...

c) Méthode des courbes enveloppes :

Les pointes de crues maximales observées dans une région de caractéristiques hydrologiques homogènes sont reportées en fonctions de la surface du bassin versant, permettant de tracer une courbe enveloppée (Franco-Rodier, Chaumont...).

d) Méthode probabilistes :

Analyse des débits afin de déterminer la loi de probabilité à laquelle ils répondent (Gumbel, Galton, Pearson III, Log Pearson III.).Méthode du Gradex basée sur l'hypothèse que durant des pluies fortes, alors que le sol du bassin approche de la saturation, chaque augmentation de la pluie tend à produire une augmentation du débit. En conséquence, sur un graphique de Gumbel, les droites de répartitions des fréquences des pluies et des débits sont parallèles.

e) Méthode déterministe :

Modélisent fondamentalement le processus pluie - écoulement du bassin et elle a pour objectif de déterminer non seulement le débit de pointe mais également l'hydrogramme correspondant à la crue que celui aussi permet d'estimer le volume de cette crue.

f) Méthode de l'hydrogramme unitaire :

Basée sur un travail de dépouillement averse – crues (version de Sherman).

➤ **Dans notre étude on va utiliser les méthodes empiriques.**

III.5.1.1. Les formules empiriques d'estimation du débit de pointe :

Partant des données morphologiques et pluviométriques existantes, une évaluation des débits de pointes des crues sera faite à partir des formules empiriques :

BOUTOUTAOU, MALLET-GAUTHIER...

a) Formule de Mallet – Gauthier :

Dans leur étude sur les problèmes de l'eau en Algérie, ils ont établi une formule exprimant le débit maximum en crue en fonction des précipitations, de la surface du bassin versant et d'un coefficient K caractéristiques géographique et climatique du bassin versant.

$$Q_{\max,p\%} = 2K \log(1 + 20H) \frac{S}{\sqrt{L}} \sqrt{1 + 4 \log T - \log S}$$

Avec :

K : constante comprise entre 1-3 on prend (K=2)

H : Précipitation moyenne interannuelle en m

S : Surface du bassin versant en Km²

L : Longueur du talweg principale en Km

T : Période de retour

Les résultats sont cités dans le tableau suivant :

Tableau III.37 : les débits de point « Q_p » pour différentes périodes de retour.

Période de retour	Débit de point Q_p (m ³ /s)		
	Merkséne	Timissit	Total
2	-	-	-
5	32.54	48.68	81.22
10	50	101.51	151.51
40	73.16	161.79	234.95
100	85.11	191.48	276.59

b) Formule de BOUTOUTAOU. D :

Dans leur étude sur les problèmes de l'eau en Algérie, il est établi une formule exprimant le débit maximum en crue en fonction des précipitations, de la surface du bassin versant et des caractéristiques géographique et climatique du bassin versant.

$$Q_{pt} = \frac{16.7(A+B \cdot \log(T)) \cdot a_t \cdot \lambda \cdot S}{(T_c + 1)^n}$$

Avec :

Q_{pt} : le débit de point correspond à une période de retour « t »

A, B : paramètres géographique caractérisant l'intensité maximale pluviales annuelles A et sa variation interannuelles B.

T : période de retour.

a_t : coefficient de ruissellement

T_c : temps de concentration (min)

n : coefficient de réduction de la pluie en fonction de croissance de sa durée

λ : coefficient de réduction de débit empiriquement

S : surface de sous bassin versant (Km)

- Détermination des valeurs de : A, B et n :

Tableau III.38 : Extrait de tableau des valeurs des coefficients A, B et n.

BV	Coefficient	Pluies moyennes annuelles P mm		
		$\bar{P} \leq 150$	$150 < \bar{P} < 400$	$\bar{P} \geq 400$
Zones arides				
01	A	-	3	3.50
	B	-	5.36	2.70
	N	-	0.77	0.67
02	A	1	3.50	-
	B	12.38	6.62	-
	N	0.73	0.75	-

- Calcul de « at » :

$$at = 1 - e^{\left(-\frac{P_{maxjt}}{P_0}\right)}$$

Avec :

P_{maxjt} : pluie maximal journalier en mm de période de retour T

P_0 : pertes maximales possibles en mm (infiltration, rétention dans les dépressions et évaporation).

Tableau III.39 : Valeurs de paramètre P_0 (BOUTOUTAOU.D).

BV	01	02	03	04	05
P_0	90	60	100	115	120

- Calcul de coefficient de réduction e débit (λ) :

Le coefficient (λ) déterminer par la relation empirique suivante :

$$\text{Si } S > 600 \text{ km} \quad \lambda = \frac{9.4}{(S+1)^{0.39}}$$

$$\text{Si } S \leq 600 \text{ km} \quad \lambda = 1$$

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.40 : les résultats de détermination de défient paramètre.

Paramètre Sous BV	A	B	at	λ	P_0	t_c	n
1-2	1	12.38	0.29	0.69	60	937.37	0.73
2-3	1	12.38	0.29	0.43	60	1470.22	0.73

Les Q_p pour défient périodes de retour sont présenter dans le tableau suivant :

Tableau III.41 : les débits de point « Q_p » pour défient périodes de retour.

Période de retour	Débit de point $Q_p(m^3/s)$		
	Merkséne	Timissit	Total
2	28	42	70
5	107	162	269
10	190	290	480
40	410	623	1033
100	590	900	1490

Tableau III.42 : comparaison entre les résultats des deux formules.

Période de retour	Débit de point $Q_p(m^3/s)$	
	Mallet – Gauthier	BOUTOUTAOU. D
2	-	70
5	81.22	269
10	151.51	480
40	234.95	1033
100	276.59	1490

Observation :

On peut voir que les valeurs de la formule Maillet-Gauthier ne sont pas proche aux valeurs, de la formule BOUTOUTAOU.D, alors on éliminer leurs résultats.

On peut choisir les résultats de formule de BOUTOUTAOU.D à cause la précision de ses coefficients selon les déférentes zones et climats de notre pays.

Aussi pour des raisons curatives ces mieux d'éviter la sous-estimation pour une bonne protection.

Donc, Les valeurs plus acceptables sont les valeurs de la formule de BOUTOUTAOU.D.

III.5.2. Hydrogrammes des crues :

L'hydrogramme de crue est une identité de la crue. Il nous donne les caractéristiques principales de la crues tel que:

- La forme de la crue.
- Le volume de la crue.
- La durée de la crue.
- Le débit maximum de la crue (débit de pointe).

Pour le tracer l'hydrogramme de crue pour diverses fréquences, on doit suivre la méthode de BOUTOUTAOU.D qui assimile l'hydrogramme à l'équation suivante :

$$Q(t) = 0 \quad \text{pour } t = 0$$

$$Q(t) = Q_p \left(\frac{t}{t_p}\right)^{-0.1} * e^{\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln\left(\frac{t}{t_p}\right)}{k}\right)^2\right)} \quad \text{pour } t > 0$$

Avec :

Q_p : le débit de point (m^3/s)

t_p : temps de monté (min)

K : paramètre de forme de l'hydrogramme de crue

($K = 0.0102(S + 1)^{0.4} + 0.20$)

Les débits de crues des différentes périodes de retour de chaque bassin versant sont donnés aux tableaux suivants et les Hydrogrammes correspondants.

Tableau III.43 : Hydrogrammes des crues de différents périodes de retour Merkséne.

T(min)	Hydrogrammes des crues de différents périodes de retour de Merkséne				
	Qt (m ³ /s)				
	2 ans	5ans	10ans	40 ans	100 ans
0	0	0	0	0	0
636	19.63	76.72	136.94	294.33	423.02
1272	21.10	82.45	147.18	316.33	454.64
1908	7.33	28.63	51.11	109.85	157.87
2544	2.11	8.26	14.75	31.70	45.56
3180	0.61	2.38	4.24	9.12	13.11
3816	0.18	0.72	1.28	2.75	3.95
4452	0.06	0.23	0.41	0.88	1.26
5088	0.02	0.08	0.14	0.30	0.43
5724	0.01	0.03	0.05	0.11	0.15

Tableau III.44 : Hydrogrammes des crues de différents périodes de retour de Timissit.

T(min)	Hydrogrammes des crues de différents périodes de retour de Timissit				
	Qt (m ³ /s)				
	2 ans	5ans	10ans	40 ans	100 ans
0	0	0	0	0	0
636	8.07	31.11	55.69	119.73	172.07
1272	40.46	156.07	279.38	600.60	863.19
1908	34.60	133.46	238.91	513.60	738.14
2544	18.92	73	130.67	280.91	403.73
3180	8.94	34.50	61.76	132.76	190.81
3816	4.04	15.58	27.89	59.96	86.17
4452	1.81	7.00	12.53	26.94	38.71

5088	0.83	3.18	5.70	12.25	17.61
5724	0.38	1.48	2.64	5.68	8.17
6360	0.18	0.70	1.25	2.70	3.88
6996	0.09	0.34	0.61	1.31	1.88
7632	0.04	0.17	0.30	0.65	0.94
8268	0.02	0.09	0.15	0.33	0.48
8904	0.01	0.04	0.08	0.17	0.25

Tableau III.45 : Hydrogrammes des crues de différents périodes de (SB Merkséne, Timissit)

T(min)	Hydrogrammes des crues de différents périodes de retour SB Merkséne, Timissit (Qt) (m³/s)				
	2 ans	5ans	10ans	40 ans	100 ans
0	0	0	0	0	0
636	27.70	107.83	192.63	414.06	595.09
1272	61.56	238.52	426.56	916.93	1317.87
1908	41.93	162.09	290.02	623.45	896.01
2544	21.03	81.26	145.42	312.61	449.29
3180	9.55	36.88	66	141.88	203.92
3816	4.22	16.30	29.17	62.71	90.12
4452	1.87	7.23	12.94	27.82	39.97
5088	0.85	3.26	5.84	12.55	18.04
5724	0.39	1.51	2.69	5.79	8.32
6360	0.18	0.71	1.27	2.74	3.94
6996	0.09	0.34	0.62	1.33	1.90

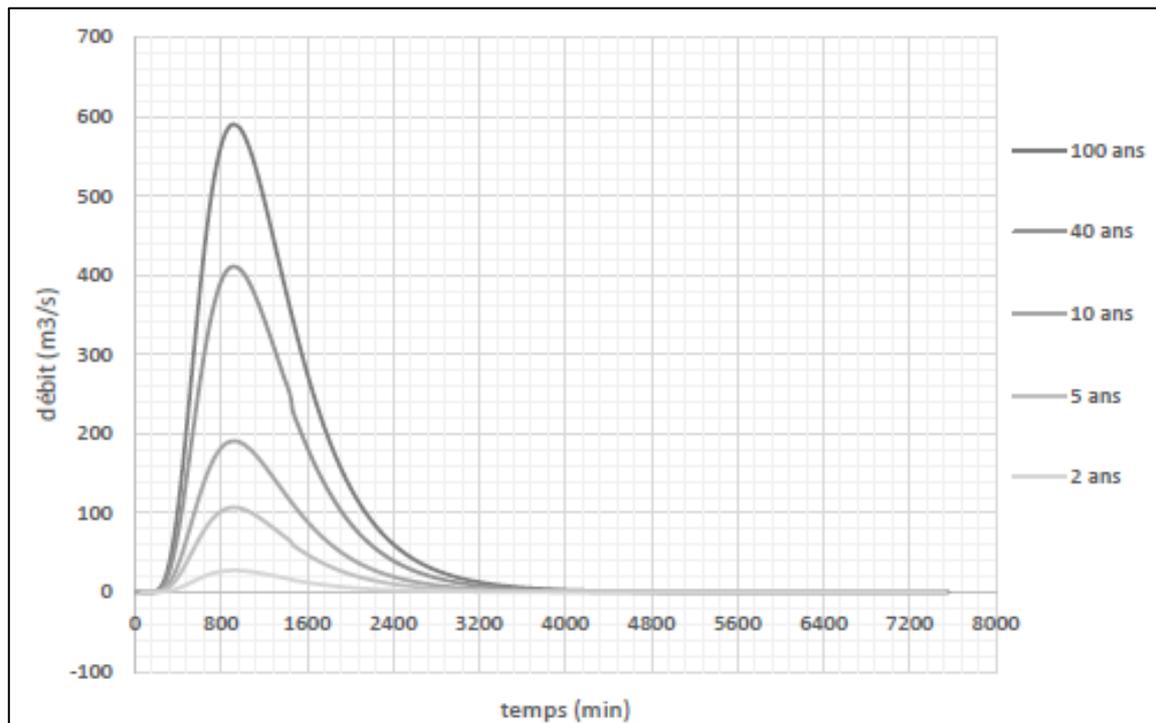


Figure III.13: Hydrogrammes des crues de différents périodes de retour SB Merkséne.

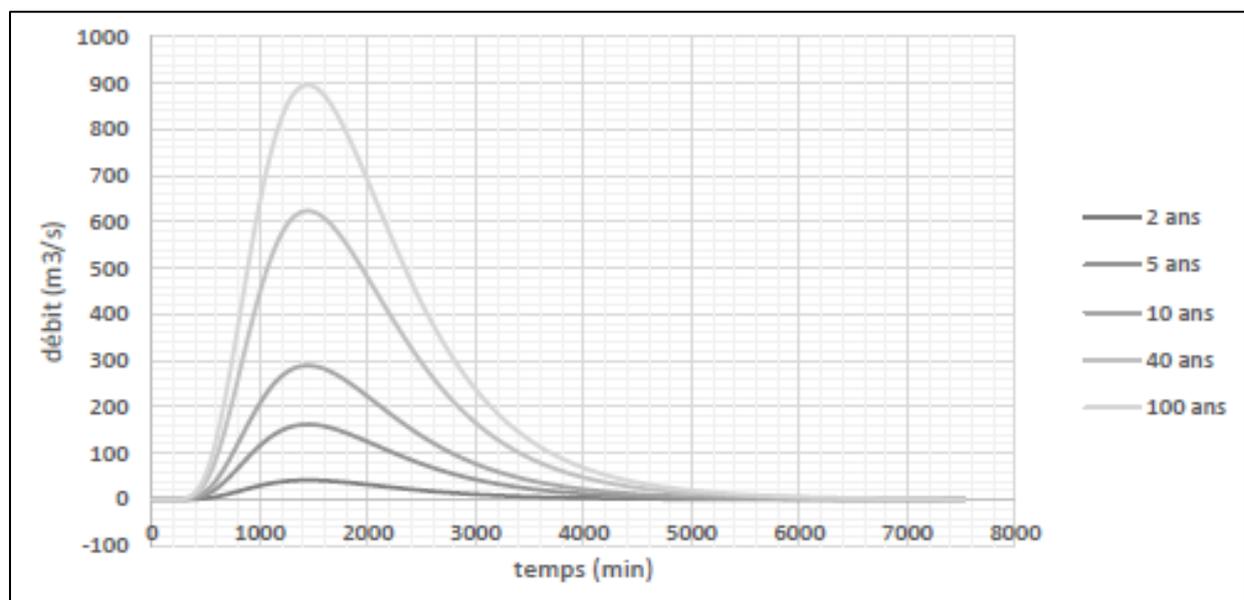


Figure III.14: Hydrogrammes des crues de différents périodes de retour SB Timissit.

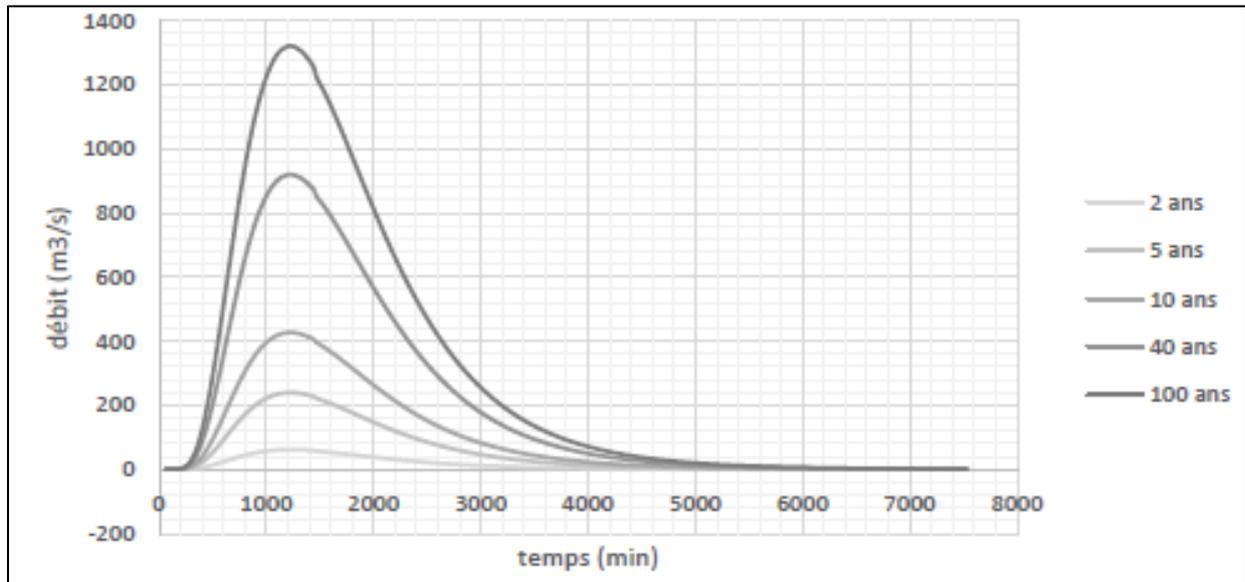


Figure III.15: Hydrogrammes de cumule des crues de différents périodes de retour

- **Observation :**

Les hydrogrammes des crues établis permettent de voir l'évolution des crues dans le temps. Finalement, une évaluation plus ou moins variée a permis de fixer les valeurs des crues qui traversent la ville de DEBDEB ont permis de dimensionner les ouvrages proposés pour protéger contre les inondations de cette ville.

III.6. CONCLUSION :

Dans ce chapitre on a déterminé les caractéristiques morphométriques des bassins versants et les pluies fréquentielles dont le modèle fréquentiel le plus ajusté est la loi de Gumbel, Ensuite, on a exprimé la relation pluie-durée-période de retour à l'aide de la construction des courbes IDF. Enfin, on a déterminé le débit de crue qui correspondant à une période de retour de 100 ans, ce débit permet de dimensionner les ouvrages de projet.

∞Chapitre IV∞

*Etude géologique et
géotechnique*

ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

IV.1. INTRODUCTION :

Cette étude est basée sur la collecte des données existantes sur les cartes géologiques, topographiques, les études réalisées au niveau de la région et les résultats des travaux de reconnaissances et la réalisation de deux forages pour connaître la description lithostratigraphique au niveau de site.

Cette étude permet de :

- ❖ Déterminer les terrains de fondations de fondations des ouvrages projetés et leurs caractéristiques géotechniques.
- ❖ Déterminer la géomorphologie du bassin de l'aire d'étude.

IV.2. LES CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUE DU SITE DE L'ETUDE :

Le plateau du Tinghert constitue le rebord sud du bassin sédimentaire du grand erg oriental. L'ensemble des formations sont d'âge crétacées et jurassiques réapparaissent successivement, déterminant ainsi une série de plateaux séparés par des lignes de falaises orientées Est – Ouest et plongent tous vers le Nord (D'après une carte géologique au 1/500.000ème).

Les altitudes les plus élevées se trouvent le long du rebord sud du plateau du Tinghert (entre 700 et 750 mètres). Ces altitudes commencent à baisser régulièrement en se déplaçant vers le nord jusqu'à atteindre 600 m à Meriksène et 450 m à Rhourd Nouss. Vers le sud, la pente des plateaux reste orientée vers le nord avec un léger pendage de l'Est vers l'Ouest. La pente générale du relief diminue d'une manière considérable du Sud vers le Nord, de 700 mètres au sud de la localité de Debdeb elle passe à 250 mètres au nord de cette dernière. Un paysage accidenté et dunaire caractérise le Nord de la zone avec une présence de couvert végétal de type saharien. Le Sud est relativement plat, caillouteux et dépourvu de végétation.

- Les formations rencontrées sont les suivantes : (D'après la coupe géologique schématique)
- ❖ **Sénonien Lagunaire** : affleure sur une très large partie du Tinghert oriental, il y est recouvert d'une mince couche de Maestrichtien mal différencié (Sénonien Carbonaté), le Sénonien Lagunaire est formé d'argiles, de calcaires, dolomies et de gypses; la série inférieure qui n'affleure que très localement est formée d'argiles gypseuses.
- ❖ **Turonien**: affleure sur une largeur de 10 à 40 Km, est formé de dolomies et de calcaires massifs dans la zone orientale, et d'une dalle dolomitique reposant sur des marnes vertes à l'Ouest d'Ohanet. L'ensemble du Turonien se termine par une série de calcaires turonien et cénonanien mal différenciés. Dans cette zone, ces formations ne sont pas aquifères.
- ❖ **Série d'In Akhamil** : correspond à l'Albien, elle est formée d'argiles rouges, gypseuses dans la partie supérieure, la série d'In Akhamil est localement grés-argileuses et faiblement aquifère.
- ❖ **Série du Taouratine** : est formée de grès carbonatés, avec de nombreuses intercalations d'argiles, le Taouratine est aquifère et correspond au premier niveau aquifère de la nappe du Continental Intercalaire.
- ❖ **Série de Zarzaitine Supérieur** : est imperméable et formée d'argiles grises.
- ❖ **Série de Zarzaitine Inférieur** : est formée de grès et d'argiles gréseuses, il constitue le deuxième niveau aquifère du Continental Intercalaire.
- ❖ **Série de Tiguentourine** : correspond au niveau supérieur du carbonifère, elle est formée d'argiles et constitue le mur du Continental Intercalaire.
- ❖ **Westphalien** : principalement calcaires et ne sont pas aquifères.
- ❖ **Dévonien** : formée de grès argileux à ciment siliceux est aquifère; la nappe du dévonien alimenterait des résurgences au niveau des affleurements.

N.B: Le Tinghert désigne par les Touaregs la hamada triangulaire qui s'étend entre le grand erg oriental au Nord, les ergs Isaouane et d'Oubari au Sud, le Tadmait à l'Ouest et le djebel Nefousa au Nord – Est.

IV.3. LES CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUE DU SITE :

Sur le plan hydrique et à l'exception de quelques points d'eau sur la vallée de l'Oued Mariksène qui régule leurs réserves, la nappe la plus connue et exploitée dans la région est celle du Continental Intercalaire contenue dans les sables fins et grès friables de l'Albien. Cette nappe est localement exploitée par le captage de **02** horizons aquifères juxtaposés, ceux de l'Albien et du Barrémien.

Le gradient de profondeur de captage de ces aquifères augmente du sud vers le nord, l'exemple de la formation Albo – Barrémienne illustre parfaitement ce plongement, elle affleure à In Aménas et plonge à **750 mètres** au Nord de Debdeb. En effet, les forages au Nord peuvent atteindre les **900 m** de profondeur et sont jaillissants avec des débits qui avoisinent les **50 l/s**. les forages qui exploitent la nappe au sud ont une profondeur d'environ **450 mètres**, l'eau est mobilisée par pompage à près de **150 à 160** mètres avec un débit moyen de **10 l/s**.

La gradient de salinité des eaux est inverse de la profondeur, les eaux du Nord sont plus douces (0,75 g/l) alors que ceux du Sud sont plus minéralisées (plus de 2 g/l).

D'une manière générale :

- ❖ Le toit de l'Albien à Debdeb est entre 650 et 700 mètres de profondeur
- ❖ La piézométrie est entre 300 et 320 mètres
- ❖ La pression en tête de puits pour les captages jaillissants est d'environ 5 bars
- ❖ La transmissivité de la formation Albienne est de l'ordre de $5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

A titre d'illustration voici une description litho-stratigraphique sommaire de 02 forages, le premier dans le Nord de la localité de Debdeb, le deuxième au sud de cette dernière :

Tableau IV.1: Forage dans le Nord de la localité de Debdeb.

X : 9° 20' 20" Y : 29° 55' 25" Z : 330 m			
Profondeur (m)	Description lithologique	Epaisseur (m)	Etage
0 à 308	Calcaires, marnes et dolomies	308	Sénonien
308 à 372	Calcaires et marnes	64	Turonien
372 à 604	Argiles et évaporites	232	Cénomaniens
604 à 642	Grès et sables argileux	38	Albien
642 à 681	Argiles et calcaires gréseux	39	Aptien
681 à 770	Sables argileux et grès	89	Barrémien

Tableau IV.2: Forage dans le Sud de la localité de Debdeb.

X : 9° 21' 00" Y : 30° 00' 45" Z : 355 m			
Profondeur (m)	Description lithologique	Epaisseur (m)	Etage
0 à 290	Calcaires, marnes et dolomies	290	Sénonien
290 à 374	Calcaires et marnes	84	Turonien
374 à 580	Argiles et évaporites	206	Cénomaniens
580 à 630	Grès et sables argileux	50	Albien
630 à 645	Argiles et calcaires gréseux	15	Aptien
645 à 770	Sables argileux et grès	125	Barrémien

IV.4. CONCLUSION :

Suite à ces données trouvées à travers ce chapitre, le terrain choisi pour la construction et mis en place des ouvrages hydrauliques à la ville de DEBDEB (W. Illizi) est composé principalement de Calcaires, marnes et dolomies, couvert par un remblai hétérogène (Argiles gréseuse, évaporites, Sables argileux et grès..etc). Certes la couche d'argile gréseuse peut servir d'assise pour des fondations qui seront déterminées en fonction des charges et surcharges transmises au sol, ainsi que leurs répartitions sur l'emprise.

∞ Chapitre V ∞

Proposition des variantes d'aménagement

PROPOSITION DES VARIANTES D'AMENAGEMENT

V.1. INTRODUCTION :

Afin de venir au bout du problème d'inondation qui frappe la ville de DEBDEB à chaque évènement de crue, nous sélectionnons pour notre étude les meilleures solutions d'aménagement compte tenu de conditions naturelles telles que la topographie et la géologie. Mais aussi, il faut que les solutions, soient réalisables au point de vue technico-économique.

- **Première variante :** Cette variante consiste l'aménagement de oued pour assurer un bon écoulement des eaux pendant les crues pour cela on a fait les interventions suivantes :
 - implantation des seuils.
 - Un système de protection des berges.
 - rénovation de ponts.
- **Deuxième variante :** Dans Cette variante on dévie les eaux des crues totalement vers une zone basse par la constriction une digue sur la section transversale de lit de l'oued et l'aménagement par terrassement généraux.
- **Troisième variante :** On admet les mêmes interventions que la première variante mais on dévier une partie des eaux des crues vers la zone basse avec terrassement du sol.

V.2. VARIANTES D'AMENAGEMENT PROPOSEES :**V.2.1. Contre les crues :****V.2.1.1. Première variante :**

Cette variante consiste l'aménagement de oued pour assurer un bon écoulement des eaux pendant les crues pour cela on a fait les interventions suivant :

- implantation des seuils.
- Un système de protection des berges.
- rénovation de ponts.

V.2.1.1.1. Implantation des seuils:

Pour contrôler l'écoulement et ralentir la vitesse d'eau au niveau de lit de l'oued nous avons proposé des seuils au niveau de six zones sur le lit mineur par des socles de gabionnage avec une hauteur moyenne de l'ordre de 1.5m.

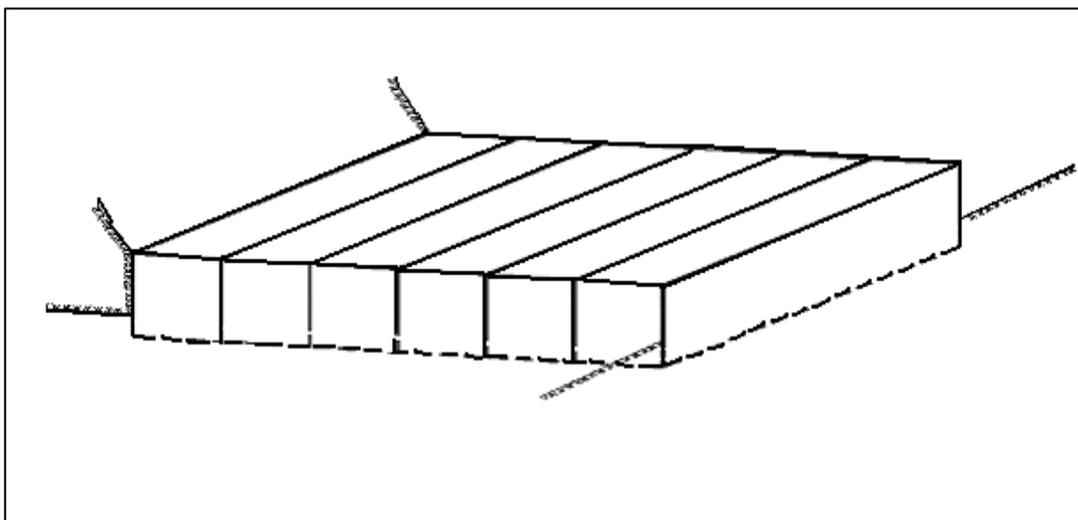


Figure V.1 : Schéma des seuils.

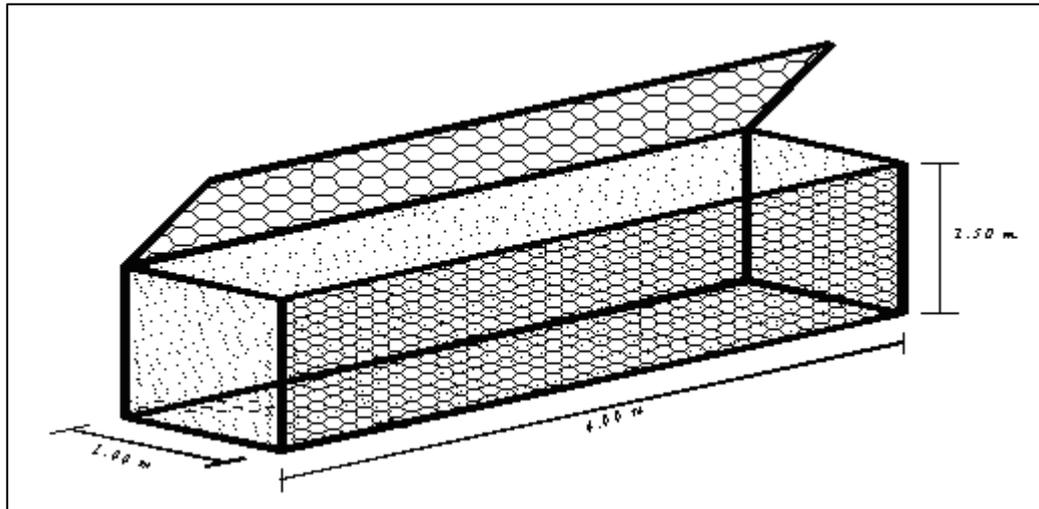


Figure V.2 : Gabion métallique.

V.2.1.1.2. Un système de protection des berges :

L'écoulement d'eau dans les lits majeures de l'oued par une vitesse importante provoquée l'érosion des berges. Pour éviter l'érosion de celles-ci nous proposons un système de protection par gabionnage à la frontière de la ville de DEBDEB.

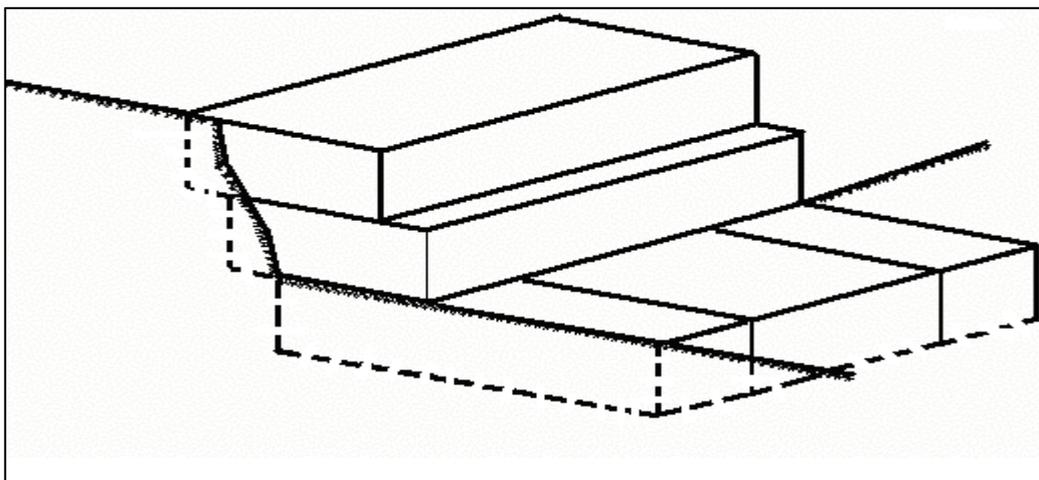


Figure V.3 : Schéma de protection des berges.

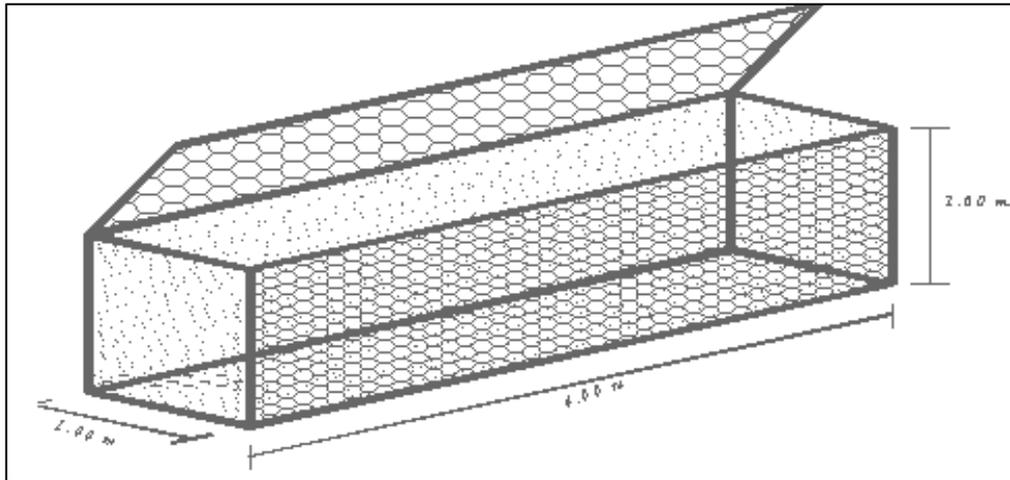


Figure V.4 : Gabion métallique.

V.2.1.1.3. Rénovation du pont :

a) Rénovation du pont :

D'après l'enquête sur site nous proposons des travaux d'aménagement au niveau de ponts. Pour assurer l'évacuation rapide des eaux pluviales et d'éviter le débordement d'eau vers la ville, une étude est basée sur la vérification des conditions des écoulements (régime uniforme à la sortie) par des diamètres plus grands.

b) Élargissement de l'oued au niveau du pont :

Les travaux d'aménagements au niveau de ponts nécessitent l'augmentation de la largeur de l'oued jusqu'à **108 m** pour faciliter l'emplacement des conduits d'évacuation.

V.2.1.2. Deuxième variante :

Dans Cette variante on dévie les eaux des crues totalement vers une zone basse par la construction d'une digue sur la section transversale de lit de oued et l'aménagement par terrassement généraux.

V.2.1.2.1. Construction une Digue :

La digue est un moyen de diriger l'écoulement en eau vers une zone basse. Pour assurer l'écoulement on fait un terrassement du sol.

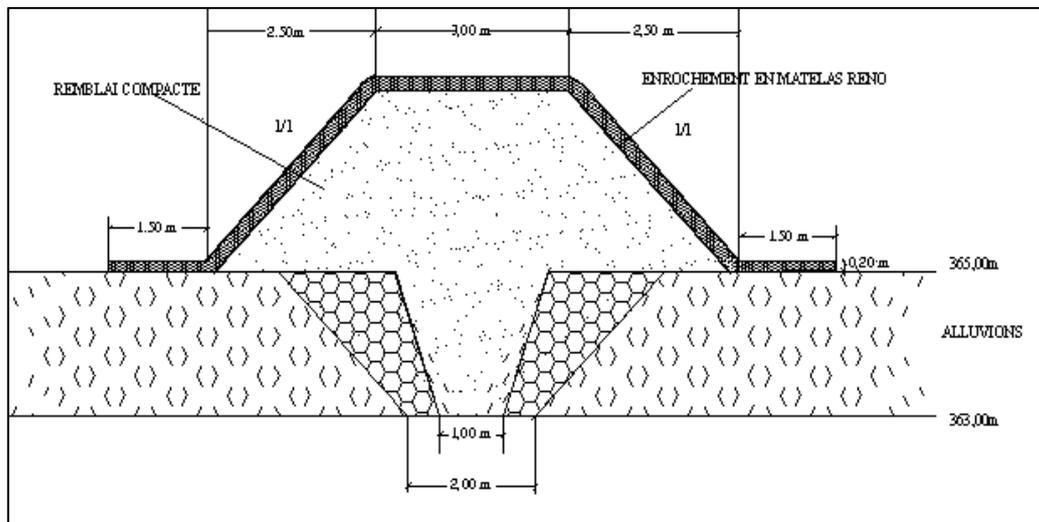


Figure V.5 : Schéma de la digue.

V.2.1.2.2. Aménagement :

Le terrassement est une étape nécessaire pour aménager le niveau du sol et d'assurer l'évacuation rapide vers une zone basse à travers un lit aménagé sur une distance de **700m** et largeur de **50m**.

V.2.1.3. Troisième variante :

Dans cette variante on admet les mêmes interventions que la première variante mais dévier une partie des eaux des crues vers la zone basse avec terrassement du sol.

V.2.2. Contre les eaux usées et les eaux stagnantes :

V.2.2.1. les eaux usées :

L'évacuation rapide des eaux usées (origine domestique) permet d'assurer l'hygiène publique et de protéger sans nuisance l'environnement. D'après une enquête effectuée sur site on a remarqué que les eaux stagnantes sont au niveau des zones basses (Douane et Stade à cause de la présence des fosses septiques des habitations).

Le réseau d'assainissement projeté dans la commune de DEB DEB étudié présente les caractéristiques des réseaux mentionnées dans le tableau ci-dessous :

Tableau V.1 : les caractéristiques des conduites d'assainissement de la ville de DEB DEB.

Diamètre (mm)	Type de conduite	Longueur (m)	Pente ‰
200	PVC	171	4 – 10
250	PVC	852	4 – 6
315	PVC	1910	4 – 8
400	PVC	1145	4

Tableau V.2 : Les caractéristiques du réseau d'assainissement de la ville de DEBDEB.

TRONÇON	Q(m3/s)	L (m)	I ‰	D(m)	Q_{sp}(m3/s)	V_{sp}(m/s)	R_q	R_v	R_h	Vr(m/s)	V_{auto}(m/s)	H(m)
R1-R22	0,022	585,27	4	0,4	0,122	0,972	0,182	0,751	0,100	0,73	0,292	0,117
R1-S22	0,0025	559,8	4	0,4	0,122	0,972	0,021	0,782	0,100	0,76	0,292	0,126
S22-S36	0,0059	338,4	4	0,315	0,064	0,817	0,093	0,625	0,079	0,51	0,245	0,065
R22-R68	0,0033	352,3	4	0,315	0,064	0,817	0,053	0,392	0,079	0,32	0,245	0,03
R30-R55	0,0024	357,49	4	0,315	0,064	0,817	0,039	0,527	0,079	0,43	0,245	0,049
R8-R92	0,0021	355,3	4	0,315	0,064	0,817	0,034	0,465	0,079	0,38	0,245	0,04
S3-S45	0,0016	191,09	4	0,315	0,064	0,817	0,025	0,429	0,079	0,35	0,245	0,035
R22-R80	0,0025	315	4	0,135	0,006	0,428	0,414	0,934	0,034	0,4	0,128	0,043
S1-Z8	0,0041	224,5	8	0,315	0,090	1,155	0,046	0,398	0,079	0,46	0,346	0,054
R19-R29	0,0015	168,5	4	0,25	0,034	0,688	0,047	0,523	0,063	0,36	0,206	0,037
R21-R42	0,0022	337,8	4	0,25	0,034	0,688	0,068	0,582	0,063	0,4	0,206	0,044
S4-Z27	0,0011	169,5	4	0,25	0,034	0,688	0,035	0,480	0,063	0,33	0,206	0,032
S22-Z21	0,0012	175,5	6	0,25	0,041	0,842	0,029	0,392	0,063	0,33	0,253	0,032

D'après le **Tableau V.2** on remarque que le réseau d'assainissement de la ville de DEBDEB assure l'évacuation des eaux usées au niveau de ville avec des conditions d'écoulement, la hauteur d'eau varié entre 0.032 à 0.126m pour les différents diamètres et vitesse d'écoulement de l'ordre de 0.73 m/s.

V.2.2.2. Les eaux stagnantes:

Pour résoudre le problème de stagnation des eaux au niveau de la ville nous avons proposé un réseau du drainage pour assure le rabattement les eaux de la nappe dans les points plus bas, le réseau de drainage constitué par des conduite perforée représentée par le tableau suivante :

Tableau V.3: les caractéristiques du réseau de drainage de a ville de DEBDEB.

Diamètre (mm)	Type de conduite	Longueur (m)	Pente ‰
200	PVC	304	2
250	PVC	355	1

V.3. DEVIS QUANTITATIF DES TRAVAUX :

A. Contre les crues :

V.3.1. Première variante :

Tableau V.4: Devis quantitatif des travaux de la 1^{ère} variante.

implantation des seuils					
N°	Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant total
01	Terrassement pour la mise en place du gabionnage	ml	467	500.00	233500
02	Réalisation des caisses en grillage métallique remplies par des pierres sèches - dimension (1.00×1.50×4.00) m	U	467	3500	1634500
protection des berges					
N°	Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant total
01	Terrassement pour la mise en place du gabionnage	ml	2187	500.00	1093500
02	Réalisation des caisses en grillage métallique remplies par des pierres sèches - dimension (1.00×1.001×4.00) m	U	4374	3500	15309000

rénovation du pont					
N°	Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant total
01	Décapage des berges pour l'élargissement	m ³	7500	450.00	3375000
02	Terrassement sur le lit de l'oued	m ³	2000	500.00	1000000
03	Fourniture des conduites (CAP/CRS) - Ø 1500 mm.	ml	840	200	168000

Le montant total (1^{ère} variante) : 22813500 DA

V.3.2. Deuxième variante :

Tableau V.5: Devis quantitatif des travaux de la 2^{ème} variante.

construction de la digue					
N°	Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant total
01	Décapage de la couche superficielle	m ³	432.50	450.00	194625
02	Déblai	m ³	308.00	3900	1201200
03	Remblai compacte de la digue	m ³	1305.15	450.00	587317.5
04	Enrochement en matelas Reno	m ²	1185.80	12600.00	14941080
05	Recharges en alluvions	m ³	369.60	2500.00	924000
Aménagement					
N°	Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant total
01	Aménagement par terrassements généraux	m ³	175000	500.00	87500000

Le montant total (2^{ème} variante) : 105348222.5 DA

V.3.3. Troisième variante :

Tableau V.6: Devis quantitatif des travaux de la 3^{ème} variante.

implantation des seuils					
N°	Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant total
01	Terrassement pour la mise en place du gabionnage	ml	467	500.00	233500
02	Réalisation des caisses en grillage métallique remplies par des pierres sèches - dimension (1.001×1.50 ×4.00)	U	467	3500	1634500

protection des berges					
N°	Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant total
01	Terrassement pour la mise en place du gabionnage	ml	2187	500.00	1093500
02	Réalisation des caisses en grillage métallique remplies par des pierres sèches - dimension (1.001×1.001×4.00) m	U	4374	3500.00	15309000
rénovation du pont					
N°	Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant total
01	Décapage des berges pour l'élargissement	m ³	7500	450.00	3375000
02	Terrassement sur le lit d'oued	m ³	2000	500.00	1000000
03	Fourniture des conduites (CAP/CRS) -Ø 1500mm.	ml	840	200.00	168000
Aménagement					
N°	Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant total
01	Aménagement par terrassements généraux	m ³	210000	500.00	105000000

Le montant total (3ème variante) : 127813500 DA

B. Devis des travaux quantitatif du réseau de drainage :

Tableau V.7:Devis des travaux quantitatif du réseau de drainage.

N°	Travaux	Unité	Quantité
01	Ouverture de la tranche	m ³	1977
02	Lit de sable	m ³	160
03	Couche des graviers (3/8,8/15,15/25)	m ³	430
04	Remblais de la tranche	m ³	1367
05	Pose des conduites en PVC PMS 6 bar Ø 250mm Ø 250mm (perforée) Ø 200mm (perforée)	ml	182 173 304
06	Réalisation des regards en béton armé T10 dosé de 400kg/ m ³ en ciment CRS. Dimension intérieure (1,00 × 1,00)	U	06

V.4. LE CHOIX DE LA VARIANTE D'AMENAGEMENT :**V.4.1. Les critères d'évaluation :**

Le choix de la variante se fera en fonction de plusieurs critères :

- Efficacité hydraulique.
- Difficultés de réalisation.
- Enjeux environnementaux.
- Durabilité.
- Entretien.
- Coût.

V.4.2. La variante choisie :

Le but de ces trois variantes d'aménagement est évacué le débit de la crue sans débordement, mais si on prend en compte les critères d'évaluation, on choisit la première variante.

V.5. CONCLUSION :

A la fin de cette étude on a choisi la variante d'aménagement la plus favorable. c'est la première variante, qui consiste à aménager l'oued de DEBDEB pour assurer un bon écoulement des eaux pendant les crues pour cela pour contrôler l'écoulement et ralentir la vitesse d'eau au niveau de lit de l'oued nous avons proposé des seuils au niveau de six zones sur le lit mineur par des socles de gabionnage avec une hauteur moyenne de l'ordre de 1.5m, Et pour évite l'érosion des berges nous proposons un système de protection par gabionnage à la frontière de la ville de DEBDEB. Ainsi qu'on a proposé des travaux d'aménagement au niveau de ponts pour assurer l'évacuation rapide des eaux pluviale et d'éviter le débordement d'eau vers la ville, une étude est basée sur la vérification des conditions des écoulements (régime uniforme à la sortie) par des diamètres plus grands.

∞ *Chapitre VI* ∞

*Étude détaillée de la variante
choisie*

ÉTUDE DÉTAILLÉE DE LA VARIANTE CHOISIE

VI.1. INTRODUCTION :

Situé à l'étude des variantes réalisée dans le chapitre précédant, on a opté pour la première variante qui constitue les ouvrages de protection des berges contre l'érosion des talus de l'oued par la constriction des murs en gabion et des ouvrages pour régulation d'écoulement au niveau de lit de oued par les seuils, mais au niveau du pont on a proposé des travaux d'élargissement pour assurer l'évacuation normale des eaux de crues. Pour le problème des eaux stagnantes nous avons proposé un système de drainage par des conduites perforées enterrées pour rabattre le niveau de la nappe dans les points les plus bas.

Dans ce chapitre, on a abordé tous les points essentiels de l'étude détaillée des ouvrages de protection des berges ou bien les seuils, telle que l'étude d'infiltration et la vérification des conditions des écoulements (régime uniforme à la sortie) par des diamètres plus grands. afin de confirmer le choix de la variante.

VI.2. DESCRIPTION DE LA VARIANTE CHOISIE :

Les grandes lignes qui concernent les travaux d'aménagement de la protection de la ville de DEBDEB contre les crues à travers la variante choisie sont résumées par les étapes suivantes :

1. Premièrement réalisation de réseau de drainage.
 2. Deuxièmement les travaux d'aménagement (rénovation du pont et élargissement de l'oued de DEBDEB).
 3. Troisièmement la protection des berges et l'installation des seuils de régulation de l'écoulement.
- **Réseau de drainage :**
 - les travaux de terrassement généraux
 - fourniture et pose de canalisation de drainage.

- **Rénovation du pont :**
 - les travaux de terrassement généraux.
 - Élargissement de l'oued.
 - Conception du pont à rénover.

- **Protection des berges et les seuils de régulation :**
 - les travaux de terrassement généraux.
 - Réalisation gabions (mur)
 - Réalisation des seuils

VI.3. LES EAUX STAGNANTES :

Pour résoudre le problème de stagnation des eaux au niveau des zones basses on propose un réseau de drainage pour assure le rabattement de ces eaux. Par des conduites :

1. Des conduites de diamètre de 250 mm (PVC PMS 06 BAR) et pente de 2‰, longueur de 182 m.
2. Des conduites perforées de diamètre de 250 mm (PVC PMS 06 BAR) et pente de 1‰, longueur de 173 m.
3. Des conduites perforées de diamètre de 200 mm (PVC PMS 06 BAR) et pente de 2‰, longueur de 304 m.

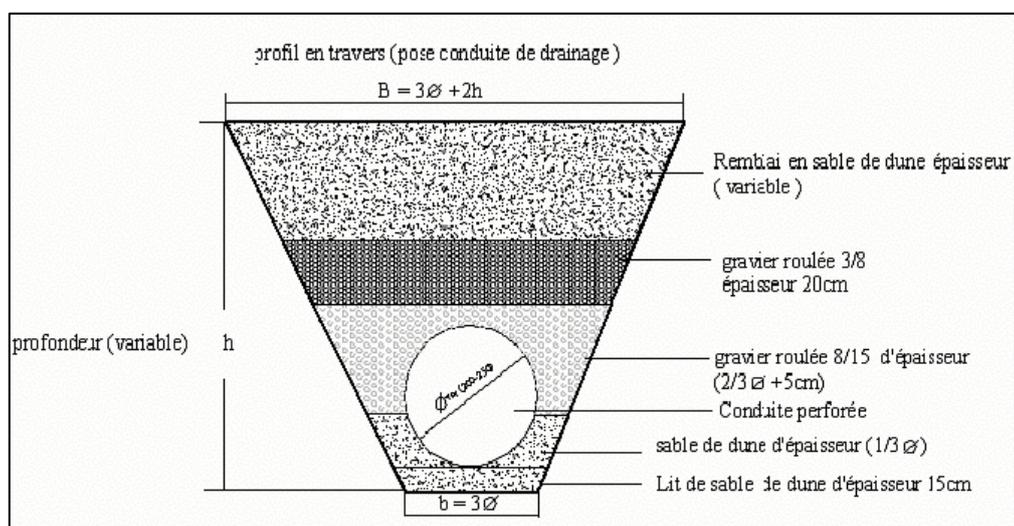


Figure VI.1 : Un réseau de drainage.

VI.4 RENOVATION DU PONT :

Pour éviter le débordement des eaux au niveau du pont nous avons proposé les travaux d'élargissement des berges. Pour les travaux d'aménagement au niveau du pont une augmentation de largeur de l'oued jusqu' à **108m**, assure une évacuation des eaux sans débordement de ces eaux.

➤ **1^{ère} cas :**

Pour des conduites de diamètre 1100mm (CAP/CRS) avec une pente de **30 ‰** et le débit max de chaque conduite de l'ordre **5,212 m³/s**.

Nous avons installé **60** conduites sur la longueur du pont.

Pour une largeur du pont de **21m** (à la base) le linéaire totale des conduites est de **L=1260 ml**

➤ **2^{ème} cas :**

Pour des conduites de diamètre **1500mm** (CAP/CRS) avec une pente de **15 ‰** et le débit max de chaque conduite de l'ordre **7.701 m³/s**.

Nous avons installé **40** conduites sur la longueur du pont.

Pour une largeur du pont de **21m** (à la base) le linéaire totale des conduites est de **L=840 ml**.

Ce pont est un ouvrage d'art à prendre en charge par les services concernés

Les résultats sont représentés sur les tableaux suivants.

Tableau VI.1 : vérification les conditions d'écoulement pour une pente de l'ordre de 10‰.

Diamètre (mm)	Y _n (m)	Débit Q (m ³ /s)	Vitesse V (m/s)
1500	0.5	1.542	2.99
1500	0.75	3.216	3.64
1500	1	5.042	4.03
1500	1.2	6.288	4.15
1500	1.3	6.719	4.13
1500	1.4	6.918	4.03

Tableau VI.2 : vérification les conditions d'écoulement pour une pente de l'ordre de 15‰.

Diamètre (mm)	Y _n (m)	Débit Q (m ³ /s)	Vitesse V (m/s)
1500	0.5	1.889	3.66
1500	0.75	3.939	4.46
1500	1	6.176	4.93
1500	1.2	7.701	5.08
1500	1.3	8.229	5.06
1500	1.4	8.473	4.49

Tableau VI.3 : vérification les conditions d'écoulement pour une pente de l'ordre de 20‰.

Diamètre (mm)	Y_n (m)	Débit Q (m^3/s)	Vitesse V (m/s)
1500	0.5	2.181	4.23
1500	0.75	4.549	5.15
1500	1	7.131	5.70
1500	1.2	8.892	5.87
1500	1.3	9.502	5.84
1500	1.4	9.784	5.70

Tableau VI.4 : vérification les conditions d'écoulement pour une pente de l'ordre de 5‰.

Diamètre (mm)	Y_n (m)	Débit Q (m^3/s)	Vitesse V (m/s)
2000	1	4.8989	3.12
2000	1.25	6.999	3.39
2000	1.5	8.933	3.53
2000	1.75	10.293	3.53
2000	1.80	10.440	3.51
2000	1.90	10.526	3.41

On détermine la ligne d'eau avec des ouvrages courts pour le but d'assurer un écoulement uniforme en aval des conduites pour protéger la migration de particule du sol.

Tableau VI.5 : Calcul de ligne d'eau avec ouvrages courts $Q=6.288 m^3/s$ $D=1500mm$.

Q (m^3/s)	V (m/s)	K_s	I (m/m)	Y_n (m)	Y_c (m)	L bief (m)	Section	Abscisse (m)	Froude	Régime
6,288	4,15	70	0,010	1,200	1,288	21,00	Amont	20,78	1,0159	Torrentiel
							1	20,78	0,99637	Fluvial
							Aval	21,00	0,97684	Fluvial

Tableau VI.6 : Calcul de ligne d'eau avec ouvrages courts $Q=6.719 m^3/s$ $D=1500mm$.

Q (m^3/s)	V (m/s)	K_s	I (m/m)	Y_n (m)	Y_c (m)	L bief (m)	Section	Abscisse (m)	Froude	Régime
6,719	4,13	70	0,010	1,483	1,321	21,00	Amont	3,60	0,53777	Fluvial
							1	3,60	0,45183	Fluvial
							Aval	21,00	0,03536	Fluvial

Tableau VI.7 : Calcul de ligne d'eau avec ouvrages courts $Q= 6.176\text{m}^3/\text{s}$ $D=1500\text{mm}$.

Q (m ³ /s)	V (m/s)	K _s	I (m/m)	Y _n (m)	Y _c (m)	L bief (m)	Section	Abscisse (m)	Froude	Régime
6,176	4,93	70	0,0150	1,00	1,279	21,00	Amont	20,87	1,0720	Torrentiel
							1	20,87	0,99787	Fluvial
							2	20,91	0,97863	Fluvial
							Aval	21,00	0,95944	Fluvial

Tableau VI.8 : Calcul de ligne d'eau avec ouvrages courts $Q =7.701\text{m}^3/\text{s}$ $D=1500\text{mm}$.

Q (m ³ /s)	V (m/s)	K _s	I (m/m)	Y _n (m)	Y _c (m)	L bief (m)	Section	Abscisse (m)	Froude	Régime
7,701	5,08	70	0,0150	1,200	1,380	21,00	Amont	20,59	1,02577	Torrentiel
							2	20,59	0,99993	Fluvial
							1	20,70	0,97332	Fluvial
							Aval	21,00	0,94575	Fluvial

Tableau VI.9 : Calcul de ligne d'eau avec ouvrages courts $Q=8.229 \text{m}^3/\text{s}$ $D=1500\text{mm}$.

Q (m ³ /s)	V (m/s)	K _s	I (m/m)	Y _n (m)	Y _c (m)	L bief (m)	Section	Abscisse (m)	Froude	Régime
8,226	5,06	70	0,0150	1,483	1,403	21,00	Amont	20,00	0,658363	Fluvial
							1	20,00	0,73004	Fluvial
							2	20,90	0,78617	Fluvial
							Aval	21,00	0,83349	Fluvial

Tableau VI.10 : Calcul de ligne d'eau avec ouvrages courts $Q=8.892\text{m}^3/\text{s}$ $D=1500\text{mm}$.

Q (m ³ /s)	V (m/s)	K _s	I (m/m)	Y _n (m)	Y _c (m)	L bief (m)	Section	Abscisse (m)	Froude	Régime
8,892	5,87	70	0,0200	1,200	1,426	21,00	Amont	9,58	1,02366	Torrentiel
							7	9,58	0,98620	Fluvial
							6	9,78	0,94558	Fluvial
							5	10,22	0,90064	Fluvial
							4	10,96	0,84951	Fluvial
							3	12,05	0,78886	Fluvial
							2	10,63	0,71169	Fluvial
							1	16,61	0,59796	Fluvial
							Aval	21,00	0,04680	Fluvial

Tableau VI.11 : Calcul de ligne d'eau avec ouvrages courts $Q=8.933\text{m}^3/\text{s}$ $D=2000\text{mm}$.

Q (m^3/s)	V (m/s)	K_s	I (m/m)	Y_n (m)	Y_c (m)	L bief (m)	Section	Abscisse (m)	Froude	Régime
8,933	3,53	70	0,005	1,5	1,45	21,00	Amont	0,00	0,921	Fluvial
							Aval	21,00	0,93418	

Tableau VI.12 : Calcul de ligne d'eau avec ouvrages courts $Q=10.29\text{m}^3/\text{s}$ $D=2000\text{mm}$.

Q (m^3/s)	V (m/s)	K_s	I (m/m)	Y_n (m)	Y_c (m)	L bief (m)	Section	Abscisse (m)	Froude	Régime
10.293	5,53	70	0,005	1,976	1,550	21,00	Amont	0,00	0,74388	Fluvial
							Aval	21,00	0,75551	

Conclusion :

D'après les résultats des vérifications nous avons proposé l'installation des conduites de diamètre **1500mm** avec une pente **0,015** et débit de l'ordre de **7,701 m^3/s** .pour assurer l'écoulement uniforme et éviter l'érosion du sol à l'aval.

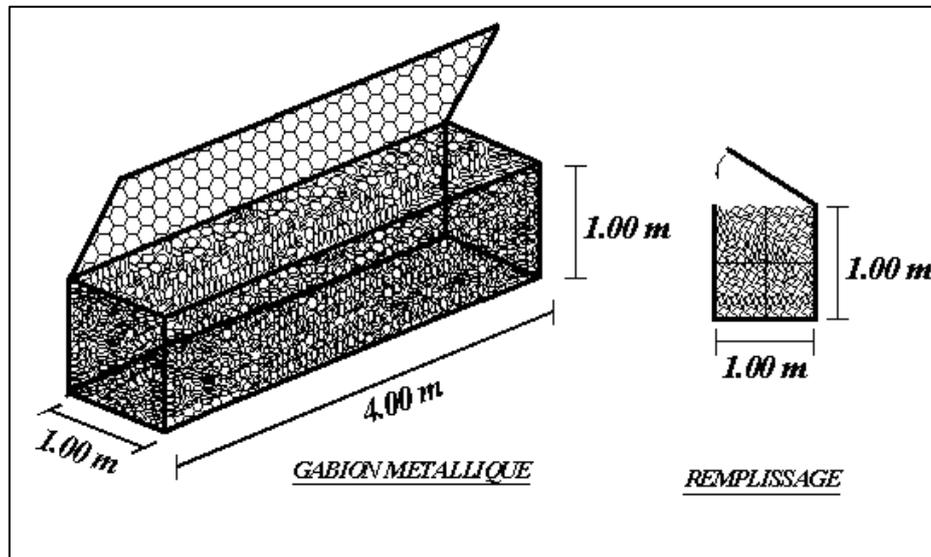
VI.5. PROTECTION DES BERGES :

Nous avons projeté des murs au niveau des berges avec une hauteur moyenne de 3.00m. La protection des berges de oued de DEBDEB consiste à utiliser des gabions en (caisse métallique), pour assurer la stabilité de ces murs on prend les dimensions (1.00 × 1.00 × 4.00) m en rempli ces caisses par des pierres rocheuses sèches.

La réalisation du mur par gabionnage en pierre nécessite les étapes suivantes :

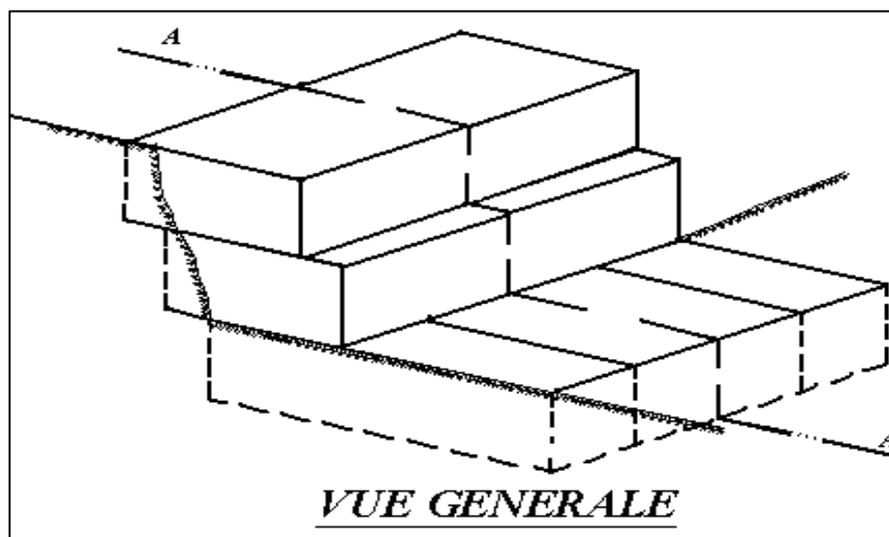
➤ 1^{ère} étape :

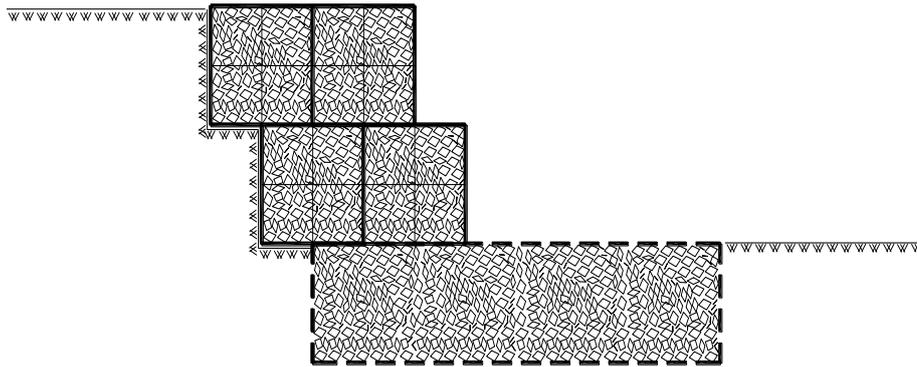
Dans la première étape nous installons des cages métallique, avec des dimensions (1.00 × 1.00 × 4.00) m.



➤ 2^{ème} étape :

La deuxième étape de réalisation nécessite le remplissage de ces cages par la pierre sèche.





COUPE A - A

VI.6. LES SEUILS :

La régulation de l'écoulement au niveau du lit mineur de l'oued nécessite l'implantation des seuils transversaux dans six zones choisies au préalable. La réalisation des seuils est basé sur l'implantation des caisses de dimensions de $(1.50 \times 1.00 \times 4.00)$ m sur le lit mineur de oued de DEBDEB, la position des seuils occupe toute la largeur de l'oued.

On peut présenter les étapes de réalisation comme suivant :

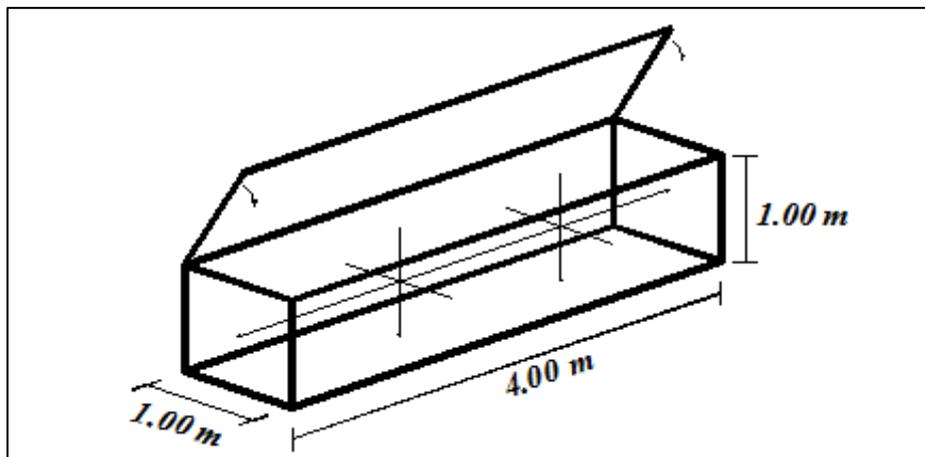


Figure VI.4 : Disposition intérieure des tirants.

- 1^{ère} étape : présentation la cage métallique.

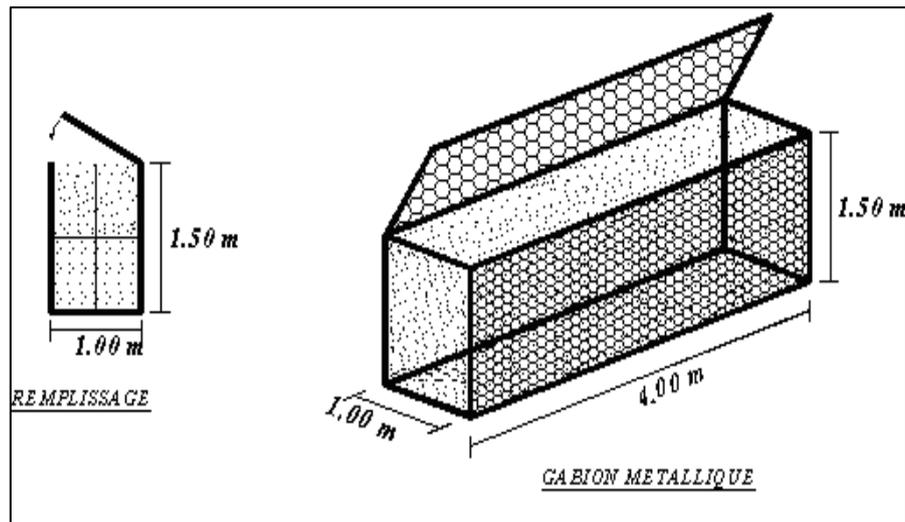


Figure VI.5 : Présentation la cage métallique.

- 2^{ème} étape :

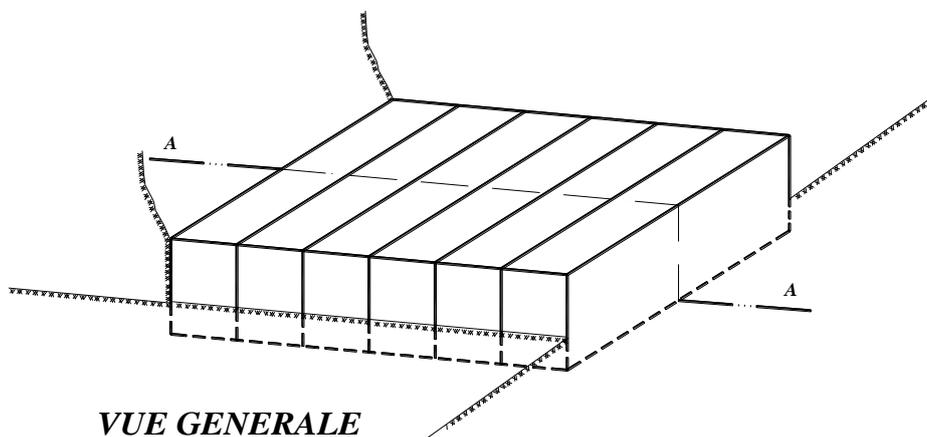
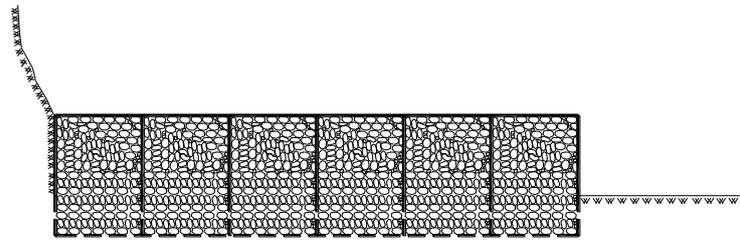


Figure VI.6 : Présentation le remplissage d'un cage par des pierres.



COUPE A - A

Figure VI.7 : Coupe transversale (A-A) de remplissage d'un cage par des pierres.

- D'après les figures on utilise les caisses semblables pour assurer la stabilité au moment des crues.

VI.7. MODELISATION HYDRODYNAMIQUE (TERRAIN NATURELLE + OUVRAGES EXISTANT) :

Cette partie est pour prendre les mesures des ouvrages existant (pont) pour avoir une modélisation fiable sur HEC RAS.



Figure VI.8 : Passage busé intégré au pont.



Figure VI.9 : Passage busé colmaté.



Figure VI.10 : Passage au-dessous de pont.

Les mesures des ouvrages existant dans le tableau suivant :

Tableau VI.13 : les mesures des ouvrages existant.

Ouvrage	État	Dimensions
Pont	Bon	-Hauteur varie entre 2.5 et 4.2m -Nb de pied : 12 -Distance entre deux pieds : 14m -Largeur : 6 m
Passage busé intégré a le pont	Bon	-Diamètre de conduites : 107 cm -Nb de conduites : 3 -Distance entre deux conduites : 2.8m



Figure VI.11 : Modélisation de pont de DEBDEB avec le passage busé intégré a le pont.

VI.8. MODELISATION HYDRODYNAMIQUE (TERRAIN NATURELLE + OUVRAGES PROPOSES) :

Ces résultats de simulation sont pour le but de la modélisation, on va modifier les ouvrages existant et ajouter notre proposition afin de juger l'efficacité de notre système.

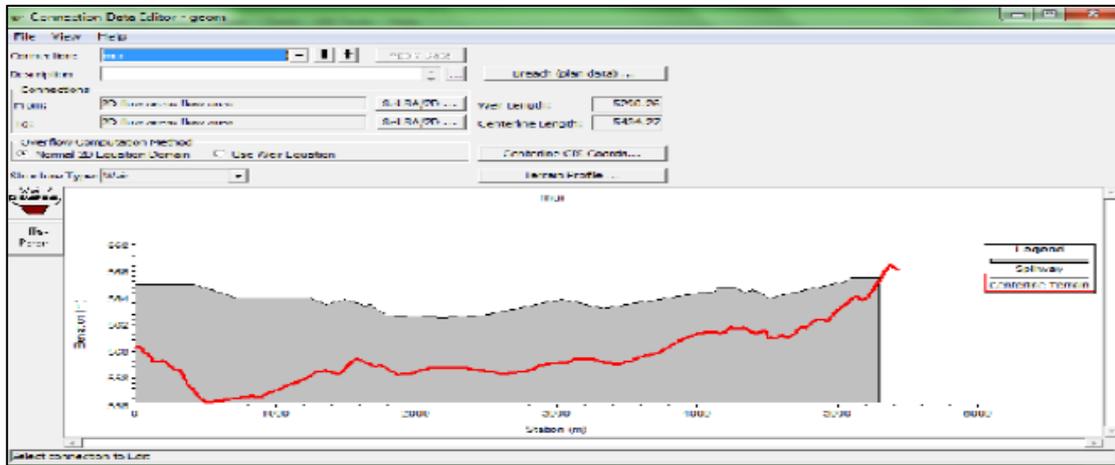


Figure VI.12 : modélisation de murs au niveau des berges.

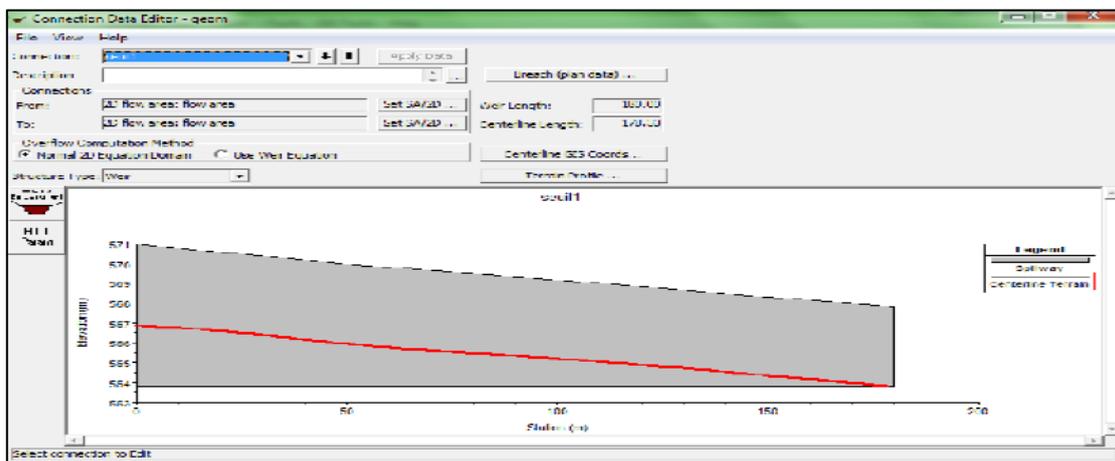


Figure VI.13 : modélisation de seuil 1 proposé.

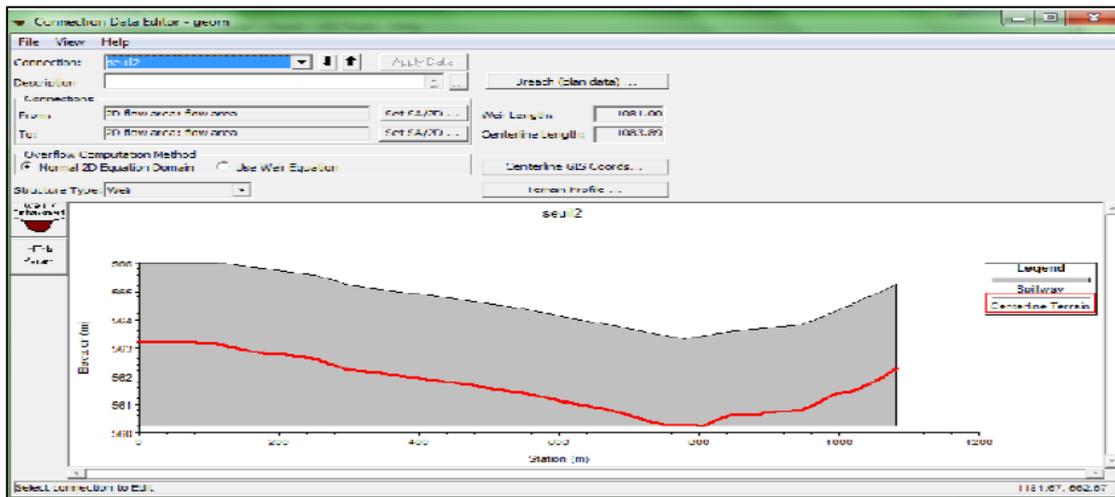


Figure VI.14 : modélisation de seuil 2 proposé.

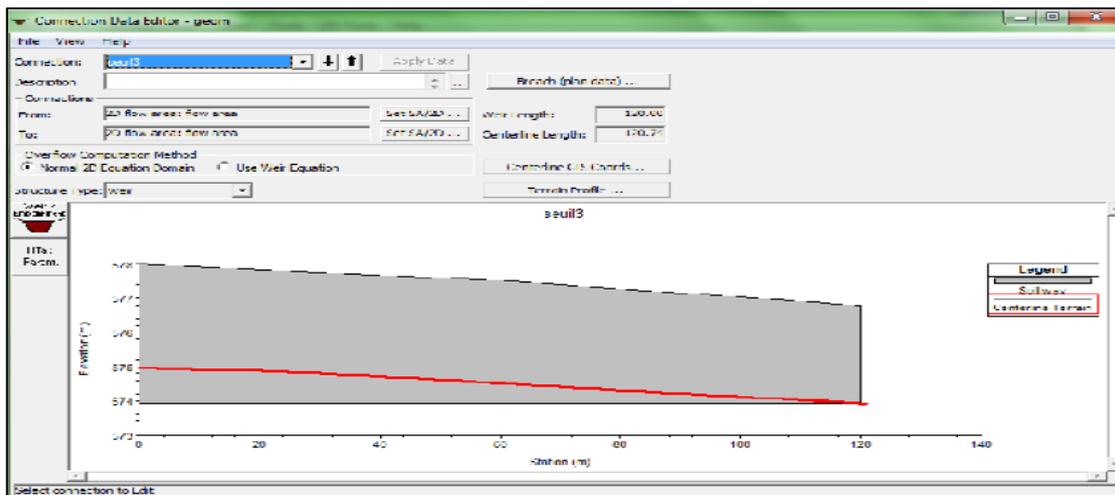


Figure VI.15 : modélisation de seuil 3 proposé.

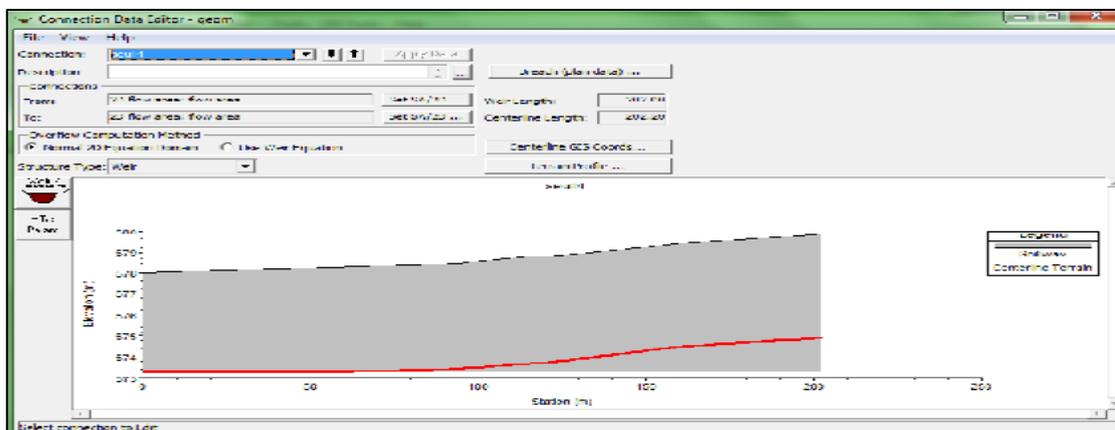


Figure VI.16 : modélisation de seuil 4 proposé.

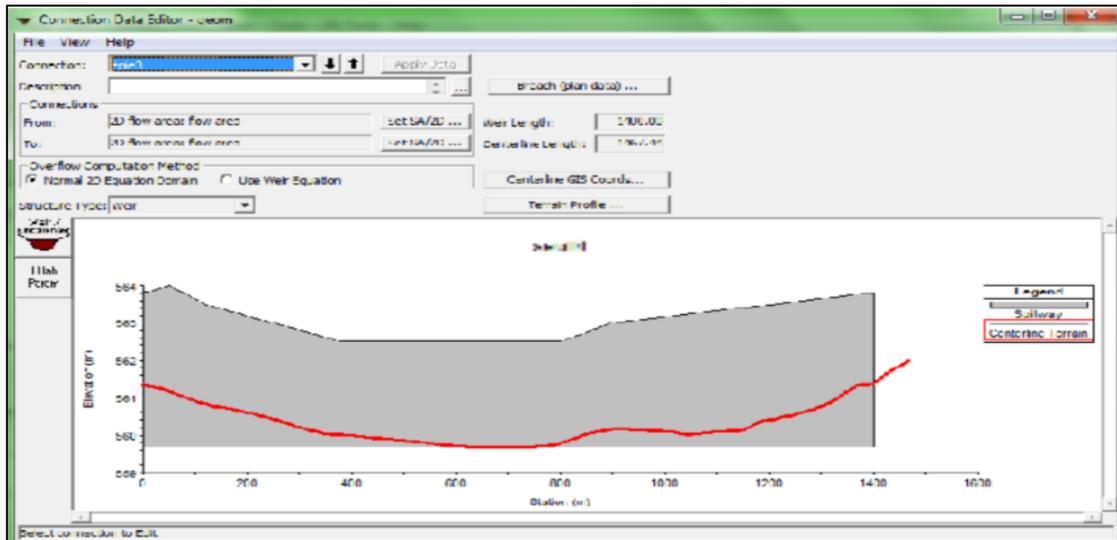


Figure VI.17 : modélisation de seuil 5 proposé.

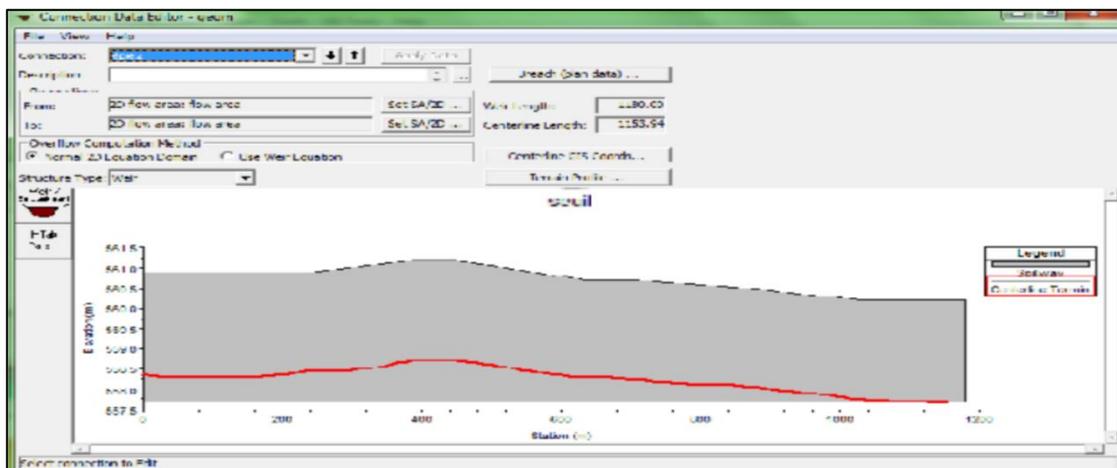


Figure VI.18 : modélisation de seuil 6 proposé.

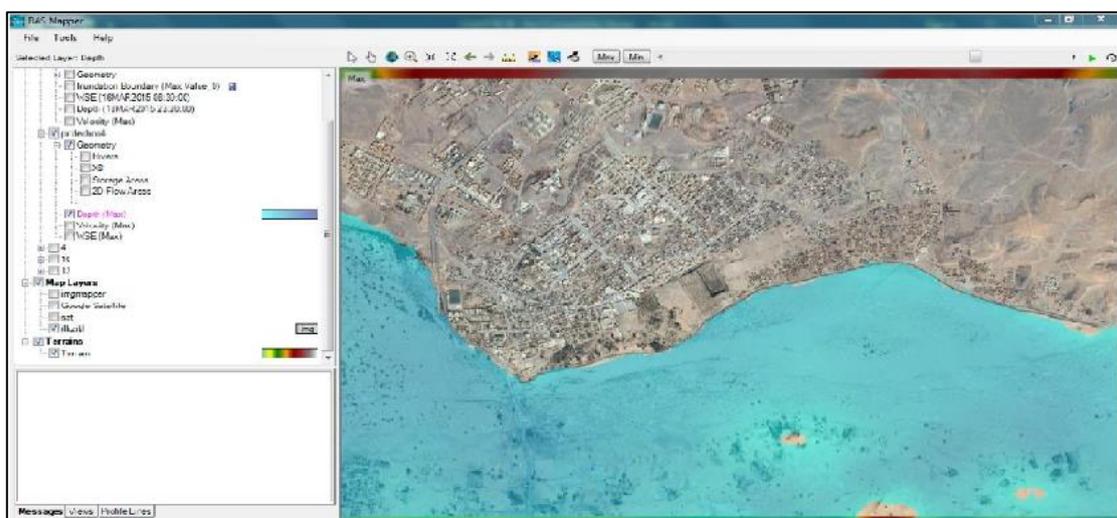


Figure VI.19 : Protection de la ville de DEBDEB dans son état max des crues avec le logiciel (Ras Mapper).

VI.9. CARTES D'INONDATION :

Dans cette partie on a utilisé le logiciel Arc gis en tant que un outil qui fait la liaison entre Google Earth qui offrir une impression avec des résolution élevée et le logiciel HEC RAS, Car ce dernier n'offrir pas l'impression des cartes.

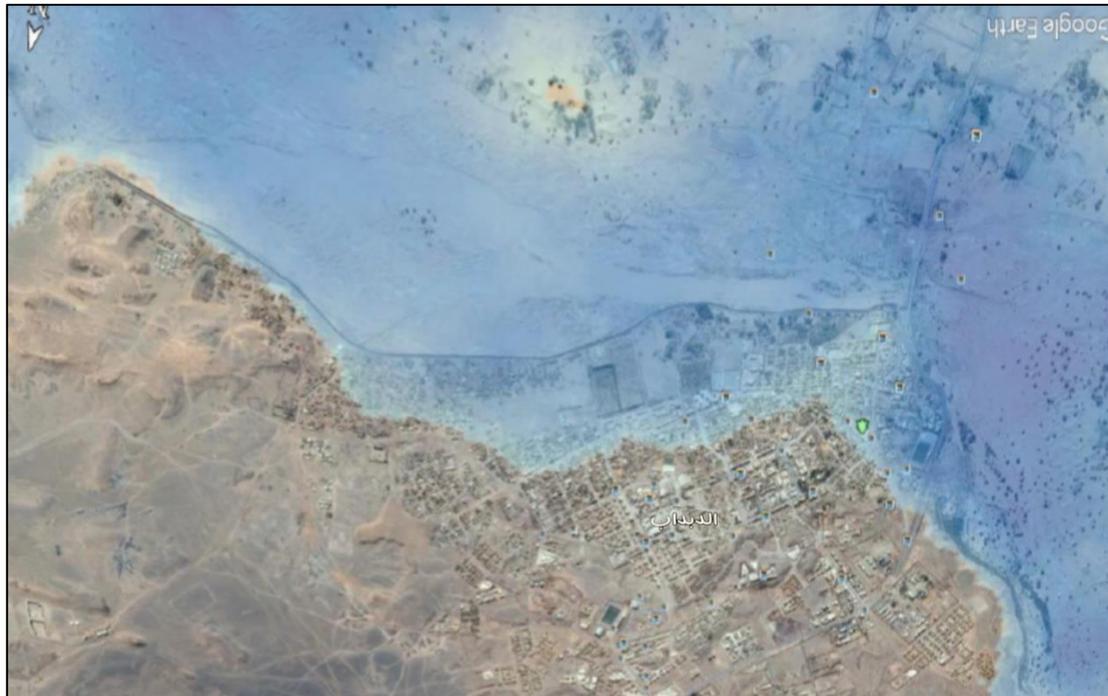


Figure VI.20 : Carte des limites des inondations de la ville de DEBDEB avant la réalisation des ouvrages de protection (50ans).



Figure VI.21 : Carte des limites des inondations de la ville de DEBDEB après la réalisation des ouvrages de protection (50ans).

VI.10. CONCLUSION :

D'après les résultats obtenus on peut confirmer le choix de la 1ere variante (choisie), tandis que après faire des modifications sur le système de protection actuelle (rénovation du pont) et la construction des nouveaux ouvrages proposé pour des divers buts on a constaté les points suivants :

- La protection atteint jusqu'à 95% de la ville de DEBDEB.
- Une protection des berges contre le risque d'érosion des talus de oued de DEBDEB.

∞ Conclusion ∞

CONCLUSION GENERALE

La présente thèse a fait l'objectif d'une étude sur les moyens de protection contre les inondations de la ville de DEBDEB (W. Illizi), Ce qu'on considère comme une nécessité indispensable afin de réduire les risques humains, matériels et économiques.

Pour faire ce travail d'étude d'aménagement, on a scindé notre travail en deux parties essentielles :

La première concerne une étude hydrologique pour une bonne évaluation des débits de point où on a pris en considération des documentations d'archive et des enquêtes avec les habitants pour qu'on peut obtenir une idée sur les caractéristiques des plus grandes crues (limites d'inondation, hauteurs d'eau..).

Par la suite, dans la deuxième partie, On a effectué une analyse technico-économique pour choisir la variante adéquate parmi des propositions pour l'oued de DEBDEB dans le but de déterminer les moyens de protection, Ainsi qu'avec une élaboration d'une modélisation par le logiciel HEC RAS pour tester l'efficacité de système de protection proposé. Car le système de protection actuelle n'a pas l'habileté de protéger la ville contre des crues de période de retour supérieur à dix ans, et il faut le renforcer pour plus de sécurité. Où on a travaillé à la réalisation des ouvrages de protection des berges contre l'érosion des talus de l'oued par la constriction des murs en gabion et des ouvrages pour régulation d'écoulement au niveau de lit de oued par les seuils, mais au niveau du pont on a proposé des travaux d'élargissement pour assurer l'évacuation normale des eaux de crues.

Enfin, la réalisation de notre projet sur la réalité nous a permis d'atteindre une protection arrivant jusqu'à 95% de la ville de DEBDEB, et une protection des berges contre le risque d'érosion des talus de oued avec un cout financière qui est estimé en 22813500 DA.

- Le risque inondation www.prim.net.
- « La pratique des sols et fondations » de Georges FILLIAT.
- Risques naturels majeurs « DOSSIER D'INFORMATION ».
- Taïbi R. Analyses fréquentielle des débits. Essais de régionalisation « eaux et sols d'Algérie » n°8, Mai 1996 ANRH Alger.
- Crues et inondations « les agences de l'eau ».
- Hydraulique-Hydrologie-Saad-Bennis (page 245).
- B.TOUAIBIA, Manuel pratique d'hydrologie , Mars 2004.
- José Llamas, Hydrologie générale principe et applications, 2eme édition, gaëten morin éditeur, 1998.
- Mohamed Meddi, Abdelkader Khaldi et Hind Meddi / Modelling Soil Erosion, Sediment Transport and Closely Related Hydrological Processes (Proceedings of a symposium held at Vienna, July 1998). IAHS Publ. no. 249, 1998.
- HEC-RAS Users manuel. US Army corps of engineers Hydrologic Engineering Center, version 4.1 January 2010.
- Etude de protection de la ville de DEBDEB contre les inondations, Bureau d'étude SEDAT Ouargla.
- Thèse de doctorat Modélisation macroscopique des inondations fluviales et urbaines - Prise en compte des écoulements directionnels et des échanges lit majeur - lit mineur « Pascal Finaud-Guyot 26-11-2009 ».
- Guide de prévision des crues Tome I.
- HYDROLOGIE DES BASSINS DE L'EST ALGERIEN : RESSOURCES EN EAU, AMENAGEMENT ET ENVIRONNEMENT Par Azzedine MEBARKI.