



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Conception Des Systèmes d'Assainissements

THEME :

**Protection de la ville de Ain-Benian contre les inondations
(w.d'Alger)**

Présenté par :
BADJOU MOHAND

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
MEDDI HIND	M.C.A	Présidente
DJELLAB Mohamed	M.C.A.	Examineur
KHALED/HOULI Samia	M.A.A	Examinatrice
TOUMI SAMIR	M.C.B	Promoteur

Septembre-2019

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents. Ma mère pour m'avoir accompagné tout le long de ma vie. Je lui dois une fière Chandelle. Mon père qui sans lui je ne serais pas arrivé jusqu'ici et qui m'a beaucoup aidé à la réalisation ce mémoire.

*Mes très chers frères Tarik et Anis pour leurs soutiens
Ma chère sœur.*

REMERCIEMENT

Je commence par remercier dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et pour pouvoir réaliser ce modeste travail.

Mes plus vifs remerciements vont à Mr S.TOUMI pour avoir accepté de m'encadrer et me diriger tout ou long de la réalisation de ce projet, et pour tous les conseils instructifs et judicieux.

Je remercie chaleureusement mon père qui m'a énormément aidé à la réalisation de ce mémoire.

Je tiens à remercier l'ensemble du personnel de la D.R.E (Direction des Ressources en Eau) Chéraga ainsi que les membres du service technique de l'APC de Ain Benian.

ملخص

من خلال هذه المذكرة نحاول دراسة كيفية حماية وسط مدينة عين البنيان ولاية الجزائر ضد الفيضانات الآتية من حوض تجميع المياه لوادي جنان نوار اللوز, بعد زيارة الموقع و جمع كل المعلومات الأساسية اللازمة. تم تشخيص حالة المكان متبوعة بدراسة هيدرولوجية مكنتنا من تقييم قدرات وادي جنان نوار اللوز، هذا التشخيص يعتبر أساس مقترحاتنا لتطوير هذا الوادي و الحد من ظاهرة الفيضانات في وسط مدينة عين البنيان

Résumé :

A travers ce mémoire nous allons établies une étude concernant la protection contre les inondations du centre-ville de Ain-Benian wilaya d'Alger, lesquelles proviennent du bassin versant de l'oued Djenane Nouar Ellouz. Après la visite du site et la collecte des données de base nécessaire, un état des lieux a été établi qui s'en suivi par une étude hydrologique qui permet d'évaluer les capacités de l'oued Djenane Nouar Ellouz. Ce diagnostic est la base de nos propositions d'aménagement de cet oued pour limiter le phénomène des inondations au centre-ville de Ain-Benian.

Abstract:

This study is about the protection of downtown Ain-Benian city in Algiers against floods that come from the watershed of Djenane Nouar Ellouz valley. After visiting the site and collecting the necessary basic data, this place was checked, diagnosed, and followed by a hydrological study to make it possible to evaluate the capacities of Djenane Nouar Ellouz valley. This diagnosis is the basis of our planning for the improvement of this valley to reduce flood phenomenon in downtown Ain-Benian.

Table des matières

Dédicace.....	i
Remercîment.....	ii
Résumé	iii
table des matières.....	iv
Liste des Tableaux.....	ix
Liste des Figures.....	xii
Liste des planches.....	xv
Abréviations.....	xvii
Introduction générale.....	xix

Chapitre I : Généralités sur les Inondations

I : Introduction :.....	1
I.1 : Définitions.....	2
I.2 : Le processus conduisant aux crues et aux inondations	2
I.3 : Types d'inondations.....	3
I.4 : Les inondations :.....	4
I.5 : Causes et effets des inondations :	8
Conclusion:.....	11

Chapitre II : Présentation de la commune de Ain Benian

I-1 : Présentation de la commune de Ain Benian :.....	14
I-2 : Histoire de Ain Benian :	15
I.3 : Données naturelles :.....	15
I.3.1 : Géomorphologie de la commune de Ain Benian.....	15
I.3.2 : Géologie :.....	15
I.3.3 : Activité sismique :	16
I.3.4 : Hydrographie	16
I.3.5 : Situation climatique :.....	17
I.3.6 : Evaluation de la population :	18
I.3.7 : Caractéristiques socio-économiques :.....	18
I.3.8 : Situation hydraulique :.....	20
Conclusion :.....	21

Chapitre III : Etude hydrologique

Introduction	23
I : Caractéristiques hydro-morphologiques :	23
I.1: Définition du bassin versant :	23
I.2 : Caractéristique morpho métrique :	23
I.2.1 : La surface :	23
I.2.4 : Caractéristiques de forme :	24
I.3 : Relief :	25
I.3.1 : La courbe hypsométrique :	25
I.3.2 : Les altitudes caractéristiques :	26
I.3.3 : L'indice de pente globale I_g :	26
I.3.4 : La pente moyenne du bassin versant I_m :	27
I.4. Le réseau d'écoulement :	28
I.4.1. La pente moyenne du cours d'eau principal I_C :	28
I.4.2. Temps de concentration du bassin versant T_c :	28
II : Analyse des données pluviométriques :	30
II.1 : Données disponibles :	30
II.2 : Etude des Pluies maximales journalières :	30
II.2.1 : Vérification de l'homogénéisation de la série pluviométrique :	31
II.2.2 : Choix de la loi d'ajustement :	33
II.2.3 : Les pluies de courte durée :	37
III: Etude de la crue :	39
III.1 : Différentes méthodes d'évaluation des crues :	39
III.1.1 : Méthodes historiques :	39
III.1.2 : Méthodes empiriques :	39
III.1.3 : Courbes enveloppes :	39
III.1.4 : Méthodes probabilistes :	40
III.2 : Application sur le bassin versant :	40
III.2.1 : La formule Sokolovski :	40
III.2.2 : Formule de Maillet Gautier :	40
III.2.3 : Formule de Turraza :	41
III.3 : L'hydrogramme de crue :	42
IV : Les écoulements :	43

IV.1 : L'apport liquide :	43
IV.1.1 : La formule de Samie :	43
IV.1.2 : La formule de Coutagne :	43
IV.2.1 : Module de l'écoulement (Me) :	44
IV.2.2 : Module de l'écoulement spécifique :	44
IV.3 : L'apport solide :	46
Conclusion :	46

Chapitre IV Diagnostic et simulation de l'écoulement

Introduction	48
I : Diagnostic du l'oued Djenan Nouar Ellouz :	48
I.1 : État actuelle :	48
I.2 : Caractéristiques de l'oued Djenan Nouar Ellouz.....	53
3- Troisième tronçon : bd Si-Lounes – bd Si-Mhammed / l'exutoire (plage casino).....	54
II : Simulation de l'écoulement :	54
II.1 : Aperçue sur le logiciel HEC-RAS :	54
II.2 : Présentation de l'interface principal de HEC-RAS :	54
II.3 : Les étapes de la simulation :	55
II.4 : Principe de calcul :	57
II.5 : Choix de coefficient de Manning :	58
II.6 : Création de la base de données de l'oued Djnane Nouar Ellouz :	59
II.7 : Résultats de la modélisation :	60
II.8 délimitations des zones inondables :	64
Conclusion.....	65

Chapitre V : Calculs Hydrauliques

Introduction	68
I : L'objectif d'un aménagement :	68
I : Le principe d'un aménagement :	68
II.1 : Laminage de crue :	68
III : Proposition des variantes d'aménagement :	69
III.1 : Variante 1 :	69
III.2 : Variante 2 :	69

IV : Etude des variantes :	69
IV.1 : Variante 1 :	69
IV.1.1 : Tronçon 1 et 3 : canal trapézoïdal en béton :	69
IV.1.2 : Tronçon 2 :	71
IV.2 : Variante 2 :	73
IV.2.1 : Tronçons 1 et 3 : Canal trapézoïdal en gabions :	73
IV.2.2 : Etude de la stabilité du canal.....	74
□ Calculer la contrainte tangentielle au fond :	75
IV.3 : vérification de la capacité d'évacuation d'eau par le passage existant sur le boulevard Colonel Si M'hamede :	76
V : Estimation financière : Le coût du projet est estimé à partir des travaux propres à chaque variante.	76
VI : Choix de la variante :	78
Conclusion :	78

Chapitre VI : Management du projet

Introduction	80
I : Généralité :	80
I.2 : Organisation technique de préparation :	80
I.3 : Rôles et responsabilités des intervenants sur chantier :	81
I.3.1. Le maître de l'ouvrage :	81
I.3.2. Le maître d'œuvre :	81
I.3.3. L'entrepreneur :	81
I.3.4. L'organe de contrôle technique :	81
I.4. Travaux préparatoires et installation de chantier :	81
I.4.1. Installations destinées au personnel :	81
I.4.2. Installations destinées au stockage des matériaux	81
I.4.4. Installation destinée pour la préfabrication :	82
I.5. Travaux de réalisation :	82
I.5.1. Dragage et curage :	82
I.5.2. Préparation du lit de l'oued :	82
I.5.3. Travaux de terrassements :	82
I.5.4. Travaux de compactages :	82
I.5.5. Enrobage des berges :	82

I.6. Les moyens de chantier :.....	82
I.6.1. Les moyens humains :.....	83
II. Devis quantitatif et estimatifs des projets :.....	83
III : Définition de la planification.....	84
III.1 : Techniques de la planification.....	84
III.2 : Méthodes basées sur le réseau.....	85
III.2.1 : Réseau à flèches	85
III.2.2 : Réseau à nœuds	85
III.3 : Différentes méthodes basées sur le réseau	85
III.3.1 : Méthode C.P.M (Méthode française).....	85
III.3.2 : Méthode P.E.R.T.....	85
III.4 : Les paramètres de calcul dans la méthode C.P.M.....	85
III.5 : Chemin critique (C.C).....	86
III.6 : Diagramme de Gantt	86
III.6.1 :les différentes tâches à envisager.....	86
IV : Elaboration du réseau selon la méthode C.P.M	86
V : Elaboartion du diagramme de Gantt.....	86
Conclusion.....	86
Conclusion générale.....	88
Références bibliographiques.....	89
Annexe.....	90

Liste des tableaux

Chapitre I : Généralité sur les inondations.

Tableau I.1: l'aléa inondation et les critères d'identification des zones à risques.....	7
Tableau I.2: Habitations construites en zones inondables.....	8
Tableau I.3: Effets sanitaires des inondations.....	9
Tableau I.4: Effets des inondations sur les services d'AEP et d'assainissement.....	10

Chapitre II : Présentation de la commune de Ain Benian.

Tableau II.1 : variation de la température mensuelle moyenne en 1998.....	17
Tableau II.2 : variation de la température mensuelle moyenne en 1998.....	17
Tableau II.3: variation de la vitesse mensuelle moyenne du vent en 1998.....	18
Tableau II.4 : évolution de la population.....	18
Tableau II.5 : équipements et infrastructures.....	19
Tableau II.6 : les différents réservoirs de stockage de la commune de Ain-Benian	20

Chapitre III : Etude hydrologique

Tableau III.1 : les caractéristiques morphométriques du bassin versant.....	24
Tableau III .2 : répartition en pourcentage de la surface élémentaire.....	25
Tableau III .3 : les altitudes caractéristiques du bassin versant	26
Tableau III .4 : Classification du relief (O.R.S.T.O.M).....	27
Tableau III .5 : résultats de calcul du temps de concentration.....	29
Tableau III.6 : Récapitulation des caractéristiques hydro-morpho métriques du bassin versnt de l'oued Djenan Nouar Ellouz.....	29
Tableau III.7 : caractéristique de la station pluviométrique utilisée.....	30
Tableau III.8 : pluies maximales journalières.....	30
Tableau III.9 : caractéristiques de la série pluviométrique.....	31
Tableau III.10 : calcul des paramètres de test de la médiane.....	32
Tableau III.11 : résultat du test de la médiane.....	33
Tableau III.12 : paramètres et caractéristiques de la population avec la loi de Gumbel.....	34
Tableau III.13 : calculer des quantiles par la loi de Gumbel.....	34
Tableau III.14 : paramètres et caractéristiques de la population avec la loi de Gumbel.....	35

Tableau III.15 : calculer des quantiles par la loi de Gumbel.....	36
Tableau III.16 : résultat du test du khe ²	37
Tableau III.17 : pluies et intensités maximales de durée t(h) et période de retour T(ans).....	37
Tableau III.18 : récapitulation des débits calculés.....	41
Tableau III.19 : hydrogrammes de crue pour différentes périodes de retour.....	42
Tableau III.20 : résultats de calcul de la lame d'eau écoulée.....	44
Tableau III.21 : caractéristiques de l'écoulement.....	45

Chapitre IV : Diagnostic et simulation de l'écoulement

Tableau IV.1 : estimation du coefficient de Manning.....	59
-----------------------------------------------------------------	----

Chapitre V : Calcul hydraulique.

Tableau V.1 : dimension de la variante 1.....	70
Tableau V.2 : dimension d'un dalot rectangulaire du tronçons 2.....	71
Tableau V.3 : Caractéristique géométrique de la section gabionnée.....	72
Tableau V.4 : Dimensions du canal en gabions.....	73
Tableau V.5 : résultats des contraintes tractrices au fond.....	74
Tableau V.6 : devis quantitatif et estimatif de la réalisation de la variante 1.....	75
Tableau V.6 : devis quantitatif et estimatif de la réalisation de la variante 1.....	76

Chapitre VI : Management du projet

Tableau VI.1 : Différents types de chantiers.	82
Tableau VI.2 : Devis quantitatif et estimatif	85
Tableau VI.3 : Temps de réalisation de chaque tâche.....	85
Tableau VI.4 : diagramme de Gantt.....	85

Liste des figures

Chapitre I : Généralité sur les inondations.

Figure III.1: lit mineur et majeur.....	2
Figure III.2: inondations par ruissellement en secteur urbain	4
Figure III.3: schémat de l'aléa au risque d'inondation.....	5
Figure III.4: schéma de l'aléa et la vulnérabilité au risque inondation (exp Bab El Oued)	6
Figure III.5: l'emplacement des inondations catastrophiques des 20 dernières années	8

Chapitre II : Présentation de la commune de Ain Benian

Figure II.1: situation géographique de la ville de Ain-Benian (prise de google-map 2019)	14
-------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Chapitre III : Etude hydrologique.

Figure III.1: la courbe hypsométriques de l'oued Djenane Nouar Ellouze	25
Figure III.2: graphe d'ajustement à la loi de Gumbel.....	35
Figure III.3: graphe d'ajustement à la loi de Galoton (log normal)	36
Figure III.4: les précipitation en fonctions du temps pour différentes période de retou	38
Figure III.5: les courbes IDF	39
Figure III.6: Hydrogramme de crue pour les différentes périodes de retour	43

Chapitre IV : Diagnostic et simulation de l'écoulement.

Figure IV.1et2: construction illicite sur le lit de l'oued dans la partie amont (mars 2019).....	49
Figure IV.3: construction illicites en amment (naissance de l'oued) (mars 2019)	49
Figure IV.4et5: l'état du lit de l'oued (mars 2019).....	51
Figure IV.6: traversée de la RN11 par deux buses \varnothing 400mm (mars 2019)	52
Figure IV.7: constructions illicites au niveau de l'exutoire de l'oued (mars 2019).....	53
Figure IV.8: interface de Hec-Ras	54
Figure IV.9: schéma de calcul de la ligne d'eau	57
Figure IV.10: profil de l'oued Djenane Nouar Ellouze	60
Figure IV.11: exemple d'un profil en travers en amont de l'oued.....	61
Figure IV.12: exemple d'un profil en travers en amont de l'oued.....	61
Figure IV.13: profin en travers des deux buses qui traversent la RN11	62
Figure IV.14: exemple d'un profil en travers dans la partie aval de l'oued	63
Figure IV.15: exemple d'un profil en travers dans la partie aval de l'oued	63
Figure IV.16: ponceau existant sous la route Colonel Si M'hammede	64
Figure IV.17: cartes des zones inondables.....	64

Chapitre V : Calcul hydraulique

Figure V.1: volume d'eau à stocker dans le bassin	68
Figure V.2: la section d'un canal trapézoïdal en béton	69
Figure V.3: coupe en travers d'un dalot préfabriqué en béton.....	70
Figure V.4: section aménagée en béton armé 1 ^{er} tronçon	71
Figure V.5: section aménagée en béton armé tronçon 3	71
Figure V.6: coupe transversale d'aménagement en gabion.....	71
Figure V.7: effort tangentiel critique pour des matériaux non cohésifs (Chaudhry, 2014).....	73
Figure V.8: section aménagée en gabion tronçon 1	74
Figure V.9: profil en travers des deux dalots sous la RN11	75

Liste des planches

1. Plan de situation de l'oued Djnen Nouar Ellouz.
2. Délimitations des zones inondables.
3. Profil en long de l'oued Djenane Nouar Ellouze.
4. Coupes types.
5. Planning de réalisation de l'oued Djenane Nouar Ellouze.

Abréviations

ONM : Office National de Métrologie.

ANRH : Agence Nationale de De Ressource Hydrauliques

Dre : Direction Des Ressources Eau

RN : Route Nationale

Bd : Boulevard.

PDAU : Plan Directeur D'aménagement Urbain.

Introduction Générale

L'accroissement constant de l'urbanisation et de l'extension des surfaces imperméabilisées, le ruissellement urbain prend de plus en plus de grande importance depuis plus d'une vingtaine d'années surtout sur l'urbanisation périphérique (grands projets d'habitats collectifs et constructions illicites) des grandes villes dont les terres agricoles ne cessent de disparaître.

Afin de protéger les riverains des centres urbains en aval de ces espaces agricoles à l'image de la côte algéroise de la zone ouest (mont de la Bouzareah).

Les eaux pluviales ont été et sont toujours en partie considérées sous un angle purement hydraulique avec comme seul objectif l'évacuation du volume ruisselé le plus rapidement possible.

Néanmoins, l'urbanisation croissante ne se manifeste pas seulement en matière de débit mais aussi en matière de pollution.

Une approche qualitative des eaux pluviales et donc de leurs impacts pour le milieu naturel doit faire l'objet des préoccupations des autorités locales et régionales.

Aujourd'hui, il est impératif de prendre conscience du phénomène de la maîtrise des eaux de ruissellement qui ne cesse de provoquer des catastrophes (inondations de Bab El Oued et récemment Skikda....).

Des pays comme la France, le Canada ...etc, ont longtemps opté pour un autre mode de gestion des eaux de ruissellement à travers des techniques alternatives qui sont incontournables étant donné que l'assainissement classique a atteint ses limites :

- Gestion des débits plus importants.
- Augmentation des diamètres.
- Développement de l'urbanisme.

Conséquences de l'assainissement classique :

- Inondations, pollutions, nappe phréatique non alimentée.

Techniques alternatives pour la gestion des eaux pluviales :

Les principes sont simples :

- Déconnecter les eaux pluviales des réseaux.
- Favoriser l'infiltration in-situ (puits filtrants, noues, fossés de filtration, espaces filtrants, bassins de retenu)
- Intégrer les eaux pluviales dans tous les projets d'urbanisme.
- Prendre en compte dans la conception d'ouvrages.

En zone urbaine, les contraintes sont essentiellement basées sur :

- La faible disponibilité spatiale.
- Réseau urbain saturé.

- Contraintes d'hygiènes fortes.

Le présent mémoire est limité à l'étude de protection du centre-ville de Ain Bénian contre les inondations (vu que ce centre a subi plusieurs inondations 2001-2007-2013-2017).

Il s'articule autour des points suivants :

Chapitre I : Généralités sur les inondations.

Chapitre II : Présentation de la commune de Ain Benian.

Chapitre III : Etude hydrologique.

Chapitre IV : Diagnostique et simulation de l'écoulement

Chapitre V : Calculs hydrauliques

Chapitre VI : Management du projet.

Conclusion

Chapitre I

Généralités sur les inondations.

I. Introduction

L'inondation peut être définie comme étant une submersion temporaire, naturelle ou artificielle d'un espace terrestre on peut distinguer : L'inondation de plaine c'est la submersion d'une zone par suite du débordement des eaux d'un cours d'eau de plaine, Les inondations par ruissellement se produisent lors de pluies exceptionnelles, d'orages violents, quand la capacité d'infiltration et d'évacuation des sols ou des réseaux de drainage est insuffisante

I.1 : Définitions**a) L'inondation**

Est un débordement d'un cours d'eau, le plus souvent en crue, qui submerge les terrains voisins. Le terme est souvent étendu aux débordements d'ouvrages artificiels tels que : les retenues ou les réseaux d'assainissement. Les inondations peuvent aussi se produire en amont des cours d'eau, suite à la génération de quantités importantes de ruissellement au niveau de terres cultivées par exemple. Ce ruissellement donne alors lieu à une inondation boueuse (1).

b) la crue

La crue correspond à l'augmentation de la quantité d'eau qui s'écoule dans la rivière (débit) et peut concerner l'ensemble du lit majeur de la rivière. L'importance de l'inondation dépend de trois paramètres : la hauteur d'eau, la vitesse du courant et la durée de la crue (1).

Ces paramètres sont conditionnés par les précipitations, l'état du bassin versant (aire géographique d'alimentation en eau d'une rivière) et les caractéristiques du cours d'eau (profondeur, largeur de la vallée, etc...). Ces caractéristiques naturelles peuvent être aggravées par la présence d'activités humaines.

c) lit mineur

Le lit mineur est constitué par le lit ordinaire du cours d'eau, pour le débit d'étiage ou pour les crues fréquentes (crues annuelles).

d) lit majeur

Le lit majeur comprend les zones basses situées de part et d'autre du lit mineur, sur une distance qui va de quelques mètres à plusieurs kilomètres. Sa limite est celle des crues exceptionnelles (1).

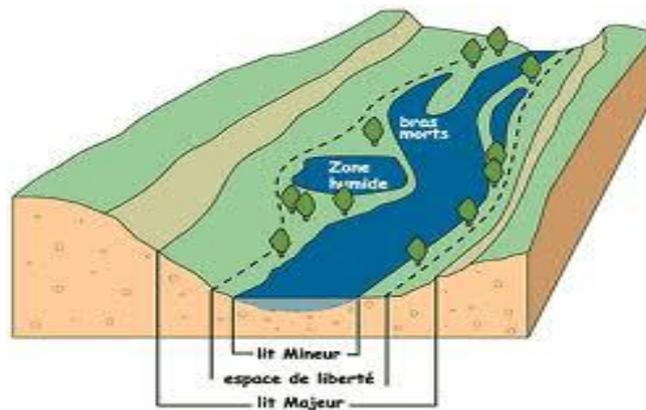


Figure I.1 : Lit mineur et majeur

I.2 : Le processus conduisant aux crues et aux inondations

Le phénomène inondation est la conséquence de plusieurs processus qui sont :

a) L'eau mobilisable

Dans notre pays la cause fondamentale de la plupart des inondations est l'arrivée d'importantes chutes de pluies parfois exceptionnelles, notons que les précipitations en Algérie sont caractérisées par une très forte irrégularité tant inter. Annuelle que saisonnière entraînant des étiages extrêmement sévères et inversement, de fortes crues et des inondations pendant la période hivernale. Ces pluies sont de deux types [1]:

□ **Pluies répétées**, importantes, prolongées de régime océanique et qui affecteront plutôt un grand bassin versant tel que celles qui ont causées les inondations de décembre 1957 des bassins de MAZAFRAN et du SEBAOU, les inondations de l'automne 1969 en Algérie et en Tunisie, les inondations catastrophiques de Mars 1973 sur l'Est Algérien, les inondations de Mars 1974 des bassins versants de l'Algérois et du SEBAOU, les inondations de Décembre 1984 sur tous l'Est du pays etc....

□ **Des averses** relativement courtes mais intenses qui pourront toucher la totalité de la superficie de petits bassins versants de quelques kilomètres carrés (les inondations de Bab el oued du 10 Novembre 2001).

b) Le ruissellement

Le ruissellement dépend de la nature du sol et de son occupation de surface. Il correspond à la part de l'eau qui n'a pas été interceptée par le feuillage, ni restituée à l'atmosphère par évaporation et qui n'a pas pu s'infiltrer, ou ressurgir très rapidement après infiltration et écoulement hypodermique ou souterrain. Il sera donc d'autant plus faible que le couvert végétal sera dense et que les sols profonds et non saturés par des épisodes pluvieux récents. Inversement, l'imperméabilisation des sols due à l'urbanisation (infrastructures, constructions) le favorisera. Par ailleurs, l'intensité de la

pluie joue aussi un rôle non négligeable en créant, au-delà d'une certaine valeur un film d'eau à la surface du sol, qui va conduire à un écoulement maximum .

c) le temps de concentration (ou durée caractéristique)

Il est défini par la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau ayant le plus long chemin hydraulique à parcourir parvienne jusqu'à l'exutoire. Il est donc fonction de la taille et de la forme du bassin versant, de la topographie et de l'occupation des sols .

d) la propagation de la crue

L'eau de ruissellement se rassemble dans un axe drainant ou elle forme une crue qui se propage vers l'aval ; le débit de pointe de la crue est d'autant plus amortie et sa propagation ralentie que le champ d'écoulement est plus large et que la pente est plus faible.

e) Le débordement

Il est consécutif à la propagation d'un débit supérieur à celui que peut évacuer le lit mineur dont la capacité est généralement limitée à des débits de crues, de période de retour de l'ordre de 1 à 5 ans. Il peut se produire une ou plusieurs fois par an ou seulement tous les dix ans en moyenne, voire tous les cent ans.

I.3 Types d'inondations

Selon les caractéristiques des crues, leurs étendues, et leurs durées, les inondations sont de trois types : [1]

a) Crues de type torrentiel ou éclair

Dès que les cours d'eau ont une pente plus forte, en zone montagneuse, ou à l'aval immédiat des reliefs marqués, l'écoulement des rivières en crue est beaucoup plus rapide et peut charrier des volumes importants de matériaux. Ces crues sont souvent la conséquence d'orages violents qui affectent des petits bassins versants de quelques dizaines de Km² sont particulièrement dangereuses et les délais de prévision, souvent trop courts, laissent très peu de temps pour réagir.

Les crues de ce type sont particulièrement dangereuses en raison de la soudaineté et de la rapidité avec lesquelles elles se produisent, les ruissellements extrêmement rapides et violents peuvent intervenir moins d'une heure après la pluie et les débits des oueds passent de quelques m³/s à plusieurs milliers de m³/s en 02 ou 03 heures seulement. L'inondation de la ville de Oued R'hiou (le 20 octobre 1993) est l'exemple parfait de ce type d'inondation ou 20 minutes de pluies ont fait : 23 morts, 20 blessés et plusieurs disparus .

b) Crues de plaine ou fluviales

Elles se caractérisent par des montées relativement lentes des eaux et peuvent être prévues plusieurs heures, voire plusieurs jours à l'avance. En dépit de leur évolution lente, les crues de plaine peuvent être accompagnées localement de phénomènes très dangereux, notamment lors d'une débâcle, c'est-à-dire lors de la rupture d'un obstacle d'un cours d'eau, après que l'écoulement

des flots ait été bloqué par des embâcles (amoncellement de débris) sous les ponts. C'est le cas des inondations de grands bassins versants, elles résultent le plus souvent des précipitations importantes généralisées sur de grandes étendues et caractérisées par leurs quantité et leurs durée qui peut atteindre 10 à 15 jours. Les crues sont massives, lentes et à évolution facilement prévisible sauf lorsqu'elles sont brutalement aggravées par des affluents avals plus courts et plus rapides.

En Algérie, ce type d'inondation survient généralement en saison hivernale entre les mois de Décembre et Mai.

c) Les ruissellements en secteur urbain

En secteur urbain, des orages intenses peuvent occasionner un très fort ruissellement en dehors des lits des cours d'eau proprement dit, lorsque l'imperméabilisation des sols et la conception de l'urbanisation et des réseaux d'assainissement font obstacle à l'écoulement normal des pluies intenses. Ce fut le cas des inondations de Bâb El Oued du 10 novembre 2001, Des pluies exceptionnelles et intenses, sur une étendue de 40 km², de l'ordre de 214 mm pendant 24h, ont causé 750 morts et 120 personnes disparues et plus de 10000 familles sinistrées.



Figure.I.2: Inondations par ruissellement en secteur urbain

I.4 Le risque des inondations en Algérie

Le risque est la possibilité de survenance d'un dommage résultant d'une exposition à un danger, c'est la composante de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté (incident ou accident) et la gravité de ses conséquences.

Le risque d'inondation est la conséquence de deux composantes : que sont la Vulnérabilité et L'aléa.

Il y a risque lorsque nous sommes sur une parcelle avec une occupation du sol incompatible avec l'aléa. Le risque étant déterminé par le croisement entre l'aléa et la Vulnérabilité, il faut être capable de les comparer. Ceci est possible avec les modèles Hydrologiques en débit, durée et fréquence qui permettent de traduire dans la même unité les deux facteurs.

Si la vulnérabilité est plus faible que l'aléa, nous considérons la parcelle comme ne présentant pas de risque. Elle est correctement protégée, voire surprotégée. Dans le cas contraire, nous aurons une parcelle à risque qu'il faudra protéger ou évacuer [2].

a) La vulnérabilité

Le fait qu'une rivière cause des dégâts résulte de la plus ou moins grande sensibilité du lieu où se produit le phénomène : c'est la composante vulnérabilité. La présence de l'homme, qui s'installe dans l'espace alluvial, pour y implanter toute sortes de constructions, d'équipements et d'activités, cette occupation humaine joue un double rôle : d'une part elle constitue le risque en exposant des personnes et des biens aux inondations, d'autre part, elle aggrave l'aléa et le risque, en amont comme en aval, en modifiant les conditions d'écoulement de l'eau [2].

b) L'aléa

Une rivière qui déborde traduit un phénomène naturel présentant un caractère aléatoire : c'est le composant aléa du risque les principaux paramètres nécessaires pour évaluer l'aléa sont :

- La période de retour des crues ;
- La hauteur et la durée de submersion ;
- la vitesse d'écoulement ;
- la torrencialité du cours d'eau ;



Fig.I.3: Schématisant l'aléa au risque inondation

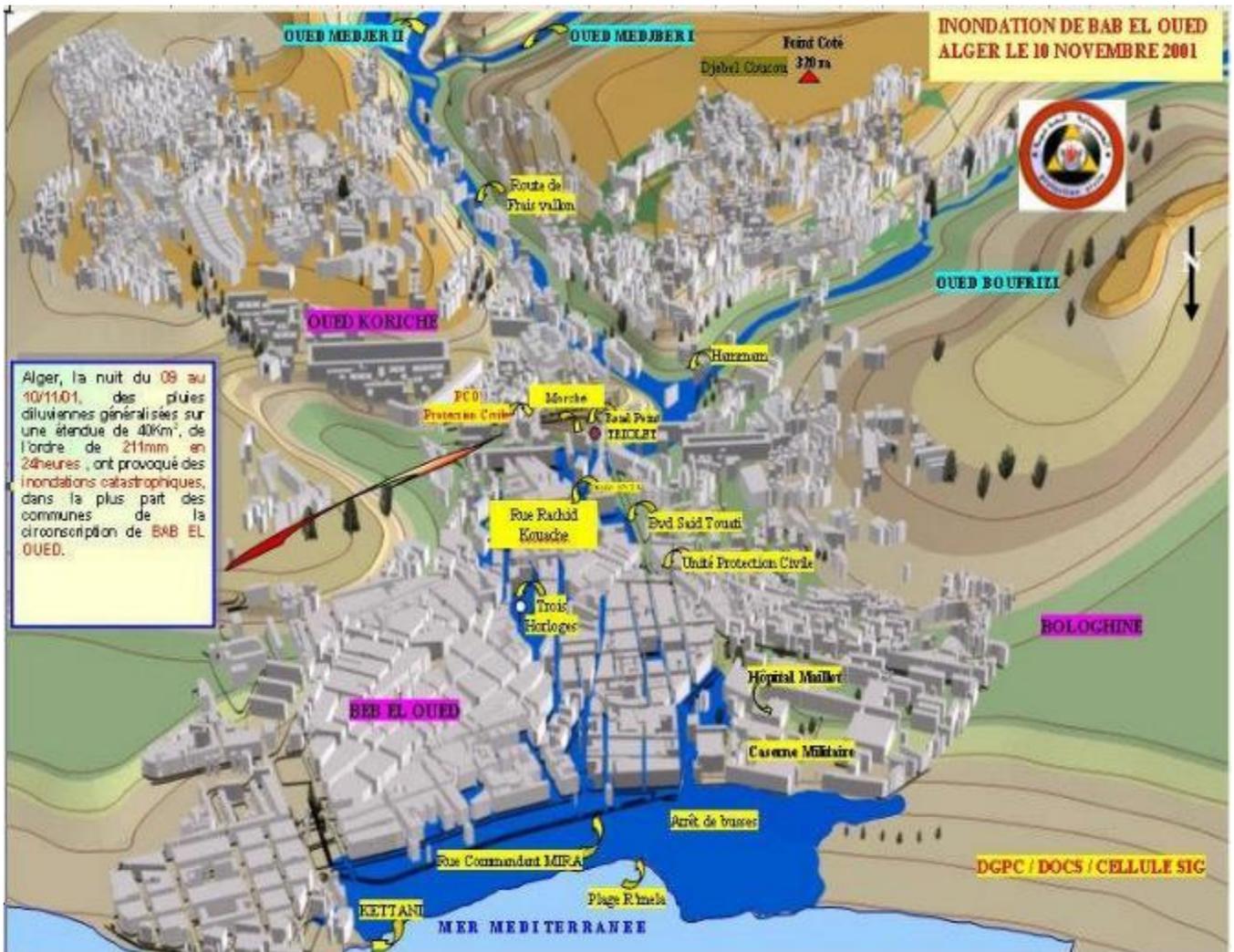


Fig.I.4: Schématisant l'aléa et la vulnérabilité au risque inondation (exemple la localité de Bâb El Oued)

On associe souvent à la notion de crue, la notion de période de retour (crue décennale, centennale, millénaire...), les débits et l'intensité étant d'autant plus importants que la période de retour est plus longue.

Par ailleurs, les dégâts occasionnés par une inondation dépendent de plusieurs facteurs : la hauteur de submersion, la durée de submersion, les vitesses d'écoulement, le volume de matière solide transporté, l'érosion des berges.

Ces paramètres permettent d'évaluer l'aléa inondation et les critères d'identification des zones à risques

Tableau I.1 : l'aléa inondation et les critères d'identification des zones à risques

ALEA	DEFINITION	CRITERES D'IDENTIFICATION
<u>Elevé</u>	Zones où les vitesses de l'écoulement et/ou les hauteurs d'eau peuvent être importantes lors	Ces zones correspondent principalement au lit mineur et à ses abords immédiats (berges instables). fonds des ravines
	Zones où il est envisageable que le talweg principal puisse changer de tracé et/ou évoluer dans son tracé (méandres) .	Le changement de tracé d'un cours d'eau peut se produire lors de débordements importants durant une crue exceptionnelle et/ou par suite d'accumulation ponctuelle importante d'embâcles et/ou d'apports solides
Moyen	Dans ces zones, les vitesses et les hauteurs de submersion pourront être faibles voire moyennes , la durée de submersion étant limitée.	zones de débordement au niveau du lit majeur lors des crues exceptionnelles zones de stagnation des eaux pluviales avec hauteur de submersion relativement importante
Modéré	Zones où les vitesses d'écoulement seront faibles voire nulles	zones de stagnation des eaux pluviales zones inondées par remontée de nappe
Faible à nul	probabilité d'inondation faible à nulle	zones hautes zones en dehors du lit mineur ou majeur d'un cours d'eau zones éloignées de la bordure littorale

Source : (protection civile/ministere de l'interieur et des collectivites locales)

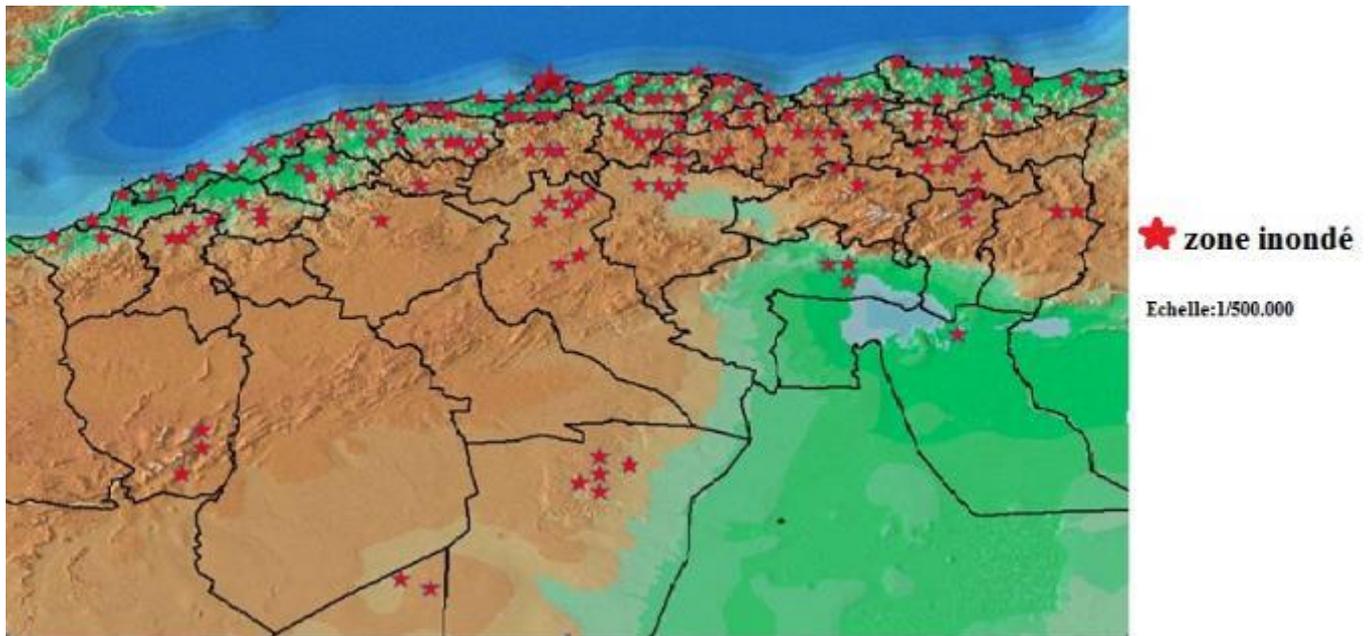


Figure I.5: L'emplacement des inondations les plus catastrophiques des 20 dernières années

I.5 Causes et effets des inondations

Le tableau suivant présent, par wilaya, le nombre de constructions en zones inondables, il fournit une idée de la gravité de la situation que peut générer le double phénomène des inondations et de l'urbanisation (l'année 2008).

Tableau I.2: Habitations construites en zones inondables (2008).

Wilaya	Nombre de constructions	Wilaya	Nombre de constructions
Chlef	2248	Annaba	30 cités et quartiers
Laghouat	3083	Guelma	360
O. E. Bouaghi	1999	Constantine	620
Batna	16261	Médéa	3075
Béjaïa	500	Mostaganem	1633
Biskra	763	M'sila	1185
Bouira	1438	Oran	06 cités
Tamanrasset	1159	Boumerdés	561
Tébessa	17236	El Tarf	2370
Tlemcen	375	Tissemsilt	1340
Tiaret	13	El Oued	766
Alger	14545+ quartiers Merdja et Baraki	Souk Ahras	La plupart des communes
Djelfa	784	Tipaza	2710
Jijel	47(05 zones à risque élevés)	Mila	1663

Tableau I.2: Habitations construites en zones inondables (suite)

Sètif	1261	Ain Defla	7772
Saida	976+ 09 cités	Naama	4924
Skikda	4009	Ain Témouchent	14 zones jouxtant différents lits d'oueds

Source : (protection civile/ministere de l'interieur et des collectivites locales)

Les effets sanitaires se répartissent en trois catégories, selon le moment où ils surviennent :

Effets survenant durant ou immédiatement après l'inondation ;

Effets se développant dans les jours voir les premières semaines suivant l'inondation

Effets à plus long terme, susceptibles d'apparaître après des mois ou des années et/ou durant des mois voire des années.

Toutes ces catégories peuvent se subdiviser en effets directs et indirects sur la santé.

Tableau I.3: Effets sanitaires des inondations

Effets directs	
Causes	Conséquences pour la santé
Rapidité d'écoulement des eaux ; caractéristiques topographiques ; absence d'alerte préalable ; début de la crue ; hauteur atteinte par des eaux ; glissements de terrain ; comportements à risque ; eaux s'écoulant rapidement et charriant des blocs de pierre et des arbres	Noyade ; blessures
Contact avec l'eau	Maladies respiratoires ; choc ; hypothermie ; arrêt cardiaque
Contact avec des eaux polluées	Blessures infectées ; dermatites ; conjonctivites ; maladies gastro-intestinales ; infections ORL ; éventuelles maladies graves d'origine hydrique
Augmentation du stress physique et émotionnel	Risque accru de troubles psychosociaux et d'incidents cardiovasculaires
Effets indirects	
Causes	Conséquences pour la santé
Dégâts subis par les systèmes d'approvisionnement en eau, les systèmes d'épuration et le réseau d'égouts ; approvisionnement insuffisant en eau potable ; approvisionnement insuffisant en eau pour	Éventuelles infections d'origine hydrique (Shigella, hépatite A, leptospirose, giardias,) ; dermatites ; conjonctivites

la toilette	
Perturbation dans les systèmes de transport	Pénurie d'aliments ; gêne pour les secours d'urgence
Dommages causés aux conduites souterraines ; et aux réservoirs de stockage ; inondations de sites abritant des déchets toxiques ; rejets de produits chimiques ; dommages subis par des réservoirs contenant du pétrole, pouvant entraîner des incendies	Effets potentiels aigus ou chroniques dus à une pollution chimique
Eaux stagnantes ; fortes précipitations ; expansion des habitats des vecteurs de maladie	Maladies transmises par vecteurs
Migration des rongeurs	Éventuelles maladies transmises par les rongeurs

Source : (protection civile/ministere de l'interieur et des collectivites locales)

Les effets des inondations ne se limitent pas aux dommages matériels et humains directs ou indirects à la suite des épidémies provoquées par le manque d'eau potable. Les eaux de ruissellement rapides entraînent l'érosion du sol ainsi que des problèmes de dépôts de sédiments. Lorsqu'elles se prolongent, les inondations retardent la circulation, endommagent les systèmes de drainage et compromettent les pratiques agricoles. Les culées de ponts, les rives, les embouchures d'égouts sont endommagées.

Tableau I.4: Effets des inondations sur les services d'AEP et d'assainissement

<i>Services d'eau potable</i>	<i>Services d'assainissement</i>
<ul style="list-style-type: none"> - arrêt de production - mise en distribution d'eau non potable - pression insuffisante - modification des caractéristiques de l'eau distribuée(chimique, physique) 	<ul style="list-style-type: none"> - aggravation des inondations au détriment d'habitations, d'infrastructures ou d'activités économiques - pollution prolongée résultant de l'arrêt de l'épuration

I.5 Conclusion

Une crue est, un niveau inhabituel observé dans un cours d'eau, qui peut causer des dommages importants dans les régions avoisinantes. Les crues varient spatialement et temporairement dans leur intensité et sont souvent caractérisées par leur débit de pointe et leur hydrogramme. Ces derniers sont dus à plusieurs facteurs. En premier lieu, la quantité, l'intensité et l'extension spatiale de l'averse génératrice. En deuxième lieu, les propriétés physio-graphiques tels que la taille, la forme, les pentes et l'orientation du bassin exerçant une large influence. En plus l'intervention humaine et les changements naturels des caractéristiques du bassin augmentant la complexité du problème.

Pour toutes ces raisons, le calcul des crues maximales a suscité de nombreuses recherches, le nombre de formules et de méthodes se compte par dizaines ou plus.

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.

Préambule :

L'urbanisation excessif des espaces naturels sans prendre réellement les effets néfastes

Que peuvent causer les ruissellements des eaux pluviales en cas de fortes pluies qui peuvent se traduire par des inondations en milieu urbain dont les conséquences peuvent être désastreuses (matériels et humaines).

Dans ce présent mémoire, nous prenons la ville de Ain Benian comme base de notre étude concernant la lutte contre les inondations.

Pourquoi Ain Benian, cette commune a connue ces dernières années d'importantes inondations (2001, 2007, 2013).

Notre étude sera focalisée sur le centre-ville de Ain Benian que l'oued Djenan Nour Ellouz en est la principale causalité.

Chapitre II

Présentation de la commune de Ain Benian

I.1 : Présentation de la commune de Ain Benian :

La commune de Ain Benian (Exe Guyot-ville), est situé en aval du massif de la Bouzariah sur le littoral à 15 km à l'ouest d'Alger à 65 km à l'est de Tipaza sur l'axe routier la national N°11.

Elle est délimitée par des barrières naturelles au nord et à l'ouest par la mer méditerranéenne, au sud par l'oued Beni Messous qui constitue la limite administrative avec la commune de Cheraga, à l'est par l'oued kesfer (Grand Roché) qui constitue la limite administrative avec la commune de Hammamet.

Ain Benian est rattachée administrativement à la circonscription administrative de Cheraga Et par conséquent intégré dans la wilaya d'Alger.

Sa superficie avoisine les 1402 hectares.

Jadis Ain Benian jouissait de grandes potentialités agricoles (marchages et vignobles) et de loisir avec son port de pêche et de plaisance, les plages d'el Djamila (ex Lamadrage).

A partir des années 1980, Ain Benian a connu une très forte urbanisation incontrôlée débouchant sur la création de très importante poche de bidonville (cité du 11 décembre, Djenan Nouar Ellouz.....).

La vétusté du patrimoine immobilier d'Alger (Bab El OUED, Belouizdad), l'accroissement de la création des bidonvilles sur l'ensemble de la wilaya d'Alger ont contribuées à la convention progressive des terres agricoles de Ain Benian (zone du Plateau, zone Djenan Nouar louz) en zone d'habitat collectif sans prendre en considération les conséquences environnementales (maitrise des eaux de ruissellement) et sociale qui peuvent en découler [3].



Figure II.1: situation géographique de la ville de Ain-Benian prise de google-map 2019.

I.2 : Histoire de Ain Benian :

Ain Benian tire son nom d'une source située au sud est de la ville, ce n'est qu'après l'indépendance qu'elle retrouvera son nom d'origine.

Durant la colonisation autour de la source de Ain Benian Guyot-ville en tant que village fut créé en 1845 destinée initialement pour la pêche il prit finalement l'option pour un village agricole, qui a grandement prospéré durant la colonisation.

Il est important également de signaler que le reste des dolmens découvertes aux Plateaux sur les berges de l'oued Beni Messous, montre que Ain Benian remonte à la préhistoire 2 ou 3^{ème} siècle avant JC [1].

I.3 : Données naturelles**I.3.1 : Géomorphologie de la commune de Ain Benian.**

Le territoire de la commune de Ain Benian est composé de deux plateaux séparés par une bande en pente raide vers le nord et l'ouest :

Le premier est une bande côtière en forme de « L » à 20 km d'altitude, celle-ci est fractionnée en trois bandes délimitées par le passage de petits oueds qui débouchent sur le bord de mer.

La bande centrale constitue le centre de la ville de Ain Benian cette bande est topographiquement homogène, relativement plate et légèrement irrégulière au nord où elle présente une succession de plages et falaises.

Le second plateau est situé à environ 120m d'altitude il est constitué de terre fertile au centre et au sud de la commune, c'est le cœur de la zone agricole de Ain Benian [4]. .

I.3.2 : Géologie :

On distingue trois types d'unités géologiques :

- Terrain stable : ces terrains sont formés par des terrains stables d'âge quaternaire, dunes consolidées, dunes lapidifiées, forme de grès calcaires argileux-sableux et croute calcaire.
- Terrain métamorphique : ils occupent la bordure de la mer et le sud-ouest. Ces terrains font partie d'un ensemble qui est le massif de la Bouzeriah ce dernier est le résultat d'un métamorphisme qui est accompagné d'une modification importante des roches qui le compose (schistes, Serir schistes, micaschistes, gneiss et des lentilles calcaires) imbriquées dans les micaschistes, ils sont composés des sables argileux et des sables grésifiés fermant les dunes consolidées [4]. .

- Terrain instable : constitué par le biocène supérieur ces terrains sont formés de plaisancier (formation du thalweg du Grand Roché).

I.3.3 : Activité sismique :

De par la présence de la faille marine longeant au large des côtes de Ain Benian, qui induit une très forte sensibilité à l'activité sismique, alors de ce fait elle est classée zone 2 [4].

I.3.4 : Hydrographie

Les marnes du plaisancier au-dessus desquelles se trouvent les lentilles des dunes consolidées, de sable argileux et d'éboulis.

L'épaisseur de cet ensemble n'excède pas les 30 mètres, elle est une fonction de la topographie actuelle et celle du toit imperméable.

Les éboulis sont fréquemment parcourus par des circulations diffuses alimentées par des eaux de ruissèlements qui proviennent de l'amont. Les eaux suivent des cheminements préférentiels sont à l'origine de l'instabilité de ces formations.

Les métamorphiques ne renferment pas de nappe mais des problèmes peuvent se poser dans les zones d'éboulis, cependant les pluies d'hiver qui imbibent fortement les autres zones lui suffisait ce n'est que rarement dans les années de grande sécheresse que la sole ensoufre, environ 600mm sont recueillies par an.

Comme cité précédemment :

- A l'est Ain Benian est délimité administrativement par l'oued Kesfer (Grand Roché).

Cet oued après les inondations de 2001 qui ont posés d'importantes dégâts matériels, a été réaménagé (reprofilage et consolidation des berges).

- Au sud-ouest la limite administrative est définie par l'oued Beni Messous qui malgré les problèmes causés par la submersion du pont RN11, n'a connu aucun aménagement, cette situation en cas de forte pluie peut causer à nouveau d'importante dégât vu les travaux de terrassement du terrain mitoyen (centre sportif de l'usma) des déblais importants sont rejetés sur la berge de l'oued.

Il est toutes fois constaté que les travaux d'aménagement sont en cours en amont sur CW111 au niveau du pont (limite administrative avec cheraga).

Hors de ces deux oueds à l'est de la commune un thalweg (oued Hanouzen) fait office d'acheminement des eaux de ruissèlements vers l'exutoire (la mer), sont bassin versant peut-être défini en amont par le cartier Hanouzan, cartier du 11 décembre ainsi qu'une bonne partie du cartier Clos de la grotte [4].

Remarque :

Malgré les dommages causer en 2001 ou en délore des pertes humaines aucun aménagement fiable n'est constaté, ce problème est lie à l'urbanisation anarchique sur le cheminement de l'oued.

- Au centre du chef-lieu de la commune c'est à dire le centre-ville de Ain Benian : nous retrouvons également un thalweg dénommer l'oued Djenan Nouar Ellouz, qui prend naissance sur les hauteurs de Ain Benian (plateau et Djenan Nouar Ellouz), cet oued objet de ce mémoire de par l'état délabrement total dont il est sujet reste un point noir négative qui a causé des dégâts matériels et humaines par de fréquentes inondations (2001, 2007, 2013).

I.3.5 : Situation climatique : [5].

La commune de Ain-Benian est caractérisée par un climat méditerranéen avec une période froide et pluvieuse entre octobre et mars, et une période chaude et sèche allons du mai à septembre.

➤ **Température :**

Une température moyenne de 25° durant la période sèche et elle peut atteindre une valeur max de 35°, et une température moyenne de 11.35° pendant la période humide.

Le tableau ci-dessous nous montre la variation de la température mensuelle moyenne en 1998.

Tableau II.1 : variation de la température mensuelle moyenne en 2008

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Tem°	11.98	11.78	12.02	14.15	16.5	22.35	24.06	25.23	23.25	19.36	13.06	11.42

Source : ONM de Dair El Baida.

➤ **La pluviométrie :**

La variation mensuelle moyenne des précipitations est donnée dans le tableau I.2.

Tableau II.2 : variation de la précipitation mensuelle moyenne en 2008

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Pluies	90.65	105.6	103.2	90.8	39.58	13.24	7.36	5.24	20.12	87.2	105.6	112

Source : ONM de Dair El Baida.

➤ **Les vents :**

La région est caractérisée par une vitesse des vents faible de direction ouest-est-ouest pratiquement toute l'année. Par contre en été il change de direction des fois vers l'est-nord-est, le tableau ci-dessous nous montre la variation de la vitesse mensuelle moyenne du vent en 1998

Tableau II.3: variation de la vitesse mensuelle moyenne du vent en 200 »8.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Vent	2	2.1	2.3	1.6	1.7	1.4	1.5	1.2	1.3	1.7	2.1	2.2

Source : ONM de Dair El Baida.

I.3.6 : Evaluation de la population :

Pour ce qui concerne la démographie a partir du 20^{ème} siècle la population de la ville de Ain-Benian a augmentée de façon considérable, elle dépasse les 21000 habitants en 1961. Après l'indépendance, Le nombre d'habitants décroît dû essentiellement au départ des colons. A partir de 1966 la population de Ain-Benian est en constante évolution, et dépasse 52000 habitants en 1998, pour atteindre 65315 habitants selon, le dernier recensement 2008 avec un taux d'accroissement de 2.8%.

Pour notre cas, on a une estimation à long terme, pour cela on utilise la formule de la croissance géométrique à l'aide de l'équation de l'intérêt composé. Si on connaît le taux de la croissance annuel de la population on a alors :

$$P_n = P_0 (1+T)^n \dots\dots\dots (II 1).$$

n : Nombre d'années pendant lesquelles il y a croissance, c'est la différence en années entre l'année de référence (Année du dernier recensement)

Et l'année de l'horizon de calcul.

T : Taux de croissance de la population considérée T = 2.8%

Pn : population à l'horizon de calcul.

P0 : population de référence (au dernier recensement en 2008).

Pour notre cas : P₀=65315 hab.

Tableau II.4 : évolution de la population

Horizon	2008	2019	2049
Nmbr populations	65315	88491	202625

I.3.7 : Caractéristiques socio-économiques : [5].**a) : Infrastructures et équipements existantes :**

Les infrastructures de la ville sont résumées dans le tableau ci-dessus :

Tableau II.5 : équipements et infrastructures

Equipement	Nombre
Ecole primaire	27
Cem et lycée	9
Ecoles supérieurs et instituts	3
Bibliothèque et maison de jeunesse	3
Gendarmeries et commissariats	6
Protection civil	1
Mosquée	9
Stade communal	1
Centre de santé polycliniques	6
Hotels	5

b) : activités industrielles :

L'industrie est représentée à Ain-Benain par des petites et moyennes entreprises spécialisées notamment dans le textile, la construction métalliques, la confiserie, et l'agroalimentaire, l'habillement, le cosmétique et l'industrie pharmaceutique.

c) Activités touristiques :

Située à l'ouest de la ville, la zone d'El Djamila (ex : la Madrague) constitue la zone touristique actuelle, telle qu'elle a été définie par le schéma directeur d'aménagement touristique élaboré en 1986, elle est composée par :

- L'espace agglomérés touristiques : un ensemble d'habitation individuels de types colonial (1036 villas at 15 cabanons) et de type moderne Algérien, un ensemble d'équipements touristiques et de détente notamment des restaurants et un port de pêche et de plaisance.
- Une zone d'expansion touristique : située au Sud-Ouest de la commune, elle occupe une superficie de 57ha, elle comporte une station d'épuration qui s'étend sur une superficie de 22ha

La zone touristique « El Djamila » possède des valeurs touristiques très importante, entre autres :

- ✓ Sa situations situation à proximité des agglomérations touristiques Sidi FERRADJ ET Club des Pains, et le foret de Bainemen en tant que centre de loisir.
- ✓ Sa cote en forme de « L » côté Nord et Ouest de 10 klm de longueur.
- ✓ Sa morphologie jouissant de l'existence de plusieurs endroit panoramique.

Les activités touristiques à Ain-Benian se résume dans :

- ✓ Un port de plaisance et de pêche d'El Djamila.
- ✓ Plusieurs restaurant de renommées internationales.
- ✓ De nombreuses petites plages, constituées de sable doux et de rocher, qui sont combles durant la saison estivale.

I.3.8 : Situation hydraulique : [5].**a) : Alimentation en eau potable :**

La commune de Ain-Benian est alimentée à partir du champ de captage Mazafran « chaine côtière ». Ses besoins sont estimés à 12 000 m³/j, cependant la quantité allouée est de 5000 à 6000 m³/j. les réservoirs de stockages sont au nombre de 9, d'une capacité fonctionnels de 20 000 m³.

Tableau II.6 : les différents réservoirs de stockage de la commune de Ain-Benian.

Lieu	Capacité en m ³	Etage d'alimentation
Cité belle vue	2*5000	Centre-ville
Cité belle vue	2*750	Partie haute de la ville
Cité belle vue	1000	Partie haute de la ville
Grand rocher	750	Communal 14 et grand rocher
Plateau	2*3000	
Plateau	1500	

La commune est raccordée au réseau AEP à 67.42%, les quartiers de plateau, Grand roché et Djenane Nouar El Louz sont les plus dépourvus du raccordement. 11.65% sont alimentés par les puits recensés sur la commune, alors que 2.61% exploitent les 214 sources de Ain-Benian (en 2008).

b) Assainissement :

L'assainissement des eaux usées à Ain-Benian est assuré en général par le réseau d'égout. En effet, Le taux de raccordement est à 70.16%. Alors que l'assainissement par fosses représente 19.37 selon l'RGPH 98.

D'après la subdivision d'hydraulique de la daïra de Cheraga et l'APC de Ain-Benian, le réseau d'assainissement existant est de type unitaire vétuste et sous dimensionné. Nécessite une réhabilitation.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons cité les données de base nécessaires concernant notre zone d'étude qui vont nous servir pour l'élaboration de notre étude, qui consiste à protéger la ville de Ain-Benian contre les inondations.

Chapitre III

Etude hydrologique

Introduction

L'étude hydrologique est la première étape qui permet d'aboutir à une étude de protection contre les inondations.

Cette partie détaille les paramètres hydrologiques qui interviennent dans les projets de lutte contre les inondations.

L'étude hydrologique a pour but :

- Déterminer les paramètres morphologiques du bassin versant.
- L'étude des pluies maximales journalières.
- Déterminer les caractéristiques de la crue (débit maximal) pour différentes périodes de retour.

I : Caractéristiques hydro-morphologiques :**I.1: Définition du bassin versant :**

Le bassin versant en un point ou plus précisément dans une section droite d'un cours d'eau, est défini comme la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de ladite section, tous les écoulements prenant naissance à l'intérieur de cette surface doivent traverser la section droite considérée pour poursuivre leur trajet vers l'aval [6].

I.2 : Caractéristique morpho métrique : [7]**I.2.1 : La surface :**

C'est le paramètre le plus important du bassin parce qu'il permet de contrôler l'intensité de plusieurs phénomènes hydrologiques tels que le débit le volume de précipitations ou infiltration.

La surface du bassin versant est obtenue par le logiciel MAPINFO sur la carte topographique de CHERAGA échelle 1/25 000. Elle sera exprimée en « Km² ».

S = 1.45 Km².

I.2.2 : Le périmètre :

Le périmètre « p » correspond la limite extérieure du bassin versant, il est défini par les lignes de crêtes.

Le périmètre est obtenu par le logiciel MAPINFO exprimé en « Km ».

P = 6.73 Km.

I.2.3 : La longueur du cours d'eau principal :

C'est la longueur du cours d'eau le plus long dans le réseau hydrographique.

La longueur du cours d'eau principale est exprimée en « Km ».

L = 1.15 Km.

I.2.4 : Caractéristiques de forme :

d.i. indice de compacité de Gravelius K_C :

Appelé aussi indice de forme, il caractérise la forme du bassin versant exprime son allongement, il est défini comme le rapport entre le périmètre du bassin P et le périmètre du cercle de rayon R ayant la même superficie.

$$K_C = \frac{P}{2\pi\sqrt{\frac{S}{\pi}}} \approx 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{S}} \dots\dots\dots (III.1)$$

Avec :

P : le périmètre.

S : surface.

Si $K_C = 1 \Rightarrow$ bassin ramassé.

$K_C > 1 \Rightarrow$ bassin allongé.

Dans notre cas on : $K_C = 1.56$.

Donc on est en présence d'un bassin versant de forme allongée.

d.ii. Rectangle équivalent :

Le rectangle équivalent est défini comme le rectangle de dimension L et l ayant la même surface que le bassin versant. Il permet de comparer les bassins versants entre eux du point de vue de l'écoulement. Les courbes de niveau sont des droites parallèles aux petits cotés du rectangle et l'exutoire est l'un de ces petits cotés.

$$L = \frac{K_C \cdot \sqrt{S_{BV}}}{1,128} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,128}{K_C} \right)^2} \right) \dots\dots\dots (III.2)$$

$$l = \frac{K_C \cdot \sqrt{S_{BV}}}{1,128} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,128}{K_C} \right)^2} \right) \dots\dots\dots (III.3)$$

Application numérique :

$L = 2.81$ km.

$l = 0.51$ km.

Tableau III.1 : les caractéristiques morphométriques du bassin versant.

Bassin	Surface (km ²)	Périmètre (km)	K_C (km)	L (km)	l (km)
Valeur (km)	1.45	6.73	1.56	2.81	0.51

I.3 : Relief :

L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures... etc.) et la morphologie du bassin. En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement.

I.3.1 : La courbe hypsométrique :

Cette courbe exprime le pourcentage de la superficie du bassin versant au-delà d'une certaine altitude. Elle porte en ordonné les altitudes et en abscisse la surface cumulée.

Tableau III .2 : répartition en pourcentage de la surface élémentaire

Altitude (m)	Altitude Hi (m)	Surface partielle (Km ²)	Surface partielle (%)	Surface cumulée (%)
120-132	126	0.061	4.24	0.66
100-120	110	0.911	62.55	9.52
80-100	5090	0.168	11.59	16.29
60-80	70	0.077	5.33	21.62
40-60	50	0.098	6.77	33.21
20-40	30	0.129	8.86	95.76
15-20	17.5	0.009	0.66	100

A l'aide de ce tableau on construira la courbe hypsométrique du bassin versant.

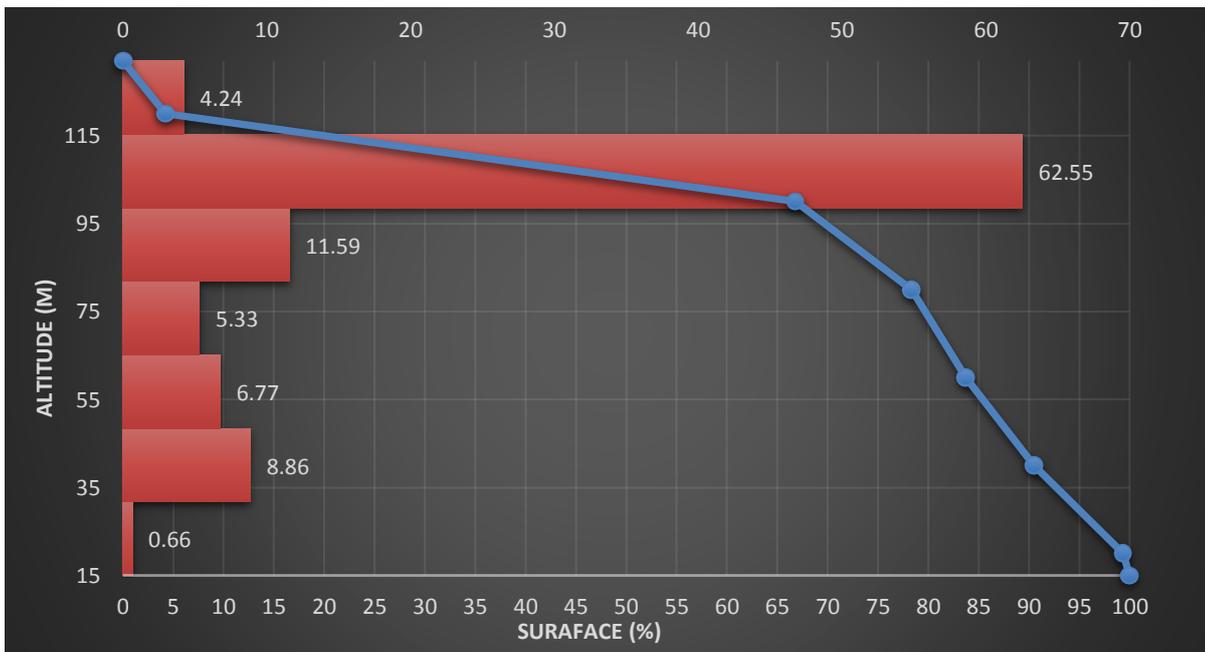


Figure III.1 : la courbe hypsométrique d'oued Djenane Nour Ellouze.

I.3.2 : Les altitudes caractéristiques :

➤ **L'altitude minimale et maximale :**

Elles sont obtenues directement a partir de la carte topographique, l'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin versant tandis que l'altitude minimale représente le point le bas.

$$H_{MAX} = 132 \text{ m.}$$

$$H_{MIN} = 15 \text{ m.}$$

➤ **L'altitude médiane $H_{50\%}$:**

Elle déterminer a partir de la courbe hypsométrique.

$$H_{50\%} = 105 \text{ m.}$$

➤ **L'latitude moyenne H_{moy} :**

Elle déterminer par la formule suivante :

$$H_{moy} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i H_i}{S} \dots\dots\dots(III.4)$$

Avec : $H_i = \frac{H_{I+n} + H_n}{2} \dots\dots\dots(III.5)$

Avec : H_i : Altitude moyenne entre deux courbes de niveaux consécutives en **m**.

S_i : surface partielle comprise entre 2 courbes de niveaux consécutives en **km²**.

S : surface totale du sous bassin en **km²**.

A.N : $H_{moy} = 94.52 \text{ m.}$

Tableau III .3 : les altitudes caractéristiques du bassin versant d'oued Djenane Nouar Ellouz.

Altitude	H_{max}	H_{min}	$H_{50\%}$	H_{moy}
Valeur (m)	132	15	105	94.52

I.3.3 : L'indice de pente globale I_g :

Il est défini comme étant le rapport entre l'altitude comprise entre 5% et 95% de la surface du sous bassin et la longueur du rectangle équivalant. On prend deux points S_1, S_2 sur l'axe des abscisses tels que 90% de la surface du sous bassin soit comprise entre ces deux valeurs et que 5% de la surface totale du sous bassin soit inférieure à S_1 et 5% soit supérieure à S_2

Les altitudes correspondantes sont lues sur la courbe hypsométrique. L'indice de pente global est donné par la formule suivante :

$$I_g = \frac{D}{L} = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L} \dots\dots\dots(III.6)$$

Avec :

D : dentelée 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%}, elles sont déterminées a partir de la courbes hypsométrique.

H_{5%} = 119 (m).

H_{95%} = 30 (m).

A.N: I_g = 0,03.

La classification des reliefs est présentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau III .4 : Classification du relief (O.R.S.T.O.M).

R1	Relief très faible	$I_g < 0.002$
R2	Relief faible	$0.002 < I_g < 0.005$
R3	Relief assez faible	$0.005 < I_g < 0.01$
R4	Relief modéré	$0.01 < I_g < 0.02$
R5	Relief assez fort	$0.02 < I_g < 0.05$
R6	Relief fort	$0.05 < I_g < 0.1$
R7	Relief très fort	$0.1 < I_g$

Dans notre cas : I_g= 0.03

Donc notre relief est de classe R5, c'est-à-dire relief assez fort.

I.3.4 : La pente moyenne du bassin versant Im :

La pente moyenne est une caractéristique importante qui renseigne sur la topographie du bassin. Elle est considérée comme une variable indépendante. Elle donne une bonne indication sur le temps de parcours du ruissellement direct (donc sur le temps de concentration T_c) et influe directement sur le débit de pointe lors d'une averse.

Elle est donnée par la formule suivante :

$$I_m = \frac{\Delta H}{L} = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \dots\dots\dots(III.6)$$

Avec :

ΔH:La plus grande dénivelée (m).

H_{max} : l'altitude maximale (m).

H_{min} : l'altitude minimale (m).

L : la longueur du rectangle équivalent.

A.N: $I_m = 4.2 \%$.

I.4. Le réseau d'écoulement :

I.4.1. La pente moyenne du cours d'eau principal I_c :

Elle exprime le rapport entre la dénivelée et la longueur comprise entre deux points suffisamment éloignés sur le cours d'eau principal. Elle est donnée par la formule suivante :

$$I_c = \frac{\Delta H}{\Delta L} \dots \dots \dots (III.7)$$

Avec : I_c : pente moyenne du cours d'eau (m/km).

ΔH : dénivellation entre deux points suffisamment distante (m).

ΔL : longueur du cours d'eau principal (km).

A.N: $I_c = 6.7\%$.

I.4.2. Temps de concentration du bassin versant T_c :

Le temps de concentration est un paramètre très important dans l'étude hydrologique, il est défini comme étant le temps mit par la goutte d'eau la plus hydrauliquement éloignée pour atteindre l'exutoire.

Ce temps a une influence directe sur l'ampleur de la crue, donc il condition les débits de la crue.

Le temps de concentration sera estimé à l'aide de 3 formules empiriques :

a) Formule de Kirpiche :

Elle s'applique dans les bassins urbanisés

$$T_c = \frac{0.000325.L^{0.77}}{I^{0.358}} \dots \dots \dots (III.7)$$

Avec : L : longueur de la cour d'eau principal.

I : la dénivelée.

b) Formule de Ventura :

Elle s'adapte aux bassins versants dont la surface est comprise entre 1 km² et 20km².

$$T_c = 7.62 \left(\frac{S}{I}\right)^{0.5} \dots \dots \dots (III.8)$$

Avec : S : la surface du bassin (km²).

I : la pente moyenne.

c) **Formule de Giandotti :**

$$T_c = \frac{4\sqrt{S}+1.5L}{0.8\sqrt{H_{moy}-H_{min}}} \dots\dots\dots(III.9)$$

Avec : L : la longueur de la cour d'eau principal (Km).

S : la surface du bassin versant (Km²).

H_{moy} : l'altitude moyenne (m)

H_{min} : l'altitude minimale (m).

Les résultats de calcul du temps de concentration par ces différentes méthodes sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III .5 : résultats de calcul du temps de concentration.

Formule	Kripiche	Ventura	Giandotti
T _c (min)	20.37	35.44	55min

Interprétation :

D'après les résultats on remarque que la formule de Giandotti ne s'adapte pas bien pour notre bassin versant vue que sa valeur est très grande par rapport aux 2 autres méthodes utilisées. Donc pour déterminer le temps de concentration du bassin nous prendrons la valeur obtenue par la formule de Kripiche .

Tc= 20.37 min.

Tableau III.6 : Récapitulation des caractéristiques hydro-morpho métriques du bassin versnt de l'oued Djenan Nouar Ellouz.

Caractéristiques	Notion	Unité	Valeurs
Morphométrie			
Surface	S	Km ²	1.45
Périmètre	P	Km	6.79
Longueur du cours d'eau principal	L _c	Km	1.25
Indice de compacité	K _c		1.54
Longueur du rectangle équivalent	L	Km	2.81
Largueur du rectangle équivalent	L	Km	0.54

Relief			
Altitude maximale	H_{max}	m	132
Altitude moyenne	H_{moy}	m	94.52
Altitude médiane	$H_{50\%}$	m	105
Altitude minimal	H_{min}	m	15
Indice de pente globale	I_g	%	0.03
Pente moyenne du bassin	I_m	%	4.2
Réseau d'écoulement			
Pente du cours d'eau	I_c	%	6.3
Temps de concentration	T_c	min	20.37

II : Analyse des données pluviométriques : [6]

II.1 : Données disponibles :

Le bassin versant de l'oued Djenan Nouar Ellouz est dépourvu d'une station pluviométrique et hydrométrique, nous avons alors eu recours aux stations avoisinantes, dont les caractéristiques sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.7 : caractéristique de la station pluviométrique utilisée.

Nom de la station	Code	X (km)	Y (km)	Z (m)	Nombre d'observation
birmouradrais	020509	531.1	382.8	130	62

Source : l'ANRH Alger

II.2 : Etude des Pluies maximales journalières :

L'étude consiste à faire un ajustement pour la série de données des pluies maximales journalières par une loi théorique afin de déterminer une intensité de pluie de durée et de période retour donnée.

Tableau III.8 : pluies maximales journalières de la station de Bir-Mourad-Rais

Année	$P_{j,max}$ (mm)	Année	$P_{j,max}$ (mm)
1952	61.5	1983	63.8
1953	33.3	1984	115
1954	135.2	1985	38.1
1955	47.1	1986	64
1956	27.5	1987	45.2
1957	108.3	1988	75
1958	77.8	1989	58
1959	74	1990	30.5
1960	44.8	1991	55.4
1961	70	1992	69.4
1962	66.7	1993	69
1963	85.5	1994	45.4
1964	104.5	1995	75.3
1965	48.5	1996	57.2

1966	61.2	1997	58.7
1967	80.2	1998	38.6
1968	53.9	1999	64.5
1969	106.5	2000	47.7
1970	86.4	2001	125
1971	85.8	2002	45
1972	136	2003	62.7
1973	94.6	2004	67.8
1974	57.4	2005	79.7
1975	57.9	2006	45
1976	46.8	2007	71
1977	58.4	2008	34.8
1978	87	2009	53.6
1979	56	2010	41.5
1980	41.2	2011	64.5
1981	57.1	2012	116.5
1982	90.7	2013	59.5

Source : ANRH Alger

Les caractéristiques de la série sont données dans le tableau suivant :

Tableau III.9 : caractéristiques de la série pluviométrique.

Nombre d'observation	Maximum	Minimum	Moyenne	Médiane	Ecart type	Cs
62	136	27.5	67.4	62.1	25.3	0.375

II.2.1 : Vérification de l'homogénéisation de la série pluviométrique :

La vérification de l'homogénéisation de la série pluviométrique est indispensable avant de passer à l'ajustement, elle consiste en :

- La détection des anomalies dans la série pluviométrique.
- La correction de ces anomalies par des méthodes appropriées.

Pour vérifier l'homogénéisation de notre série on fait appel au test de la médiane (test de Moody), qui consiste en :

- Classer les valeurs de la série en ordre décroissant.
- Calculer la médiane (M).
- Remplacer la série des valeurs non classées par suite de signe :
 - + : pour $X_i > M$.
 - : pour $X_i < M$.
- Calculer les quantités N_s et T_s .
 - Avec : N_s : nombre total de séries de + ou de -.
 - T_s : taille de la plus grande série de + ou de -.

- Vérification des conditions suivantes :

$$- N_S > \frac{1}{2}(N + 1 - U_{1-\frac{\alpha}{2}}\sqrt{N - 1}) \dots\dots\dots(\text{III.10})$$

$$- T_S < 3.35 \log_{10}(N + 1) \dots\dots\dots(\text{III.11})$$

Avec : N : taille de l'échantillon.

U : variable réduite de Gauss pour une probabilité de $1-\frac{\alpha}{2}$.

Tableau III.10 : calcul des paramètres de test de la médiane.

Année	P _{j, max}	Rang	Classement décroissant	Signe	Année	P _{j, max}	Rang	Classement décroissant	Signe
1952	61.5	1	136	-	1983	63.8	32	61.5	+
1953	33.3	2	135.2	-	1984	115	33	61.2	+
1954	135.2	3	125	+	1985	38.1	34	59.5	-
1955	47.1	4	116.5	-	1986	64	35	58.7	+
1956	27.5	5	115	-	1987	45.2	36	58.4	-
1957	108.3	6	108.3	+	1988	75	37	58	+
1958	77.8	7	106.5	+	1989	58	38	57.9	-
1959	74	8	104.5	+	1990	30.5	39	57.4	-
1960	44.8	9	94.6	-	1991	55.4	40	57.2	-
1961	70	10	90.7	+	1992	69.4	41	57.1	+
1962	66.7	11	87	+	1993	69	42	56	+
1963	85.5	12	86.4	+	1994	45.4	43	55.4	-
1964	104.5	13	85.8	+	1995	75.3	44	53.9	+
1965	48.5	14	85.5	-	1996	57.2	45	53.6	-
1966	61.2	15	80.2	-	1997	58.7	46	48.5	-
1967	80.2	16	79.7	+	1998	38.6	47	47.7	-
1968	53.9	17	77.8	-	1999	64.5	48	47.1	+
1969	106.5	18	75.3	+	2000	47.7	49	46.8	-
1970	86.4	19	75	+	2001	125	50	45.4	+
1971	85.8	20	74	+	2002	45	51	45.2	-
1972	136	21	71	+	2003	62.7	52	45	+
1973	94.6	22	70	+	2004	67.8	53	45	+
1974	57.4	23	69.4	-	2005	79.7	54	44.8	+
1975	57.9	24	69	-	2006	45	55	41.5	-
1976	46.8	25	67.8	-	2007	71	56	41.2	+
1977	58.4	26	66.7	-	2008	34.8	57	38.6	-
1978	87	27	64.5	+	2009	53.6	58	38.1	-
1979	56	28	64.5	-	2010	41.5	59	34.8	-
1980	41.2	29	64	-	2011	64.5	60	33.3	+
1981	57.1	30	63.8	-	2012	116.5	61	30.5	+
1982	90.7	31	62.7	+	2013	59.5	62	27.5	-

Tableau III.11 : résultat du test de la médiane

Ns	31
Ts	5
$\frac{1}{2}(N + 1 - U_{1-\frac{\alpha}{2}}\sqrt{N-1})$	23.72
$3.35 \log_{10}(N + 1)$	6.02
Condition (II.10)	$31 > 23.72$
Condition (II.11)	$5 < 6.02$

Les conditions du sont vérifiées on conclut que notre série est homogène donc on peut procéder à l’ajustement.

II.2.2 : Choix de la loi d’ajustement :

Les lois d’ajustement des séries pluviométriques sont nombreuses, les critères du choix d’une loi sont liés à un ajustement graphique d’abord ensuite à un test de dispersion, l’allure des points sur le papier à probabilité permet d’accepter ou rejeter la loi.

Dans présent travail nous avons fait l’ajustement des pluies maximales journalières à deux lois : la loi de Galton (log normal) et la loi de Gumbel (doublement exponentielle).

L’ajustement des pluies maximales journalières nous l’avons fait à l’aide du logiciel HYFRAN ainsi que le test d’adéquation.

a) L’ajustement à la loi de Gumbel :

La fonction de réparation de la loi de Gumbel est donnée par formule suivante :

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x-x_0}{\alpha}}} \dots\dots\dots (III.12)$$

Par un changement de variable on pose :

$$Y = \frac{x-x_0}{\alpha} \dots\dots\dots (III.11)$$

Avec :

Y : variable réduite de Gumbel.

X₀ : paramètre de position.

α : paramètre d’échelle différent de zéro et positive.

x : variable étudiée.

L’expression d’un quantile s’écrit comme suite :

$$X = \alpha Y + X_0 \dots\dots\dots (III.12)$$

Avant de procéder à l’ajustement il faut suivre les étapes suivantes :

- Classement des valeurs par ordres croissant avec attribution d’un rang.
- Calculer la fréquence expérimentale pour chaque valeur de précipitation par la formule de Hazan :

$$F(x) = \frac{m-0.5}{N} \dots\dots\dots(III.13)$$

Avec :

m : le rang de précipitation.

N : le nombre d’observation.

- Calculer la variable de Gumbel pour chaque valeur observée :

$$Y = -\ln(-\ln(F(x))) \dots\dots\dots(III.14)$$

- Représenter graphiquement les valeurs de X et Y sur le papier Gumbel.
- On calcule les paramètres α et X_0 .

Les paramètres ainsi que les caractéristiques de la population avec la loi de Gumbel (par la méthode maximum de vraisemblance) sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau III.12 : paramètres et caractéristiques de la population avec la loi de Gumbel.

Nombre d’observation	62
A	19.70
X_0	56.03
Moyenne	67.4
L’écart type	25.3
Médiane	63.3
Cs	0.375

Calcul des quantiles :

Tableau III.13 : calculer des quantiles par la loi de Gumbel :

T(ans)	Q	Xt	Ecart type	Intervalle de confiance
1000	0.999	159	11.4	156-229
100	0.99	145	10.1	122-171
50	0.98	132	10.8	112-154
20	0.95	114	8.76	98-131
10	0.9	99.7	7.03	87.2-114
5	0.8	85.1	5.74	75.9-95.3
2	0.5	63.1	2.89	57.5-69

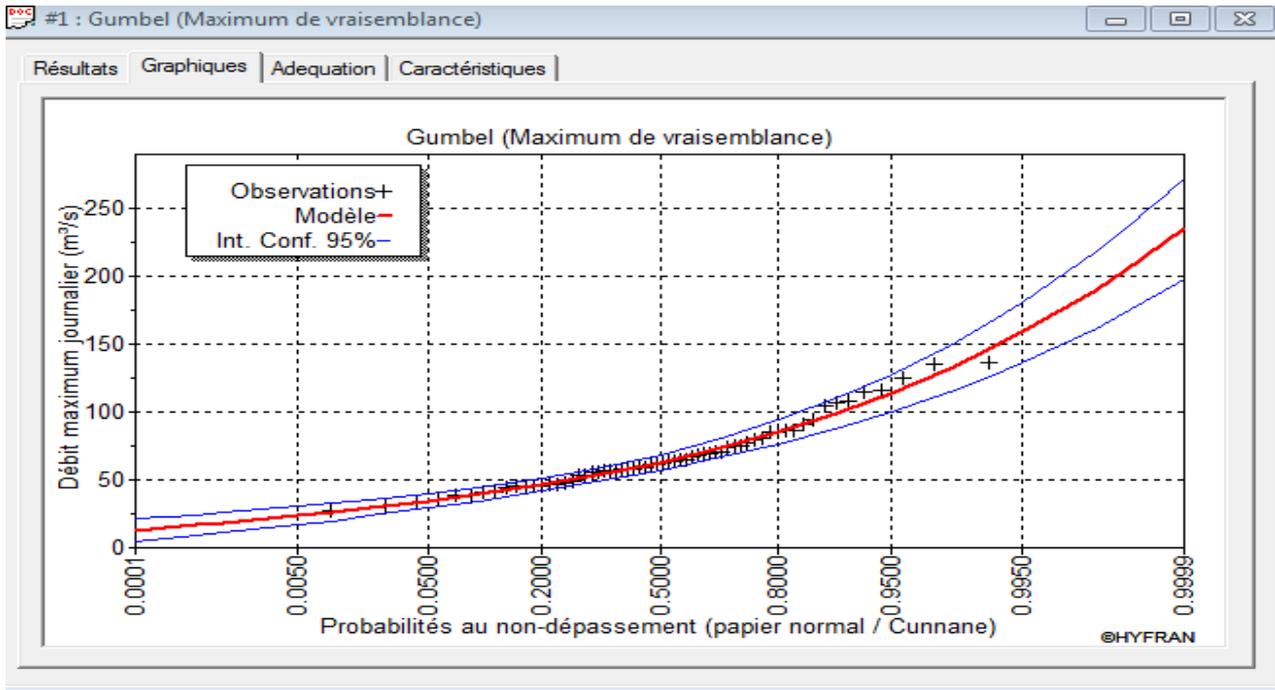


Figure III.2 : graphe d’ajustement à la loi de Gumbel

b) Ajustement a la loi normale (Galton) :

La fonction de répartition de la loi de Galton est donnée par la formule suivante :

$$F(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} du \dots\dots\dots(III.15)$$

Avec : u : la variable réduite de Gauss.

$$u = \frac{\ln x - \overline{\ln x}}{\sigma_{\ln x}} \dots\dots\dots(III.16)$$

L’équation de la droite de Galton sera donnée par la formule :

$$\ln x = \overline{\ln x} + u\sigma_{\ln x} \dots\dots\dots(III.17)$$

Tableau III.14 : paramètres et caractéristiques de la population avec la loi de Galton.

Nombre d’observation	62
μ	4.14554
σ	0.362966
Moyenne	67.5
L’écart type	25.3
Médiane	63.2
Cs	0.375

Calcul des quantiles :

Tableau III.15 : calculer des quantiles par la loi de Galton :

T(ans) (Période de retour)	q (Fréquence)	Xt(mm)	Ecart type	Intervalle de confiance
1000	0.999	194	18.6	151-236
100	0.99	147	12.6	121-173
50	0.98	133	10.8	112-154
20	0.95	115	8.47	98-131
10	0.9	101	6.7	88.3-111
5	0.8	85.7	4.96	76.7-94.7
2	0.5	63.2	2.95	57.5-68.9

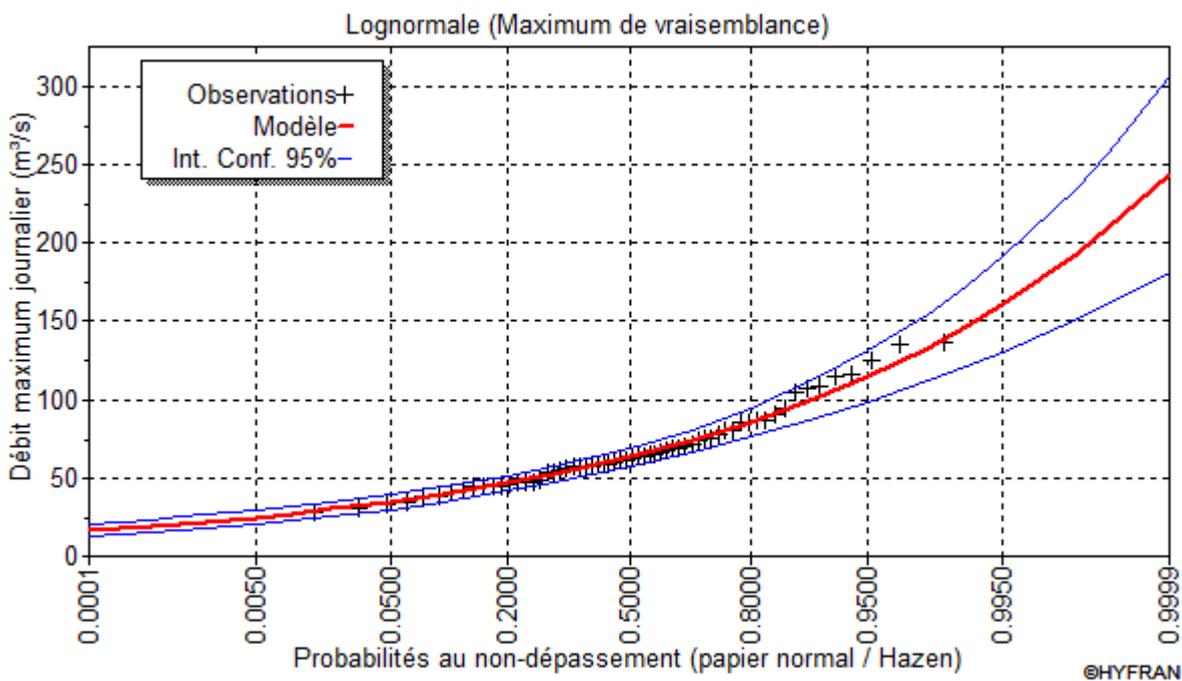


Figure III.3 : graphe d’ajustement à la loi de Galton (log normal)

C) : Test d’adéquation de χ^2 :

Pour pouvoir choisir la loi la mieux ajustée, on doit comparer le $\chi^2_{théorique}$ avec le $\chi^2_{calculé}$ à un risque de 5%.

Tableau III.16 : résultat du test du χ^2 :

Loi	Galton	Gumbel
$\chi^2_{théorique}$	12.86	12.86
$\chi^2_{calculé}$	3.16	3.16
Degré de liberté	7	7

Interprétation des résultats :

D’après l’analyse des graphes d’ajustements des deux lois Galton et Gumbel on constat que les droites d’ajustement sont bien ajustées par rapport aux nuages des points. Et apartir des résultats du test du χ^2 , on a le $\chi^2_{théorique}$ est inférieur au $\chi^2_{calculé}$ pour les deux lois utilisées et les deux lois on le même nombre de degré de liberté. Donc on peut travailler avec les deux modèles.

Pour notre cas on choisira la loi log normale (Galton).

II.2.3 : Les pluies de courte durée :

Le passage des pluies maximales journalières aux pluies de courtes durées est effectué à l’aide de la formule de K. Body (1984).

$$P_{cd} = P_{max.j. p\%} \left(\frac{t}{24}\right)^b \dots\dots\dots (III.17)$$

Avec : t : durée de l’averse.

b : exposant climatiques qui vaux 0.42 (selon l’ANRH d’Alger) .

Pcd : pluie de courte durée.

Pmax.j. p% : pluie maximale journalière de fréquence p%.

Les intensités maximales de durées t(h) et période de retour T (ans) sont calculées par la formule suivante :

$$I_{cd} = \frac{P_{cd}}{t} \dots\dots\dots (III.18)$$

Avec : I : intensité de période t(h).

Les résultats du calcul des pluies et intensités maximales du durée t(h) et période de retour T sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.17 : pluies et intensités maximales de durée t(h) et période de retour T(ans).

Quantiles (mm)	147		133		115		101		85.7	
T(ans)	100		50		20		10		5	
T(h)	Pct (mm)	It								
1	38.9	38.9	35	35	30.27	30.27	26.58	26.58	22.55	22.55
2	51.77	25.88	46.84	23.42	40.5	20.25	35.57	17.78	30.18	15.09
3	61.38	20.46	55.53	18.51	48.01	16	42.17	14.05	35.78	11.92
4	69.26	17.31	62.66	15.67	54.18	13.54	47.59	11.89	40.4	10.1
5	76.06	15.21	68.82	13.76	59.5	11.90	52.26	10.45	44.34	8.86
6	82.12	13.68	74.3	12.38	64.24	10.70	56.42	9.4	47.86	7.98
7	87.61	12.51	79.27	11.32	68.54	9.79	60.2	8.6	51.07	7.29
8	92.66	11.58	83.84	10.48	72.5	9.06	63.67	7.95	54.02	6.75
9	97.36	10.81	88.09	9.78	76.17	8.46	66.89	7.4	56.76	6.3
10	101.77	10.17	92.08	9.2	79.61	7.96	69.92	6.99	59.33	5.93
11	105.93	9.63	95.84	8.12	82.86	7.53	72.78	6.61	61.75	5.61
12	109.87	9.15	99.40	8.28	85.95	7.16	75.48	6.29	64.05	5.33
13	113.63	8.74	102.81	7.90	88.89	6.83	78.07	6	66.24	5.09
14	117.22	8.37	106.05	7.57	91.7	6.55	80.54	5.75	68.33	4.88
15	120.66	8.04	109.17	7.27	94.4	6.29	82.90	5.52	70.34	4.69
16	123.98	7.75	112.17	7.01	96.99	6.06	85.18	5.32	72.28	4.5
17	127.18	7.48	115.06	6.76	99.49	5.85	87.38	5.14	74.14	4.36
18	130.27	7.24	117.86	6.54	101.91	5.66	89.50	4.97	75.94	4.21
19	133.26	7.01	120.57	6.34	104.25	5.48	91.56	4.81	77.69	4.08
20	136.16	6.81	123.19	6.15	106.52	5.32	92.55	4.67	79.38	3.96
21	138.98	6.61	125.75	5.98	108.73	5.17	95.49	4.54	81.02	3.85
22	141.72	6.44	128.23	5.82	110.87	5.03	97.37	4.42	82.62	3.75
23	144.39	6.28	130.64	5.62	112.96	4.91	99.21	4.31	84.18	3.66
24	147	6.12	133	5.54	115	4.79	101	4.2	85.7	3.57

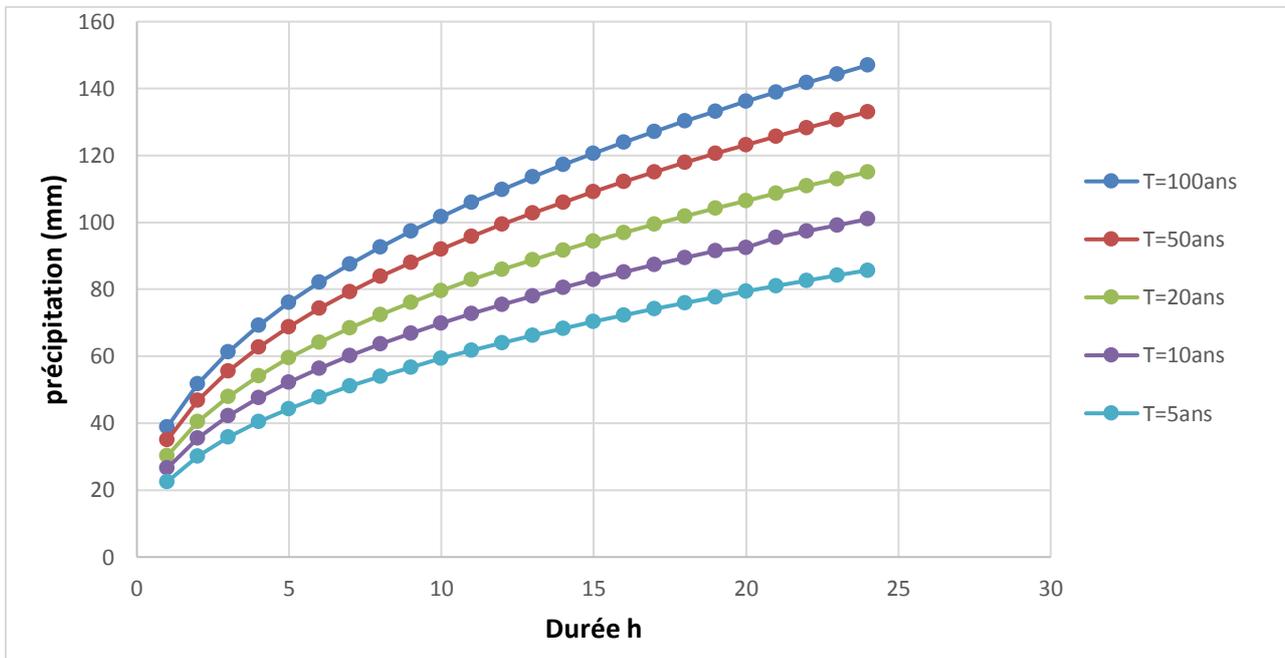


Figure III.4 : les précipitations en fonction du temps pour les différentes périodes de retour

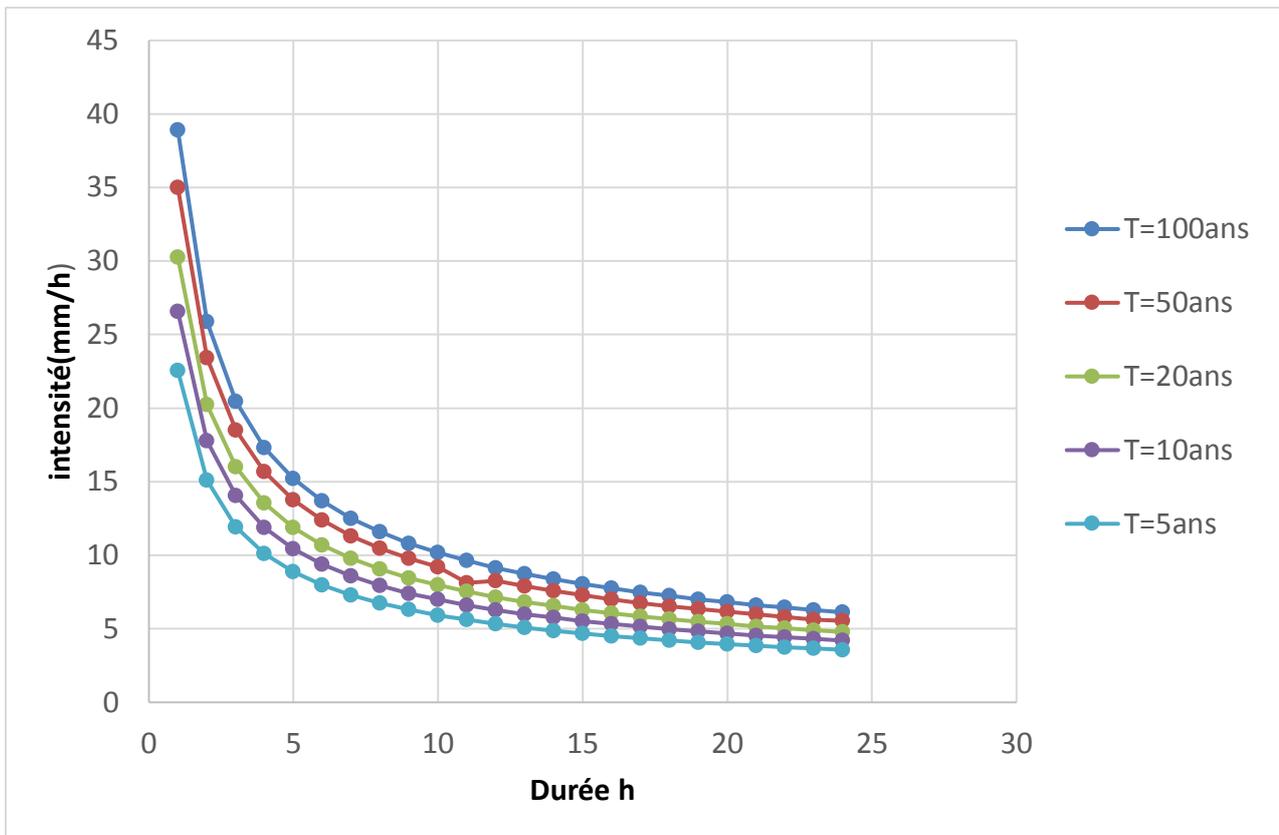


Figure III.5 : les courbes idf

III : Etude de la crue :

L'évaluation des crues a été toujours un souci majeur dans le dimensionnement des ouvrages hydrauliques. Par conséquent de nombreuses méthodes ont été faites afin de bien pouvoir l'estimer.

III.1 : Différentes méthodes d'évaluation des crues :

Les méthodes d'évaluation des débits de crues sont nombreuses, elles dépendent essentiellement des données disponibles, plus la disponibilité est importante plus les problèmes qui se posent sont moindres, dans ce qui suit un rappel des différentes méthodes qui ont été établies.

III.1.1 : Méthodes historiques :

Méthode ancienne basée sur l'étude de l'archive, les enquêtes auprès de la population rechercher des traces d'anciennes crues exceptionnelles atteintes dans le passé.

III.1.2 : Méthodes empiriques :

Des formules établissent des relations entre le débit, la surface du bassin versant, la pluie et la période de retour.

III.1.3 : Courbes enveloppes :

Cette méthode consiste à reporter les pointes de crues maximales observées dans une région de caractéristiques hydrologiques homogènes en fonction de la surface du bassin versant, permettant ainsi de tracer une courbe enveloppée (Francou et Rodier 1967).

III.1.4 : Méthodes probabilistes :

Basée sur l'analyse des débits afin de déterminer la loi de probabilité à laquelle ils répondent (Gumbel, Galton, Pearson III, log Pearson III).4

III.2 : Application sur le bassin versant : [6]

Pour notre étude nous avons utilisée des formules empiriques :

III.2.1 : La formule Sokolovski :

Le débit maximal probable est donné par la formule suivante :

$$Q_{max,p\%} = 0.28 \frac{(P_{p\%t_c} - H_0) \cdot \alpha_{p\%} \cdot S \cdot f}{t_m = t_c} \dots \dots \dots (III.19)$$

Avec : S : la surface du bassin versant (km²).

H₀ : les pertes en (mm), au nord de l'Algérie H₀=7mm.

F : coefficient de forme de la rue.

T_c : temps de concentration du bassin (h).

α_{p%} : Coefficient de ruissèlement pour la crue probable il dépend de la période de retour et il varie entre (0.6-0.8)

P_{ct%} : Précipitation en (mm) de probabilité P% correspond à un temps de concentration T_c.

$$F = \frac{12}{4+3\gamma} \dots \dots \dots (III.20)$$

- Pour S < 50 km² : γ=2.
- Pour les petits bassins non boisés et peu perméable : γ = 2 – 2.5.
- Pour les bassins boisés sol perméable : γ =3-4.

Pour notre cas on prend γ = 2, car notre surface est inférieure à 50 km².

Donc : $f = \frac{12}{4+3*2} = 1.2$.

III.2.2 : Formule de Maillet Gautier :

Cette formulé a été déterminée par des études sur les bassins Algériens :

$$Q_{max,p\%} = 2K \log(1 + 20H) \frac{S}{\sqrt{L}} \sqrt{1 + 4\log(T) - \log(S)} \dots \dots \dots (III.21)$$

Avec :

S : la surface du bassin versant (km²).

L : la longueur du thalweg principale (km).

T : période de retour ans.

K : coefficient dépend des caractéristiques géomorphologiques du bassin compris entre 1 et 3. Pour notre étude on le prend égale à 2).

III.2.3 : Formule de Turraza :

Cette formule utilise l'intensité moyenne maximale de précipitation pour un intervalle de temps égal au temps de concentration.

$$Q_{max,p\%} = \frac{CI_{Tc}S}{3.6} \dots\dots\dots (III.22)$$

Avec :

C : coefficient de ruissèlement pour la crue probable.

S : la surface du bassin

I_{Tc} : intensité moyenne maximale pour un temps égal au temps de concentration.

Les résultats de calcul de débit de crue par les différentes formules pour différents périodes de retour sont donnés le tableau ci-dessous :

Tableau III.18 : récapitulation des débits calculés

Période de retour (ans)	Débit de crue (m ³ /s)		
	Formule de Sokolovski	Formule de Maillet Gautier	Formule de Turraza
5	7.38	10.35	11
10	8.55	11.94	12.15
20	11.39	13	12.375
50	15.40	15.01	18.66
100	19.07	16.44	20.63

Pour notre présente étude nous prenons le débit maximum obtenue par la formule de Sokolovski.

III.3 : L’hydrogramme de crue :

L’hydrogramme de crue nous renseigne sur les différentes caractéristiques de la crue (la forme, la durée, le volume et le débit de pointe).

L’hydrogramme de crue est établi par la méthode de Sokolovski, qui le trace à la base de deux équations, l’une pour la montée de la crue et l’autre pour la décrue.

✓ La montée de la crue :

$$Q_{max} = Q_{max,P} \left(\frac{t}{t_m}\right)^n \dots\dots\dots(III.23)$$

✓ La décrue :

$$Q_{max} = Q_{max,P} \left(\frac{t_b-t}{t_d}\right)^m \dots\dots\dots (III.24)$$

Avec :

t_m : temps de montée de la crue ($t_m=t_c$).

t_d : temps de décrue ($t_d=\gamma t_m$).

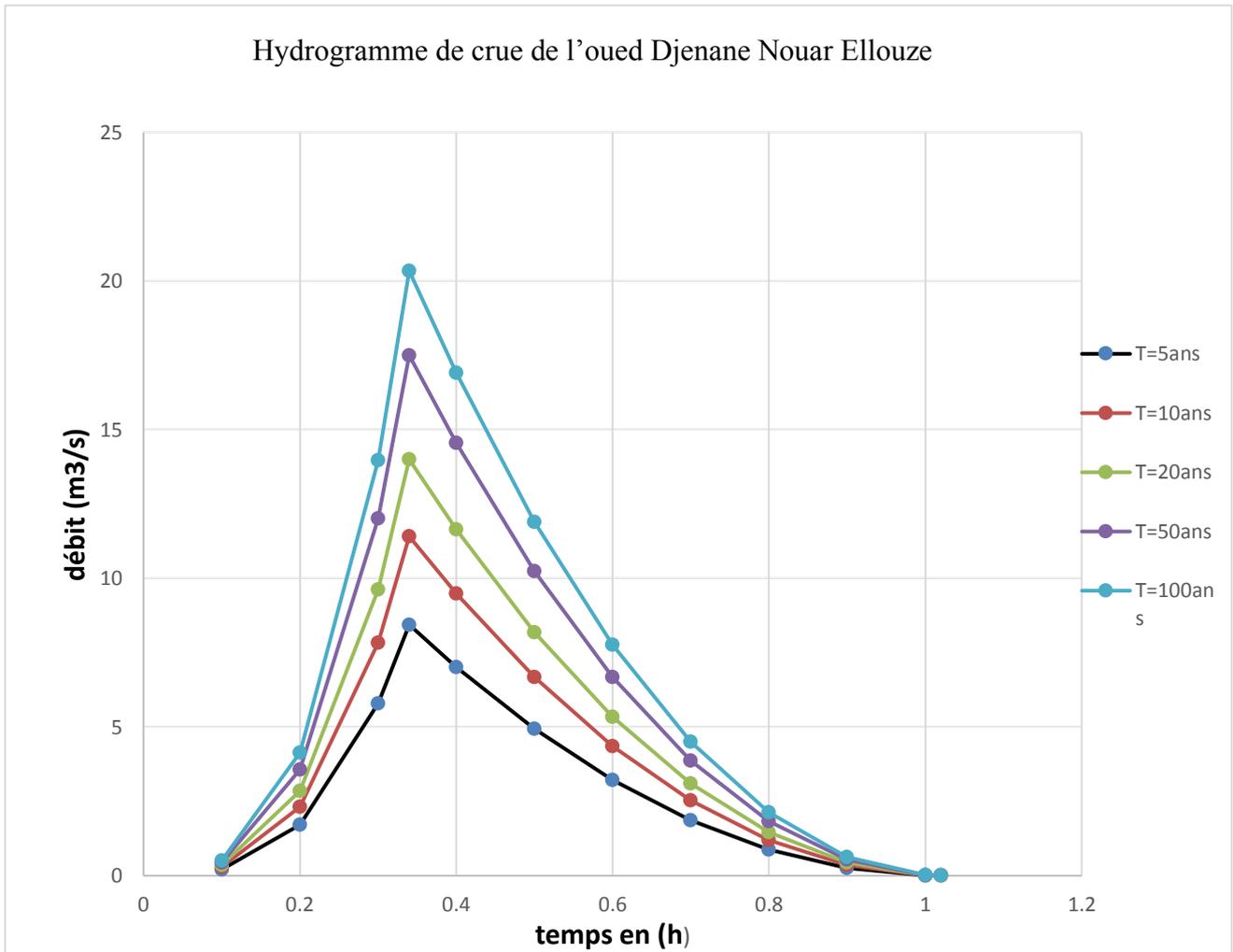
γ : pour une surface inférieure à 50 km² on le prend égal à 2.

t_b : temps de base.

m,n : puissances des équations $m=3$, $n=2$.

Tableau III.19 : hydrogrammes de crue pour différentes périodes de retour.

t(h)	Période de retour (ans)				
	5	10	20	50	100
0.1	0.21473641	0.29030124	0.35619784	0.4452473	0.51750458
0.2	1.71789131	2.32240993	2.84958274	3.56197842	4.14003664
0.3	5.79788317	7.83813352	9.61734175	12.0216772	13.9726237
0.34	7.38	8.55	13.24	15.4	19.07
0.4	7.01629758	9.48530277	11.6384083	14.5480104	16.9089446
0.5	4.93550173	6.67228374	8.18685121	10.233564	11.8943253
0.6	3.21975779	4.35277682	5.34083045	6.67603806	7.75946367
0.7	1.86906574	2.52678201	3.10034602	3.87543253	4.50435986
0.8	0.88342561	1.19429931	1.46539792	1.8317474	2.12901384
0.9	0.26283737	0.35532872	0.43598616	0.5449827	0.63342561
1	0.00730104	0.00987024	0.01211073	0.01513841	0.01759516
1.02	0	0	0	0	0



IV : Les écoulements : [7]

IV.1 : L'apport liquide :

Comme notre bassin versant n'est pas doté d'une station hydrométrique donc on a recours aux méthodes empiriques qui vont nous permettre de calculer l'apport liquide :

IV.1.1 : La formule de Samie :

$$L_e = P^2(293 - 2.2\sqrt{S}) \dots \dots \dots (III.25)$$

Avec :

L_e : lame d'eau écoulée.

P_0 : pluie moyenne annuelle.

S : la surface.

IV.1.2 : La formule de Coutagne :

$$L_e = P(0.16 - 0.00145\sqrt{S}) \dots \dots \dots (III.26)$$

Où

P : la pluie moyenne annuelle.

S : surface du bassin versant (km²).

Le : la lame d'eau écoulée (mm)

Tableau III.20 : résultats de calcul de la lame d'eau écoulée.

Formule	Samie	Coutagne
Le (mm)	53.68	68.05

Pour notre cas nous avons pré la valeur trouver par la formule de Samie, donc : **Le= 53.68mm.**

L'apport liquide est donné par :

$$A = L_e S \dots\dots\dots (III.27)$$

Avec :

A : l'apport moyen interannuelle (Hm³).

S : la surface (km²).

Le : lame d'eau écoulée (m).

Application numérique :

$$A = 0.078 Hm^3.$$

IV.2 : Caractéristiques de l'écoulement :

IV.2.1 : Module de l'écoulement (Me) :

$$M_e = \frac{A}{T} \dots\dots\dots (III.28)$$

Où :

A : l'apport moyenne annuel (en litre).

T : temps d'une année en seconds (T= 31536000 seconds).

IV.2.2 : Module de l'écoulement spécifique :

$$M_0 = \frac{M_e}{S} \dots\dots\dots (III.29)$$

M_e : module de l'écoulement (l/s).

S : la surface (km²).

IV.2.3 : Coefficient d'écoulement :

$$C_e = \frac{L_e}{P} \dots\dots\dots \text{(III.30)}$$

L_e : lame d'eau écoulée (mm).

P : pluie moyenne annuelle (mm).

IV.2.4 : Coefficient de variation (C_v) :

Pour calculer le coefficient de variation on a recours aux méthodes empiriques.

a) Formule de Sokolovski :

$$C_v = a - 0.063 \log_{10}(S + 1) \dots\dots\dots \text{(III.31)}$$

Avec : $a = 0.78 - 0.29 \log_{10}(M_0) \dots\dots\dots \text{(III.32)}$

M_0 : module de l'écoulement spécifique (l/s/km²).

S : la surface du bassin (km²).

b) Formule d'Ourkguiprovdkhoz :

$$C_v = \frac{0.7}{M_0^{-0.127}} \dots\dots\dots \text{(III.33)}$$

M_0 : module de l'écoulement spécifique (l/s/km²).

c) Formule de l'Antonov :

$$C_v = \frac{0.7}{(S+1000)^{0.097}} \dots\dots\dots \text{(III.34)}$$

S : la surface du bassin (km²).

Les résultats de calcul des caractéristiques de l'écoulement sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau III.21 : caractéristiques de l'écoulement.

M_e	M_0	C_e	C_v		
			Sokolovski	d'Ourkguiprovdkhoz	Antonov
2.47	1.71	0.12	0.69	0.75	0.36

En ce qui concerne le coefficient de variation on prend la valeur obtenue par la formule de Sokolovski.

IV.3 : L'apport solide :

L'estimation des apports solides permet de quantifier les volumes solides annuels et de prévoir la durée de vie des ouvrages de protection tels que les bassins de retenue.

Afin de pouvoir estimer l'apport solide on a utilisé la formule de **Tixeront** :

Cette formule tient compte de la réparation du bassin versant en fonction de sa perméabilité.

$$E_s = aL_e^{0.15} \dots\dots\dots \text{(III.35)}$$

Tels que :

E_s : taux d'abrasion (t/km²/ans).

L_e : lame d'eau écoulée en (mm).

A : coefficient qui dépend de la perméabilité du terrain dans notre cas on le prend, $a=75$.

En tenant compte du poids spécifique moyen des sédiments $\gamma = 1.4 \left(\frac{t}{m^3} \right)$.

$$V_s = \frac{E_s \cdot S}{\gamma} \dots\dots\dots \text{(III.36)}.$$

Application numérique :

$E_s = 136.60$ (t/km²/ans).

$V_s = 710$. (m³/ans).

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons déterminé les caractéristiques hydromorphologiques du bassin versant et analyser les pluies maximales journaliers de la station de Bir-mourad-raï, on a fait l'ajustement à deux lois, loi de Gumbel et loi de Galton d'après les résultats du test d'adéquation et l'analyse des droites d'ajustement on a opté pour la loi de Galton (log normal).

En ce qui concerne le débit nous avons pris les valeurs calculer par la formule de Sokolovski, et la construction de l'hydrogramme de crue nous a permis de voir l'évolution de la crue dans temps.

Chapitre IV

Diagnostic et simulation de l'écoulement.

Introduction

Dans ce présent chapitre on fera le diagnostic en premier lieu afin de décrire l'état actuel de l'oued et les différents ouvrages existants, la deuxième partie sera consacrée à la modélisation hydraulique de l'écoulement à l'aide de logiciel HecRas, qui nous permet d'étudier le comportement des crues dans les oueds et de déterminer les zones susceptibles d'être inondées.

I : Diagnostic du l'oued Djenan Nouar Ellouz :

Cette phase du présent mémoire consiste en la visite du site du projet, afin de recueillir de visu le maximum d'information, de faire un constat détaillé de l'état de l'oued objet de ce projet.

Le rapport descriptif sera agrémenté de photographie y afférents.

Comme décrit précédemment dans ce mémoire l'oued Djenan Nouar Ellouz qui a perdu sa forme réelle d'oued, due à des transformations :

Travaux de terrassements devers.

Conséquence d'une urbanisation sauvage et incontrôlée.

Décharge de gravât incontrôlé.

Il prend naissance sur les hauteurs du centre-ville de Ain-BENIAN à 94 mètres au-dessus de niveau de la mer à l'aval d'une zone pratiquement plane dénommer le plutôt au lieu-dit Djanan Nouar Ellouz, il est à rappeler que le plutôt fut jadis réservé à l'agriculture

I.1 : État actuelle :

Un vaste programme de logement collectif (AADL, LSP, LPA) est en cours de réalisation (selon nos informations ce programme avoisine les 22 000 logements).

Juste en contre bas de ce vaste programme de logement c'est-à-dire le lit même de l'oued et ces berges une multitude de construction illicite s'érige d'une manier anarchique défiant toutes les règles d'urbanisme.

Il est également à signaler le déversement sur les berges d'oued d'importante quantité gravât et de produits de terrassement issu des travaux de réalisation des logements cité ci-dessus, à titre d'information l'obturation de la route national N°11 au niveau du stade) par un apport massif de divers gravât et de boue lors de fort pluie en est la conséquence (les inondations de 2001, 2007, 20013).



Figure 1et 2 : construction illicite sur le lite de l'oued (en amont) (mars 2019).



Figure IV .3 : constructions illicites en amont (naissance de l'oued) (mars2019).

On constate qu'à l'approche de la RN°11 le lit de l'oued est investi de végétation dense de roseaux et de lentilles, bordé sur la rive droite d'habitations en dur en R+1 et R+2.

Un collecteur d'assainissement \varnothing 600mm des eaux usées chargé de recueillir les eaux usées de quartier Djenan Nouar Ellouz suit le cheminement de lit de l'oued jusqu'à la RN°11 où il est raccordé au réseau principal de la ville \varnothing 1200mm, et c'est là aussi que le cheminement de l'oued est interrompu et repris par deux buses de \varnothing 400mm traversant la RN°11 pour rejoindre le boulevard Si-Lounes en contre-bas par une galerie souterraine de dimensions 1mx1m traversant le stade Ben Rahmoune (information DRE Cheraga).



Figure IV .4 et 5 : l'état de lit de l'oued (mars 2019)



Figure IV .6: traversée de la RN11 par 2 buses \varnothing 400mm (mars2019)

à ce niveau un déversoir d'orage a été réalisé pour combler d'éventuelles catastrophes causées par l'obturation en grande partie du cheminement de l'oued vers son exutoire plage du Casino, vue la densité de l'habitat précaire et même en dur en R+2, qui obture en grande partie l'écoulement des eaux.

Les travaux de viabilisation et de recalibrage de ce tronçon ne peuvent être actuellement réalisées (travaux de canalisation entrepris par la SEEAL sont actuellement à l'arrêt) surtout à l'exutoire sur la plage Casino où un important groupement d'habitation a été construit à l'embouchure même du ponceau (colonel Si-Mhamed).

L'élimination de toutes ces constructions sur le lit de l'oued ainsi que le long de ces berges est primordial.



Figure IV .7: construction illicite au niveau de l'exutoire (mars 2019).

I.2 : Caractéristiques de l'oued Djenouar Ellouz :

Fiche technique :

L'oued Djenouar Ellouz decris ci-dessus peut être divisé en trois parties :

- 1- **Premier tronçon : plateau (Djenouar Ellouz decris) -RN11**
 - ✓ Longueur approximative : 828 ml.
 - ✓ Dénivelée : 63m - pente % : 6.7
 - ✓ Emprise moyenne de l'oued :
 - Partie amont : 8 m
 - Partie aval : 2.5 m
- 2- **Deuxième tronçon : RN°11 – boulevard Si-Lounes (traversée du stade)**
 - ✓ Longueur approximative : 233
 - ✓ Dénivelée : 4
 - ✓ Ecoulement : canalisé.

3- Troisième tronçon : bd Si-Lounes – bd Si-Mhammed / l'exutoire (plage casino)

- ✓ Longueur approximative : 203
- ✓ Dénivelée : 8

II : Simulation de l'écoulement :

II.1 : Aperçue sur le logiciel HEC-RAS :

Le logiciel HEC-RAS a été créé en 1995 par les ingénieurs de l'HEC (hydrologic engineering center) dans le but de prévoir les dégâts provoqués par un par une crue d'un débit de pointe donné, il permet de simuler les écoulements permanent et non permanent,

Il utilise les équations de Saint-Venant pour résoudre les problèmes en régime transitoire et les, et l'équation de l'énergie est la quantité de mouvement respectivement dans le cas des écoulements graduellement varies et rapidement variés [8].

II.2 : Présentation de l'interface principal de HEC-RAS :

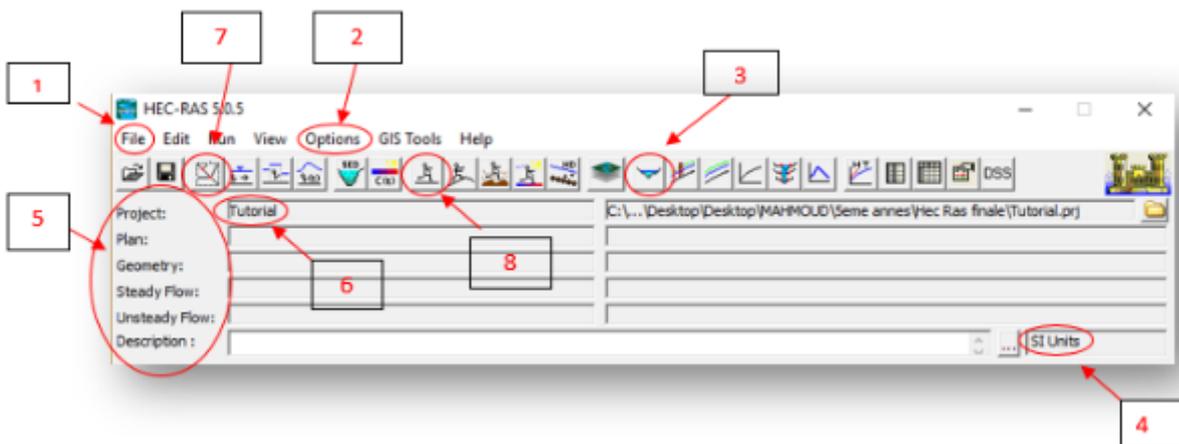


Figure IV .8 : interface de Hec-Ras

1 : (File) permet de créer, modifier, enregistrer, importer ou exporter des projets sur HEC RAS.

2 : (Options) permet de définir ou modifier le système d'unités/de coordonnées ...etc.

3 : (View Cross Section) permet de visualiser les Cross-section créées dans un projet en cours.

4 : Visualisation du système d'unité en cours.

5 : (Barre de projet en cours) Après avoir sauvegardé les données créées, cette barre affiche le nom, ainsi que l'emplacement des fichiers créés avec succès durant le même projet et elle comporte 6 champs (6 fichiers) :

- Project : il contient les informations descriptives du projet.
- Geometry : comportant les données géométriques du canal ou cours d'eau.
- Steady Flow : comportant les données de simulation en écoulement permanent.
- Unsteady Flow comportant les données de simulation en écoulement transitoire.

- Plan : contient des données particulières et aide l'utilisateur à simuler plusieurs scénarios avec les mêmes données.

6 : Affichage du nom du fichier type (Project) créé.

7 : Icône d'accès rapide à la modification de la géométrie (raccourci, car pour modifier n'importe quel type de paramètre durant la simulation ou la résolution de problème on peut accéder à : **EDIT** Pour modifier tout type de paramètres.

8 : Icône d'accès rapide à la modification des données de type conditions aux limites pour les écoulements permanents [8].

II.3 : Les étapes de la simulation :

- a) Création d'un nouveau projet : sur l'ordinateur de l'utilisateur pour créer des fichiers accessibles pour une prochaine utilisation (ETAPE NECESSAIRE), en procédant ainsi :

File → New Project (nommer le projet et le sauvegarder dans l'emplacement souhaité).

- b) Choisir le système de l'unité de mesure : dans notre cas on choisit le système métrique (i.e. SI).

Options → **Unit system** → (SI) (système d'unités international).

- c) Création de la géométrie : Les données géométriques nécessaires consistent à l'établissement de la connectivité de l'information pour le système de cours d'eau (schéma du réseau hydrographique), les données des sections transversales, et les données d'ouvrage hydrauliques existants ou projetés (ponts, levées, structures latérales, déversoirs, etc.).

L'introduction des données géométriques se fait en deux parties :

- Tracer le réseau hydrographique de l'amont vers l'aval (dans le sens d'écoulement positif), en tenant compte des méandres (sinuosités) des cours d'eau,
- La saisie des données pour les sections en travers du cours d'eau et les ouvrages hydrauliques. Ces données incluent :
 - Les coordonnées X et Y de la section : chaque point de la section en travers doit être identifié par sa distance par rapport à un point de référence et son élévation,
 - La distance à la section suivante : c'est la longueur décrivant la distance entre la section courante et la prochaine section en aval. Ces distances sont définies pour la rive gauche, le canal principal, et la rive droite,
 - Les valeurs de rugosité n de Manning : la valeur de la rugosité ou le coefficient de Manning n est indiqué pour la rive gauche, le canal principal, et la rive droite,

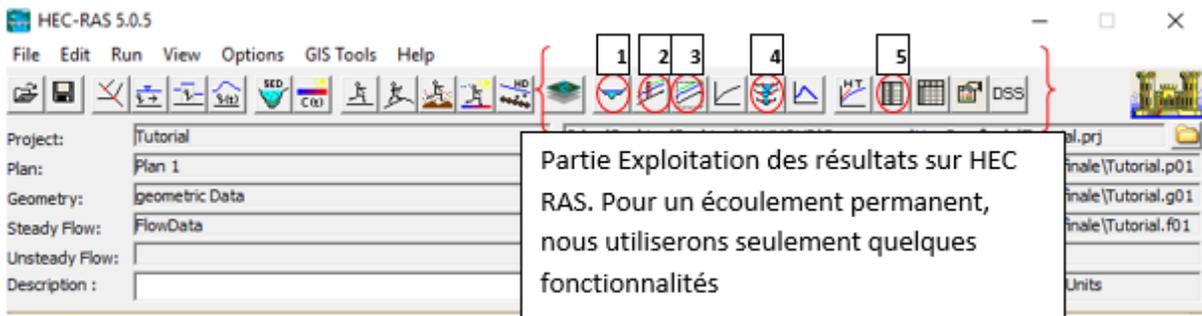
- Stations des rives du canal principal (lit mineur) : Les stations des rives du canal principal sont employées pour séparer le lit mineur des deux parties du lit majeur en rive gauche, et rive droite,
- Coefficients de Contraction et d'Expansion : Les coefficients de contraction et d'expansion sont utilisés pour évaluer la perte de charge singulière qui se produit en raison d'une contraction ou d'une expansion d'écoulement.

d) Introduire les débits : Après avoir créé la géométrie, on doit procéder à l'introduction des données spécifiques au débit.

e) : les conditions aux limites : Spécifier le débit pour la période de retour choisie (il est possible d'effectuer la simulation de l'écoulement pour différentes périodes de retour (différents profils) sois dans le régime torrentiel ou le régime permanent.

f) : visualisations des résultats : après avoir introduit toutes les données de base on peut lancer la simulation et visualiser les résultats.

Dans l'interface principal, il existe plusieurs boutons pour diverse interprétations des différents résultats obtenues.



1_ pour voir le niveau d'eau atteint dans chaque section transversale ainsi que la ligne de charge, la hauteur critique.

2_ pour avoir une vue de côté du cours et de ses aménagements.

3_ pour la visualisation des différents graphes sur la variation des paramètres tel que la vitesse ou n'importe quel autre paramètre.

4_ pour voir le cours d'eau en 3D.

5_ pour visualiser les débits, les hauteurs d'eau et autres caractéristiques de l'écoulement pour chaque profil et dans chaque section transversale [8].

II.4 : Principe de calcul :

HEC-RAS est capable de résoudre des problèmes en 1D. La ligne d'eau est calculée d'une section à une autre en résolvant l'équation de **l'énergie** par une méthode itérative (standard step méthode). L'équation résolue est la suivante :

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \dots\dots\dots (IV.1)$$

Avec :

- Y : La hauteur d'eau en [m],
- Z : La côte du fond en [m],
- V : La vitesse moyenne sur une section en [m/s],
- α : Le coefficient de pondération,
- g : Gravité en [m²/s],
- h_e : La perte de charge.

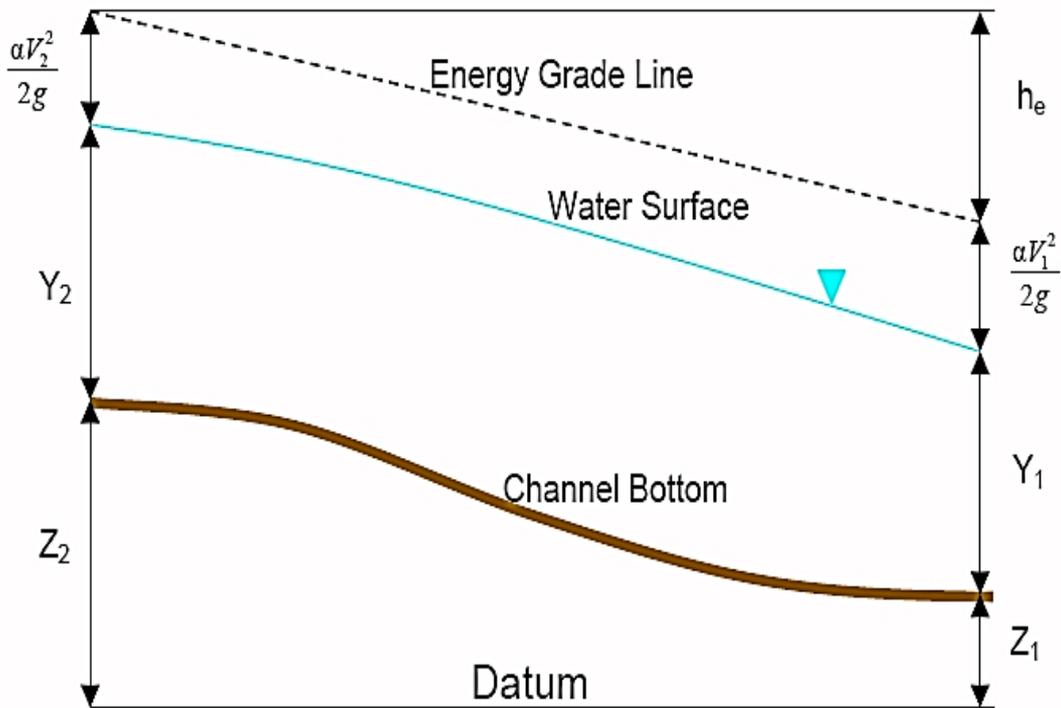


Figure IV .9: Schéma de calcul de la ligne d'eau

Le régime d'écoulement, même en crue, est considéré comme fluvial (Sub-critique). De manière générale, nous devons résoudre 2 équations, l'équation de continuité

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} q_i = 0 \dots\dots\dots (IV.2)$$

Où :

- **A** : La section du canal en [m²],
- **S** : La section inondée en [m²],
- **Q** : Le débit en [m³/s],
- **qi** : Les apports latéraux.

L'équation de quantité de mouvement :

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + gA\left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f\right) = 0 \dots\dots\dots (IV.3)$$

Avec :

- **Q** : Le débit [m³/s],
- **V** : La vitesse [m/s],
- **Sf** : La pente de la ligne de charge [m/m].

II.5 : Choix de coefficient de Manning :

Comme il n'existe pas de loi précise qui nous permet d'estimer la rugosité « **n** » (coefficient de Manning) avec exactitude, afin de pouvoir bien l'estimer on doit prendre en considération plusieurs paramètres :

- ✓ Matériaux de lits et dimension moyenne de particules solides.
- ✓ Irrégularités des surfaces des lits d'oued.
- ✓ Formes des lits d'oued (comme les rides, dunes, chutes et autres),
- ✓ Caractéristiques d'érosion et de sédimentation,
- ✓ Tendances à la formation de méandres.
- ✓ Obstacles à l'écoulement (arbres déracinés, souches d'arbres, remblais et autres).
- ✓ Changement dans la géométrie entre les sections d'oueds.
- ✓ Végétation sur les terrasses d'inondations et le lit mineur de l'oued.

Pour estimer le coefficient de rugosité « **n** », l'ingénieur hydraulicien se base généralement sur les valeurs relatives à la végétation, l'occupation des sols ou les deux ensembles [8].

Le tableau ci-dessous repère quelques valeurs de la rugosité :

Tableau IV.1 : estimation du coefficient de Manning.

Catégorie	Type de recouvrement	Gamme de profondeur d'écoulement		
		0-0.15	0.15-0.6	> 0.6
Rigide	Béton	0.015	0.013	0.013
	Roche bétonnée	0.04	0.03	0.028
	Maçonnerie	0.042	0.032	0.03
	Sol-ciment	0.2025	0.022	0.02
	Asphalte	0.018	0.016	0.016
Non recouvert	Sol nu	0.023	0.02	0.02
	Roche excavé	0.045	0.035	0.025
Temporaire	Papier tissé	0.016	0.015	0.015
	Jute	0.028	0.022	0.019
	Papier avec filet	0,065	0,033	0,025
	Matelas de fibre en bois	0,066	0,035	0,028
	Fibre de verre	0,028	0,021	0,019
Graviers	D50 25 mm	0,044	0,033	0,030
	D50 50 mm	0,066	0,041	0,034
Enrochement	D50 150 mm	0,104	0,069	0,035
	D50 300 mm	-	0,078	0,040

[Source : -www.grr.ulaval.ca/gae_3005-]

II.6 : Création de la base de données de l'oued Djnane Nouar Ellouz :

Pour pouvoir faire la simulation hydraulique de l'écoulement d'eau dans l'oued et identifier les zones inondables, nous avons exporté les données géométriques de l'oued à partir du logiciel Autocad Civil 3D, qui nous permet de générer automatiquement le profil de l'oued ainsi que les profils en travers (les sections transversales).

En ce qui concerne les coefficients de rugosité nous avons pris la valeur de 0.02 pour la rive droite et la rive gauche, et 0.032 pour le fond de l'oued, et une valeur de 0.013 pour les deux buses qui traversent la route nationale N11 et le canal ovoïde qui traverse le territoire communal.

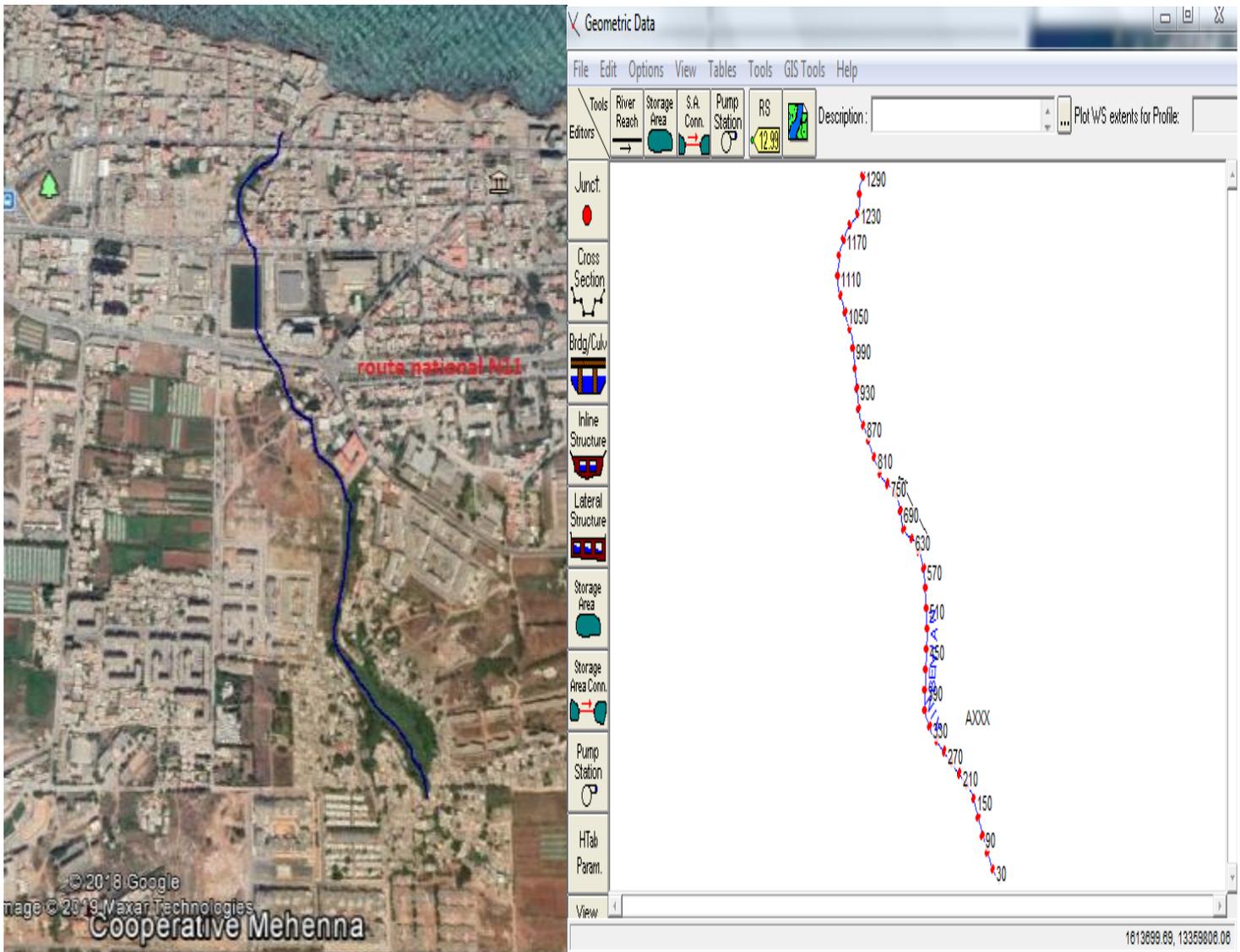


Figure IV .10: profil de l'oued Djanar Nouar Ellouz

II.7 : Résultats de la modélisation :

Une fois le modèle fini toutes les données sont introduites on lancera les calculs, nous avons fait la simulation pour trois périodes de retours différentes ($T=20$ ans, $T=50$ ans, $T=20$ ans). HecRas fait les calculs automatiquement et nous donne la possibilité de visualisée les résultats sous plusieurs formes des tableaux des graphes des profils (voir dans l'annexe).

D'après les résultats on voit bien que sur la partie amont la hauteur d'eau varie entre 0.7m et 1.1m pour une période de retour de 20ans, on a des endroits où le lit d'oued naturel supporte la crue de période de retour de 20ans et des endroits où l'oued ne la supporte pas la section est insuffisante, ça est due à l'irrégularité de la forme du lit d'oued à cause de dépôt des sédiments.

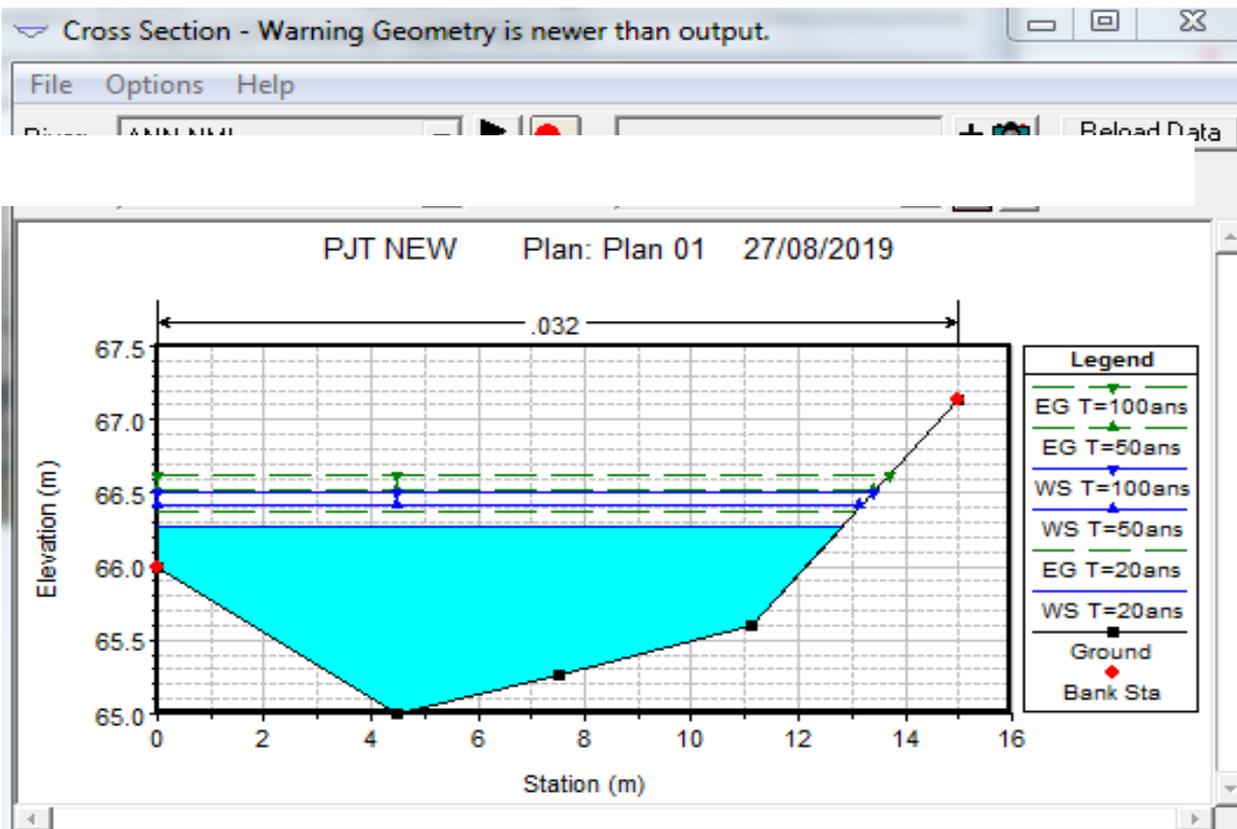


Figure IV .11: exemple d'un profil en travers à l'amont

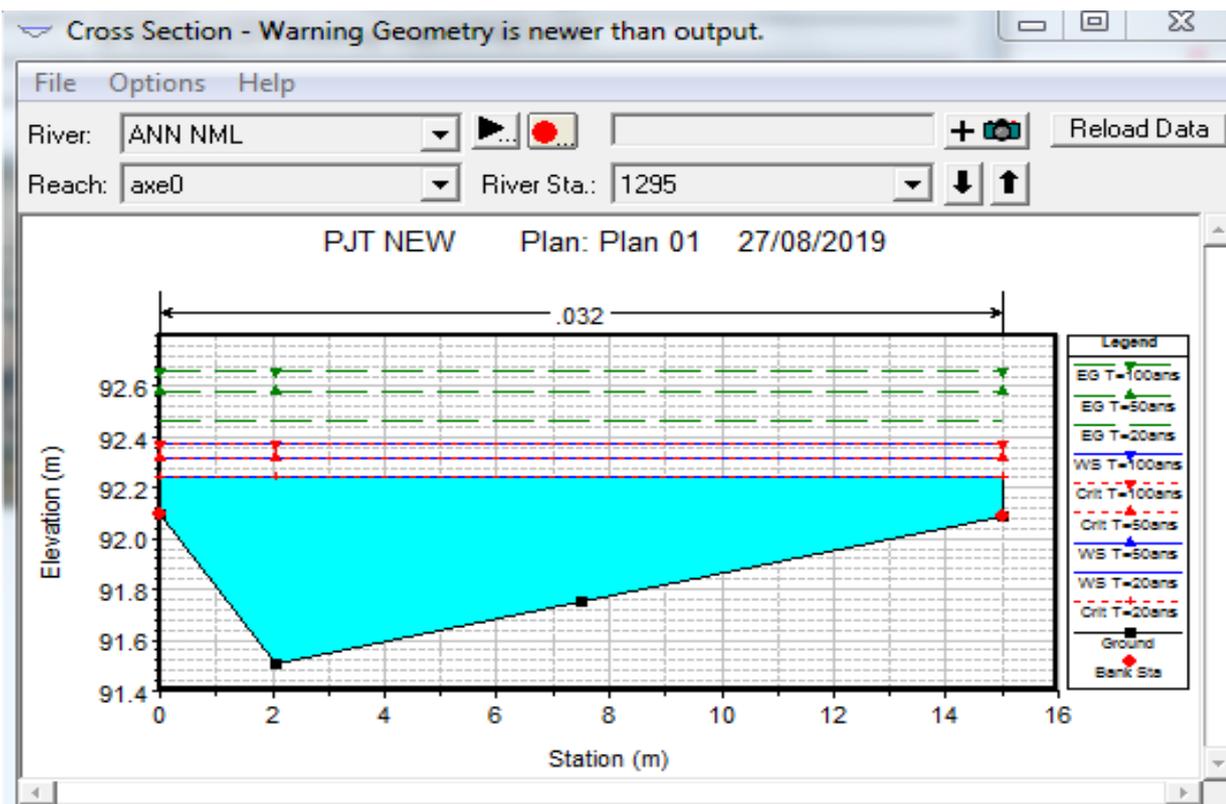
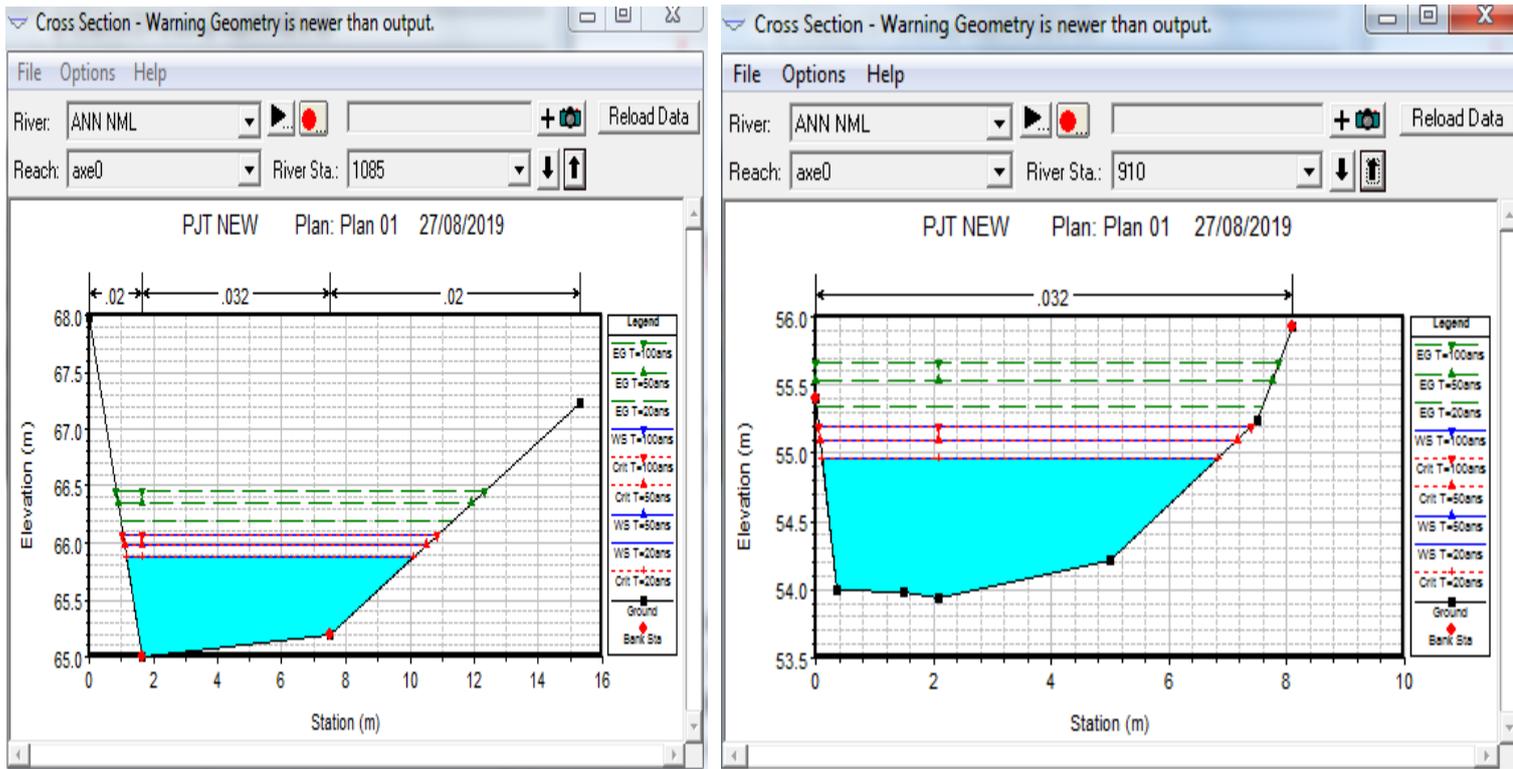


Figure IV .12 : exemple d'un profil en travers à l'amont



Pour les deux buses qui traversent la route national N11 et le canal ovoïde qui travers le stade communal, sont largement insuffisante pour évacuer la crue de T=20an

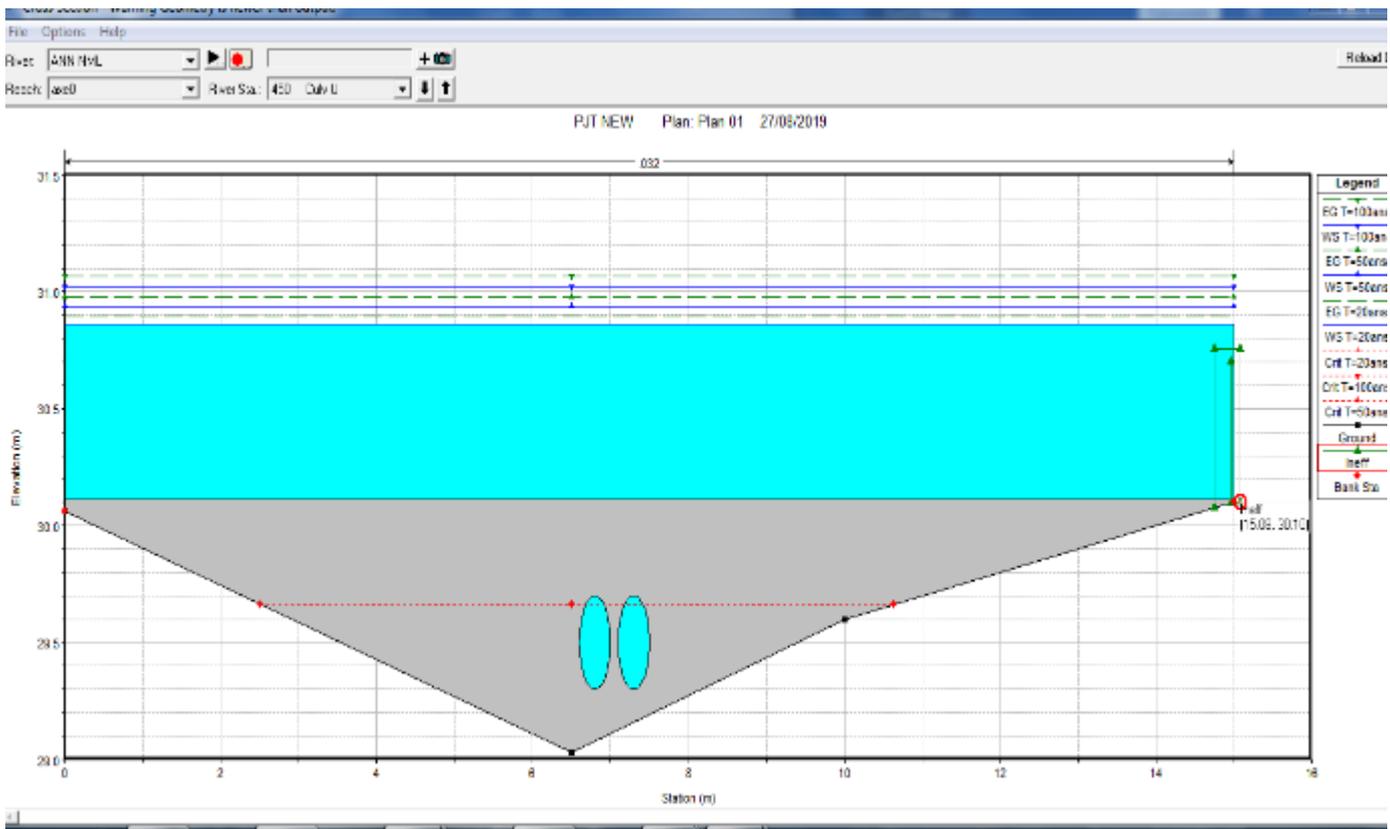


Figure IV .13: Profil en travers des deux buses qui traversent la route national N11

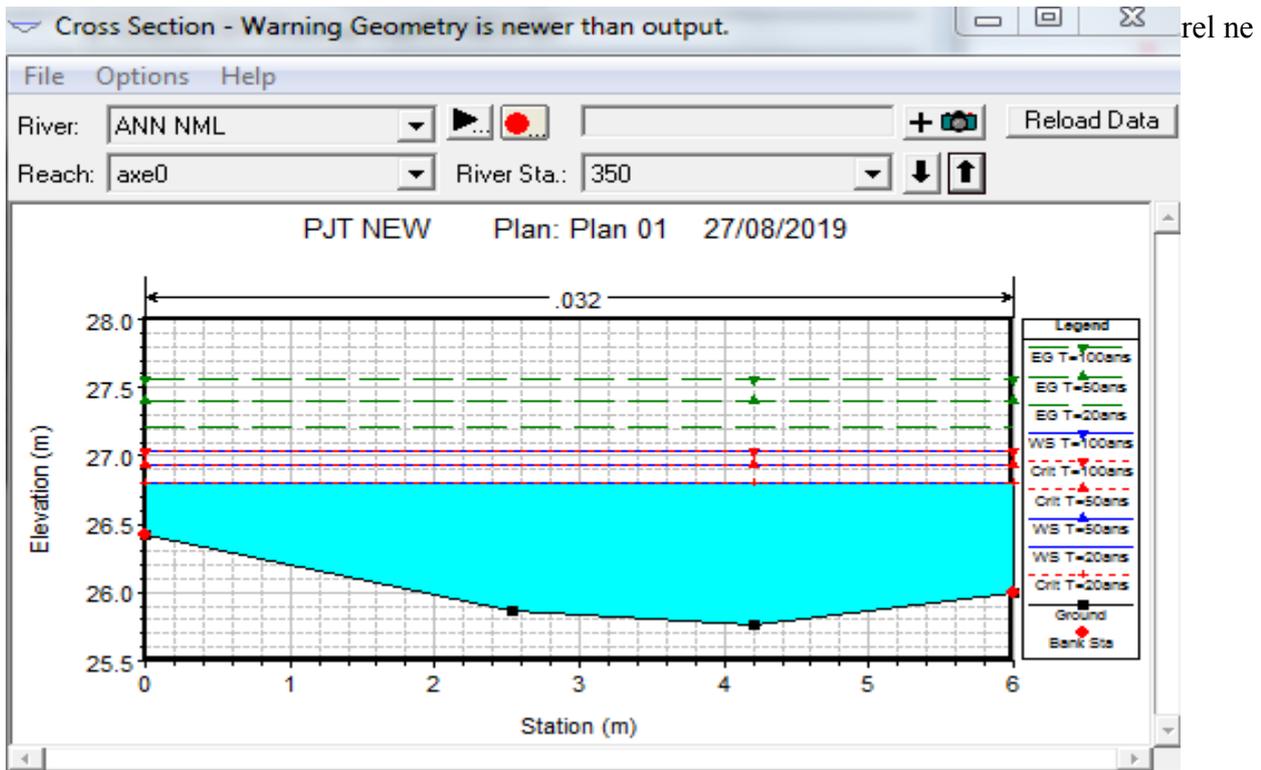


Figure 14 : d'un profil en travers dans la partie aval de l'oued

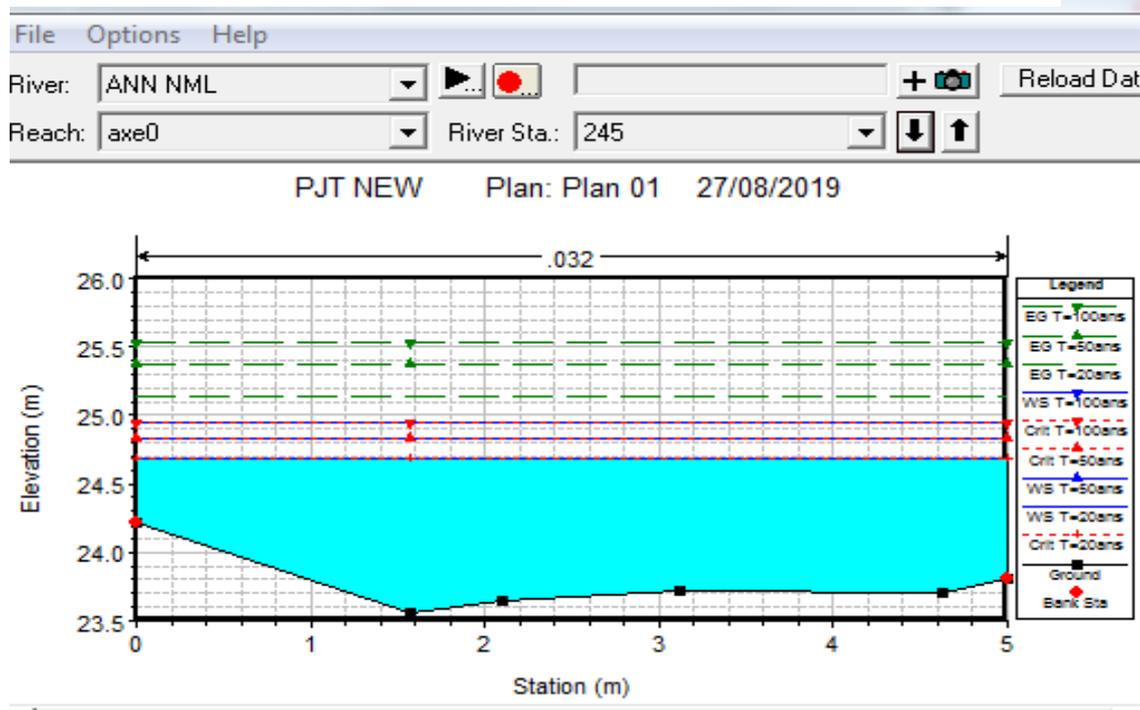


Figure 15 : d'un profil en travers dans la partie aval de l'oued

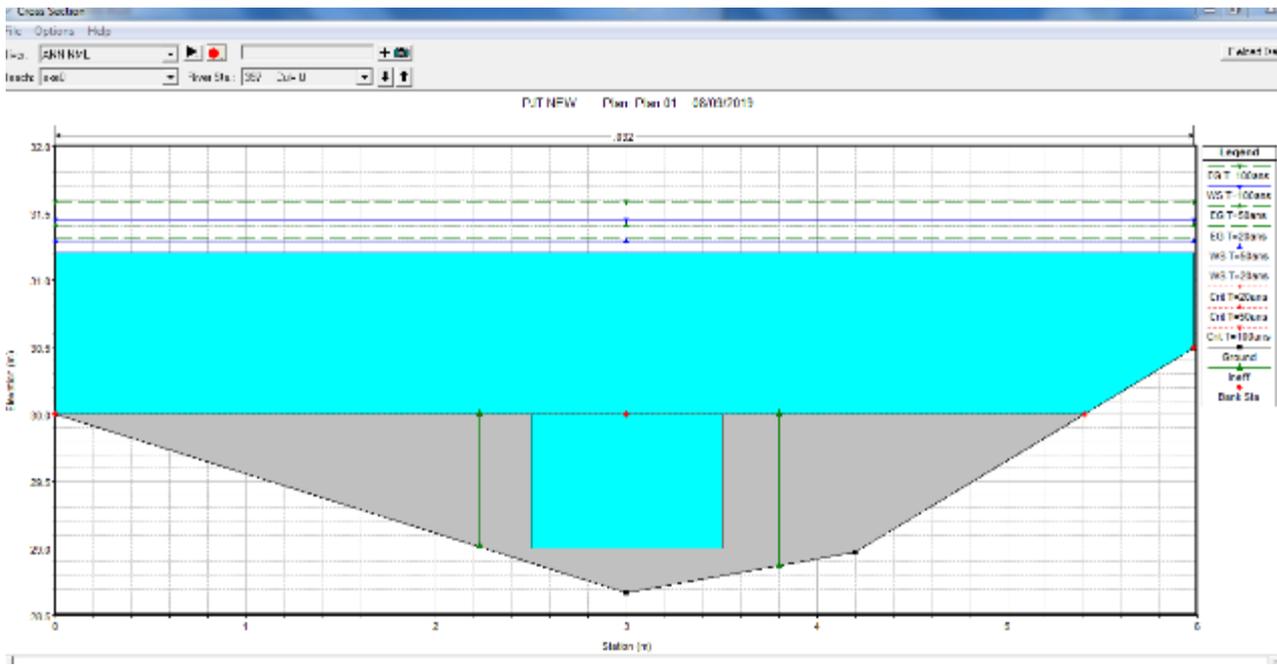


Figure 16 : ponceau existant sous la route Colonel Si M'hammede

II.8 délimitations des zones inondables :

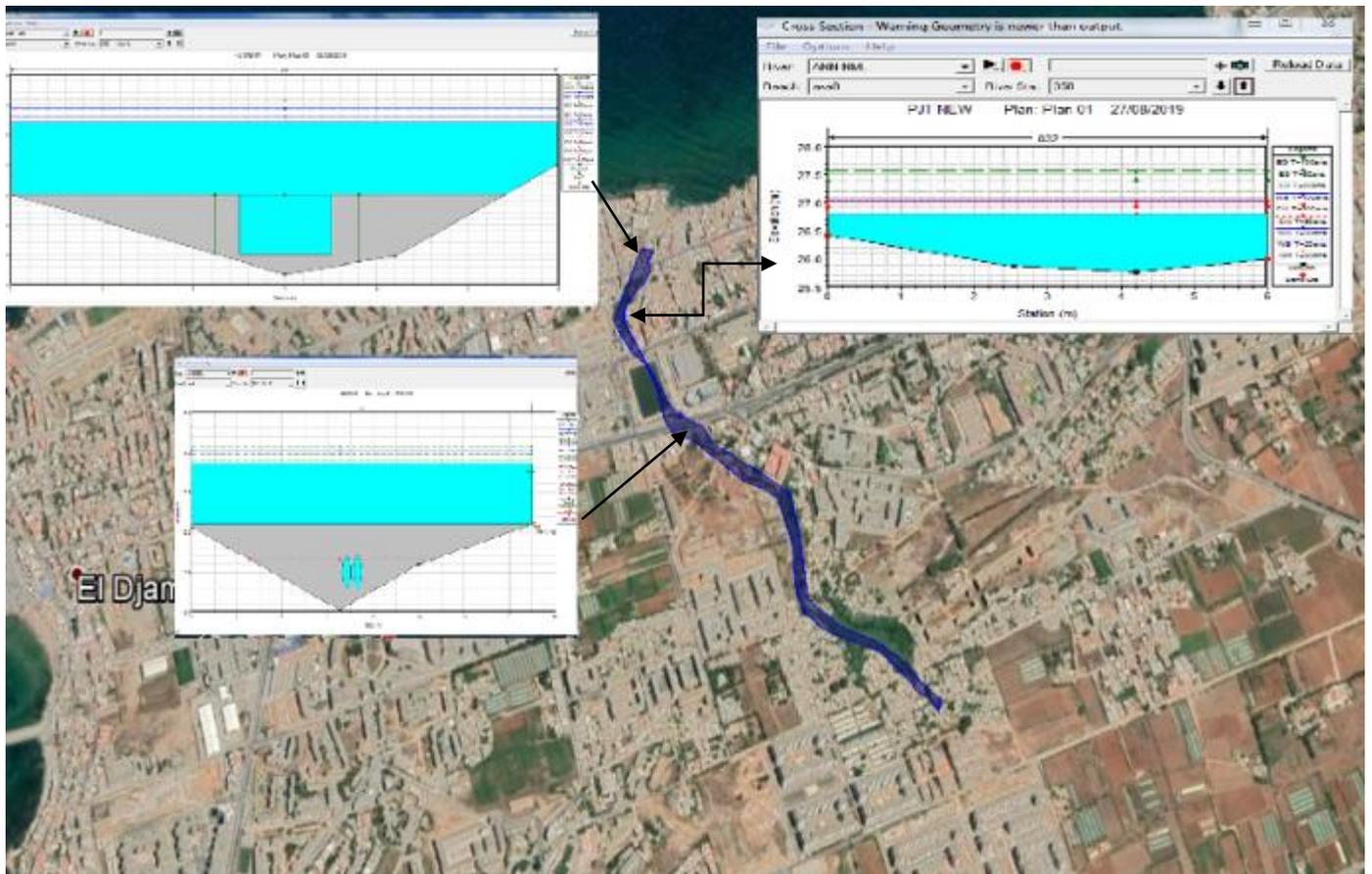


Figure 17 : carte des zones inondables.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait un diagnostic de l'oued qui nous a donner une idée sur l'état de l'oued, et la simulation de l'écoulement nous a permet de vérifier la capacité d'évacuation des crues par le l'oued dans son état actuel et d'identifier les zones inondables.

Chapitre V

Calculs hydrauliques

Introduction

Après avoir évalué le débit de crue et fait la simulation de l'écoulement dans l'oued avec le logiciel HecRas afin de vérifier sa capacité et déterminer les zones inondables, dont le but de le réaménager en fonction des données obtenues.

Dans ce chapitre nous proposons deux variantes d'aménagement ayant pour objectif la protection du centre-ville de Ain-Benian contre les inondations.

Des deux variantes qui seront étudiées ci-dessous, il est évident que la variante la fiable techniquement et économiquement sera retenue

I : L'objectif d'un aménagement :

Un aménagement à pour but :

- Améliorer les conditions d'écoulement des eaux superficielles afin de protéger le voisinage du cours d'eau contre le risque des inondations.
- Préserver les espaces urbains et améliorer l'hygiène public.

II : Le principe d'un aménagement :

Afin de protéger les enjeux sensibles, trois types d'aménagements sont envisageables :

- La réduction de l'apport en amont dans les zones à protéger.
- L'amélioration du routage du débit de crue et la capacité d'écoulement.
- La maîtrise du ruissèlement sur le bassin versant.

II.1 : Laminage de crue :

Le laminage de crue sert à atténuer l'ampleur du débit de crue en réalisant un stockage d'eau à l'amont des zones à protéger.

La réduction du débit de pointe peut être obtenue en créant des zones naturelles d'expansion de crues. Autrement dit en favorisant un débordement dans les zones à vulnérabilité réduite, tel que les prairies et certaines cultures, où on peut prévoir des ouvrages aménagés en déblai ou en remblai avec un volume de rétention important et une certaine hauteur de stockage appelés **les bassins de rétention**, permettent le laminage des crues en stockant temporairement les débits de pointe pour qu'ils soient évacués lors de la décrue, et ainsi : [9]

- Limiter la fréquence des débordements en aval.
- Réduire les dimensions des ouvrages à réaliser en aval (réduire le cout du projet).

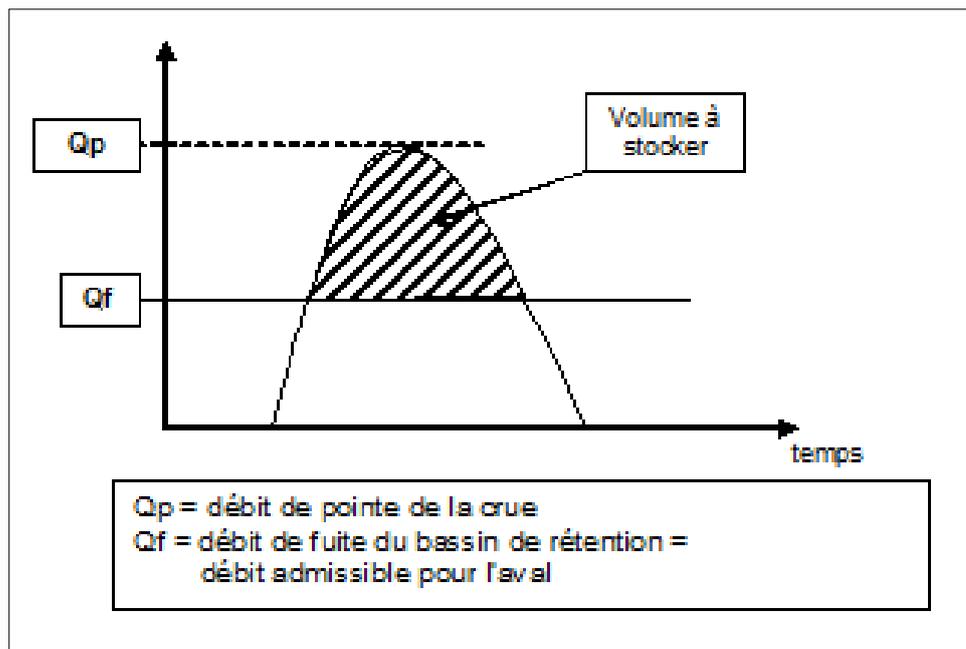


Figure V.1 : volume à stocker dans le bassin.

III : Proposition des variantes d'aménagement :

Pour faciliter les calculs du dimensionnement nous avons subdivisé l'oued en trois tronçons :

1^{er} tronçon : la partie amont de la route nationale 11 sur avec une longueur de 828 mètres.

2^{ème} tronçon : sur une longueur de 233 mètres.

3^{ème} tronçon : la partie aval de l'oued sur une longueur de 203 mètres.

III.1 : Variante 1 :

Elle consiste en un aménagement par un canal de forme trapézoïdal en béton armé avec une largeur égale à la largeur moyenne de lit de l'oued estimé à 2.5m pour les tronçons 1 et 3, et un 2 dalots de 2m de largeur et 1 mètre de hauteur chaqu'un le tronçon 2 avec une pente de 1%.

III.2 : Variante 2 :

Elle consiste en un aménagement par un canal trapézoïdal dont les deux rives en gabion, pour le tronçon 2 on garde le même gabarit de dalots proposés pour la première variante.

IV : Etude des variantes :

IV.1 : Variante 1 :

IV.1.1 : Tronçon 1 et 3 : canal trapézoïdal en béton :

Le calcul se fera par la formule de « Manning Strickler » dont la formule est donnée par la relation suivante :

$$Q = \frac{1}{n} R_h^{\frac{2}{3}} S_m \sqrt{I} \dots \dots \dots (V.1)$$

Avec :

Q : le débit de dimensionnement en (m³/s).

n : le coefficient de Manning Strickler représente la rugosité du béton en (m^{0.5}/s).

I : la pente du canal (m/m).

R_h : le rayon hydraulique.

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} \dots\dots\dots (V.2)$$

S_m : la surface mouillée en (m²).

P_m : le périmètre mouillé en (m).

✓ La surface mouillée :

$$S_m = h * b + m * h^2 \dots\dots\dots (V.3)$$

✓ Le périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2h\sqrt{1 + m^2} \dots\dots\dots (V.4)$$

Avec :

m : le fruit de talus.

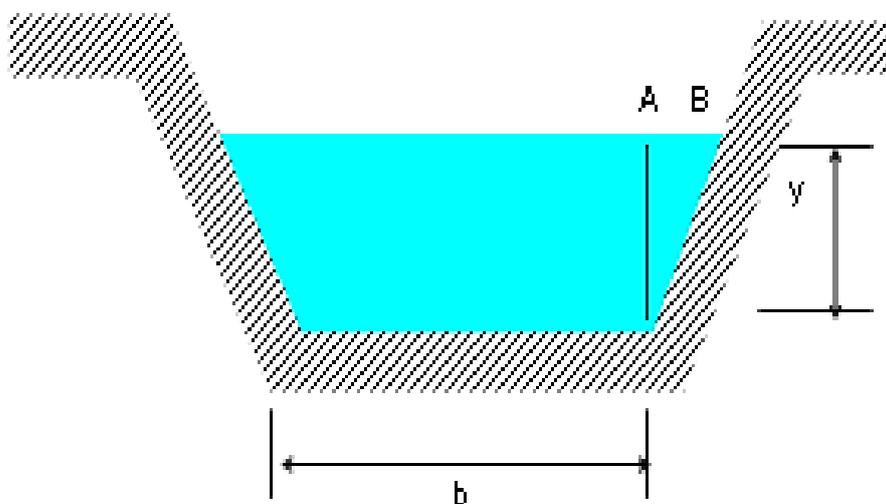


Figure V.2 : La Section du canal trapézoïdal

Le rayon hydraulique s'écrit sous la forme suivante :

$$R_h = \frac{h \cdot b + m \cdot h^2}{b + 2h\sqrt{1+m^2}} \dots\dots\dots (V.5)$$

Après des calculs on obtient :

$$\frac{nQ}{\sqrt{I}} = \frac{[(b+mh)h]^{\frac{5}{3}}}{[b+2h\sqrt{1+m^2}]^{\frac{2}{3}}} \dots\dots\dots (V.6)$$

Les termes n, Q et I étant connus on procède à un calcul itératif en fixant suivant la largeur moyenne du lit naturel, en choisissant à priori un fruit de talus soit $m = \frac{1}{\sqrt{3}}$ pour la section avantageuse, ou bien $m=1$ pour la facilite technique de réalisation d'un angle de 45° .

En ce qui concerne la pente nous avons fait un système étagé d'une pente qui variée entre 4% et 5% (pour les tronçons 1et 3) afin de cassé la pente du terrain qui très fortes.

Tableau V.1 : dimension de la variante 1 (1et3)

l (m/m)	b (m)	Q (m³/s)	N	m	H (m)	Fr	V(m/s)
0.04	2.5	19.07	0.014	1	3	3.79	9.01
0.05	2.5	19.39	0.014	1	3	2	9.75

IV.1.2 : Tronçon 2 :

On a 2 dalots de 2m de largueur et 1.5m de hauteur.

$$S = L \times H \dots\dots\dots (V.7)$$

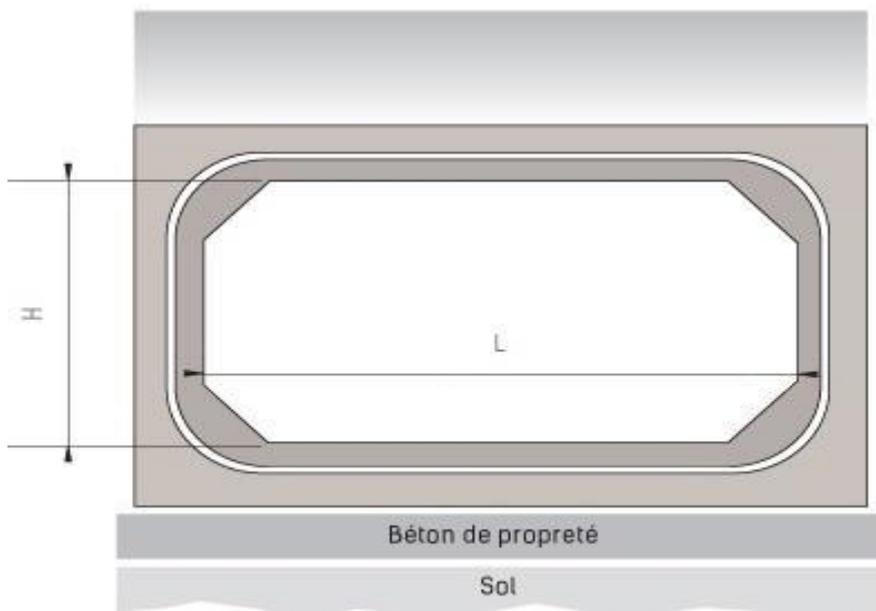


Figure V.3 : Coupe en travers d'un dalot préfabriqué

Tableau .2 : dimension d'un dalot rectangulaire de tronçon 2.

Tronçon	L(m)	H(m)	Q (m ³ /s)	I (m/m)
2	2	1.5	19.39	0.02

A partir du logiciel HecRas on peut visualiser les sections après l'aménagement.

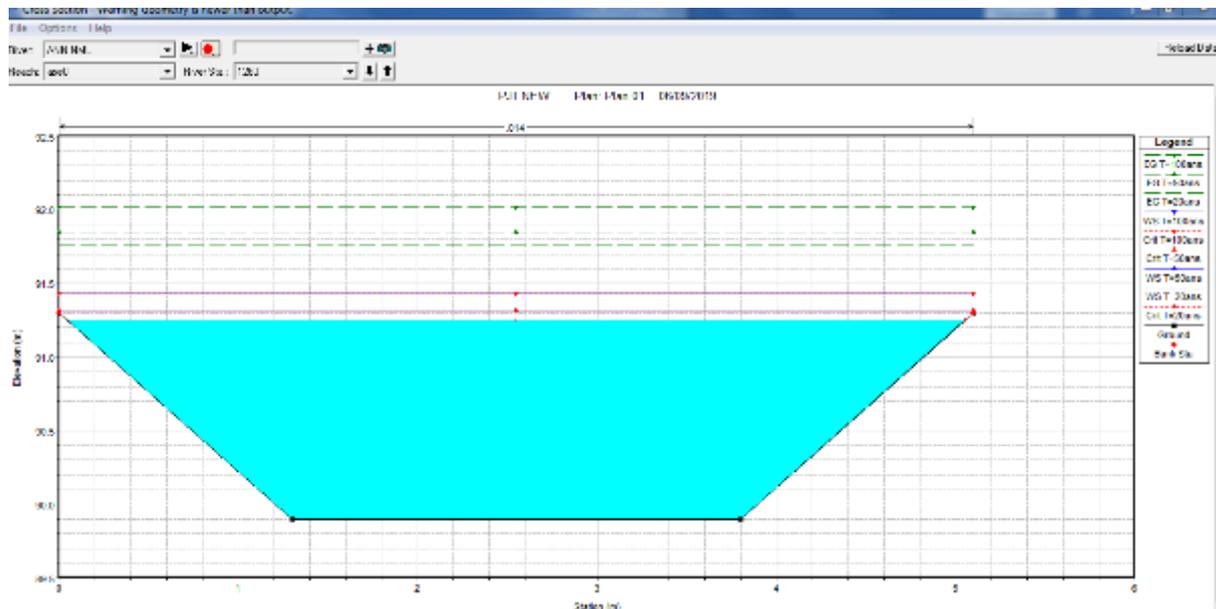


Figure V.4 : Section aménagée 1^{er} tronçon

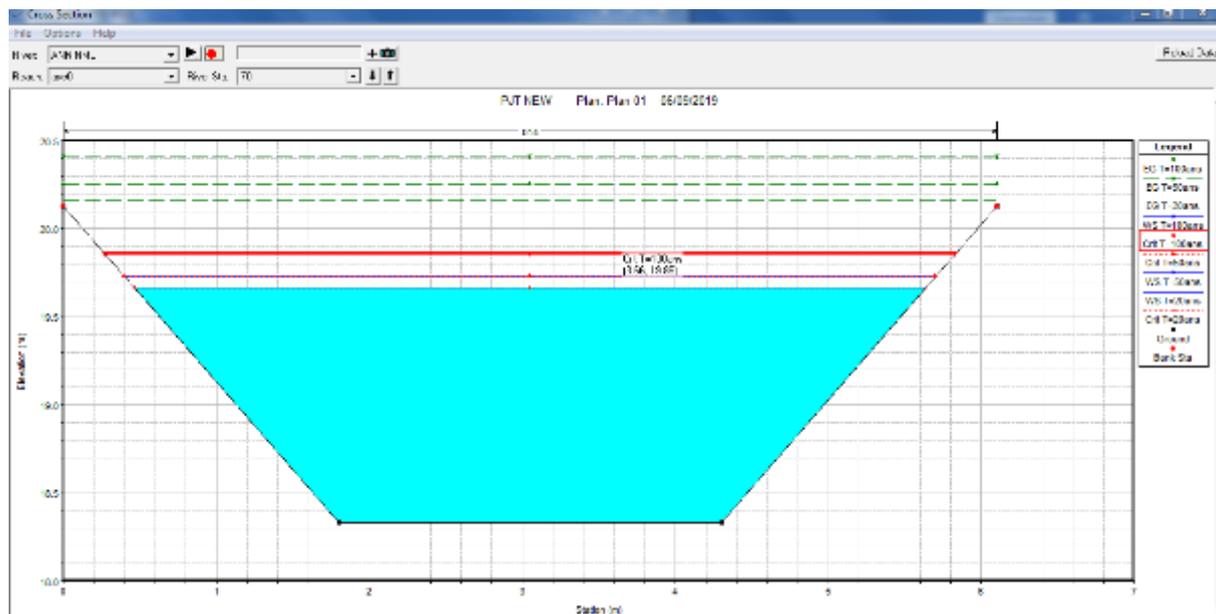


Figure V.5 : Section aménagée du tronçon 3

IV.2 : Variante 2 :**IV.2.1 : Tronçons 1 et 3 : Canal trapézoïdal en gabions :**

Les murs en gabions sont utilisés principalement pour réaliser les revêtements et les protections anti-affouillements sur les berges de l'oued. Ils se présentent sous forme de dimensions variées, dont les plus courants sont $2,0 \times 0,1 \times 0,5$ m et $2,0 \times 1,0 \times 1,0$ m. Les murs en gabion, sont mis en œuvre d'une façon spéciale ; les sacs sont agencés de manière à créer un escalier qui permet la stabilité des berges.

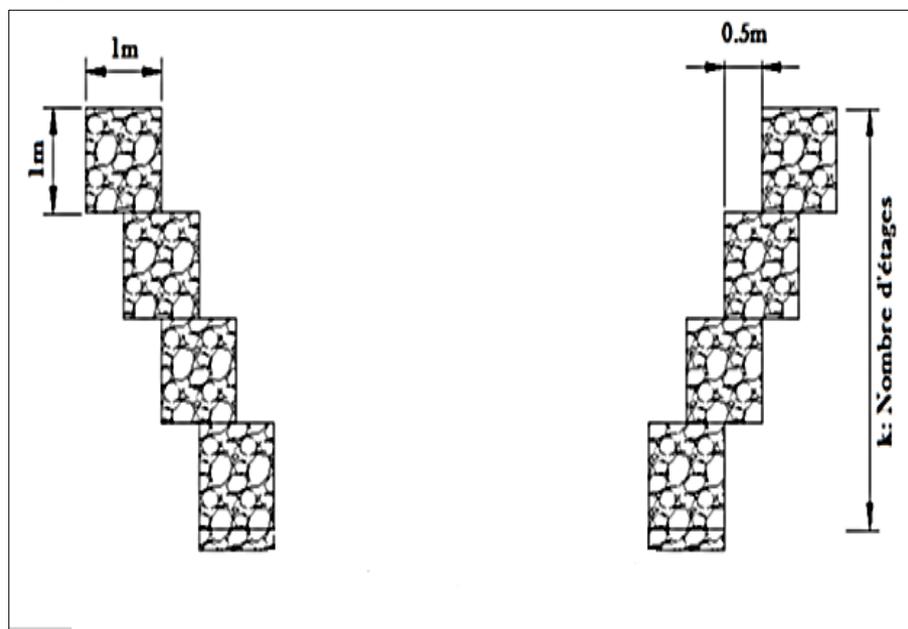


Figure V.6 : coupe transversale d'aménagement en gabion

Tableau V.3 : caractéristique géométrique de la section gabionnée.

Caractéristique	Section S_m (m ²)	Périmètre P_m (m)	Rayon hydraulique R_h (m)
Relation	$\frac{1}{2}K(K - 1) + b \cdot K$	$b + 3K - 1$	$\frac{0.5K(k - 1) + B \cdot K}{b + 3K - 1}$

Avec :

K : Le nombre des étages,

b : Largeur du lit d'oued.

On fixe la largeur de la base b puis on calcule le nombre d'étages (cages de gabions qui puissent évacuer le débit de crue sans débordement éventuel.

Tableau V.4 : Dimensions du canal en gabions comme rives (tronçon 1et3).

I(m/m)	Nombre d'étiage	b(m)	n	S(m ²)	P(m)	V(m/s)	Fr
0.04	3	2.5	0.027	10.5	10.5	4.8	1.83
0.05	3	2.5	0.027	10.5	10.5	4.9	1.91

Pour le tronçon 2 et le bassin de rétention en garde les dimensions de la première variante.

IV.2.2 : Etude de la stabilité du canal [10]

Pour le dimensionnement d'un canal, il est nécessaire d'en garantir la stabilité, afin d'éviter les érosions provoquées par les forces hydrodynamiques engendrées par l'écoulement. Les conditions dans lesquelles les particules du matériau non cohérent qui constituent le fond et les berges d'un canal commencent à se déplacer, appelées conditions critiques, peuvent s'exprimer en fonction des vitesses de l'écoulement (vitesses critiques), ou des tensions tangentielles exercées sur les particules (forces tractrices critiques).

Les étapes de l'étude de stabilité du fond du canal suivant cette méthode sont comme suit : Détermination de la contrainte tangentielle admissible à partir du diamètre moyen des grains et avec l'utilisation de l'abaque présenté dans la figure, calculer la contrainte tangentielle au fond, calculer la contrainte tangentielle des berges.

On doit vérifier que la contrainte tangentielle au fond τ_0 est inférieure à la contrainte admissible dans notre cas on a un diamètre des grains $d=50\text{mm}$.

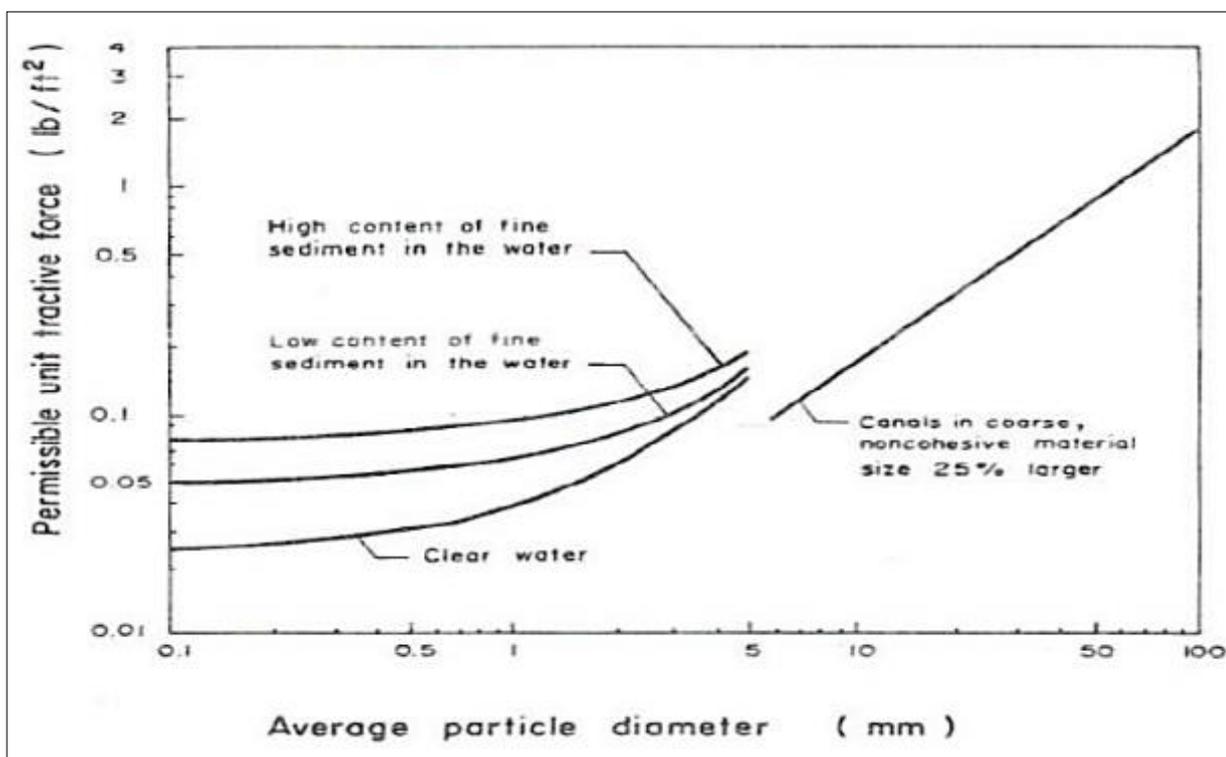


Figure V.7 : Efforts tangentiels critiques pour des matériaux non cohésifs (Chaudhry, 2014).

- Calculer la contrainte tangentielle au fond :

$$\tau_0 = \gamma_w R_h i \dots\dots\dots (V.8)$$

Avec :

- τ_0 : La tension tangentielle critique exercée sur le fond en [N/m²],
- R : Le rayon hydraulique en [m],
- γ_w : Le poids volumique de l'eau en [N/m³],
- i : La pente du fond en [m/m].

Les résultats de calcul sont présents dans le Tableau V.6 :

Tableau V.5 : Résultats des contraintes tractrices au fond.

Tronçons (1et3)	Contrainte tractrice (N/m ²)	
	τ_0	$\tau_0 \text{ adm}$
I=0.04m/m	0,4	0,7
I=0.05m/m	0,5	0,7

- **Interprétation**

Vu que la contrainte tangentielle est inférieure à la contrainte admissible, la stabilité du canal est bien vérifiée et la réalisation d'un tel aménagement est possible.

La simulation par HEC-RAS nous rassure que ces aménagements supportent le débit de la crue centennale.

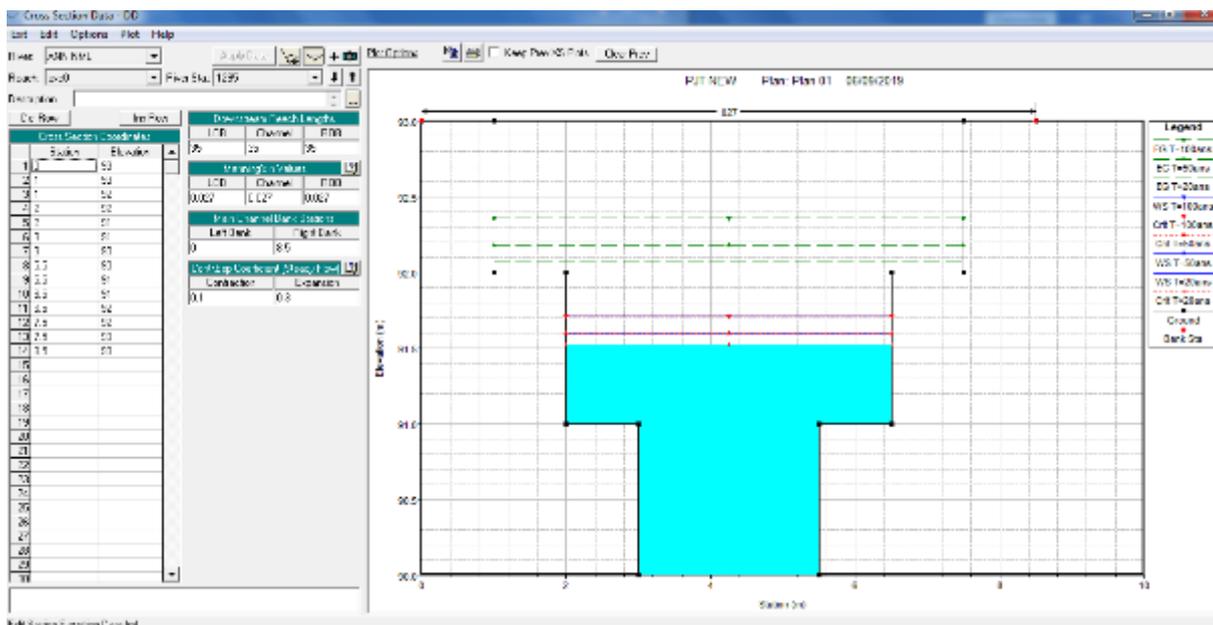


Figure V.8 : Section aménagée tronçon 1

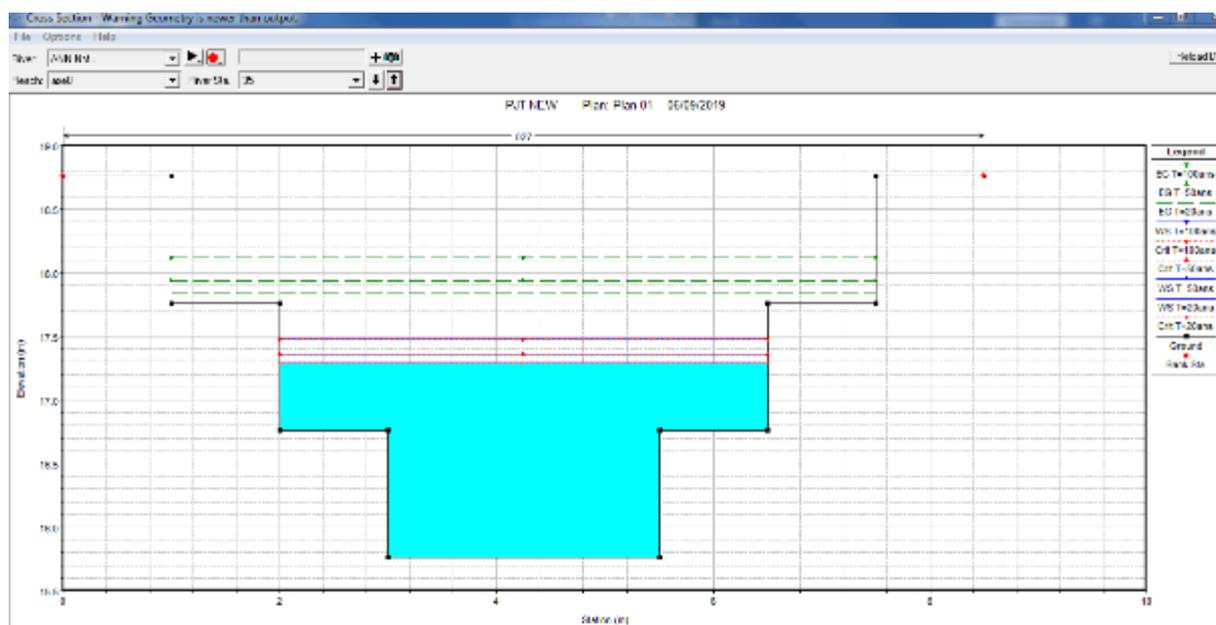


Figure V.9 : Section aménagée 3^{ème} tronçon

IV.3 : vérification de la capacité d'évacuation d'eau par le passage existant sur le boulevard Colonel Si M'hamede :

Le passage existant comporte une galerie rectangulaire en béton armé de 1m*1m de dimensions, elle est largement insuffisante.

Nous proposons de la remplacer par deux dalots rectangulaire préfabriqué de 1.5m*2m chaqu'un

V : Estimation financière : Le coût du projet est estimé à partir des travaux propres à chaque variante.

Tableau V.6 : devis quantitatif et estimatif de la réalisation de la variante 1.

	Désignation des travaux	Unité	Prix unitaire (Da)	Quantité	Prix total
01	Débroussaillage sur l'ensemble de l'emprise de l'oued	M2	800	5090	407200
02	Remblais	M3	2000,00	2638,00	5276000,00
03	Déblais	M3	1300,00	4770,00	6201000,00
04	Transport des terres excédentaires à la DP	M3	800,00	2132,00	1705600,00
05	F/P de béton de propreté ép 10 cm dosé à 150kg/m3	M3	25000,00	865.30	21632500,00
06	Réalisation d un canal en béton armé dosé à 400 kg/m 3	M3	45000,00	2827,00	127215000,00

07	F/P d'une galerie rectangulaire en éléments préfabriqués	u	60000,00	150,00	9000000,00
Total en HT					158 852 600,00
TVA 19%					30 181 994,00
Total					189 007 994,00

Tableau V.7 devis quantitatif et estimatif de la réalisation de la variante 2.

	Désignation des travaux	Unité	Prix unitaire (da)	Quantité	Prix total
01	Débroussaillage sur l'ensemble de l'emprise de l'oued	M2	800	5090	407200,00
02	Remblais	M3	2000,00	2638,00	5 276 000,00
03	Déblais	M3	1300,00	4770,00	6 201 000,00
04	Transport des terres excédentaires à la DP	M3	800,00	2132,00	1 705 600,00
05	Aménagement des accotements de l'oued (les 2 rives) et pose d'un tapis de protection sur le lit de l'oued en gabions Composés de pierres sèches dans des cages en grillage Zimmerman /triple torsion....	M3	20000,00	5140,00	102 800 000,00
06	F/P de Dalot préfabriqué 2 ,00 m X 1,50 m	u	60000,00	150,00	9 000 000,00
Total en ht					125 389 800,00
TVA 19%					23 824 062,00
Total					149 213 862,00

VI : Choix de la variante :

Après avoir évalué le montant des travaux proposés propre à chaque variant, nous pouvons conclure que :

- Techniquement la première ne vérifie pas toutes les conditions techniques car la vitesse doit être entre 2 et 5 m/s mais dans nôtre elle est cas égale à 9.75m/s largement inadmissible, par contre la deuxième variante réponde à toutes les exigences techniques parfaitement.
- Sur le plan de la mise en œuvre des travaux propres à chaque variante et son évaluation financière, la deuxième est la plus appropriée dans notre projet.

Donc nous avons optés pour la deuxième variante.

Conclusion

A la fin de ce chapitre et après une étude des variantes on a abouti à la meilleure variante de point de vue technique, et économique pour assure une protection contre les crues de l'oued Djenane Nouar Ellouze.

Chapitre VI

Management du projet

Introduction

L'organisation d'un chantier est l'ensemble des dispositions envisagées pour l'élaboration d'un projet dans les meilleures conditions possibles.

Elle permet une l'utilisation économique des différents moyens (mains d'œuvres et matériels) disponible lors du projet, et pour cela il est nécessaire de :

- Définir avec précision les méthodes d'exécution et les modes opératoires permettant la mise en œuvre des techniques modernes de construction avec un haut rendement,
- Opter pour une mécanisation de plus en plus poussée,
- Disposer d'un personnel à employer en quantité et en qualité,
- Structurer convenablement les postes de travail,
- Repartir et coordonner les taches par l'utilisation d'une main d'œuvre spécialisée et qualifiée.

I : Généralité :

Le chantier est un lieu où s'effectuent les travaux.

I.1 : Différent type de chantier :

Dans le monde de la réalisation et les chantiers, il existe trois types de chantiers qui se distinguent selon la durée et le nombre de travailleurs comme le montre le Tableau V.1.

Tableau V .1 : Différent types de chantiers.

Type de chantier	Remarques
Chantier de type 1	Chantier de moins de 15 jours, quel que soit le nombre de travailleurs, ou de 15 jours à 4 mois jusqu'à 20 travailleurs
Chantier de type 2	Chantier de 15 jours à 4 mois et de plus de 20 travailleurs
Chantier de type 3	Chantier de plus de 4 mois quel que soit l'effectif

I.2 : Organisation technique de préparation :

Les opérations essentielles de préparation dans l'organisation technique pour la construction hydro-technique commencent par la préparation des documents qui donnent droit à l'organisme de réaliser les travaux de construction.

L'organisation technique de préparation passe par les étapes suivantes :

- Période de préparation, consiste à établir l'ordre chronologique et la cadence de réalisation des travaux en qualités et en quantités.
- Mesure d'approvisionnement du chantier en matériaux de construction concernant le lieu et la qualité.

I.3 : Rôles et responsabilités des intervenants sur chantier :

Avant de commencer les travaux de réalisation du barrage, il paraît indispensable de rappeler le rôle de chacune des différentes parties concernées par l'intervenir dans l'acte de construction.

I.3.1. Le maître de l'ouvrage :

C'est une personne physique ou morale pour le compte de laquelle sont exécutés les travaux. Son rôle est de définir le but à atteindre (programme), d'organiser un financement, de passer les marchés et de régler les situations de travaux.

I.3.2. Le maître d'œuvre :

C'est une personne physique ou morale, chargée par le maître de l'ouvrage de concevoir l'ouvrage, d'établir le dossier de consultation pour les entreprises, d'assister le maître d'ouvrage dans le dépouillement des offres, de contrôler l'exécution des travaux et de proposer leur réception et leur règlement, après en avoir établi les décomptes

I.3.3. L'entrepreneur :

Personne physique ou morale, titulaire d'un marché de travaux conclu avec le maître de l'ouvrage, chargée de l'exécution des travaux et, parfois, de la conception détaillée des ouvrages. L'entrepreneur est responsable du chantier et de l'ouvrage en cours de construction jusqu'à la réception provisoire.

I.3.4. L'organe de contrôle technique :

Il est sensé contrôler et approuver les plans fournis par le maître d'œuvre avant le lancement des travaux de réalisations, il contrôle aussi les agrégats utilisés et l'exécution de l'ouvrage.

I.4. Travaux préparatoires et installation de chantier :

L'implantation d'un chantier nécessite des terrains spacieux, afin de pouvoir aménager les diverses aires de stockages, ouvrir des pistes de circulation d'engins, les occupations progressives par les locaux, les engins, les postes fixes de travail. On peut distinguer les installations suivantes :

I.4.1. Installations destinées au personnel :

Généralement, ce sont des dortoirs, des réfectoires, des installations sanitaires et des bureaux de chantier.

I.4.2. Installations destinées au stockage des matériaux

Pour les ciments, nous utilisons soit des silos métalliques, soit des baraquements en bois ou en métal. Les agrégats peuvent être stockés en plein air. Pour éviter leur mélange et faciliter le dosage du béton on doit prévoir un croisement entre les différents types d'agrégats. Les aciers sont stockés dans baraquements ou des hangars afin d'éviter leur oxydation...etc..

I.4.3. Installations destinées à la réparation des engins

En général, les grosses réparations ne se font pas sur le chantier, mais il importe de disposer d'un atelier suffisamment équipé pour assurer l'entretien courant et les réparations d'urgence des

différents matériels.

I.4.4. Installation destinée pour la préfabrication :

Cette installation est constituée de hangars munis de matériel nécessaire permettant la réalisation des éléments de l'ouvrage tels que les poutres, dalles, conduites.

I.5. Travaux de réalisation :

Les principaux travaux de réalisation sont :

- Dragage et curage,
- Préparation du lit de l'oued,
- Terrassement,
- Compactage,
- Enrobage de berges de l'oued avec du gabion matelas.

I.5.1. Dragage et curage :

Le curage exclut un approfondissement ou un élargissement, il consiste à l'extraction d'un mélange fait d'eau et de dépôts minéraux ou organiques, séparation des éléments solides (dépôts) de liquide (l'eau) en résultant ce dernier dans son bassin d'origine.

I.5.2. Préparation du lit de l'oued :

Elle consiste à enlever tout obstacle qui gêne l'écoulement dans le cours d'eau (arbre, déchets...).

I.5.3. Travaux de terrassements :

Ils consistent à donner aux cours d'eau, la forme du profil en travers choisi lors de l'étude.

Pour la réalisation des travaux de terrassements, il est nécessaire d'établir la balance des masses volumiques de terrassement en adoptant les travaux les plus économiques. En ce qui concerne la répartition et le transport des matériaux de construction sur le chantier, ainsi que le choix par les caractéristiques techniques des outils mécaniques.

I.5.4. Travaux de compactages :

C'est l'action de tasser un matériau à l'aide de moyens mécaniques (pour réduire les vides et augmenter sa cohésion).

I.5.5. Enrobage des berges :

C'est l'action d'installer des protections en gabion sur les berges.

I.6. Les moyens de chantier :

En ce qui concerne les moyens en personnel, l'entreprise devra indiquer nommément la personne physique responsable du chantier et son intérimaire en précisant leurs titres, références et compétences.

Les mêmes indications devront être fournies pour les techniciens spécialisés tels que géotechniciens spécialistes en travaux d'étanchéité, d'injection etc. qui auraient à intervenir sur le chantier.

La construction d'une digue en terre nécessite l'utilisation de nombreux engins mécaniques destinés à excaver, niveler, compacter et transporter les matériaux.

Afin de distinguer le matériel de compactage : la fonction, les caractéristiques principales et le rendement des différents engins de terrassement et de compactage susceptibles d'être utilisés lors de la réalisation du petit barrage sont très importants.

I.6.1. Les moyens humains :

En ce qui concerne les moyens humains, indispensables pour la réalisation de l'ouvrage, on doit justifier la mise en place du personnel compétent pour la réalisation des études préalables et pour la construction en précisant leurs titres et leurs compétences et leurs expériences.

II. Devis quantitatif et estimatifs des projets :

Le Tableau V.2 donne un devis quantitatif et estimatif de la variante d'aménagement retenu :

Tableau V.2 : Devis quantitatif et estimatif.

N°	Désignation des travaux	Unité	Prix Unitaire DA/HT	Quantités	Montant (DA)
1	Débroussaillage sur l'ensemble de l'emprise de l'oued	M2	800	5090	407200,00
2	Excavation des terres de toute nature en couches horizontales successives à l'engin mécanique avec dépôt des terres au bord et modelage des fonds et des côtés selon plan, y compris toutes sujétions spéciales de bonne exécution et de mise en œuvre dans les règles de l'art.	m ³	1300	4770	6201000
3	Talutage et préparations de lit, y compris remblais et toutes éventuelles sujétions spéciales de bonne exécution et de mise en œuvre dans les règles de l'art.	m ³	2000	2638	5276000
4	Transport et mise en dépôt des matériaux excédentaires, vers le lieu de décharge public désigné par le maître de l'ouvrage y compris chargement, déchargement, foisonnement et toutes sujétions spéciales de bonne exécution et de mise en œuvre dans les règles de l'art.	m ²	800.00	2132	1705600
5	Des cages métalliques selon la dimension (2 × 1 × 1) m indiquée y compris l'assemblage des panneaux détachés et	m ³	20000.00	5140	102800000

	toutes sujétions spéciales de bonne exécution et de mise en œuvre dans les règles de l'art. Remplissage des cages de gabion en pierre de couleur (pierre de gabion blanc, noir, ou autre), et présentant un aspect policé ou angulaire y compris chargement, déchargement, foisonnement toutes sujétions spéciales de bonne exécution et de mise en œuvre dans les règles de l'art.				
6	Dalots préfabriqués (1*3*1.8) en béton armé y compris les joints et toutes sujétions spéciales de bonne exécution et de mise en œuvre dans les règles de l'art.	u	60000.00	75	4500000
			Total en HT	125 389 800,00	
			TVA 19 %	23 824 062,00	
			TTC	149 213 862,00	

III : Définition de la planification

C'est une méthode dont dispose le cadre opérationnel pour rendre son travail efficace, elle consiste :

- L'installation des postes de travail.
- L'observation instantanée.
- L'analyse des tâches.
- Le chronométrage.
- La définition des objectifs et des attributions.
- La simplification des méthodes.
- La stabilisation des postes de travail.

III.1 : Techniques de la planification

Il existe deux principales méthodes de planification à savoir :

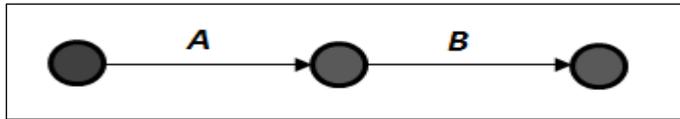
- Méthodes basées sur le réseau.
- Méthodes basées sur le graphique.

III.2 : Méthodes basées sur le réseau

Le réseau est une représentation graphique d'un projet qui permet d'indiquer la relation entre les différentes opérations qui peuvent être successives, simultanées, convergentes et la durée de réalisation. On distingue deux types de réseaux :

III.2.1 : Réseau à flèches

L'opération est représentée par une flèche et la succession des opérations par des nœuds.



L'opération A précède l'opération B

III.2.2 : Réseau à nœuds

L'opération est représentée par un nœud et la succession des opérations par des flèches.



L'opération (B) ne peut commencer que si l'opération (A) est complètement achevée.

III.3 : Différentes méthodes basées sur le réseau

III.3.1 : Méthode C.P.M (Méthode française)

L'objectif de cette méthode est de réduire les temps de réalisation d'un ouvrage en tenant compte de trois phases :

- **1^{ère} phase** : l'effectif nécessaire pour effectuer le travail considéré,
- **2^{ème} phase** : analyser systématiquement le réseau, heure par heure, jour par jour, selon l'unité de temps retenue,
- **3^{ème} phase** : adapter le réseau aux conditions ou contraintes fixées par l'entreprise.

III.3.2 : Méthode P.E.R.T (Méthode américaine-Program Evaluation and Review Technical)

C'est-à-dire technique d'ordonnancement des tâches et contrôle des programmes, c'est une méthode consistant à mettre en ordre sous forme de réseau plusieurs tâches qui grâce à leur chronologie et leur dépendance concourent toutes à l'obtention d'un produit fini.

III.4 : Les paramètres de calcul dans la méthode C.P.M

Les paramètres indispensables dans l'exécution de cette méthode sont les suivants :

DCP	t_r
DFP	DCPP
DFPP	MT

Avec :

- t_r : Le temps de réalisation de la tâche,
- **DCP** : La date de commencement au plus tôt,
- **DCPP** : La date de commencement au plus tard,
- **DFP**: La date de finition au plus tôt,
- **DFPP** : La date de finition au plus tard,
- **MT** : La marge totale, intervalle de temps nécessaire pour le déroulement de l'opération.

Où :
$$\begin{cases} \mathbf{DCP}_i + \mathbf{tr}_i = \mathbf{DFP}_i \\ \mathbf{DCP}_j = \mathbf{DFP}_i \end{cases} \dots\dots\dots (\mathbf{V.1})$$

III.5 : Chemin critique (C.C)

C'est le chemin qui donne la durée totale du projet (DTR) reliant les opérations possédant la marge totale nulle (0).

Donc pour retrouver un chemin critique il suffit de vérifier la double condition suivante :

$$\mathbf{C. C} \Leftrightarrow \begin{cases} \mathbf{MT} = \mathbf{0} \\ \sum \mathbf{tr}_{cc} = \mathbf{D. T. P} \end{cases} \dots\dots\dots (\mathbf{V.2})$$

III.6 : Diagramme de Gantt

C'est un outil que l'ingénieur concepteur doit mettre à disposition, afin que toute personne concernée par le projet puisse visualiser et comprendre le déroulement des travaux. La colonne de gauche du diagramme énumère toutes les tâches à effectuer, tandis que la ligne d'en-tête représente les unités de temps les plus adaptées au projet (jours, semaines, mois etc.). Chaque tâche est matérialisée par une barre horizontale, dont la position et la longueur représentent la date de début, la durée et la date de fin. Ce planning permet ainsi de voir :

III.6.1 Les différentes tâches à envisager

- Les dates de début et de fin de chaque tâche,
- La durée escomptée de chaque tâche,
- Le chevauchement éventuel des tâches, et la durée de ce chevauchement,
- La date de début et la date de fin du projet dans son ensemble

IV : Elaboration du réseau selon la méthode C.P.M

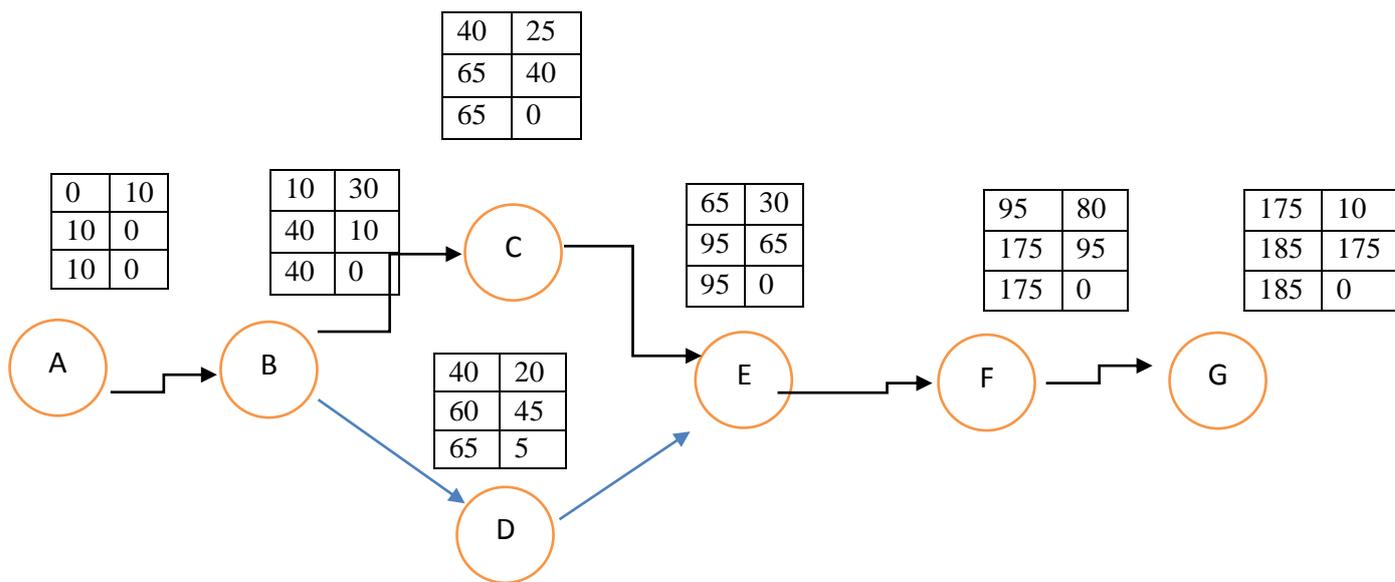
Pour la construction du réseau il faut d'abord établir les différentes tâches des travaux et le temps de réalisation de chaque tâche, Ces derniers sont les suivantes :

Tableau V. 3 : Temps de réalisation de chaque tâche

Notation	Opération	Durée [jour]
A	Installation de chantier	10
B	Débroussaillage et décapage de la végétation et	30

	abattage et déracinement des arbres	
C	Compactage	25
D	Excavation des terres de toute nature	20
E	Remblais Compactage	30
F	La pose des murs en gabion	80
G	Travaux de finition	10

La figure montre le réseau à nœud pour l'aménagement de l'oued Djenane Nouar Ellouze



Réseau à nœud du projet d'aménagement

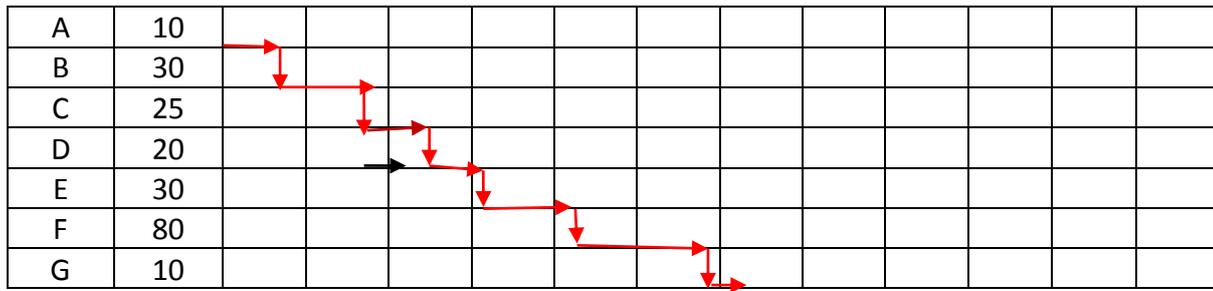
Chemin critique : A-B-C-E-F (—┐→).

V. Elaboration du diagramme de Gantt

Le diagramme de Gantt est un outil utilisé en ordonnancement et gestion de projet, permettant de visualiser dans le temps les diverses tâches liées composant un projet (il s'agit d'une représentation d'un graphe connexe). Il permet de représenter graphiquement l'avancement du projet.

Tableau V. 4 : Diagramme de Gantt

Tache Durée (jr)	Durée (mois)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12



Conclusion

L'exécution d'un ensemble de travaux par gestion rationnelle de temps, demande conjointement des moyens humains, techniques et matériels, afin d'aboutir à un but ultime qui est la livraison du projet dans les délais prévus, sans sortir des couts d'investissement initiaux. A l'issue de ce volet nous avons pu estimer le cout global du projet d'aménagement de l'oued Djenan Nouar Ellouz qui est de 197 932 046,00 DA pour un délai de réalisation de 185 jours.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

A travers cette étude, mes propositions pour l'aménagement de l'Oued Djenane Nouar El louz permettent de protéger le centre-ville de Ain Benian contre les inondations que pourraient provoquer les eaux de ruissellement (pluviales) lors d'événement pluviométrique à caractère torrentiel (pluie orageuse).

Le fonctionnement de ce système et intimement lié à une gestion rigoureuse basée sur :

- Une maintenance permanente par la collectivité locale notamment en matière de curage de caniveaux et avaloirs ; dégagement de divers détritiques et objets encombrants accompagnant les écoulements dans l'Oued.
- Le suivi et contrôle par des services techniques efficaces de son fonctionnement.
- L'évacuation immédiate de toutes constructions érigées sur l'emprise de l'Oued notamment son lit et ses berges et surtout à son exécutoire (plage casino).
- Un suivi efficace des projets de logements collectifs en amont de l'Oued concernant les réseaux d'assainissement (EP et EU).
- Le contrôle d'évacuation des terres et gravas issus des travaux de terrassement.
- Protection du bassin versant de l'Oued par l'aménagement d'espace public boisé dans la continuité de la pinède limitrophe.

Il est regrettable de constater que les zones d'habitats collectifs créés ou en cours de réalisation sont dépourvus de toute stratégie pour la maîtrise des eaux pluviales.

De nos jours ; avec le changement climatique que nous vivons ; il est impératif que les autorités communales et régionales prennent conscience de ce nouveau phénomène (gestion des eaux pluviales).

Les inondations qu'a connues ces jours si la ville de Skikada en est un très bel exemple.

De ce fait, il est souhaitable que les autorités locales intègrent graduellement dans tous les futurs projets liés aux aménagements urbains les techniques alternatives dans la gestion des eaux pluviales.

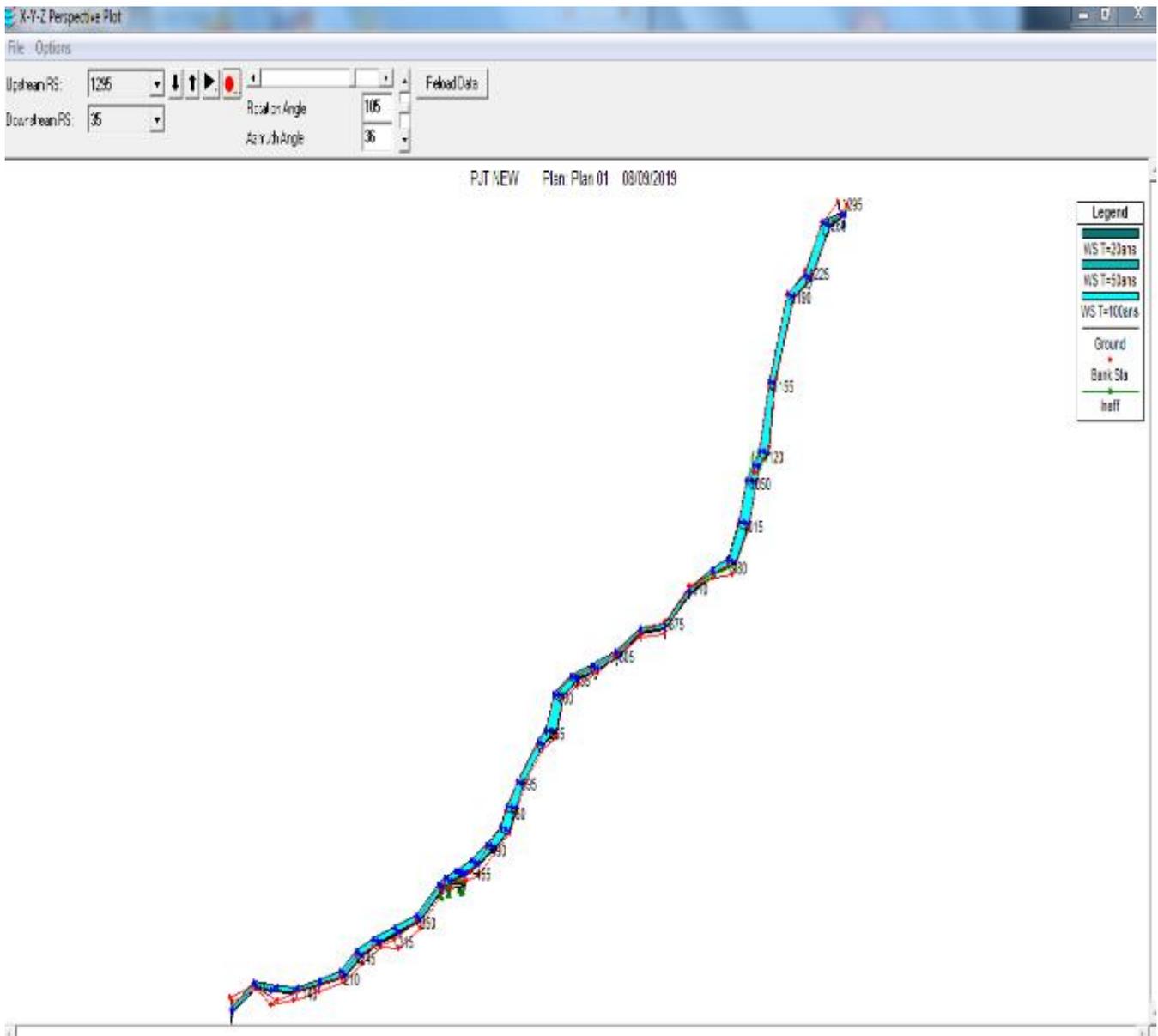
Références Bibliographiques

Références bibliographiques :

- [1] **Degoutte, G. (2006).** Diagnostic, aménagement et gestion des rivières. Edition TEC et DOC-Lavoisier.
- [2] **Lahlah, S. (2000).** Introduction sur l'étude des inondations en Algérie. Agence Nationale des Ressources Hydraulique (ANRH) Alger.
- [3] **Plan d'aménagement de la circonscription de Cheraga (1999).**
- [4] **Association culturelle universitaire NABLA. (1999)** seminaire sur la ville de Ain-Benian.
- [5] **Rapport préliminaire sur l'état et l'avenir de l'environnement à Ain-Benian. Wilaya d'Alger .(2001).**
- [6] **Touaibia, B. (2004).** Manuel pratique d'hydrologie. Edition Madani. Blida. Algérie.
- [7] **G.Réméniéras.** L'hydrologie de l'ingénieur. Edition6
- [8] **U.S. Army Corps of Engineers (2006).** HEC-RAS River Analysis System – User's Manual, Hydrologic Engineering Center, Version 4.1.
- [9] **Carlier, M. (1998).** Hydraulique générale et appliquée. Edition Eyrolles, EDF
- [10] **LENCASTRE.A. (2002).** (HYDRAULIQUE GENERALE. (2002). Edition eyrolles

Annexe

Annexe



Résultat de la simulation

Annexe

Tableau : résultat de la simulation

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
axe0	1295	T=20ans	1613.39	90	121.98		123.95	0.00512	6.21	259.85	8.5	0.36
axe0	1295	T=50ans	15.4	90	91.5	91.5	92.04	0.014151	3.25	4.74	4.5	1.01
axe0	1295	T=100ans	19.07	90	91.66	91.66	92.28	0.014245	3.48	5.47	4.5	1.01
axe0	1260	T=20ans	1613.39	89.9	111.95	111.95	122.78	0.013545	14.58	110.64	5.1	1
axe0	1260	T=50ans	15.4	89.9	91.22	91.22	91.72	0.002573	3.14	4.91	4.95	1
axe0	1260	T=100ans	19.07	89.9	91.38	91.38	91.94	0.00259	3.34	5.71	5.1	1.01
axe0	1225	T=20ans	1613.39	84.19	103.97	103.97	113.59	0.009861	13.74	117.42	6.1	1
axe0	1225	T=50ans	15.4	84.19	85.49	85.49	85.99	0.002539	3.11	4.96	5.11	1.01
axe0	1225	T=100ans	19.07	84.19	85.66	85.66	86.2	0.002466	3.25	5.86	5.45	1
axe0	1190	T=20ans	1613.39	83.19	94.19	94.19	99.47	0.014361	10.18	158.49	15	1
axe0	1190	T=50ans	15.4	83.19	84.1	84.1	84.34	0.013062	2.16	7.13	15	1
axe0	1190	T=100ans	19.07	83.19	84.17	84.17	84.45	0.012722	2.32	8.21	15	1
axe0	1155	T=20ans	1613.39	72.93	84.21	84.21	89.48	0.01434	10.18	158.53	15	1
axe0	1155	T=50ans	15.4	72.93	73.95	73.95	74.25	0.012746	2.43	6.35	10.6	1
axe0	1155	T=100ans	19.07	72.93	74.04	74.04	74.38	0.01265	2.58	7.4	11.16	1.01
axe0	1120	T=20ans	1613.39	65	84.51		86.16	0.003412	5.7	283.08	15	0.42
axe0	1120	T=50ans	15.4	65	66.33		66.43	0.002448	1.37	11.27	12.96	0.47
axe0	1120	T=100ans	19.07	65	66.47		66.58	0.002422	1.46	13.04	13.3	0.47

Annexe

axe0	1085	T=20a ns	1613. 39	65	83.97		86.06	0.001 125	7.43	277.5	15.28	0.55
axe0	1085	T=50a ns	15.4	65	65.92	65.92	66.26	0.009 167	2.62	6.05	9.15	0.92
axe0	1085	T=100 ans	19.07	65	66.03	66.03	66.41	0.008 669	2.77	7.09	9.63	0.92
axe0	1050	T=20a ns	1613. 39	64.5	84.27		85.84	0.003 276	5.56	290.1 3	15	0.4
axe0	1050	T=50a ns	15.4	64.5	65.4	65.4	65.64	0.013 185	2.16	7.12	14.99	1
axe0	1050	T=100 ans	19.07	64.5	65.47	65.47	65.75	0.012 622	2.32	8.23	15	1
axe0	1015	T=20a ns	1613. 39	60.53	76.84	76.84	84.92	0.034 106	12.6	128.0 5	7.91	1
axe0	1015	T=50a ns	15.4	60.53	61.38	61.38	61.74	0.012 851	2.67	5.76	7.91	1
axe0	1015	T=100 ans	19.07	60.53	61.49	61.49	61.91	0.012 597	2.87	6.65	7.91	1
axe0	980	T=20a ns	1613. 39	56.01	79.51		81.06	0.002 04	4.52	304.4 5	13.26	0.3
axe0	980	T=50a ns	15.4	56.01	57.59		57.66	0.000 898	0.96	13.86	13.26	0.29
axe0	980	T=100 ans	19.07	56.01	57.73		57.81	0.000 939	1.04	15.63	13.26	0.3
axe0	945	T=20a ns	1613. 39	56.34	77.88		80.81	0.006 262	7.78	213.5 2	10.05	0.54
axe0	945	T=50a ns	15.4	56.34	57.25	57.25	57.56	0.010 709	2.48	6.24	10.05	0.93
axe0	945	T=100 ans	19.07	56.34	57.35	57.35	57.71	0.010 456	2.64	7.19	10.05	0.93
axe0	910	T=20a ns	1613. 39	53.94	75.96		80.33	0.016 736	9.26	174.2 9	8.08	0.64
axe0	910	T=50a ns	15.4	53.94	55.02	55.02	55.42	0.012 913	2.8	5.5	6.87	1
axe0	910	T=100 ans	19.07	53.94	55.16	55.16	55.6	0.012 609	2.96	6.45	7.24	1
axe0	875	T=20a ns	1613. 39	49.08	69.16	69.16	78.84	0.052 833	13.78	117.0 6	6.04	1
axe0	875	T=50a ns	15.4	49.08	50.61	50.61	51.07	0.013 358	3.01	5.12	5.58	1
axe0	875	T=100 ans	19.07	49.08	50.76	50.76	51.28	0.013 249	3.2	5.96	5.74	1

Annexe

axe0	840	T=20a ns	1613. 39	49	66.77	65.42	73.6	0.028 147	11.58	139.3 5	8	0.89
axe0	840	T=50a ns	15.4	49	50.08	50.08	50.44	0.013 3	2.67	5.77	8	1
axe0	840	T=100 ans	19.07	49	50.19	50.19	50.61	0.013 064	2.86	6.66	8	1
axe0	805	T=20a ns	1613. 39	46	67.4		72.2	0.018 698	9.71	166.1 8	8	0.68
axe0	805	T=50a ns	15.4	46	47.32	47.32	47.7	0.012 292	2.73	5.63	7.44	1
axe0	805	T=100 ans	19.07	46	47.44	47.44	47.87	0.012 087	2.91	6.55	7.66	1
axe0	770	T=20a ns	1613. 39	45	67.06	61.38	71.45	0.017 026	9.29	173.7 6	7.98	0.64
axe0	770	T=50a ns	15.4	45	46.26		46.46	0.004 806	1.97	7.8	7.98	0.64
axe0	770	T=100 ans	19.07	45	46.41		46.64	0.004 873	2.13	8.95	7.98	0.64
axe0	735	T=20a ns	1613. 39	44.67	61.82	61.82	70.21	0.037 145	12.83	125.7 6	7.5	1
axe0	735	T=50a ns	15.4	44.67	45.81	45.81	46.19	0.012 968	2.73	5.65	7.5	1
axe0	735	T=100 ans	19.07	44.67	45.92	45.92	46.36	0.012 737	2.92	6.53	7.5	1
axe0	700	T=20a ns	1613. 39	44.04	66.01		67.25	0.002 502	4.94	326.8 3	15	0.34
axe0	700	T=50a ns	15.4	44.04	44.69	44.69	44.93	0.013 838	2.17	7.09	15	1.01
axe0	700	T=100 ans	19.07	44.04	44.76	44.76	45.04	0.013 373	2.33	8.17	15	1.01
axe0	665	T=20a ns	1613. 39	40	63.4		66.86	0.012 397	8.24	195.7 2	8.5	0.55
axe0	665	T=50a ns	15.4	40	41.4		41.56	0.003 616	1.76	8.76	8.5	0.55
axe0	665	T=100 ans	19.07	40	41.56		41.74	0.003 656	1.9	10.05	8.5	0.56
axe0	630	T=20a ns	1613. 39	40	59.98		66	0.025 778	10.87	148.4 2	7.5	0.78
axe0	630	T=50a ns	15.4	40	40.95	40.95	41.32	0.012 961	2.72	5.66	7.5	1
axe0	630	T=100 ans	19.07	40	41.06	41.06	41.5	0.012 867	2.92	6.52	7.5	1

Annexe

axe0	595	T=20ans	1613.39	36.61	64.19		64.2	0.000003	0.37	4329.15	158	0.02
axe0	595	T=50ans	15.4	36.61	36.86	36.86	36.92	0.020738	1.12	13.73	110.41	1.01
axe0	595	T=100ans	19.07	36.61	36.88	36.88	36.95	0.019952	1.17	16.34	120.09	1.01
axe0	560	T=20ans	1613.39	34.45	63.42		64.13	0.001307	3.71	434.32	15	0.22
axe0	560	T=50ans	15.4	34.45	34.94	34.94	35.18	0.014084	2.17	7.1	15	1.01
axe0	560	T=100ans	19.07	34.45	35.02	35.02	35.29	0.01334	2.31	8.24	15	1
axe0	525	T=20ans	1613.39	32.96	63.42		64.06	0.001165	3.54	455.81	15	0.2
axe0	525	T=50ans	15.4	32.96	33.51	33.51	33.75	0.013762	2.17	7.08	14.86	1.01
axe0	525	T=100ans	19.07	32.96	33.58	33.58	33.86	0.013281	2.33	8.17	14.94	1.01
axe0	490	T=20ans	1613.39	32	63.41		64.01	0.001088	3.42	471.21	15	0.19
axe0	490	T=50ans	15.4	32	32.48	32.48	32.71	0.013874	2.15	7.15	15	1
axe0	490	T=100ans	19.07	32	32.55	32.55	32.82	0.01349	2.32	8.22	15	1
axe0	455	T=20ans	1613.39	30.06	63.43		63.96	0.00095	3.22	500.49	15	0.18
axe0	455	T=50ans	15.4	30.06	31.33		31.36	0.000598	0.81	19.07	15	0.23
axe0	455	T=100ans	19.07	30.06	31.57		31.61	0.000534	0.84	22.67	15	0.22
axe0	420	T=20ans	1613.39	28.67	59.4	48.86	63.51	0.021347	8.98	179.7	5.98	0.52
axe0	420	T=50ans	15.4	28.67	31.23	30.2	31.33	0.001385	1.37	11.26	5.98	0.32
axe0	420	T=100ans	19.07	28.67	31.45	30.35	31.57	0.001569	1.52	12.57	5.98	0.33
axe0	397		Culvert									
axe0	385	T=20ans	1613.39	28.98	57.18	48.9	61.97	0.025147	9.7	166.3	5.99	0.59
axe0	385	T=50ans	15.4	28.98	30.29	30.29	30.73	0.012791	2.93	5.25	5.99	1

Annexe

axe0	385	T=100 ans	19.07	28.98	30.42	30.42	30.93	0.012 78	3.15	6.06	5.99	1
axe0	350	T=20a ns	1613. 39	25.77	57.09		60.89	0.019 836	8.64	186.6 7	6	0.49
axe0	350	T=50a ns	15.4	25.77	26.85	26.85	27.29	0.013 778	2.93	5.26	6	1
axe0	350	T=100 ans	19.07	25.77	26.99	26.99	27.49	0.013 774	3.15	6.06	6	1
axe0	315	T=20a ns	1613. 39	24	56.65		60.13	0.018 131	8.27	195.1 9	6	0.46
axe0	315	T=50a ns	15.4	24	25.88		25.99	0.001 851	1.46	10.56	6	0.35
axe0	315	T=100 ans	19.07	24	26.08		26.21	0.002 117	1.63	11.72	6	0.37
axe0	280	T=20a ns	1613. 39	24.3	55.64		59.44	0.019 825	8.64	186.8	6	0.49
axe0	280	T=50a ns	15.4	24.3	25.38	25.38	25.82	0.013 901	2.93	5.26	6	1
axe0	280	T=100 ans	19.07	24.3	25.51	25.51	26.02	0.013 958	3.15	6.05	6	1
axe0	245	T=20a ns	1613. 39	23.56	50.84		58.07	0.047 77	11.91	135.4 5	5	0.73
axe0	245	T=50a ns	15.4	23.56	24.74	24.74	25.23	0.014 628	3.11	4.95	5	1
axe0	245	T=100 ans	19.07	23.56	24.89	24.89	25.46	0.014 826	3.35	5.7	5	1
axe0	210	T=20a ns	1613. 39	22.12	51.84		56.07	0.022 217	9.12	176.9 3	6	0.54
axe0	210	T=50a ns	15.4	22.12	23.22	23.22	23.66	0.013 751	2.93	5.26	6	1
axe0	210	T=100 ans	19.07	22.12	23.36	23.36	23.86	0.013 8	3.15	6.06	6	1
axe0	175	T=20a ns	1613. 39	21.36	51.06		55.29	0.022 204	9.12	176.9	6	0.54
axe0	175	T=50a ns	15.4	21.36	22.45	22.45	22.89	0.013 66	2.93	5.26	6	1
axe0	175	T=100 ans	19.07	21.36	22.58	22.58	23.09	0.013 657	3.14	6.06	6	1
axe0	140	T=20a ns	1613. 39	20.15	42.32	42.32	53.32	0.074 424	14.69	109.8 3	5	1
axe0	140	T=50a ns	15.4	20.15	21.35	21.35	21.84	0.014 577	3.11	4.95	5	1

Annexe

axe0	140	T=100 ans	19.07	20.15	21.5	21.5	22.07	0.014 825	3.35	5.7	5	1
axe0	105	T=20a ns	1613. 39	19.09	39.93		41.29	0.002 804	5.16	312.4 1	15	0.36
axe0	105	T=50a ns	15.4	19.09	20.81		20.83	0.000 24	0.6	25.57	15	0.15
axe0	105	T=100 ans	19.07	19.09	20.92		20.95	0.000 303	0.7	27.24	15	0.17
axe0	70	T=20a ns	1613. 39	19.89	39.63		41.17	0.003 221	5.5	293.4 1	15	0.4
axe0	70	T=50a ns	15.4	19.89	20.54	20.54	20.78	0.013 607	2.16	7.12	15	1
axe0	70	T=100 ans	19.07	19.89	20.62	20.62	20.89	0.013 128	2.32	8.21	15	1
axe0	35	T=20a ns	1613. 39	15.76	32.6	32.6	40.31	0.024 327	12.31	131.1 2	8.5	1
axe0	35	T=50a ns	15.4	15.76	17.26	17.26	17.8	0.014 057	3.24	4.75	4.5	1.01
axe0	35	T=100 ans	19.07	15.76	17.42	17.42	18.04	0.014 178	3.48	5.48	4.5	1.01

Annexe



Rupture du mur de clôture du stade Ben Ramone lors des inondations de 2013

Annexe



Inondation au niveau du boulevard Colonel Si M'hammede « l'exutoire de l'oued » (en 2013)

Annexe



Inondations au niveau de la RN11 (en 2013)