

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE URBAINE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: ASSAINISSEMENT

THEME :

**Protection contre les inondations de la partie Ouest
de la ville de Dellys (w.Boumerdes)**

PRESENTE PAR :

M : GHACI Sidali

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
M ^r KAHLERRAS Djillali	M.C.B	Président
M ^r H EBBUCHE Abdelhamid	M.A.A	Examinateur
M ^{me} KADI Latifa	M.A.A	Examinatrice
M ^r DERNOUNI Youcef	M.A.A	Examinateur
M ^r AMMARI Abdelhadi	M.C.A	Promoteur

Septembre- 2018

DÉDICACE

Bertrand Russel a dit un jour « Ce que les hommes veulent en fait, ce n'est pas la connaissance, c'est la certitude. » et ma certitude aujourd'hui c'est que je ne serai ce que je suis sans eux :

- Ma mère
- Mon père

Pour qui je dédie ce travail et dont tout le mérite leurs revient.

Je dédie aussi ce travail à mes chers frères, sœurs et tt ma famille sans oublier l'équipe

HEC :hydraulic engineers club.

REMERCIEMENT

Je remercie tout d'abord ALLAH le tout puissant de m'avoir donné le courage de
Surmonter les moments les plus difficiles de ma vie et la volonté de mener à terme ce travail.

Je tiens à remercier vivement tous ceux qui m'ont aidé pour l'élaboration de ce mémoire de
fin d'étude, particulièrement ma mère et mon père.

Toute ma gratitude pour mon promoteur monsieur A.AMMARI, pour ses judicieux conseils
ainsi que sa générosité du savoir, transmise tout au long de l'élaboration de ce travail.

Je tiens à remercier vivement toute l'équipe du SARL AQUA ENGINEERING .

Mon respect s'adresse aux membres de jury qui me feront l'honneur d'apprécier ce travail.

Merci à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce projet, que ce
soit par son amitié, ses conseils ou son soutien moral.

ملخص

في هذا العمل قمنا بدراسة حول أودية "إيماك و غار الضبع" المتواجدة ببلدية دلس ولاية بومرداس والهدف من هذه الدراسة هو تهيئة هاته الأودية من أجل حماية المدينة من الفيضانات الناجمة عنهما. قبل الشروع في عملنا، قمنا بتعريف المنطقة وهذا بهدف القيام بمشروع التهيئة المناسبة، بعد ذلك قمنا بدراسة هيدرولوجية للمنطقة من أجل تحديد كمية التصريف، كما قمنا بتشخيص أهم المشاكل والأخطار المتعلقة بالأودية، بعدها تطرقنا إلى دراسة كاملة للمشروع، فتحصلنا على مشروع قابل للإنجاز وملئم لحماية المدينة من الفيضانات وكذا إدخالها في سياق حضاري ملائم، وأخيرا قمنا بتحديد مدة وتكلفة إنجاز هذا المشروع.

Résumé :

A travers ce mémoire, nous avons établi une étude sur l'Oued « Emak » et Ghar « El Dhbaa », situés à la ville de Dellys, Willaya de Boumerdes. L'objectif de ce présent travail est l'aménagement de ces oueds afin de protéger la ville des inondations. Mais avant cela, nous avons présenté la zone pour mener à bien ce projet. Ensuite, nous avons entrepris une étude hydrologique pour estimer la quantité de décharge, comme nous avons aussi diagnostiqué les problèmes et les dangers concernant les oueds. Nous avons essayé d'englober tous les points qui touchent aux objectifs apportés à la réalisation du projet. Enfin, nous avons déterminé la durée et le cout de ce projet que nous souhaitons être utile à l'étude finale.

Abstract:

In this work we examined the valleys of Imak and GharEdbaa located in the town of Dellyes, city of Boumardes. The objective of this study is to prepare these valleys in the aim of protecting the town from anticipated floods. Before starting our work, we defined the town to make the appropriate project. Then, we carried out a hydrological study of the area to determine the amount of drainage like identifying the most important risks related to the valleys. In the end, we made a complete project examination and got an achievable and suitable result that can prevent the town from the flooding, and we estimated the cost and duration project.

Table des matières

Dédicaces	I
Remerciements	II
Résumé	III
Table des matières	IV
Liste des tableaux	VIII
Liste des figures	XI
Liste des planches	XIV
Introduction générale	XV
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude	1
I.1. Situation géographique	2
I.2. Les agglomérations urbaines.....	3
I.1.1. L'agglomération Chef-lieu.....	3
I.2.2. Agglomération secondaire Takdempt.....	3
I.2.3. Agglomération secondaire Azrou.....	4
I.3. Situation topographique.....	4
I.4. Situation climatique.....	4
I.4.1. Pluviométrie	4
I.4.2. Température	4
I.4.3. Humidité	4
I.4.4. L'ensoleillement.....	5
I.5. Structure géologique.....	5
I.6. Hydrogéologie.....	5
I.7. Activités économiques.....	5
I.7.1. Secteur agricole	6
I.7.2. Secteur industriel.....	6
I.7.3. Secteur touristique	6
I.8. Hydraulique.....	6
I.8.1. Alimentation en eau potable	6
I.8.2. Assainissement	7
I.8.2.a. Agglomération Chef-lieu (ACL)	7

I.8.2.b. Agglomérations secondaires	7
I.8.2.c. La zone éparses	8
I.9. Situation hydrographique.....	8
Conclusion	9
Chapitre II Etude Hydrologique	10
II.1. Caractéristiques hydro-morphologique	11
II.1.1. Bassin versant (Oued Emak)	11
II.1.1.a. Superficie (S)	11
II.1.1.b. Le Périmètre (P)	12
II.1.1.c. Longueur du cours d'eau principal.....	12
II.1.1.d. Caractéristiques de forme	12
II.1.1.e. Relief.....	12
II.1.2. Bassin versant (Oued Ghar El-Dhbaà)	18
II.1.2.a. Courbe Hypsométrique	19
II.2. Etude des précipitations maximales journalières	20
II.2.1. Présentation de la station de mesure	20
II.2.2. Pluies maximales journalières	21
II.2.2.a. Paramètres statistiques de la série	22
II.2.2.b. Ajustement statistique	22
II.2.2.b.ii. Ajustement à la loi Log-normale (Galton)	23
II.2.2.b.iii. Ajustement à la loi de GEV (loi des extrêmes généralisée)	25
II.2.2.c. Le Test visuel	25
II.2.2.d. Pluies de courte durée.....	25
II.3. Estimation des débits de crues des cours d'eau	29
II.3.1. Les différents types de crues.....	29
II.3.1.a. Crues rapides :	29
II.3.1.b. Formule de SOKOLOVOSKY	29
II.3.1.c. Relation de Turazza	30
II.3.1.d. Relation de Giandotti.....	30
II.3.1.e. Choix du débit de crue	31
II.4. Construction des hydrogrammes des crues (SOKOLOVSKY).....	31
II.4.1. Pour le temps de montée.....	31
II.4.2. Pour la décrue	31

Conclusion	33
Chapitre III Etude des écoulements.....	
III.1. Problématique	34
III.2. Etat des lieux d’oued Emak.....	34
III.3. Etat de fait d’Oued Ghar El-Dhbaà	35
III.4. Modélisation de l’écoulement	36
III.4.1. Aperçu sur le logiciel HEC-RAS.....	36
III.4.1.1. Environnement de HEC-RAS.....	37
III.4.1.2. Les données géométriques.....	37
III.4.1.3. Conditions aux limites et de calcul	38
III.4.1.4. Les étapes de fonctionnement de HEC-RAS.....	38
III.4.1.5. Principe de calcul	39
III.4.2. Conditions aux limites	40
III.4.3. Méthode de travail	40
III.4.4. Le coefficient de Manning	40
III.4.5. Création de la base de données de l’Oued.....	41
III.4.5.1. Oued Emak	41
III.5.3.2. Oued Ghar El-Dhbaà.....	44
Conclusion	47
Chapitre IV Etude de variantes	48
IV.1. Principes d’aménagements.....	49
IV.1.1. Laminage des crues.....	49
IV.2. les options d’aménagement	50
IV.2.1. Oued Emak	50
IV.2.1.a. Variante N°1	50
IV.2.1.b. Variante N°2	50
IV.2.1.c. Etude des variantes.....	50
IV.2.1.c.i varianteN°1	50
IV.2.1.c.i.1 Calcul de section de canal trapézoïdale.....	50
IV.2.1.c.ii varianteN°2.....	53
IV.2.1.c.ii.1 Calcul des murs en gabion.....	53
IV.2.1.d. Etude de la stabilité du canal	54
IV.2.1.e. vérification de la capacité d’évacuation d’eau par le passage existant sur RN2 :	56

IV .2.1.f Estimation du coût des variantes	57
IV.2.1.g. Etude comparative	57
IV.2.2. Oued Ghar El-Dhbaà	57
IV.2.2.a. Variante N°1	58
IV.2.2.b. Variante N°2	58
IV.2.2.c. Calcul de section de canal trapézoïdale.....	58
IV.2.2.d. Calcul des murs en gabion	59
IV.2.2.f. Etude de la stabilité du canal.....	59
IV.2.2.g. vérification de la capacité d'évacuation d'eau par le passage existant sur RN2 :.....	60
IV.2.2.h. Estimation du coût des variantes	60
IV.2.2.i. Etude comparative	60
Conclusion	61
Chapitre V Management de projet	62
V.1. Généralité	62
V.1.1. Différent type de chantier	62
V.1.2. Organisation technique de préparation.....	62
V.1.3. Rôles et responsabilités des intervenants sur chantier	62
V.1.3.a. Le maître de l'ouvrage.....	62
V.1.3.b. Le maître d'œuvre.....	62
V.1.3.c. L'entrepreneur.....	62
V.1.3.d. L'organe de contrôle technique	62
V.1.4. Travaux préparatoires et installation de chantier	62
V.1.4.a. Installations destinées au personnel	62
V.1.4.b. Installations destinées au stockage des matériaux	64
V.1.4.c. Installations destinées à la réparation des engins	65
V.1.4.d. Installation destinée pour la préfabrication	65
V.1.5. Travaux de réalisation.....	65
V.1.5.a. Dragage et curage.....	65
V.1.5.b. Préparation du lit de l'oued	65
II.1.5.c. Travaux de terrassements.....	65
II.1.5.d. Travaux de compactages	65
V.1.5.e. Enrobage des berges.....	65
II.1.6. Les moyens de chantier	66

V.1.6.a. Les moyens humains	66
V.1.6.b. Les engins utilisés	66
V.2. devis quantitatif et estimatifs des projets	72
V.3. Définition de la planification.....	74
V.3.1. Techniques de la planification	74
V.3.2. Méthodes basées sur le réseau	74
V.3.2.a. Réseau à flèches	74
V.3.2.b. Réseau à nœuds.....	74
V.3.3. Différentes méthodes basées sur le réseau	75
V.3.3.a. Méthode C.P.M (Méthode française)	75
V.3.3.b. Méthode P.E.R.T (Méthode américaine-Program Evaluation and Review Technical)	75
V.3.4. Les paramètres de calcul dans la méthode C.P.M	75
V.3.5. Chemin critique (C.C)	75
V.3.5. Diagramme de Gantt	76
V.3.5.a. Les différentes tâches à envisager	76
V.4 Elaboration du réseau selon la méthode C.P.M	76
V.5. Diagramme de Gantt	78
V.6. conclusion.....	78
Conclusion générale	79
Référence bibliographiques	80
Anexe.....	81

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Tableau I.1 : Répartition mensuelles des précipitations

Tableau I.2 : Répartition des spécularités agricoles en ha

Tableau I.3 : les ressources en eau

Tableau I.4 : liste des réservoirs de stockage

Chapitre II : Etude hydrologique

Tableau II.1 : Surfaces partielle par tranche d'altitude

Tableau II.2 : Récapitulation des altitudes caractéristiques (Oued Emak).

Tableau II.3 : Classification du relief (O.R.S.T.O.M)

Tableau II.4 : Le calcul du temps de concentration par les différent formules.

Tableau II.5 : Récapitulation des caractéristiques hydro-morpho métriques du bassin versant d'Oued Emak.

Tableau II.6 : Récapitulation des caractéristiques hydro-morpho métriques du bassin versant d'Oued Ghar El-Dhbaà

Tableau II.7 : Surfaces partielle par tranche d'altitude

Tableau II.8 : Caractéristiques de la station pluviométrique

Tableau II.9 : Pluies maximales journalières

Tableau II.10 : Paramètres statistiques de la série

Tableau II.11 : Quantiles théoriques de Gumbel

Tableau II.12 : Quantiles théoriques de Galton

Tableau II.13 : Quantiles théoriques calculés par la loi de GEV

Tableau II.14 : Résultats du Test de Pearson

Tableau II.15 : Quantiles théoriques de Galton.

Tableau II.16 : Pluies et intensités maximales de durée t (h) et de période retour T

Tableau II.17 : Récapitulation des débits calculés

Tableau II.18 : Les débits de crue pour les différentes périodes de retour.

Tableau II.19 : Les temps caractéristique de la crue

Chapitre III : Etude des écoulements

Tableau III.1 : estimation du coefficient de Manning.

Chapitre IV : Etude des variantes

Tableau IV.1 : Répartitions des tronçons d'aménagement Oued Emak.

Tableau IV.2 : Dimensions du canal en béton (Oued Emak).

Tableau IV.3 : Dimensions de la galerie rectangulaire (Oued Emak).

Tableau IV.4 : Résultats des contraintes tractrices au fond.

Tableau IV.4 : Caractéristique géométrique de la section gabionnée.

Tableau IV.5 : Dimensions du canal en gabion (Oued Emak).

Tableau IV.6 : Résultats des contraintes tractrices au fond.

Tableau IV.7 : Estimation du coût des variantes.

Tableau IV.8 : Comparaisons entre les variantes.

Tableau IV.9 : Répartitions des tronçons d'aménagement (Oued Ghar El-Dhbaà).

Tableau IV.10 : Dimensions du canal en béton (Oued Ghar El-Dhbaà).

Tableau IV.11 : Dimensions des murs en gabion.

Tableau IV.12 : Résultats de calcule de stabilités.

Tableau IV.13 : Estimation du coût des variantes.

Tableau IV.14 : Comparaisons entre les variantes

Chapitre V : management de projet

Tableau V.1 : Différent types de chantiers.

Tableau V.2 : Différent engin utilisé sur chantier

Tableau V.3 : devis quantitatif et estimatifs de l'aménagement d'oued EMAK

Tableau V.4 : devis quantitatif et estimatifs de l'aménagement d'oued GHAAR ELDHBAA

Tableau V. 1 Temps de réalisation de chaque tâche (oued GHAR ELDHBAA)

Tableau V. 2 Temps de réalisation de chaque tâche (oued EMAK)

Liste des figures

Liste des figures

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Figure I.1 : Situation géographique de la ville de Dellys.

Figure I.1 : Passage provisoire sur la RN24 (oued Emak)

Figure I.2 Un canal de 40cmx40cm remplace l'oued Ghar Edhbaa

Chapitre II : Etude hydrologique

Figure II.1 : Délimitation du bassin versant (Ghar El-Dhbaà).

Figure II.2 : Courbe hypsométrique d'Oued Emak.

Figure II.3 : Délimitation du bassin versant (Ghar El-Dhbaà).

Figure II.4 : Courbe hypsométrique d'Oued Ghar El-Dhbaà.

Figure II.5 : Extrait de la carte du réseau hydro climatologique et de la surveillance de la qualité des eaux.

Figure II.6 : Ajustement graphique à la loi de Gumbel.

Figure II.7 : Ajustement graphique à la loi Log-normale (Galton).

Figure II.8 : Ajustement graphique à la loi de GEV.

Figure II.9 : Courbe Intensité Durée Fréquence [IDF].

Figure II.10 : Courbe de pluies de courtes durées.

Figure II.11 : Hydrogramme de crue du bassin versant d'Oued Emak.

Figure II.12 : Hydrogramme de crue du bassin versant d'Oued Ghar El-Dhbaà.

Chapitre III : Etude des écoulements

Figure III.1 : Etat d'Oued Emak (Photo prise en 2017).

Figure III.2 : Etat physique d'Oued Ghar El-Dhbaà (Photos prises en 2017).

Figure III.3 : Schéma de calcul de la ligne d'eau.

Figure III.4 : les débits de l'Oued Emak.

Figure III.5 : Le profil d'Oued Emak.

Figure III.6 : Exemple d'un profil en travers d'Oued Emak.

Figure III.7 : Exemple d'un profil en travers de l'Oued Emak.

Figure III.8 : Identification des zones inondables de l'Oued Emak.

Figure III.9 : les débits de l'Oued Ghar El-Dhbaà

Figure III.10 : Le profil d'Oued Ghar El-Dhbaà.

Figure III.11 : Exemple d'un profil en travers d'Oued Ghar El-Dhbaà.

Figure III.12 : Exemple d'un profil en travers d'Oued Ghar El-Dhbaà.

Figure III.13 : Identification des zones inondables Oued Ghar El-Dhbaà.

Chapitre IV : Etude des variantes

Figure IV.1 : Volume à stocker dans le bassin.

Figure V.2 : La Section du canal trapézoïdal.

Figure IV.3 : Coupe en travers d'un dalot préfabriqué **Figure IV.4 :** Sections aménagées tronçons 1.

Figure IV.5 : Section aménagée tronçons 2

Figure IV.6 : Section aménagée tronçons 4.

liste des figures

Figure IV.7 : Coupe en travers d'un mur en gabion.

Figure IV.8 : Efforts tangentiel critique pour des matériaux non cohésifs (Chaudhry, 2014).

Figure IV.9 : Sections aménagée tronçons 1

Figure IV.10 : Sections aménagée tronçons 4.

Figure IV.11 : Section aménagée.

Figure IV.12 : Section aménagée (mur en gabion).

Chapitre V : management de projet

Figure V.1: Dragline

Figure V.2 : Dozer

Figure V.3: Chargeur.

Figure V.4: Pelle mécanique

Figure V.5 : Camion

Figure V.6: Décapeuse.

Figure V.7: Niveleuse.

Figure V.8: Rouleau à pied de mouton.

Figure V.9 : Rouleau à lisse.

FigureV.10:Dumper

Figure V. 11 : Réseau à nœud du projet d'aménagement d'oued GHAR ELDHBAA

Figure V. 22 : Réseau à nœud du projet d'aménagement EMAK

Figure V.13 : Diagramme de Gantt (aménagement d'oued GHAR ELDHBAA)

Figure V.14 : Diagramme de Gantt (aménagement d'oued EMAK)

Liste des planches

Liste des planches

1. Plan de situation oued EMAK
2. Aménagement projeté sur oued EMAK
3. Profil en long tronçon 1,2et 3 oued EMAK
4. Profil en long tronçon 4 oued EMAK
5. Plan de situation oued GHAR ELDHBAA
6. Aménagement projeté sur oued GHAR ELDHBAA
7. Profil en long oued GHAR ELDHBAA

Introduction générale

Introduction Générale

Le problème des inondations n'est pas une nouveauté. De tout temps il constitue un risque majeur sur le territoire national. D'après une statistique internationale, les inondations sont responsables de plus de 60 % pertes humaines qui concernent les catastrophes naturelles. Selon l'institut international de Stockholm (SIWI), elles font environ 20 000 victimes par an.

L'inondation est le débordement d'un cours d'eau hors de son lit habituel entraînant la submersion d'espace habituellement exondés. Il s'applique aussi au remplissage d'une cuvette topographique par les eaux de ruissellement local. On parle alors d'inondation pluviale. Ces phénomènes se distinguent par la vitesse de l'eau, le volume d'eau écoulé et la hauteur d'eau d'eau ainsi que l'onde générée par la variation des paramètres hydrauliques du chenal.

L'Algérie est l'un des pays confrontés aux phénomènes de crues et d'inondations qui se manifestent de façon catastrophique constituant ainsi une contrainte majeure pour le développement économique et social. Les régions du Nord Algérien sont plus particulièrement exposées aux crues. En effet, ces dernières années les perturbations météorologiques et les changements climatiques ont provoqué des phénomènes de crues et d'inondations quasi-systématiques d'une certains nombres des oueds dans de nombreuses régions du pays. Dans les zones urbaines, et en absence d'aménagements adéquats, les crues peuvent constituer un danger potentiel pour les populations.

La ville de Dellys, classée zone à haut risque d'inondation et qui a connu, ces dernières années, de nombreux épisodes de crues occasionnant d'importants préjudices matériels et humains (ruissellement urbain, débordements et défoncement des voiries, détérioration des infrastructures).

Face à cette situation alarmante, la protection de la ville et de sa population s'avère indispensable. Le présent travail a, donc, pour objet de proposer un aménagement adéquat des Oueds Emak et **Ghar El-Dhbaà** qui sont à l'origine d'inondations récurrentes à l'ouest de la ville.

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

Avant chaque étude hydraulique, une reconnaissance du site ou de la zone est obligatoire afin de protéger les villes des inondations.

I.1. Situation géographique

La commune de Dellys est située à l'extrême Est de la wilaya de Boumerdes. Le territoire de la commune s'étend sur une superficie de 50,6 km² à travers lesquels est disséminée une population de 32 954 habitants (RGPH de 2008) avec une densité de 651 hab/km² et un parc logement de 4 837 unités (selon le RGPH 2008). Elle est limitée par :

- Au Nord : la mer Méditerranée,
- au Sud : la commune de Benchoud,
- à l'Est : la commune d'Afir et
- à l'Ouest : la commune de Sidi Daoud.

La situation géographique de la commune et les limites administratives des localités avoisinantes sont représentées dans la figure (I.1) ci-dessous :



Figure I.1 : Situation géographique de la ville de Dellys.

Issue du dernier découpage administratif de 1984, elle occupe le statut de chef lieu de Daïra et compte les trois communes suivantes :

- Dellys,
- Afir et
- Benchoud.

L'accessibilité à la commune se fait grâce à un réseau routier satisfaisant à savoir :

- La route nationale RN 24 qui relie la commune de Dellys à Alger et Boumerdès du côté Ouest ainsi qu'à Tizirt et Béjaia du côté Est,
- la route nationale RN 25 qui relie Dellys à Naciria, Tizi-Ouzou et Bouira du côté Ouest,
- le chemin de wilaya CW 154 qui relie la commune de Dellys à l'arrière-pays,
- le port de commerce et de pêche qui lui permet une relation par voie maritime et

- positionné entre la Mitidja orientale et le haut de la Kabylie, le port de Dellys est le seul qui soit protégé au Nord Ouest par le cap venant d'un prolongement rocheux formant Sidi Abdelkader sur 200 Km de côte délimité par Alger et Béjaia.

I.2. Les agglomérations urbaines

La bande du littoral du territoire communal est composée d'une zone urbanisée qui couvre une surface de 290 Ha, soit plus de 20,68% de la surface totale de la commune. Cette zone est constituée :

- D'une agglomération principale (Chef-lieu) qui inclut « Vieille Ville » du centre de Dellys, c'est-à-dire la « Casbah » et les quartiers « coloniaux » ;
- Deux agglomérations secondaires : Takdempt et Azrou ;
- Quelques hameaux répartis à travers l'ensemble du territoire dont les plus importants sont :
 - Thouabet,
 - Kimia et Brarat Tizeghouine,
 - Bouafia et Boukemache,
 - Benamara,
 - Chegga,
 - Assouaf et Beni azroual,
 - Houasma.

I.1.1. L'agglomération Chef-lieu

Située au Nord-Ouest de la commune (de part et d'autre de la route nationale RN 24), l'agglomération Chef-lieu de Dellys occupe une superficie de 266,50 Ha, soit 5,19% de la surface totale de la commune et regroupe une population de 19.453 habitants (RGPH 1998).

La ville de Dellys s'est développée d'une manière linéaire (présence de contraintes physiques : la mer d'un côté et la forte pente de l'autre, elle s'étend de Takdempt (entrée Ouest de la ville) jusqu'à la ZHUN de Boumerdès. Son tissu comprend des équipements d'accompagnement de l'habitat collectif, semi collectif, individuel, traditionnel (type Casbah) et une zone d'activité à l'état embryonnaire.

I.2.2. Agglomération secondaire Takdempt

L'agglomération secondaire de Takdempt marque l'entrée Ouest de la ville de Dellys, située dans le domaine du littoral, cette agglomération à caractère semi urbanisé avec des constructions illicites occupe une superficie de 21.59 Ha, soit 0,42% de la surface totale de la commune et regroupe des habitats collectifs, individuels et des équipements d'accompagnement (salle de soins, agence PTT, école).

I.2.3. Agglomération secondaire Azrou

Elle abrite 246 constructions avec les équipements (Salle de soins, école primaire, CEM, PTT et mosquée) qui se greffent soigneusement sur le site pour constituer un village. Le CW 154 lui assure la liaison avec le Chef lieu, mais elle reste isolée et marginalisée.

I.3. Situation topographique

La commune de Dellys se caractérise par un relief mouvementé et coupé de collines dans la partie Sud-Est, Il revêt un aspect semi-montagneux. Au sud, l'altitude atteint 550 m à 600 m et à l'Est 744 m.

A l'est de la commune, les versants de la crête descendent vers l'oued Oubay, tandis qu'à l'ouest, les collines s'effacent progressivement jusqu'à la vallée de l'Oued Sebaou.

I.4. Situation climatique

La région de Dellys est caractérisée par un climat méditerranéen avec une période froide et humide allant de Novembre à Mai et une période chaude et sèche qui s'étend de juin à Septembre.

I.4.1. Pluviométrie

Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 720 mm, près de 87 % des précipitations annuelles, tombent en l'espace de 7 mois (entre Octobre et Février). Le tableau (I.1) ci-dessous nous donne la répartition mensuelle des précipitations :

Tableau (I.1) : Répartition mensuelles des précipitations.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	Mai	Juin	J	A	Totale
Moyenne (mm)	42	85	110	114	104	79.4	70.4	58.5	34	14.8	1.57	4.36	718
(%)	6	12	15	16	14	11	10	8	5	2	0.2	0.6	100

Le maximum est enregistré en hiver au mois de Décembre (16%) et le minimum pendant les mois d'été (Juillet et Aout moins de 1 %).

I.4.2. Température

La température moyenne annuelle est égale à 17,25°C. Les mois les plus chauds sont les mois d'été, soit: Juin à Septembre où les températures moyennes dépassent 21°C.

La moyenne mensuelle des températures durant la saison froide reste relativement douce, elle ne descend jamais en dessous de 11°C; la saison froide se prolonge pendant six mois, de Novembre à Avril. Les valeurs absolues des températures minimales et maximales sont respectivement de -4,0 °C et de 40,6 °C.

I.4.3. Humidité

La ville de Dellys est une région humide en hiver avec un pourcentage de 98% tandis qu'en été descend jusqu'à 57%.

I.4.4. L'ensoleillement

La ville de Dellys est exposée au soleil surtout la basse Casbah (vue sa situation vers l'Est ainsi que son inclinaison de (15 à 25) %).

I.5. Structure géologique

La région de Dellys faisant partie de la chaîne des maghrébins de la grande Kabylie, appartient au domaine tellien de l'Algérie du Nord.

De point de vue lithostratigraphique, elle est constituée par les formations suivantes (d'après la carte géologique du 1/50 000^e de Dellys – Tizi-Ouzou édition 1966 – 1972).

- Le socle Kabyle,
- l'oligo-Miocène Kabyle,
- unités à faciès de flyschs d'Afir Azeffoun,
- unité tellienne de Dellys,
- formations numidiennes,
- olistotromes,
- l'unité de flysch du haut sébaou,
- néogène post-nappe et
- formations quaternaires.

I.6. Hydrogéologie

D'après les caractéristiques hydrogéologiques des différentes formations du bassin versant du Sébaou, il est possible d'établir les classifications suivantes :

- Formations peu perméables Miocène marneux qui constituent le substratum imperméable dans la nappe alluviale de la vallée du Sébaou et ne présentent aucun intérêt hydrogéologique,
- socle métamorphique : Quoique altéré et fracturé, il demeure un réservoir modeste. Il existe quelques sources dans les schistes et gneiss à très faible débit.
- massif du Djurdjura : C'est un réservoir important dans la région de la Kabylie qui déverse sur L'Oued Sébaou et ses affluents et
- le remplissage quaternaire : Essentiellement fluvatile, il constitue le réservoir le plus abondant en raison de la grandeur de son développement et de ses caractéristiques hydrogéologiques.

Les eaux de cette nappe sont bicarbonatées, calciques et magnésiennes à tendance chlorurée et sodique. Malgré son caractère dur, cette eau présente une bonne qualité.

I.7. Activités économiques

Deux activités principales sont à signaler, l'agriculture et le tourisme.

I.7.1. Secteur agricole

La commune de Dellys est à vocation agricole, sa surface utile occupe 20 % du domaine du littoral, Dellys occupe la première place de la surface agricole avec 1449,5 ha.

Le tableau I.2 ci-dessous est un tableau récapitulatif de la répartition des spécularités agricoles dans la ville :

Tableau (I.2) : Répartition des spécularités agricoles en ha.

Céréales	Légumes secs	Culture Maraichères	Arbres fruitiers
170 ha	60 ha	700 ha	161 ha

[Source : - Subdivision des Ressources en Eau de la ville de Dellys-]

I.7.2. Secteur industriel

Le secteur de l'activité industriel n'est pas développé, hormis quelques petites unités dans la zone d'activité telle qu'EMAC, EDIMCO, ENAPECHE, menuiserie, vannerie communale et l'unité de fabrication de matériaux de construction.

I.7.3. Secteur touristique

C'est la principale vocation de la commune de Dellys :

- La ZET de Takdempt, pour une superficie de 126 ha et une bande côtière de 1.5 Km,
- la ZET « les salines » pour une superficie de 62,1ha en réponse aux besoins de Dellys et de sa région et
- un certain nombre de plages telles que : la plage les salines ouest, la plage de Dar El hammam, la plage du port, la plage château fort, et la plage El-Medjni.

I.8. Hydraulique

I.8.1. Alimentation en eau potable

Le système d'AEP du centre urbain de Dellys est composé de chaînes d'alimentation qui prennent source à partir :

- des forages, F1, F2, F-5, et F4-Dellys, qui sont implantés sur la rive droite de l'oued Sebaou (actuellement, seul le forage F4-Dellys est en service),
- de la conduite SPET (système de piquage des eaux de Taksept) et
- à partir de la SDEM de Cap Djenet (station de dessalement des eaux de mer).

Les différentes ressources en eau sont représentées dans le tableau (I.3) ci-dessous :

Tableau (I.3) : les ressources en eau.

Ressources en eau existantes	Forages			SDEM	SPET
	Nombre	Production (l/s)	Observation	production (l/s)	production (l/s)
	4	49	f4-Dellys qui est en marche	124	62

Les eaux de ces ressources sont ensuite acheminées vers une station de reprise (SR Thouabet) puis refoulées par cette dernière vers des réservoirs de stockage et/ou de reprise. La distribution s'effectuera à partir de ces réservoirs. L'ensemble des réservoirs de stockages est donné dans le tableau (I.4) ci-dessous :

Tableau (I.4) : liste des réservoirs de stockage.

Localité	Nom de l'ouvrage	Capacité (m ³)
Sidi-Moussa	Réservoir Sidi Moussa 2500	2500
	Réservoir Sidi Moussa 100	100
Assouaf	Bâche Assouaf	1000
	Réservoir Assouaf	500
Takdempt	Réservoir Takdempt	2000
Bab Essour	Réservoir Bab Essour	600
ZHUN	Réservoir ZHUN_1000	1000
	Réservoir ZHUN_100	100
	Bâche ZHUN_500	50

I.8.2. Assainissement

Il existe trois réseaux d'assainissement :

- Un principal réseau d'assainissement, nécessitant une réhabilitation en cause de son mauvais état et qui se situe à l'ancienne plateforme du chemin de fer qui jette ses eaux usées au Nord du port,
- un second réseau situé dans la partie Est de la ville (les jardins) et le rejet de ses eaux se fait dans la mer et
- le dernier qui est plus récent, se situe dans la Zhun et débouche en plein Oued Tiza.

I.8.2.a. Agglomération Chef-lieu (ACL)

L'agglomération Chef-lieu est assainie par un réseau de type unitaire, sous forme de caniveaux sous dimensionnés, qui se déverse dans la mer à travers des collecteurs principaux de différents diamètres ($\varnothing$ 300 à $\varnothing$ 1000) à l'exception de la Zhun où le réseau d'assainissement est de type séparatif [$\varnothing$ 300 / 1500 mm] pour le réseau d'eau pluviale.

Le réseau d'assainissement couvre la totalité de l'agglomération chef lieu. Le nombre de rejet est important (07 points de rejet).

I.8.2.b. Agglomérations secondaires

- *Takdempt* est dotée d'un réseau d'assainissement de type pseudo-séparatif qui couvre presque la totalité de l'agglomération avec 2 rejets : L'un se fait vers le regard de filtration le plus important et l'autre prend en charge le rejet des chalets vers la mer par El Chaâbat.

Il existe aussi des rejets individuels à l'air libre.

- Azrou est dotée d'un réseau d'assainissement de type unitaire, vu l'absence de voirie et la situation en rase campagne. Pour une partie de ce village, un réseau est en cours de réalisation, le rejet se fait dans un talweg.

I.8.2.c. La zone épars

Le rejet des eaux usées se fait dans des fosses septiques individuelles. Dans l'ensemble, l'état du réseau d'assainissement de la zone d'étude est en mauvais état.

I.9. Situation hydrographique

Le réseau hydrographique est défini comme étant l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement.

Dellys se situe sur un relief assez accidenté, caractérisé par des Oueds et chaâbats traversant la ville. Ces derniers sont orientés de Sud au Nord, avec des différentes longueurs et pentes.

Les sites considérés comme zones à risque sont les endroits proches des Oueds suivants qui traversent la ville :

- Oued Ermak
- Oued Ghar Dh'baa.

Nous constatons l'absence d'ouvrages destinés à protéger les habitations contre les crues de ces Oueds, à l'exception de quelques protections sous forme de canaux en béton, des murs en gabions qui ont été emportés par les eaux de crues (figure I.1 et figure I.2). L'accumulation de la vase et les ordures le long des Oueds, est le problème majeur qui a mis en cause la réduction des sections de ces Oueds, ainsi que les constructions et des obstacles au niveau de l'exutoire des cours d'eau, des fois même sur les axes.

Des débordements ont été constatés lors des fortes averses sur les routes, ruissellement urbain ainsi que des défoncements des voiries (les crues les plus importantes sont celles du 26 au 27 novembre 2007).



Figure I.1 : Passage provisoire sur la RN24 (oued Emak)

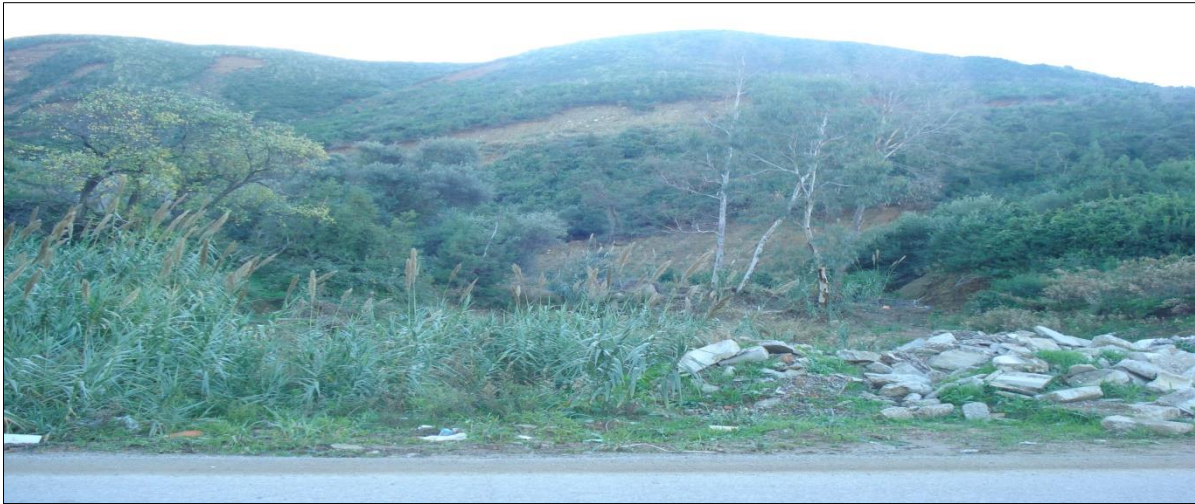


Figure I.2 Bassin versant et début de Oued Ghar Edbaâ

Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'établir une reconnaissance sur la ville de Dellys (caractéristiques géographiques, climatiques et physiques) et d'estimer ses biens et ressources, ce qui nous sera utile pour entamer l'étude hydrologique dans les prochains chapitres.

Chapitre II

Etude Hydrologique

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

L'étude hydrologique constitue la partie la plus délicate des études relatives aux crues et aux dimensionnements précis d'ouvrages. Dans ceux qui suit on va procéder à une étude hydrologique de notre zone d'étude afin d'avoir le débit maximum de crues.

II.1. Caractéristiques hydro-morphologique

Les caractéristiques hydro-morphologiques d'une région ou plus précisément d'un bassin versant, unité fondamentale dans une étude hydrologique, jouent un rôle primordial dans la détermination des différents comportements du régime hydrologique. Ainsi, deux bassins voisins avec les mêmes conditions climatiques, géologiques et des caractéristiques hydro-morphologiques différentes, réagissent différemment du point de vue régime d'écoulement.

II.1.1. Bassin versant (Oued Emak)

La figure II.1 représente la délimitation du bassin versant d'Oued EMAK



Figure II.2 : Délimitation du bassin versant (Ghar El-Dhbaà).

II.1.1.a. Superficie (S)

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

$$S = 0,902 \text{ Km}^2.$$

II.1.1.b. Le Périmètre (P)

Le périmètre est défini par la ligne des crêtes formant le contour du bassin versant il a été déterminé également par le logiciel MAPINFO exprimé en « Km ».

$$P = 7,036 \text{ Km.}$$

II.1.1.c. Longueur du cours d'eau principal

$$L = 1,984 \text{ Km.}$$

II.1.1.d. Caractéristiques de forme**II.1.1.d.i. Indice de compacité de Gravelius « K_G »**

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

$$K_G = 2,08$$

Si $K_G = 1 \Rightarrow$ bassin ramassé,

$K_G > 1 \Rightarrow$ bassin allongé.

Pour notre cas, $K_G = 2,08 > 1$ donc c'est un bassin versant de forme allongée.

II.1.1.d.ii. Coefficient d'allongement

$$K_p = \frac{P^2}{S} \dots\dots\dots (\text{II.2})$$

$$\text{A.N.} \quad K_p = 54,88$$

II.1.1.d.iii. Rectangle équivalent

$$L = \frac{K_C \cdot \sqrt{S}}{1,128} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,128}{K_C} \right)^2} \right) \dots\dots\dots (\text{II.3})$$

$$\text{A.N:} \quad L = 3,24 \text{ Km} ; l = 0,28 \text{ Km.}$$

II.1.1.e. Relief**II.1.1.e.i. Courbe Hypsométrique**

C'est une courbe exprimant le pourcentage de superficie du bassin versant au-delà d'une certaine élévation (Llamas, 1993). Elle porte en ordonnée l'altitude en (m) et en abscisse la surface cumulée en (%).

Tableau II.1 : Surfaces partielles par tranche d'altitude.

Altitude (m)	Surface partielles(Km ²)	Superficie partielle (%)	Superficie cumulée (Km ²)	Superficie cumulée (%)
350-352	0,011	1,220	0,011	1,220
325-350	0,045	4,989	0,056	6,208
300-325	0,036	3,991	0,092	10,200
275-300	0,079	8,758	0,171	18,958
250-275	0,084	9,313	0,255	28,271
225-250	0,087	9,645	0,342	37,916
200-225	0,073	8,093	0,415	46,009
175-200	0,091	10,089	0,506	56,098
150-175	0,076	8,426	0,582	64,523
125-150	0,075	8,315	0,657	72,838
100-125	0,053	5,876	0,710	78,714
75-100	0,060	6,652	0,770	85,366
50-75	0,047	5,211	0,817	90,576
25-50	0,048	5,322	0,865	95,898
0-25	0,037	4,102	0,902	100,000

A l'aide de ce tableau, on construit la courbe hypsométrique du bassin versant d'Oued Emak (Figure II.2).

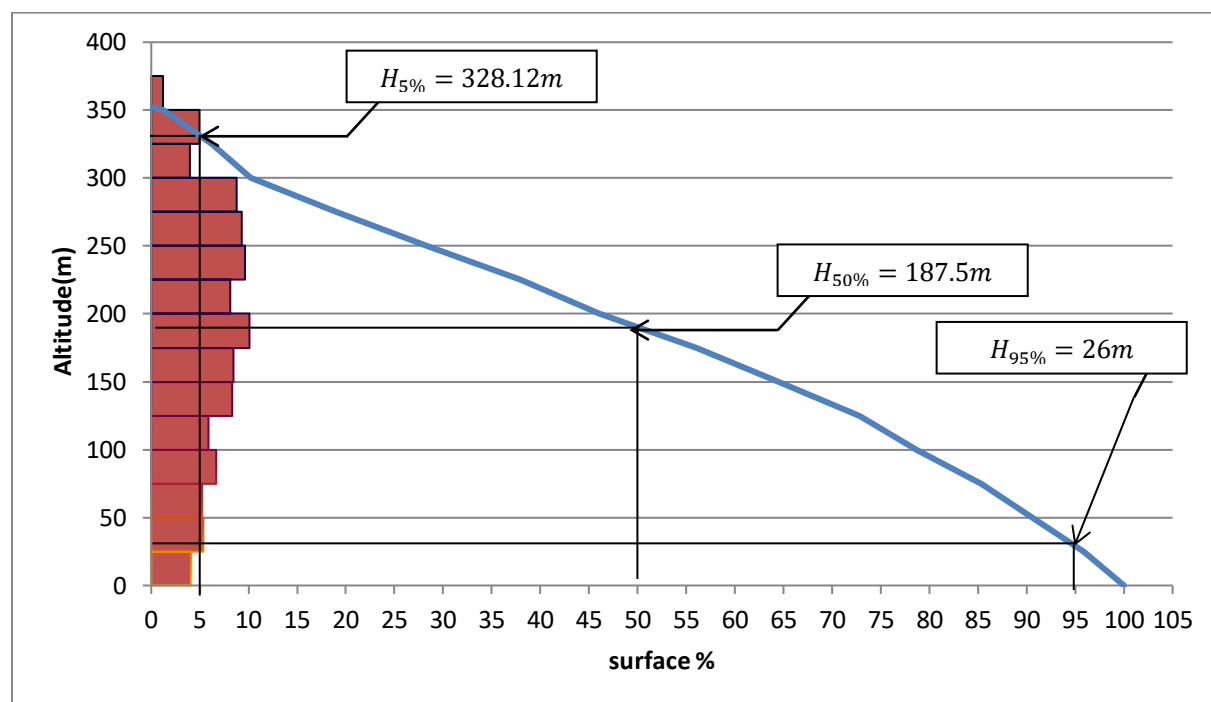


Figure II.2 : Courbe hypsométrique d'Oued Emak.

II.1.1.e.ii. Les altitudes caractéristiques

- L'altitude minimale et maximale

Elles sont obtenues directement à partir des cartes topographiques. L'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin tandis que l'altitude minimale considère le point le plus bas, généralement à l'exutoire.

$$\begin{cases} H_{\max} = 352 \text{ m} \\ H_{\min} = 0 \text{ m} \end{cases}$$

- L'altitude moyenne du bassin versant

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

$$H_{\text{moy}} = \frac{\sum S_i \cdot H_i}{S} \dots\dots\dots \text{(II.4)}$$

Avec :

- H_{moy} : L'altitude moyenne du bassin en [m],
- S_i : L'aire comprise entre deux courbes de niveau en [Km²],
- H_i : L'altitude moyenne entre deux courbes de niveau en [m],
- S : La superficie totale du bassin versant en [Km²].

A.N : $H_{\text{moy}} = 176 \text{ m}$.

- L'altitude médiane

L'altitude médiane correspond à l'altitude lue au point d'abscisse 50% de la surface totale du bassin sur la courbe hypsométrique. Cette grandeur se rapproche de l'altitude moyenne dans le cas où la courbe hypsométrique du bassin concerné présente une pente régulière. D'après la courbe hypsométrique, on a : $H_{50\%} = 187,5 \text{ m}$.

Les altitudes caractéristiques du bassin versant d'Oued Emak sont récapitulées dans le **Tableau II.2**.

Tableau II.2 : Récapitulation des altitudes caractéristiques (Oued Emak).

Altitude	H_{moy}	$H_{\text{médiane}}$	$H_{95\%}$	$H_{5\%}$	$H_{\max}$	$H_{\min}$
Valeur (m)	176	187,5	26	328,12	352	0

II.1.1.e.iii. L'indice de la pente globale I_g

La vitesse d'écoulement est un facteur important au cours des crues. La pente influe directement sur sa grandeur. Il est pertinent de bien connaître la pente du bassin versant et celle du cours d'eau principal. Il existe différents indices reflétant la pente du milieu étudié. McCuen (2004) définit celle-ci (I en m/m) comme étant la différence d'élévation (ΔH) entre l'exutoire et le point le plus élevé de la ligne d'écoulement divisé par la longueur hydrologique (L_H) :

$$I = \Delta H / L_H \dots\dots\dots \text{(II.5)}$$

L'indice de pente globale I_g défini comme étant le rapport entre l'altitude comprise entre 5% et 95% (valeurs lues sur la courbe hypsométrique) de la surface du bassin et la longueur du rectangle équivalent (Touaibia, 2004) :

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

A.N : $I_g = 0,15$.

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

Tableau II.3 : Classification du relief (O.R.S.T.O.M).

Type		Indice de la pente globale
R1	Relief très faible	$I_g \leq 0,002$
R2	Relief faible	$0,002 < I_g \leq 0,005$
R3	Relief assez faible	$0,005 < I_g \leq 0,01$
R4	Relief modéré	$0,01 < I_g \leq 0,02$
R5	Relief assez fort	$0,02 < I_g \leq 0,05$
R6	Relief fort	$0,05 < I_g \leq 0,1$
R7	Relief très fort	$0,1 \leq I_g$

[Source : Benmia, 2012]

Pour notre cas, $I_g = 0.15$ donc notre relief est classé dans le type R6 c'est-à-dire un relief très fort.

II.1.1.e.iii. Pente moyenne du cours d'eau principal

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

Avec :

- ΔH : La dénivelée entre deux points suffisamment distants en [m],
- ΔL : La distance entre ces deux points en [Km],

A. N : $I_c = 0,11$ m/m.

II.1.1.e.iiii. Temps de concentration

Le temps de concentration (T_c) est un paramètre fondamental dans les études d'hydrologie. Il est considéré comme étant le temps mis par une particule d'eau pour parcourir le bassin versant du point hydrauliquement le plus éloigné jusqu'à l'exutoire.

Ce temps influe directement sur l'ampleur de la crue. Une valeur élevée caractérise la lenteur de la crue dans le temps. Par contre, une valeur faible du temps de concentration indique une réponse dangereuse du bassin versant par une propagation instantanée de la crue.

Le temps de concentration a été estimé par recoupement entre plusieurs méthodes établies pour différentes régions du monde :

- Formule de Sokolovski

$$T_c = \frac{L}{3,6 V} \dots\dots\dots (II.8)$$

Avec :

- **L** : La longueur de Thalweg principal en [Km],
- **V** : La vitesse de ruissellement en m/s. Elle varie de 1.0 à 2.5 m/s selon la longueur du cours d'eau et le relief.

- **Formule de Giandotti**

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

Avec :

- **L** : La longueur de Thalweg principal en [Km],
- **H_{moy}** : L'altitude moyenne en [m],
- **H_{min}** : L'altitude minimale en [m],
- **S** : La superficie du bassin versant en [Km²].

- **Formule de L'FFA (Méthode rationnelle, zones urbaines)**

$$T_c = \frac{3,26 (1,1 - C) \sqrt{L}}{I^{1/3}} \dots\dots\dots (II.10)$$

Avec :

- **C** : Le coefficient de ruissellement (méthode rationnelle),
- **L** : La longueur de Thalweg principal en [m],
- **I** : La pente représentative de la surface en [%].

Les résultats des calculs du temps de concentration par les différentes méthodes sont récapitulés dans le **Tableau II.4**.

Tableau II.4 : Le calcul du temps de concentration par les différent formules.

Bassin versant	Temps de concentration en heure			
	Sokol.	Giandotti	FFa	Tc_{moy}
	Tc_{her}	Tc_{her}	Tc_{her}	
BV_01	0,83	0,64	0,82	0,76

Commentaire

Sur la base de ces résultats, et la considération du talweg principal, nous nous proposons d'adopter les valeurs moyennes entre les trois méthodes. Le tableau qui va suivre, représente une récapitulation sur les caractéristiques hydro-morpho métriques du bassin versant d'Oued Emak.

Tableau II.5 : Récapitulation des caractéristiques hydro-morpho métriques du bassin versant d'Oued Emak.

Caractéristiques	Notation	Unité	Valeur
Surface	S	Km ²	0,791
Périmètre	P	Km	4,096
Longueur du cours d'eau principal	L _c	Km	1,793
Longueur	L	Km	1,290
Largeur	l	Km	0,578
Altitude maximale	H _{max}	m	352,000
Altitude moyenne	H _{moy}	m	176,000
Altitude médiane	H _{50%}	m	187,500
Altitude minimale	H _{min}	m	0,000
Altitude 5%	H _{5%}	m	328,120
Altitude 95%	H _{95%}	m	26,000
Indice de pente global	I _g	m/m	0,150
Pente moyenne du cours d'eau principal	I _c	m / m	0,110
Temps de concentration	t _c	h	0,760

II.1.2. Bassin versant (Oued Ghar El-Dhbaà)

La figure suivante représente la délimitation du bassin versant d'Oued Ghar Dhbaà dont les caractéristiques hydro-morphologiques sont calculées par la même procédure qu'Oued Emak. Ces caractéristiques sont récapitulées dans le **Tableau II.6**.

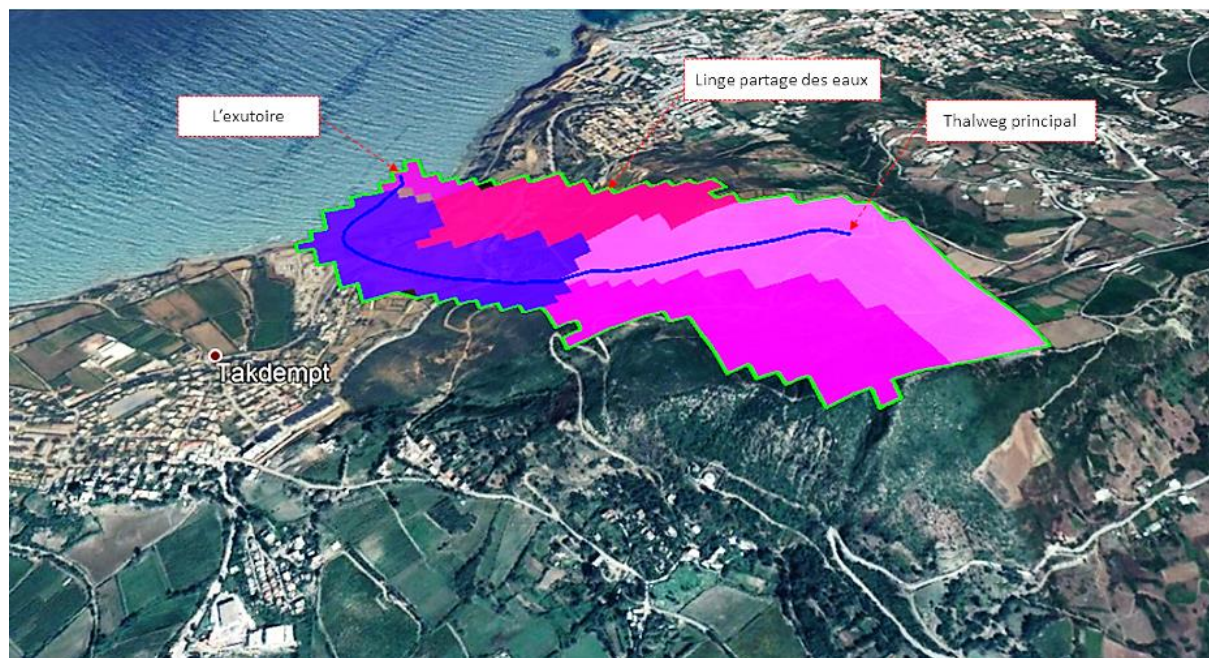


Figure II.3 : Délimitation du bassin versant (Ghar El-Dhbaà).

Tableau II.6 : Récapitulation des caractéristiques hydro-morpho métriques du bassin versant d'Oued Ghar El-Dhbaà.

Caractéristiques				Unité	Valeur	Remarque
Superficie S				(Km ²)	0,765	-
Le Périmètre P				(Km)	5,400	-
Longueur du cours d'eau principal L				(m)	1,531	-
Caractéristiques de forme	Indice de compacité de Gravelius « K_G »			-	1,720	Forme allongée
	Coefficient d'allongement « K_p »			-	38,110	-
	Rectangle équivalent	L	(Km)	2,380	-	-
		L	(Km)	0,320	-	-
Relief	Courbe Hypsométrique			Voir Tableau II.7 & Figure II.4		
	Altitudes caractéristiques	H_{moy}	(m)	158,690	-	-
		$H_{médiane}$	(m)	150,000	-	-
		$H_{95\%}$	(m)	25,000	-	-
		$H_{5\%}$	(m)	250,000	-	-
		H_{max}	(m)	255,000	-	-
		H_{min}	(m)	0,000	-	-
	L'indice de la pente globale I_g			-	0,140	R7 (Relief très fort)
	Pente moyenne du cours d'eau principal			(m/m)	0,110	-
	Temps de concentration			(h)	0,640	-

II.1.2.a. Courbe Hypsométrique

La courbe hypsométrique fournit une vue synthétique de la pente du bassin. Donc du relief cette courbe représente de la surface du bassin versant en fonction de son altitude. La construction de cette courbe est indispensable dans une étude de relief d'un bassin versant.

Tableau II.7 : Surfaces partielles par tranche d'altitude.

Altitude (m)	Surface partielles (Km ²)	Superficie partielle (%)	Superficie cumulée (Km ²)	Superficie cumulée (%)
255-250	0,014	1,830	0,014	1,830
250-225	0,092	12,026	0,106	13,856
225-200	0,097	12,680	0,203	26,536
200-175	0,095	12,418	0,298	38,954
175-150	0,094	12,288	0,392	51,242
150-125	0,088	11,503	0,480	62,745
125-100	0,082	10,719	0,562	73,464
100-75	0,073	9,542	0,635	83,007
75-50	0,050	6,536	0,685	89,542
50-25	0,042	5,490	0,727	95,033
25-0	0,038	4,967	0,765	100,000

A l'aide de ce tableau, on construit la courbe hypsométrique du bassin versant d'Oued Ghar El-Dhbaà (Figure II.4).

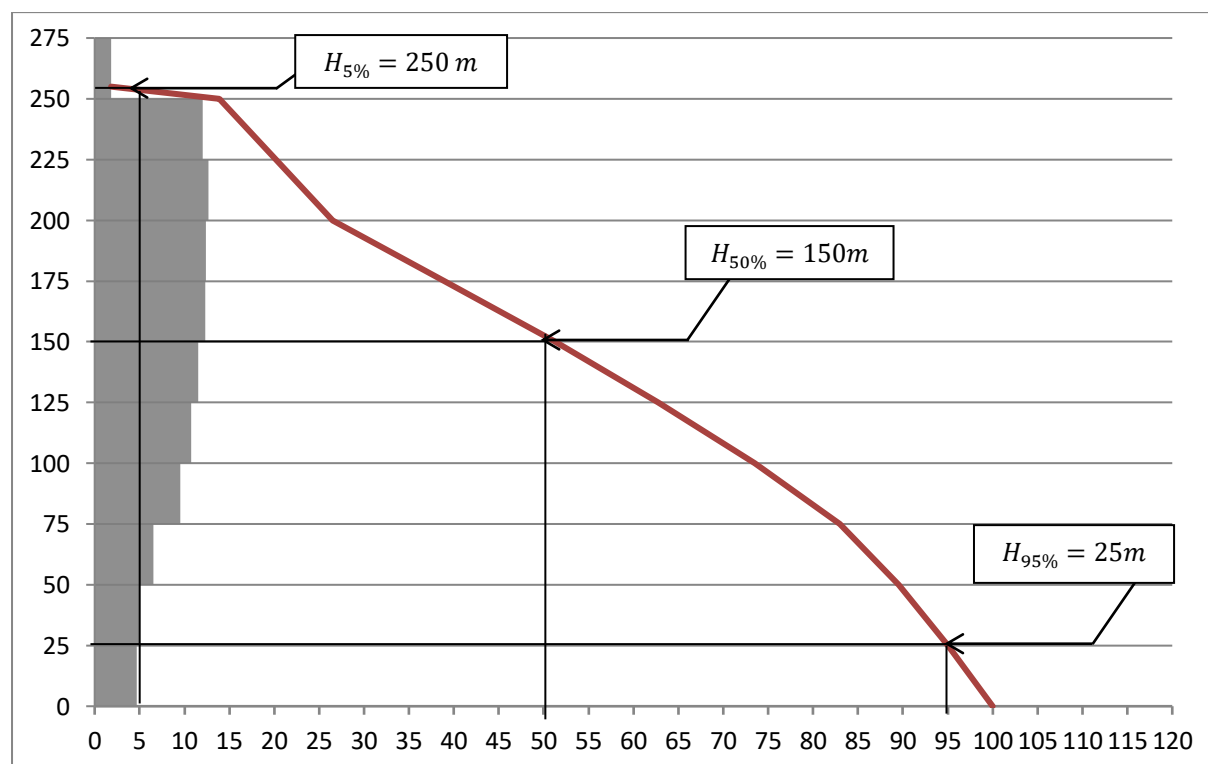


Figure II.4 : Courbe hypsométrique d'Oued Ghar El-Dhbaà.

II.2. Etude des précipitations maximales journalières

En Algérie, les inondations découlent principalement après la provenance d'un évènement pluvieux extrême ; ce qui nous pousse à faire une étude des pluies maximales journalières afin d'aboutir aux pluies extrêmes suivant différentes périodes de retour et ainsi faire le calcul des pluies de courtes durée. Pour les établir, il a fallu procéder à l'analyse statistique d'observations. Rappelons que l'analyse statistique des observations du passé a pour objectif d'obtenir des informations sur la population d'où elles sont tirées, afin de pouvoir énoncer des probabilités concernant l'avenir. La démarche statistique, qui suppose la stabilité de la population, s'effectue en trois étapes :

- La sélection d'observations en rapport avec le phénomène étudié. L'échantillon ainsi constitué doit avoir certaines qualités pour qu'on puisse en tirer des informations concernant la population,
- l'ajustement d'une loi de probabilité théorique à la distribution de fréquence de cet échantillon. il existe un éventail très large de lois théoriques et de méthodes d'ajustement de ces lois et
- L'utilisation des résultats de l'étape précédente pour énoncer des probabilités concernant l'avenir.

II.2.1. Présentation de la station de mesure

Les stations pluviométriques et hydrométriques du bassin versant des Oueds Ghar El-Dhbaà et Emak sont à l'arrêt, nous avons alors eu recours à la station de mesure implantée au voisinage dont les caractéristiques sont représentées ci-dessous :

Tableau II.8 : Caractéristiques de la station pluviométrique.

Station pluviométrique	Nom	Baghlia village	
	Code	02-20-02	
	Coordonnées Lambert	X (Km)	603,65
		Y (Km)	390,00
	Cote	Z (m), NGA	30,00
	Période d'observation	1968 – 2011	
	Nombre d'années	44	

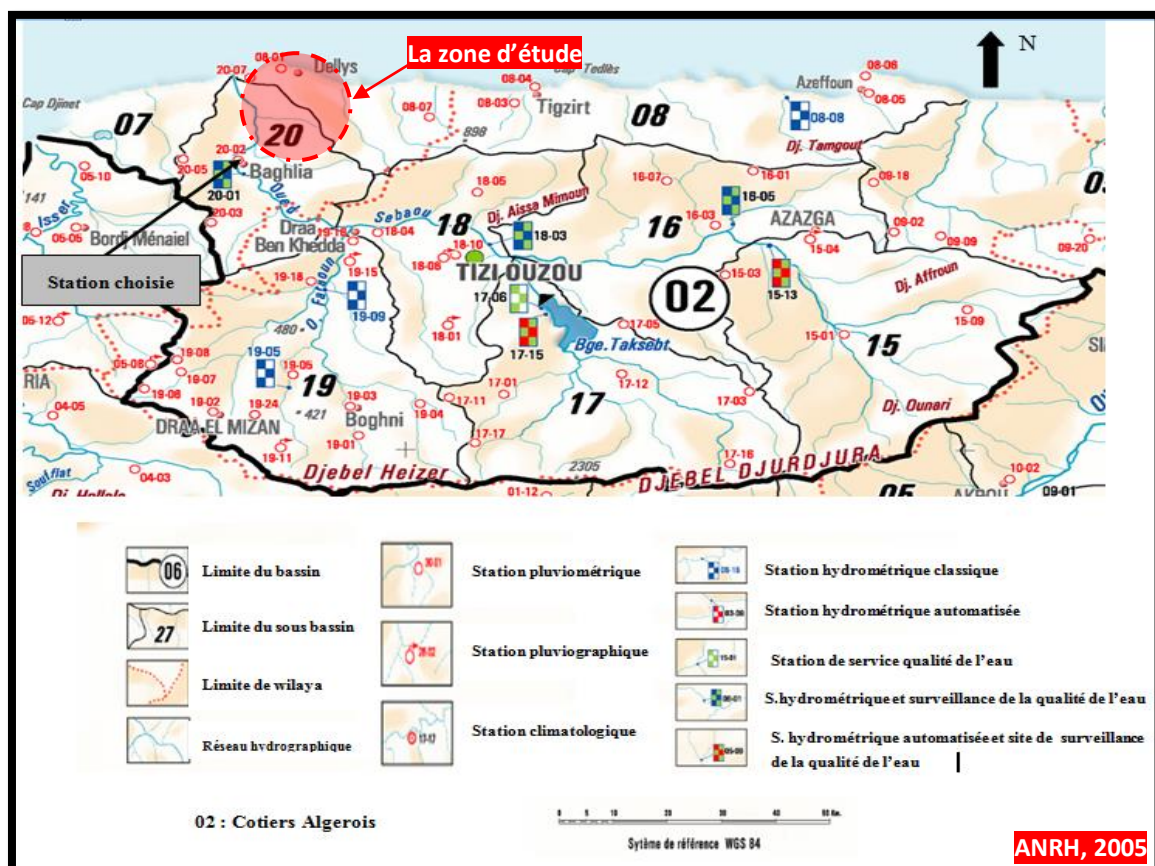


Figure II.5 : Extrait de la carte du réseau hydro climatologique et de la surveillance de la qualité des eaux.

II.2.2. Pluies maximales journalières

Le tableau suivant représente la répartition des pluies maximales journalières de l'année 1968 à 2011.

Tableau II.9 : Pluies maximales journalières :

Année	P _{jmax} (mm)	Année	P _{jmax} (mm)	Année	P _{jmax} (mm)
1968	97	1983	35.7	1998	36.3
1969	85.6	1984	50.3	1999	62.7
1970	51.6	1985	62	2000	68.4
1971	174.9	1986	49.5	2001	43.6
1972	70.2	1987	80.4	2002	82
1973	165.7	1988	75.7	2003	91
1974	33	1989	32.7	2004	58.3
1975	90.4	1990	57.4	2005	58.2
1976	74.3	1991	78.6	2006	74.4
1977	63.2	1992	67.3	2007	97.4
1978	38.7	1993	36.5	2008	85.1
1979	45	1994	41.6	2009	82.2
1980	49.5	1995	52.4	2010	61.9
1981	33.5	1996	44.6	2011	89.3
1982	47.5	1997	91		

II.2.2.a. Paramètres statistiques de la série

Ces paramètres sont résumés dans le tableau suivant en utilisant le logiciel Hyfran.

Tableau II.10 : Paramètres statistiques de la série.

Nombre d'observations	Maximum	Minimum	Moyenne	Ecart-type	Médiane
44	175	32,7	67,4	29,9	62,4

II.2.2.b. Ajustement statistique

L'analyse fréquentielle d'une longue série de valeurs maximales permet d'estimer le temps de retour d'une valeur particulière. Cette prédiction repose sur la définition et la mise en œuvre d'un modèle fréquentiel qui est une équation décrivant le comportement statistique d'un processus. Ces modèles décrivent la probabilité d'apparition d'un événement de valeur donnée. La validité des résultats de l'analyse fréquentielle dépendra du choix du modèle fréquentiel.

On a effectué l'ajustement de la série des pluies maximales journalières à la loi de Gumbel (doublement exponentielle), Galton (log normale), et GEV à l'aide de logiciel Hyfran, Ainsi que les tests d'adéquation.

II.2.2.b.i. Ajustement à la loi de Gumbel

La distribution statistique de Gumbel ou bien la loi doublement exponentielle est souvent utilisée pour décrire le comportement statistique des valeurs extrêmes.

La fonction de répartition est donnée par la formule :

$$F(x) = \exp\left(-\exp\left(-\frac{x-a}{b}\right)\right) \dots\dots\dots (II.11)$$

Avec :

- $u = \frac{x-a}{b}$: La variable réduite de Gumbel,
- a & b : Les paramètres du modèle de Gumbel.

On écrit alors : $F(x) = \exp(-\exp(-u)) \dots\dots\dots (II.12)$

$$u = -\ln[-\ln(F(x))] \dots\dots\dots (II.13)$$

L'avantage d'utiliser la variable réduite est que l'expression d'un quantile est alors linéaire.

$$x = a + bu \dots\dots\dots (II.14)$$

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

$$q = \frac{r-0.5}{N} \dots\dots\dots (II.15)$$

Où r est le rang dans la série de données classée par valeurs croissantes, n est la taille de l'échantillon.

Enfin à l'aide de l'ajustement il est alors possible d'estimer les pluies maximales pour des périodes de retour données.

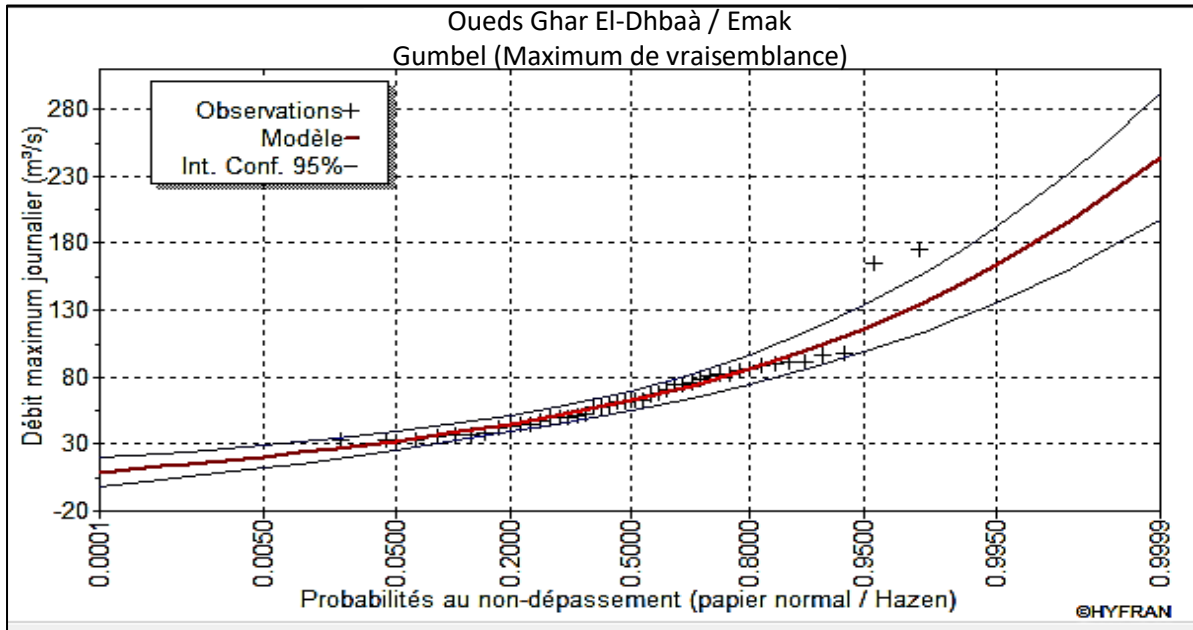


Figure II.6 : Ajustement graphique à la loi de Gumbel.

Calcul des quantiles

Tableau II.11 : Quantiles théoriques de Gumbel.

Période de retour [T (ans)]	100	50	20	10	5
Fréquence [q]	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80
Valeurs théoriques [X_t (mm)]	150	135	116	101	85,8

II.2.2.b.ii. Ajustement à la loi Log-normale (Galton)

La loi de Galton s'appelle également loi log-normale ou loi Gausso-logarithmique car son expression est proche de celle de la loi normale à une anamorphose près de type logarithmique sur la variable.

La fonction de répartition est donnée par la représentation suivante :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \dots\dots\dots (II.16)$$

Identique à celle de la loi normale, mais dans laquelle on passe par un changement de variable de x en $\ln(x)$,

$$u = \frac{\ln x - \overline{\ln x}}{\sigma_{\ln x}} \dots\dots\dots (II.17)$$

Donc l'équation de la droite présentée sur le papier Gausso-logarithmique sera :

$$\ln x = \overline{\ln x} + u\sigma_{\ln x} \dots\dots\dots (II.18)$$

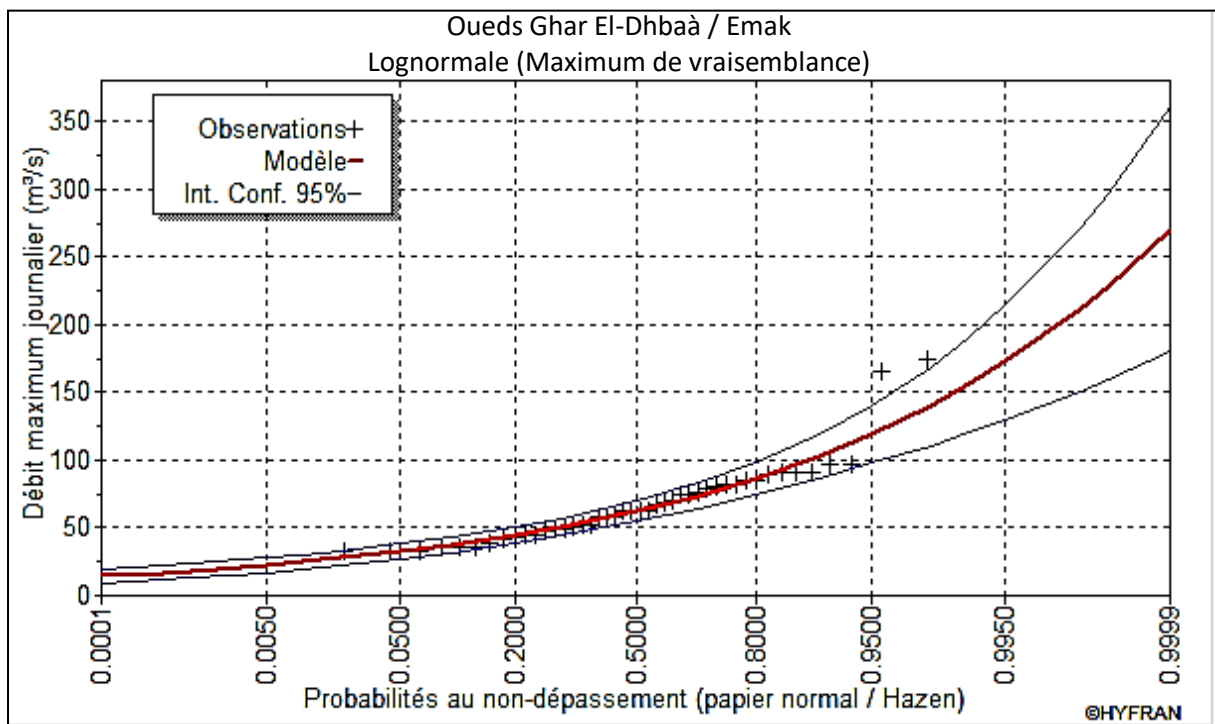


Figure II.7 : Ajustement graphique à la loi Log-normale (Galton).

Calcul des quantiles

Tableau II.12 : Quantiles théoriques de Galton.

Période de retour [T (ans)]	100	50	20	10	5
Fréquence [q]	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80
Valeurs théoriques [X_t (mm)]	156	140	119	103	86,8

II.2.2.b.iii. Ajustement à la loi de GEV (loi des extrêmes généralisée)

La loi des extrêmes généralisée (GEV) est une loi à trois paramètres qui peut être grossièrement considérée comme une généralisation de la loi de Gumbel.

La fonction de répartition est donnée comme suit :

$$F(x) = \exp \left[- \left(1 - c \frac{x-a}{b} \right)^{\frac{1}{c}} \right] \dots\dots\dots (II.19)$$

Avec :

- a : Paramètre de position,
- b : Paramètre de dispersion,
- c : Paramètre de forme.

La variable réduite :

$$y = -\frac{1}{c} \ln \left(1 - c \frac{x-a}{b} \right) \dots\dots\dots (II.20)$$

On aura donc :

$$F(x) = e^{-e^{-y}} \dots\dots\dots (II.21)$$

L'équation de la droite sera comme suit :

$$x = a + \frac{b}{c} \{ 1 - [-\ln F(x)]^c \} \dots\dots\dots (II.20)$$

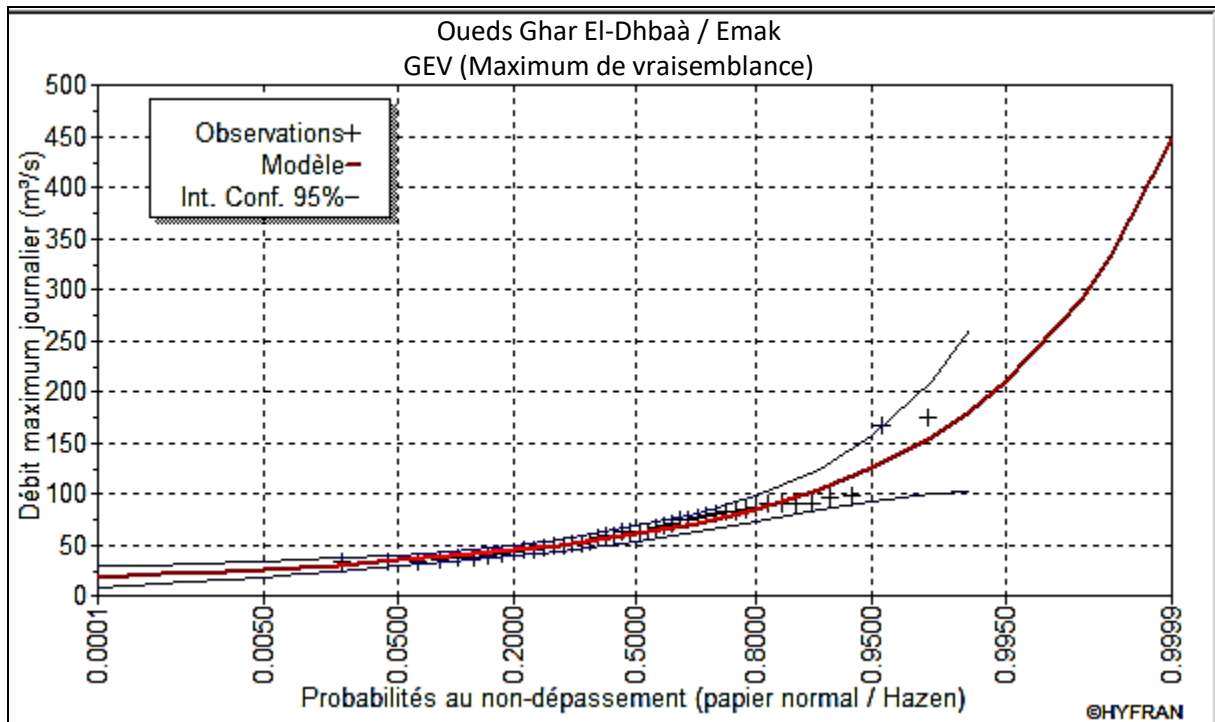


Figure II.8 : Ajustement graphique à la loi de GEV.

Tableau II.13 : Quantiles théoriques calculés par la loi de GEV.

Période de retour [T (ans)]	100	50	20	10	5
Fréquence [q]	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80
Valeurs théoriques [X _t (mm)]	181	155	125	104	85,1

II.2.2.c. Le Test visuel

Le test visuel est lié directement à l'ajustement graphique ; l'allure des points sur le graphique Gausso-logarithmique nous informe a priori d'accepter ou de rejeter la loi :

- La droite théorique qui coupe l'axe des ordonnées sur une valeur négative ne pourrait avoir un sens physique (La lame précipitée est une grandeur physique non négative),
- toute sinuosité, mauvaise courbure ou cassure de pente est considérée comme un mauvais ajustement,
- Elle permet aussi de comparer entre les lois suivant les intervalles de confiance.

II.2.2.c.i. Interprétation des graphiques

Si on analyse les trois graphiques précédents (figure II.2, II.3, II.4), on remarque que les trois lois pourraient très bien s'ajuster et on ne peut pas vraiment choisir celle qui s'ajusterait le mieux, parce que graphiquement elles donnent toutes les trois la même qualité d'ajustement ce qui nous oblige à effectuer un test d'adéquation.

Test d'adéquation du χ^2 (Pearson)

Afin de trancher sur la loi à choisir on va comparer les variables, $\chi^2_{\text{Théorique}}$ et $\chi^2_{\text{calculé}}$ à un risque de 5% autrement dit à un seuil de signification de 95%.

Tableau II.14 : Résultats du Test de Pearson.

Lois statistiques	Degré de liberté	$\chi^2_{\text{calculé}}$	$\chi^2_{\text{Théorique}}$
Gumbel	6	6,73	12,592
Log-normale	6	6,73	12,592
GEV	5	9,18	11,070

Les trois lois peuvent s'ajuster parce que $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{Théorique}}$.

Donc on peut choisir le modèle de Gumbel ou bien le modèle log-normal étant les modèles qui ont le moins de paramètres que la loi GEV.

Pour notre étude on va choisir la loi de Log-Normale, car elle s'ajuste bien aux $P_{j\max}$ dans la région de l'Algérie du Nord.

On prendra donc les quantiles calculés par la loi de Log-Normale :

Tableau II.15 : Quantiles théoriques de Galton.

Période de retour [T (ans)]	100	50	20	10	5
Fréquence [q]	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80
Valeurs théoriques [X_t (mm)]	156	140	119	103	86,8

II.2.2.d. Pluies de courte durée

Les pluies de courte durée nous donnent la lame d'eau précipitée sur une durée donnée pour chaque période de retour, Le passage des pluies maximales probables aux pluies de courtes durées est effectué au moyen de la formule K. Body (ANRH 1984).

$$P_{c.d} = P_{\max,j,\%} \left(\frac{t}{24} \right)^b \dots\dots\dots (II.21)$$

Avec :

- t : La durée de l'averse ($t \leq 24h$),
- b : L'exposant climatique ($b = 0.37$ selon les études régionales de l'ANRH).

Les intensités maximales de durée $t(h)$ calculées par la relation :

$$I_{c.d} = \frac{P_{c.d}}{t} \dots\dots\dots (II.22)$$

Avec :

- $I_{c,d}$: L'intensité maximale de période $t(h)$.

Tableau II.16 : Pluies et intensités maximales de durée t (h) et de période retour T :

T (ans)	5		10		20		50		100	
Temps	P_{ct}	I	P_{ct}	I	P_{ct}	I	P_{ct}	I	P_{ct}	I
1	26,782	26,782	31,78	31,780	36,717	36,717	43,197	43,197	48,133	48,133
2	34,612	17,306	41,071	20,536	47,451	23,726	55,825	27,913	62,205	31,103
3	40,214	13,405	47,719	15,906	55,132	18,377	64,861	21,620	72,274	24,091
4	44,731	11,183	53,079	13,270	61,324	15,331	72,146	18,036	80,391	20,098
5	48,58	9,716	57,647	11,529	66,602	13,320	78,355	15,671	87,310	17,462
6	51,971	8,662	61,67	10,278	71,250	11,875	83,824	13,971	93,403	15,567
7	55,021	7,86	65,29	9,327	75,432	10,776	88,743	12,678	98,886	14,127
8	57,808	7,226	68,597	8,575	79,252	9,907	93,238	11,655	103,894	12,987
9	60,383	6,709	71,652	7,961	82,782	9,198	97,391	10,821	108,522	12,058
10	62,783	6,278	74,5	7,450	86,073	8,607	101,263	10,126	112,836	11,284
11	65,036	5,912	77,175	7,016	89,163	8,106	104,898	9,536	116,886	10,626
12	67,164	5,597	79,7	6,642	92,080	7,673	108,330	9,027	120,710	10,059
13	69,183	5,322	82,095	6,315	94,848	7,296	111,586	8,584	124,338	9,564
14	71,106	5,079	84,377	6,027	97,485	6,963	114,688	8,192	127,795	9,128
15	72,945	4,863	86,559	5,771	100,005	6,667	117,653	7,844	131,099	8,740
16	74,708	4,669	88,651	5,541	102,422	6,401	120,496	7,531	134,267	8,392
17	76,403	4,494	90,662	5,333	104,745	6,161	123,230	7,249	137,313	8,077
18	78,036	4,335	92,6	5,144	106,984	5,944	125,864	6,992	140,248	7,792
19	79,612	4,19	94,471	4,972	109,146	5,745	128,407	6,758	143,082	7,531
20	81,138	4,057	96,281	4,814	111,237	5,562	130,867	6,543	145,824	7,291
21	82,616	3,934	98,035	4,668	113,263	5,393	133,251	6,345	148,480	7,070
22	84,050	3,82	99,737	4,533	115,230	5,238	135,565	6,162	151,058	6,866
23	85,444	3,715	101,391	4,408	117,141	5,093	137,813	5,992	153,563	6,677
24	86,8	3,617	103	4,292	119	4,958	140	5,833	156	6,5

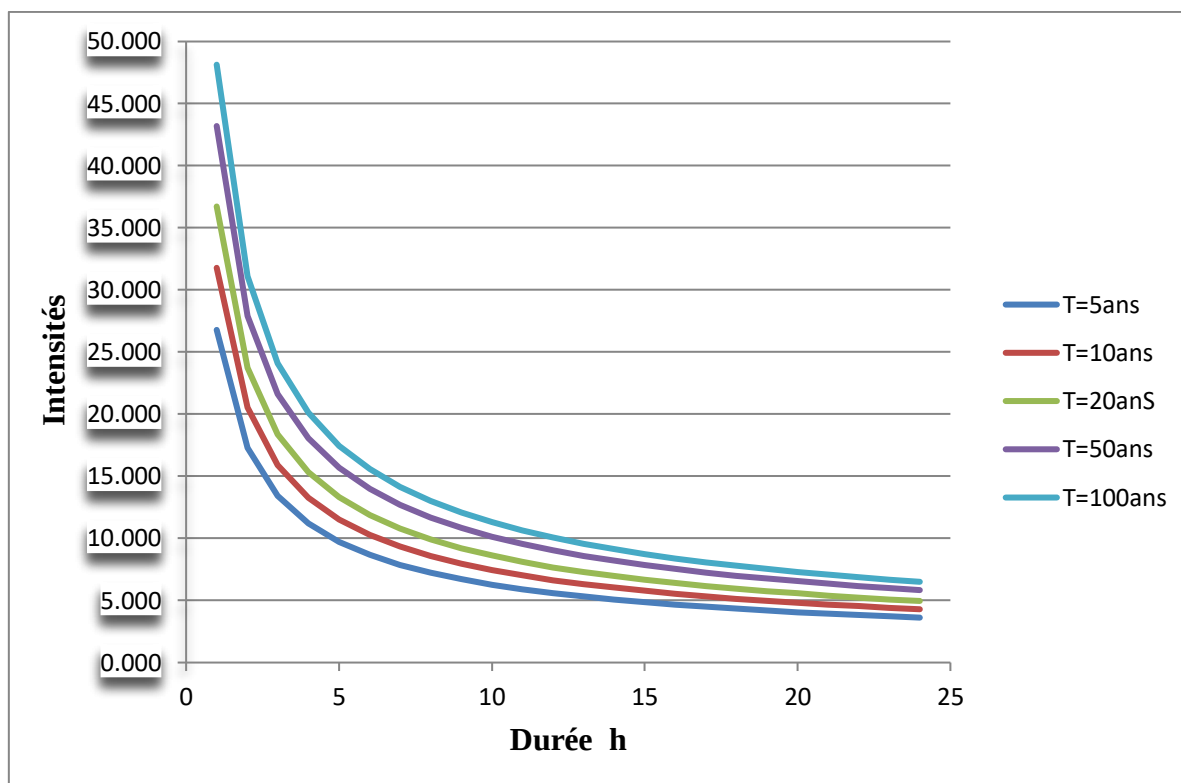


Figure II.9 : Courbe Intensité Durée Fréquence [IDF].

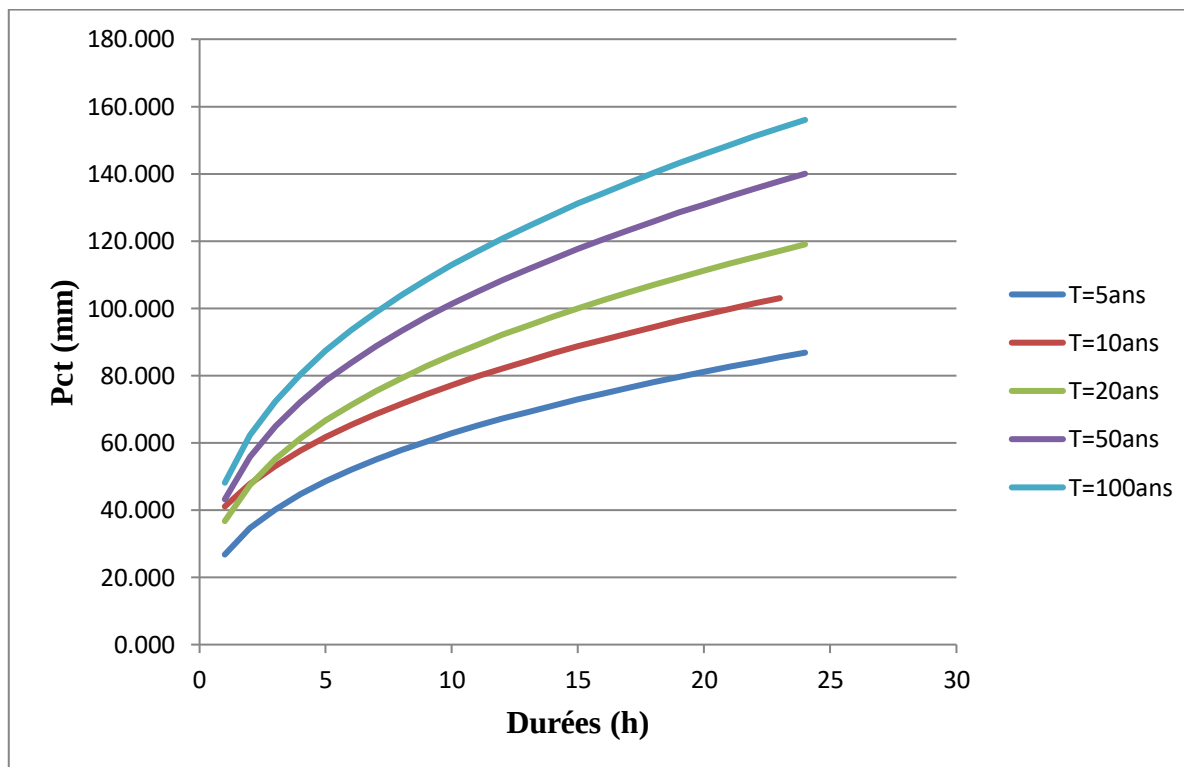


Figure II.10 : Courbe de pluies de courtes durées.

II.3. Estimation des débits de crues des cours d'eau

Les crues étant des événements correspondant à la circulation des débits exceptionnels dans les bassins versants, elles sont influencées par des nombreuses variables parmi lesquelles l'intensité, la durée et la distribution de la pluie dans le bassin, sa topographie ...etc.

Les débits de crues ont une influence directe sur le régime hydrologique particulièrement en Algérie ou les oueds, à cause de la grande irrégularité, passant des débits nuls à des débits exceptionnels

Les crues dépendent essentiellement de l'abondance et de l'intensité de la pluie, de plus le rôle physique du bassin versant. De ce fait, l'évolution de la crue obéit principalement à la puissance et l'intensité de l'averse, sa vitesse et largement influencée par le couvert végétal, la lithologie, les paramètres morpho métriques du bassin, par la pente des thalwegs, la forme du lit, la largeur de la vallée.

II.3.1. Les différents types de crues

II.3.1.a. Crues rapides :

Les crues rapides sont ainsi qualifiées si le temps de montée des eaux est inférieur à 12 heures elles se produisent sur de plus petits bassins versants ; elles peuvent néanmoins atteindre des débits de pointe très importants lorsque les paramètres défavorables se conjuguent

II.3.1.a.i. Crues lentes

Les crues lentes ou crues de plaine sont observées sur les fleuves et grands cours d'eau. Les phénomènes sont relativement lents ; ils mettent en jeu des débits et des volumes d'eau considérables.

II.3.1.a.ii. Crues torrentielles ou crues éclair

Les crues torrentielles ou crues éclair ont un temps de montée très court (quelques heures) elles se produisent sur de petits bassins versants à l'occasion d'orages localisés, là où la pente et l'imperméabilisation favorisent le ruissellement. Elles peuvent s'accompagner de fortes érosions et de charriage de matériaux.

Donc après avoir étudié les caractéristiques du bassin versant (la morphologie, les propriétés physiques de versant, la structuration du réseau....) . Et après une étude détaillée des pluies maximales journalières . On se retrouve devant la question suivante : Quelle sera la quantité de débit d'eau qui sera générée à l'exutoire de notre bassin versant ?

Pour arriver à une réponse claire et représentative on fait appel à trois méthodes de calculs :

II.3.1.b. Formule de SOKOLOVOSKY

Le débit maximum probable est donné par la formule suivante :

$$Q_{\max, p\%} = 0,28 \cdot \frac{(Xp\%tc - H0) \cdot ap\% \cdot S \cdot F}{tm = tc} \dots\dots\dots (II.23)$$

Avec :

- $\alpha_p\%$: Le coefficient de ruissellement pour la crue probable. $\alpha_p\% = \frac{\sqrt{pct\%} - \sqrt{H_0}}{\sqrt{pct\%} + \sqrt{H_0}} \dots (II.24)$
- S : La surface du bassin versant en (Km),
- F : Le coefficient de forme de la crue,
- T_c : Le temps de concentration du bassin versant en heure,
- $X_{ptc\%, tc}$: La précipitation en mm de probabilité $p\%$ correspondant à un temps T_c .
- H_0 : Les pertes initiales en mm, Au Nord de l'Algérie $H_0=7\text{mm}$.
- 0.28 : Le coefficient de changement d'unité.

Le coefficient de la forme de la crue peut être calculé par la formule :

$$F = \frac{12}{4+3\gamma} \dots (II.25)$$

N.B :

- Pour $S < 50\text{km}^2$ on a $\gamma = 2$,
- Pour des petits bassins non boisé, sol peu perméable. On a $\gamma = (2-2,5)$,
- Pour bassin boisé, sol perméable on a $\gamma = (3-4)$.

Puisque la surface du bassin versant $< 50 \text{ Km}^2$, on prend $\gamma = 2$ alors : $F = \frac{12}{4+3,2} = 1,2$

II.3.1.c. Relation de Turazza

$$Q_{\max, p\%} = Q_j \frac{P_{tc} \cdot S \cdot \alpha_p\%}{6.3 T_c} \dots (II.26)$$

Avec :

- P_{tc} : La précipitation en mm de probabilité $p\%$ correspondant à un temps T_c ,
- $Q_j p\%$: Le débit moyen journalier fréquentielle en (m^3/s).

II.3.1.d. Relation de Giandotti

$$Q_{f\%} = Q_j \frac{P_{tc} \cdot 24}{P_{j\max} \cdot T_c} \dots (II.27)$$

Avec :

- $P_{j\max f\%}$: La pluie maximale journalière fréquentielle en (mm).

Tableau II.17 : Récapitulation des débits calculés.

Période T (an)		5	10	20	50	100
Oued Emak $Q (\text{m}^3/\text{s})$	Formule de Sokolovsky	6,62	8,58	10,76	17,80	19,83
	Formule de Turazza	5,47	7,10	8,89	14,71	16,40
	Formule de Giandotti	4,38	5,68	7,11	11,77	13,12
Oued Ghar El-Dhbaà $Q (\text{m}^3/\text{s})$	Formule de Sokolovsky	6,10	7,94	9,98	17,17	19,13
	Formule de Turazza	5,04	6,56	8,25	14,20	15,82
	Formule de Giandotti	4,03	5,25	6,60	11,36	12,65

II.3.1.e. Choix du débit de crue

Pour éviter un surdimensionnement ou bien un sous-dimensionnement des sections d'aménagement, on a pris le débit moyen calculé par les trois méthodes celles de Sokolovsky, Turazza et Giandotti pour les différentes périodes de retour.

Tableau II.18 : Les débits de crue pour les différentes périodes de retour.

Période T (an)	5	10	20	50	100
Oued Emak $Q(m^3)$	5,49	7,12	8,92	14,76	16,45
Oued Ghar El-Dhbaà $Q(m^3)$	5,06	6,58	8,28	14,24	15,87

II.4. Construction des hydrogrammes des crues (SOKOLOVSKY)

La méthode de Sokolovsky divise l'hydrogramme en deux parties non symétriques, une est calculée à partir du temps de montée et l'autre à partir du temps de décrue, chacune à sa propre équation.

II.4.1. Pour le temps de montée

$$Q_m = Q_{\max p} [t / t_m]^n \dots\dots\dots (II.28)$$

II.4.2. Pour la décrue

$$Q_d = Q_{\max p} [(t_d - t)/t_m]^m \dots\dots\dots (II.29)$$

Avec :

- $T_m = T_c$: Le temps de montée,
- $T_d = \gamma T_m$,
- Pour $S < 50 \text{ Km}^2$ on a $\gamma = 2$,
- m, n : puissance des équations $m = 3, n = 2$.

Tableau II.19 : Les temps caractéristique de la crue.

BV	Temps de monté $T_m(h)$	Temps de décrue $T_d(h)$	Temps de base $T_b(h)$
Emak	0,76	1,52	2,28
Ghar El-Dhbaà	0,64	1,28	1,92

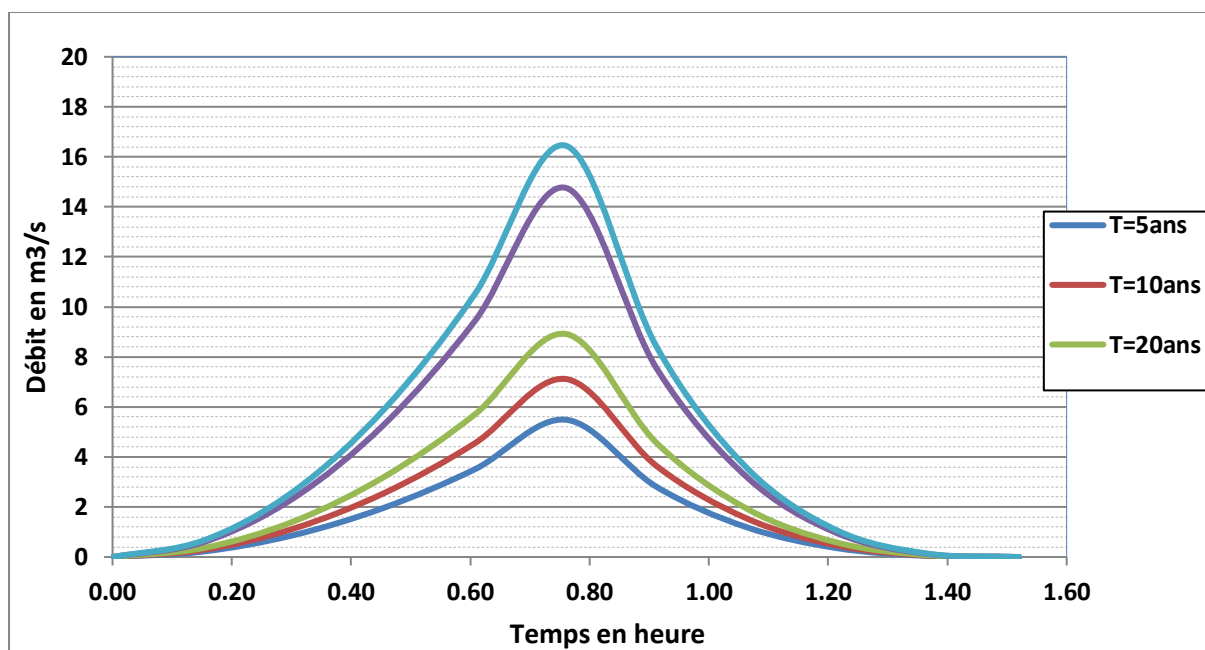


Figure II.11 : Hydrogramme de crue du bassin versant d'Oued Emak.

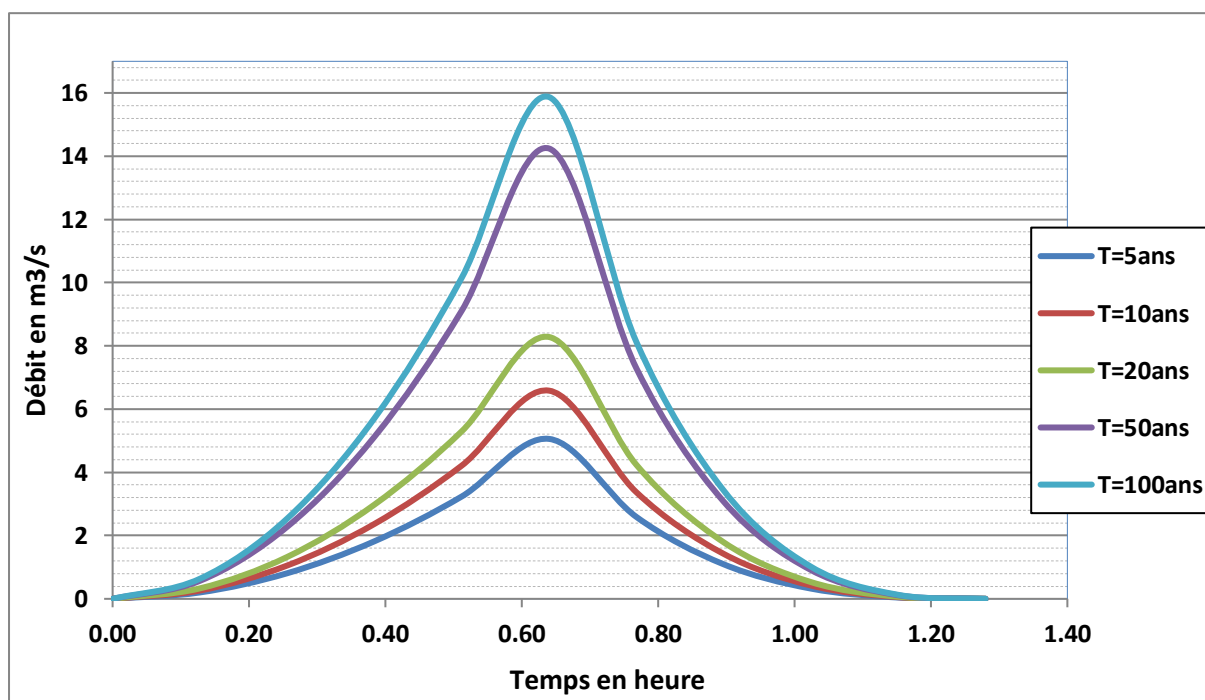


Figure II.12. Hydrogramme de crue du bassin versant d'Oued Ghar El-Dhbaà.

Conclusion

Dans ce chapitre on a déterminé les caractéristiques hydro-morphométriques des bassins versants aussi on a étudié les pluies fréquentielles de la station de Baghlia Village. Le modèle fréquentiel le plus adéquat d'après le test d'adéquation et l'analyse de la distribution en queue de la série pluviométrique est celui de log normal. Les courbes IDF déterminées pour des périodes de retour diverses ont permis d'avoir une idée sur les régimes des événements extrêmes de la région, et de choisir la période de retour adéquate et déterminer les débits de projet.

On a pris le débit moyen calculé par les trois méthodes celles de Sokolovsky, Turazza et Giandotti. La construction des hydrogrammes de crue a permis de voir le comportement des crues en fonction de temps.

.

Chapitre III

Etude des Ecoulements

Le présent chapitre décrit, en premier lieu, l'état actuel d'Oued Emak et Oued Ghar El-Dhbaà. En deuxième partie, on va faire une modélisation hydraulique des écoulements d'eau dans le réseau hydrographique. Cette modélisation permet, avec l'analyse hydrologique, de cerner les mécanismes de génération des crues et de définir les caractéristiques nécessaires au dimensionnement des ouvrages. La modélisation hydraulique est une méthode de simulation numérique de l'écoulement d'eau dans les cours d'eau en utilisant des logiciels spécialisés. Les simulations hydrauliques correspondent aux simulations du comportement du modèle des rivières face aux débits de ruissellement engendrés par les sous-bassins, suite aux pluies de différentes récurrences. En effet, la rivière modélisée est soumise aux débits de pointe, calculés avec les modélisations hydrologiques et aux conditions frontières imposées telles que le niveau de l'eau au niveau du point de rejet ou le niveau d'eau dans la rivière.

III.1. Problématique

La problématique pose principalement sur l'évacuation des débits des crues exceptionnelles en conjonction avec des autres factures qui contribuent à augmenter les risques. Ces factures sont :

- Urbanisation anarchique implantée sur les lits de oued et sur le réseau hydrographique du bassin versant,
- couvert végétal dense dans le lit de oued,
- érosion des berges,
- manque d'opérations de curage et de nettoyage du cours d'eau,
- pluies généralement brèves et torrentielles.

III.2. Etat des lieux d'oued Emak

La visite sur le terrain au niveau de cours d'eau Emak nous donne les observations suivantes :

- Sous l'effet de l'énergie d'écoulement des eaux déversées en période de crue génère une dynamique érosive et provoque l'érosion progressive des berges à droite et à gauche de l'oued et cause l'inondation des zones urbanisées. (**Figure III.1**),
- obstruction de tronçon de cours d'eau et l'ouvrage par les sédiments et déchets,
- dépôts des sédiments importants réduisant la capacité hydraulique des ouvrages,
- un changement de direction brusque favorisant l'augmentation de la perte de charge et le débordement,
- développement anarchique de la ville sur le lit mineur de cours d'eau réduisant la capacité d'évacuation.



Figure III.1 : Etat d'Oued Emak (Photo prisent en 2017).

III.3. Etat de fait d'Oued Ghar El-Dhbaà

Après l'inspection sur le terrain, un premier diagnostic de l'état physique d'Oued Ghar El-Dhbaà a été fait (Figure III.2) et on a remarqué que :

- Le tronçon est mal entretenu et bloquer par des blocs et les déchets,
- la section du cours d'eau obstruée par la présence d'une végétation dense qui provoque des inondations d'importantes à chaque évènement pluvieux,
- la végétation sur les berges favorise les débordements.



Figure III.2 : Etat physique d'Oued Ghar El-Dhbaà (Photos prisent en 2017).

III.4. Modélisation de l'écoulement

III.4.1. Aperçu sur le logiciel HEC-RAS

HEC-RAS est un logiciel intégré pour l'analyse hydraulique qui permet de simuler les écoulements permanents et non permanents, le transport de sédiments et certaines fonctions facilitant la conception d'ouvrages hydrauliques. L'objectif est de retrouver les phénomènes réels à l'aide de ce logiciel. Les calculs des lignes d'eau permettent tant l'analyse de la capacité de cours d'eaux (risques de débordement, inondations) que l'étude de l'impact de modifications des conditions de bords tel que les ponts.

Les calculs de lignes d'eau d'écoulements graduellement variés sont basés sur l'équation de Bernoulli. Les pertes de charge sont évaluées par l'équation de Manning-Strickler pour le terme de frottement et par des coefficients de contraction-expansion. En écoulement brusquement varié, HEC-RAS utilise l'équation de quantité de mouvement. Celle-ci est appliquée aux ressauts hydrauliques, et dans certains cas, aux passages de ponts et aux confluences. La résolution de ces équations nécessite la connaissance de la géométrie du cours d'eau, de ses caractéristiques de rugosité et du débit d'écoulement.

III.4.1.1. Environnement de HEC-RAS

L'environnement du logiciel HEC-RAS est présenté sous forme de projets. Chaque projet contient plusieurs fichiers dans chacun porte le nom de projet, possède son propre extension et présente son propre jeu de données. Ces fichiers sont présentés comme suit :

- Le fichier de projet (***.prj**) : c'est le fichier principal qui contient les informations descriptives du projet et les configurations par défaut ou choisis par l'utilisateur,
- le fichier de géométrie (***.G--**) : il comporte les informations relatives à la géométrie (schéma, sections en travers, rugosité, ouvrage...etc.),
- le fichier (flow) débit (***.F--**) : il stocke les données de débits ; il peut comporter plusieurs profils où chaque profil regroupe des conditions particulières de débit,
- le fichier Plan (***.P--**) : chacun contient des données particulières et aide l'utilisateur à simuler plusieurs scénarios avec les mêmes données,
- le fichier exécution (***.R--**) : il se crée automatiquement à l'exécution de chaque simulation et contient les données relatives à la simulation,
- le fichier (output) résultat (***.O--**) : il regroupe les résultats de la simulation.

III.4.1.2. Les données géométriques

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.).

La saisie des données géométriques se fait en deux étapes distinctes :

- Le traçage du schéma du réseau hydrographique. Il est tracé tronçon par tronçon, de l'amont vers l'aval (dans le sens d'écoulement positif), en prenant en considération les 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.

Tableau (III.1) : estimation du coefficient de Manning.

Catégorie	Type de recouvrement	Gamme de profondeurs d'écoulement		
		0 -0,15	0,15 - 0,6	> 0,6
Rigide	Béton	0,015	0,013	0,013
	Roche bétonnée	0,040	0,030	0,028
	Maçonnerie	0,042	0,032	0,030
	sol –ciment	0,025	0,022	0,020
	Asphalte	0,018	0,016	0,016
Non recouvert	Sol nu	0,023	0,020	0,020
	Roc excavé	0,045	0,035	0,025
Temporaire	Papier tissé	0,016	0,015	0,015
	Jute	0,028	0,022	0,019
	Paille avec filet	0,065	0,033	0,025
	Matelas de fibres de bois	0,066	0,035	0,028
	Fibres de verre	0,028	0,021	0,019
Matelas de fibres de		0,036	0,025	0,021
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-]

III.4.1.3. Conditions aux limites et de calcul

Les calculs peuvent être effectués pour plusieurs débits simultanément, soit en régime torrentiel, soit en régime fluvial, ou pour les deux régimes d'écoulements. Dans ce dernier cas, HEC-RAS utilise l'équation de quantité de mouvement pour déterminer les changements de régime torrentiel-fluvial, caractérisés par la création d'un ressaut hydraulique. Tous les résultats obtenus peuvent être consultés sous forme graphique (profil en long, sections, courbes hauteur-débit, vue 3D) ainsi que sous forme de tableaux, exportables, via les procédures standards de copier-coller, vers tout tableur ou traitement de texte.

III.4.1.4. Les étapes de fonctionnement de HEC-RAS

Le logiciel HEC-RAS est constitué de trois parties. La première partie est une base de données qui contient toutes les informations géométriques du réseau hydrographique telles que les sections transversales, les ponts et les autres obstructions de même que les paramètres hydrauliques tels que le coefficient de rugosité, le débit et le niveau d'eau. La deuxième partie est consacrée à l'affichage graphique qui permet à l'utilisateur d'examiner d'une façon visuelle le cours d'eau et les résultats de simulation correspondants. Finalement, la troisième partie est réservée aux programmes qui exécutent les calculs du modèle.

III.4.1.5. 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 :

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

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],
- **he** : La perte de charge.

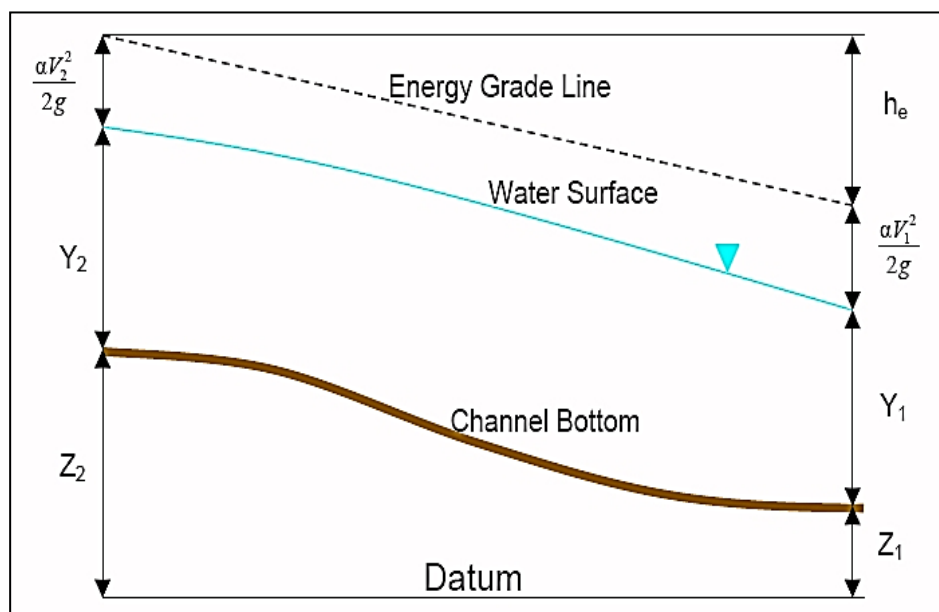


Figure III.3 : Schéma de calcul de la ligne d'eau.

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

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

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 :

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

Avec :

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

III.4.2. Conditions aux limites

Les conditions aux limites sont nécessaires pour établir la hauteur initiale de la surface de l'eau aux extrémités du cours d'eau (amont et aval). Cette hauteur est nécessaire afin que le programme commence les calculs. Nous l'avons considéré comme nulle dans notre cas, c'est-à-dire que le débit de base du cours d'eau est nul au début de la simulation.

III.4.3. Méthode de travail

Le calcul hydraulique a été effectué en utilisant l'outil informatique HEC-RAS et les données suivantes :

- La topographie du cours d'eau (les profils en travers) : sont plus ou moins éloignés les uns des autres. C'est la partie du travail la plus contraignante, car il faut tabuler de nombreux profils,
- débits fréquentiels de crue, déterminés par l'étude hydrologique,
- les conditions aux limites liées au cours d'eau,
- simulation hydraulique de l'état actuel du cours d'eau et vérification de la capacité des ouvrages existants,
- simulations hydrauliques correspondantes aux variantes d'aménagement proposées.

III.4.4. Le coefficient de Manning

Les valeurs de rugosité choisies pour le lit (lit mineur) et les terrasses d'inondations (lit majeur) de l'oued sont généralement considérées biaisées (avec une certaine marge d'erreur) pour toute variable hydraulique ou hydrologique du modèle hydraulique étudié. Le choix d'une valeur de *n* est considéré comme un art plutôt qu'une science et il n'existe pas de règle solide et précise permettant à l'ingénieur hydraulicien de définir avec exactitude (avec un degré de confiance élevé) la valeur de *n* pour une situation hydraulique donnée. Les facteurs qui affectent la rugosité des lits d'oued comprennent :

- 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.

Il est vraiment très difficile de tenir compte de tous ces paramètres dans une seule et unique valeur représentant le coefficient de rugosité de Manning. Pour estimer le coefficient n des terrasses d'inondations, l'ingénieur hydraulicien se base généralement sur les valeurs relatives à la végétation, l'occupation des sols ou les deux ensembles.

En se basant sur le tableau (**Tableau III.1**) dont les valeurs du coefficient de rugosité sont estimées selon la nature du canal et les matériaux qui le constituent on a Le coefficient de Manning est de 0.07 pour les rives gauche, droite et 0.048 pour le lit d'Oued.

III.4.5. Création de la base de données de l'Oued

III.4.5.1. Oued Emak

Une simulation hydraulique de l'écoulement et du profil d'eau dans l'oued a été effectuée, ce qui va permettre la délimitation des zones inondables. Pour charger les profils nous avons utilisé le logiciel AutoCad Civil 3D, qui présente l'avantage de générer automatiquement des fichiers de géométrie à partir du levé topographique, reconnus par HEC-RAS. Cela nous a permis de gagner en temps et en précision. Trois périodes de retour (20 ans, 50 ans et 100 ans) ont été considérées, où à chaque période de retour, on associe une valeur du débit pour chaque sous bassin versant.

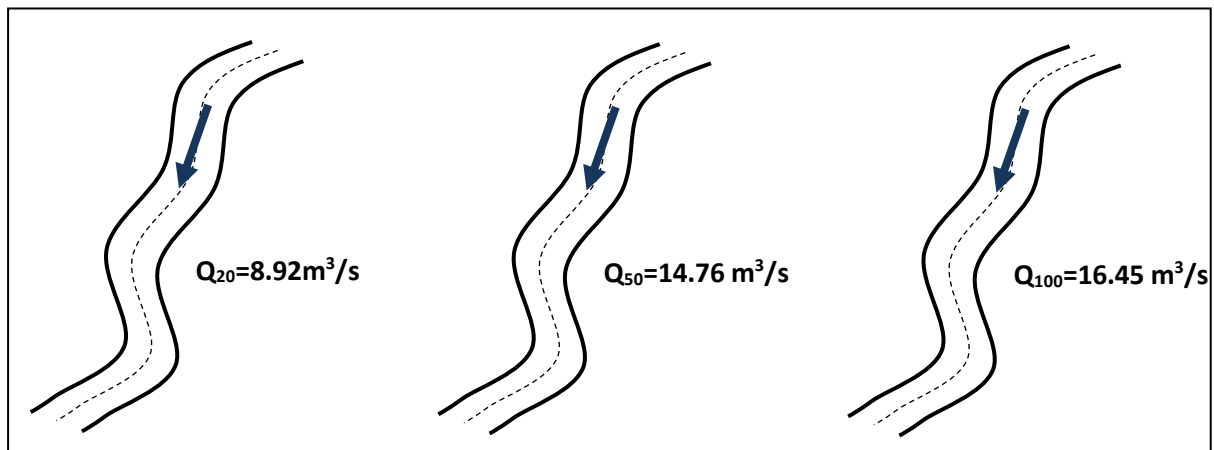


Figure III.4 : les débits de l'Oued Emak.

Les constatations suivantes sont formulées sur la base du levé topographique, élaboré sur l'Oued Ghar El-Dhbaà qui longe la ville de Dyles (**Figure III.5**).

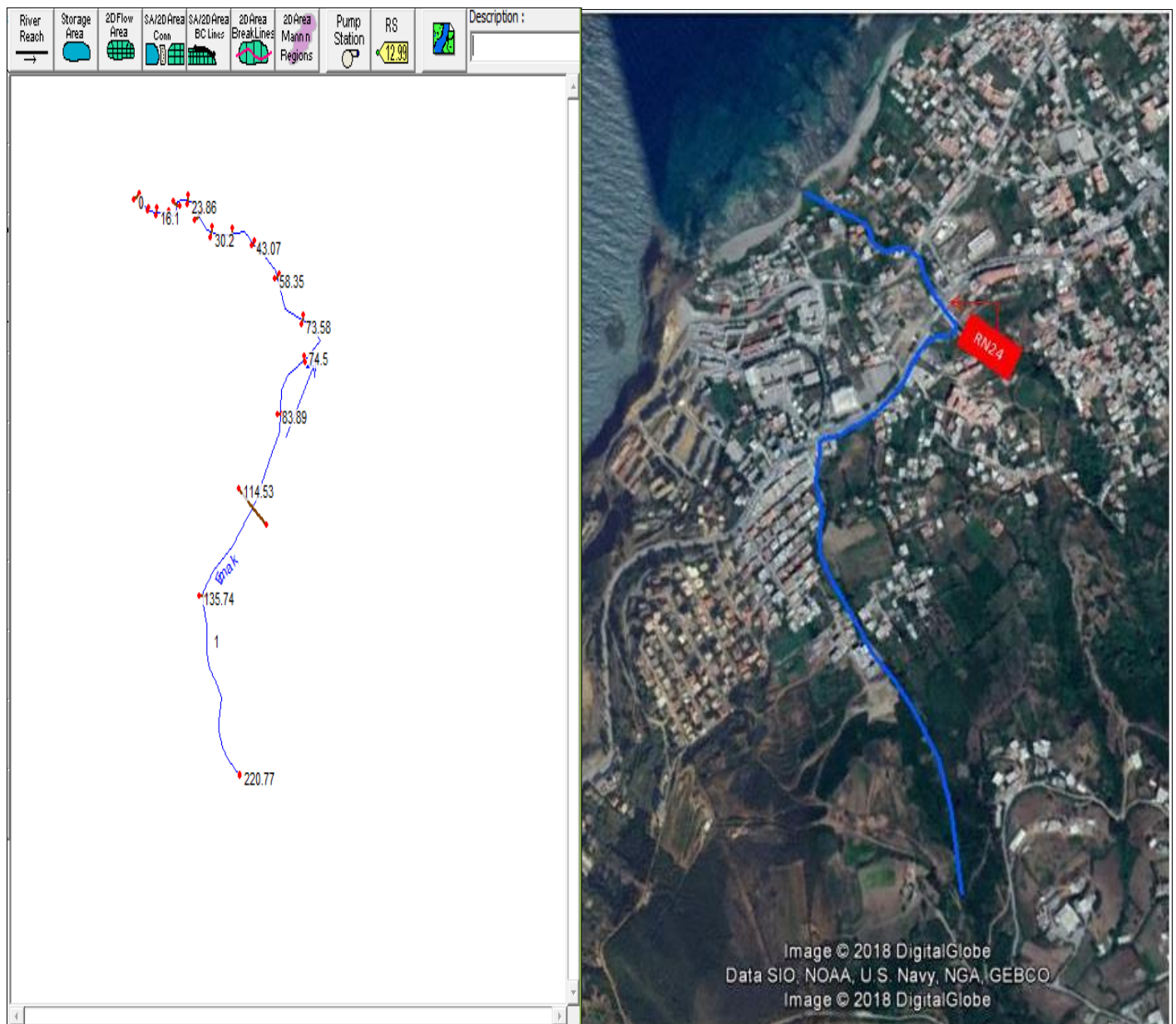


Figure III.5 : Le profil d'Oued Emak.

III.5.3.1.a. Résultats de la modélisation

Une fois que le modèle fini tous les calculs avec succès, on peut commencer à visualiser les résultats. Plusieurs options de visualisation des résultats de calcul sont disponibles et on peut visualiser et imprimer plusieurs types de résultats tabulés et graphiques (voir le tableau des résultats en annexe).

On remarque que la hauteur d'eau est environ 0.9 m donc nous pouvons conclure que le lit naturel supporte la crue centennale (Figure III.6).

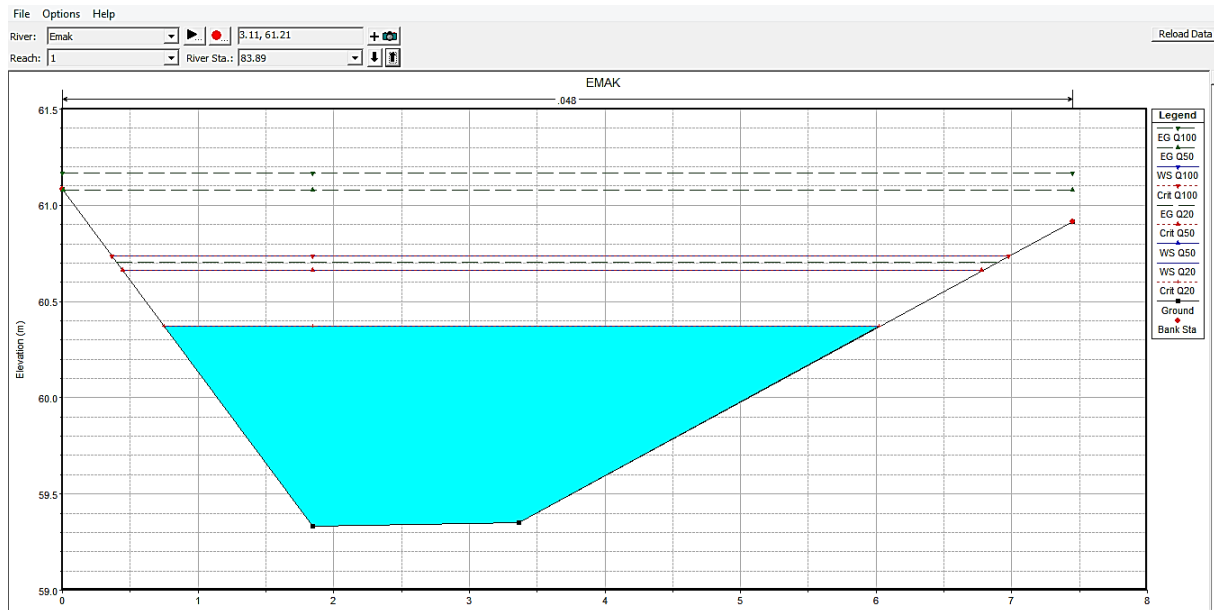


Figure III.6 : Exemple d'un profil en travers d'Oued Emak.

Sur la partie aval de l'Oud (**Figure III.7**) la hauteur d'eau égale à 2,4 m donc la section insuffisante pour supporter la crue centennale.

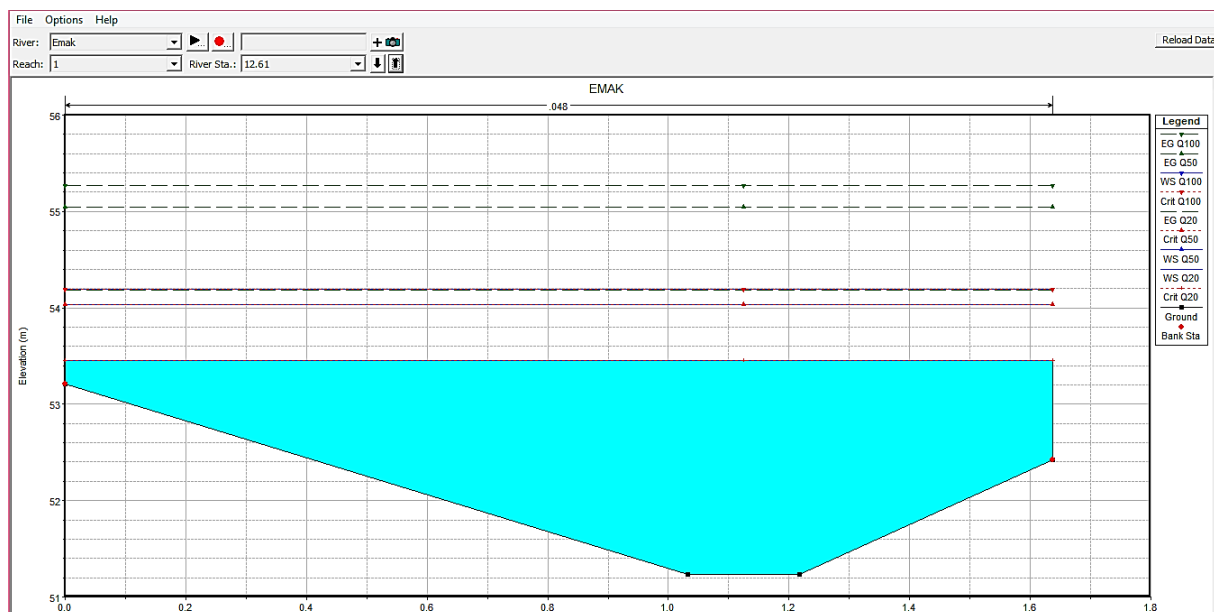


Figure III.7 : Exemple d'un profil en travers de l'Oued Emak.

III.5.3.1.b. Identification des zones inondables

La figure III.8 permet d'avoir une vue d'ensemble des inondations. Nous pouvons ainsi nous apercevoir que, à première vue, c'est surtout lors de la crue Q_{100} que les inondations importantes. La couleur bleu identifie les principales zones de débordement.

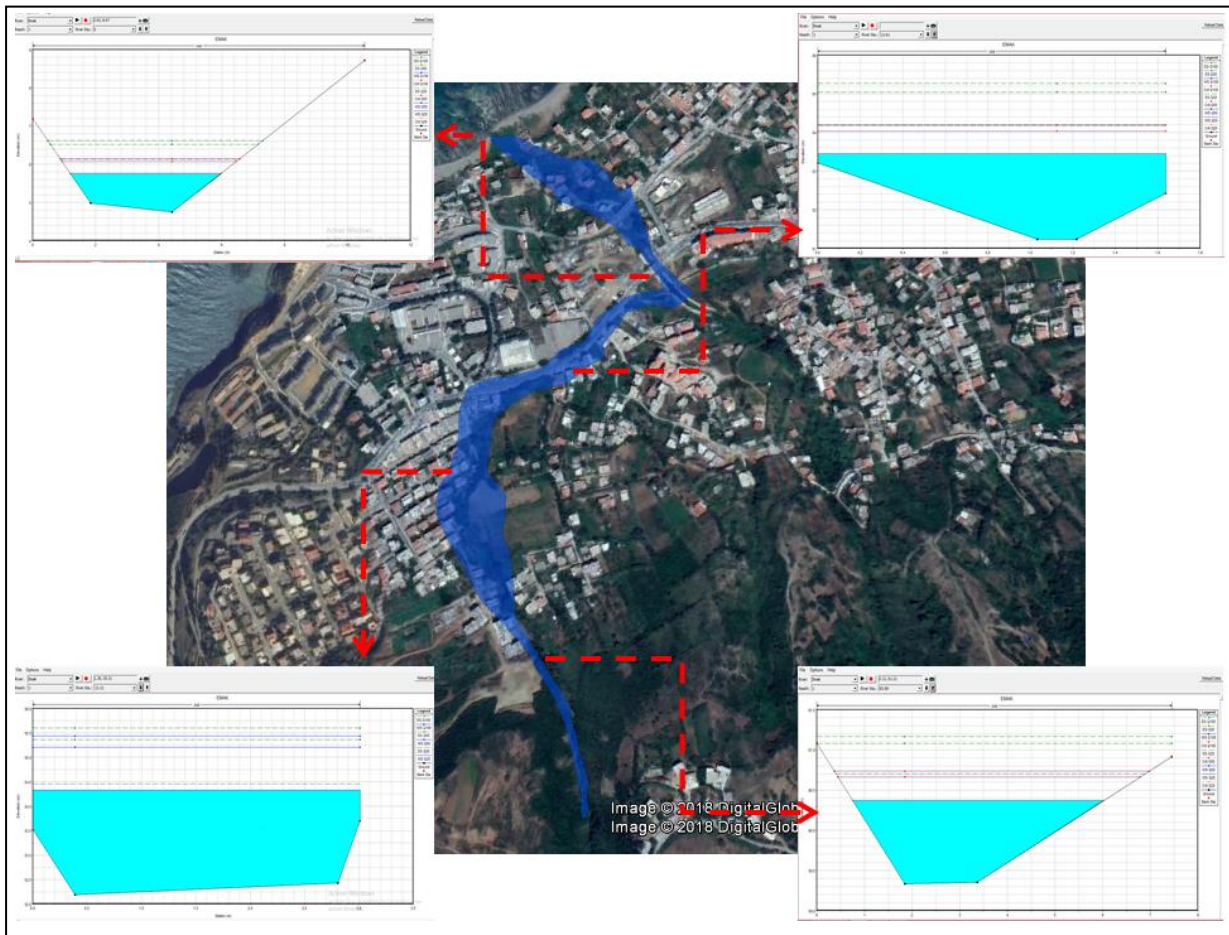


Figure III.8 : Identification des zones inondables de l'Oued Emak.

A partir de la carte des zones inondables l'aménagement d'oued EMAK se fait sur son cheminement actuel sur un parcours de 1100m.

III.5.3.2. Oued Ghar El-Dhbaà

La simulation a été faite par la même méthode pour les trois périodes de retour nous avons utilisé toujours le logiciel AutoCad Civil 3D pour la génération des profils en travers représentatifs de la géométrie de l'Oued Ghar El-Dhbaà.

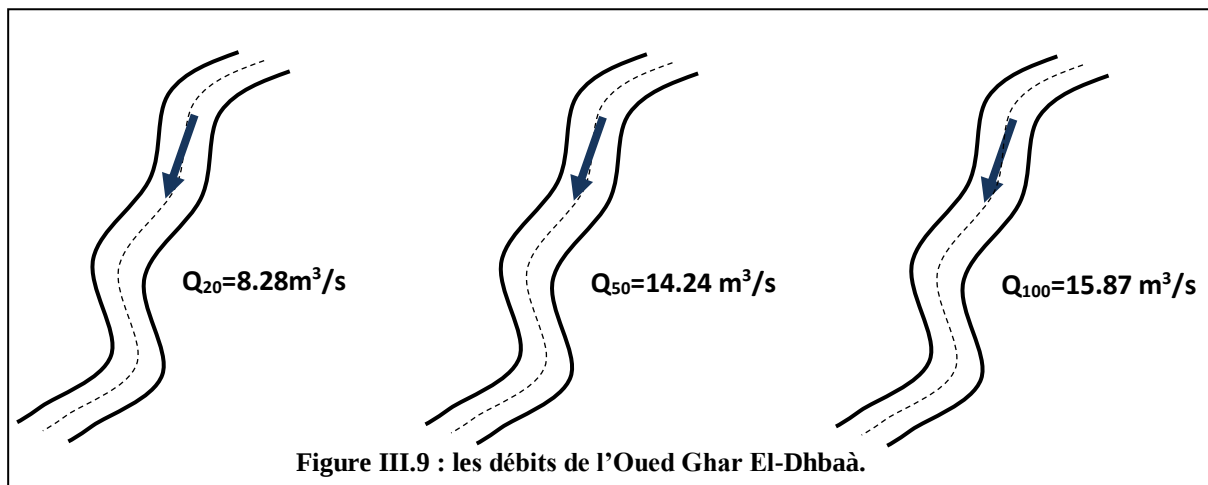


Figure III.9 : les débits de l'Oued Ghar El-Dhbaà.

Comme montre La **figure III.10**, la géométrie d'Oued Ghar El-Dhbaà issue de levé topographique c'est la base de la modélisation hydraulique.

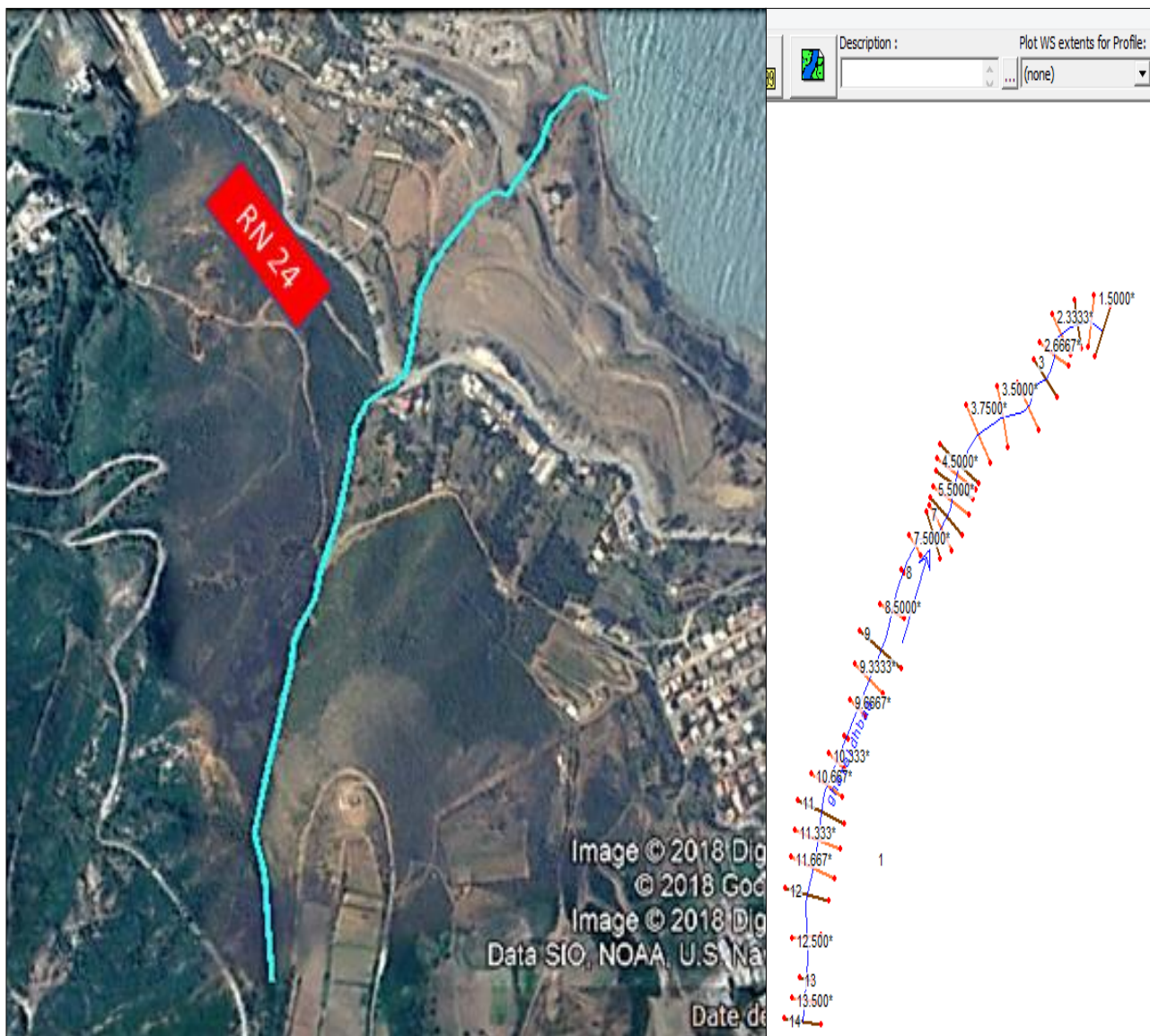


Figure III.10 : Le profil d'Oued Ghar El-Dhbaà.

III.5.3.2.a. Résultats de la modélisation

Les résultats de la modélisation sur l'Oued Ghar El-Dhbaà (voir le tableau en annexe) est comme suit :

- La hauteur d'eau est environ 0.5 m donc nous pouvons conclure que sur la partie amont de tronçons, le lit naturel supporte la crue centennale (**Figure III.11**).

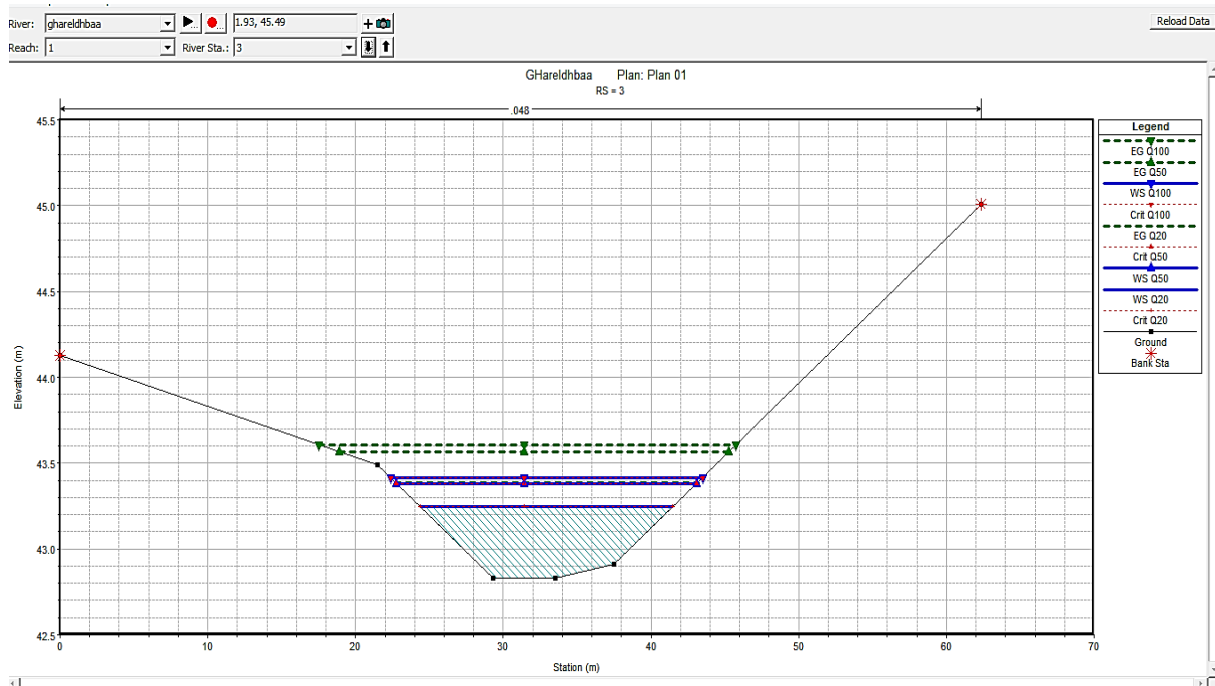


Figure III.11 : Exemple d'un profil en travers d'Oued Ghar El-Dhbaà.

Sur la partie aval on voit clairement que l'oued déborde (Figure III.12) et la hauteur égale à 2,4 m donc la section insuffisante pour supporter la crue centennale

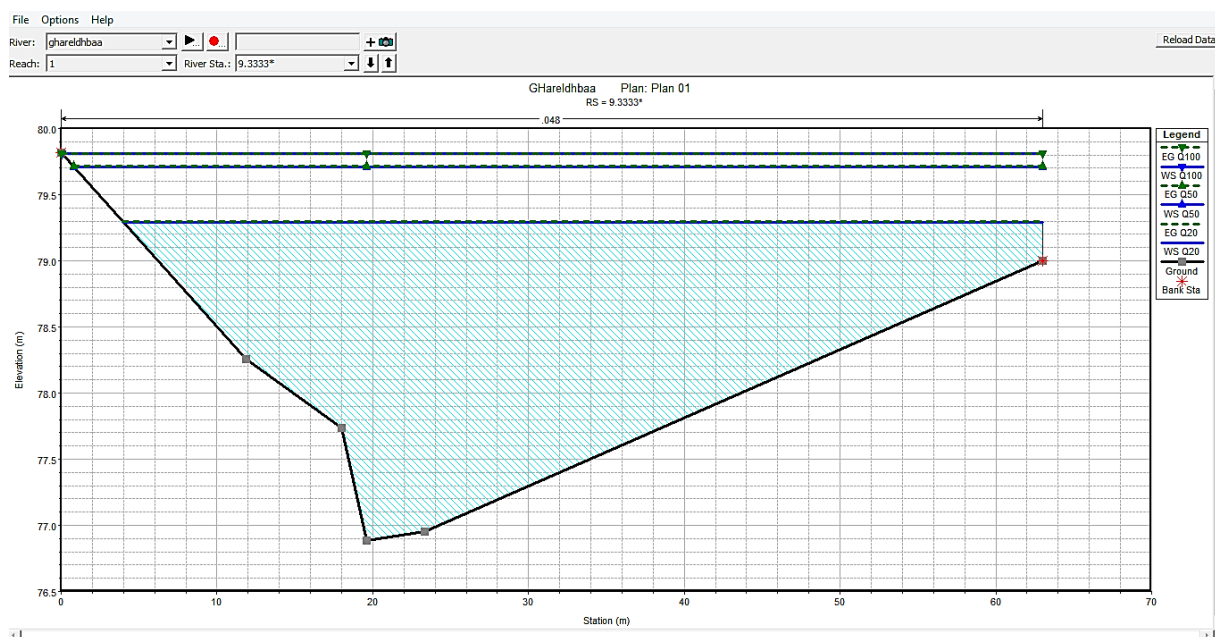


Figure III.12 : Exemple d'un profil en travers d'Oued Ghar El-Dhbaà.

III.5.3.2.b. Identification des zones inondables

La figure III.13 nous donne une vue générale sur les zones inondables. La couleur bleue toujours identifie les principales zones de débordement.

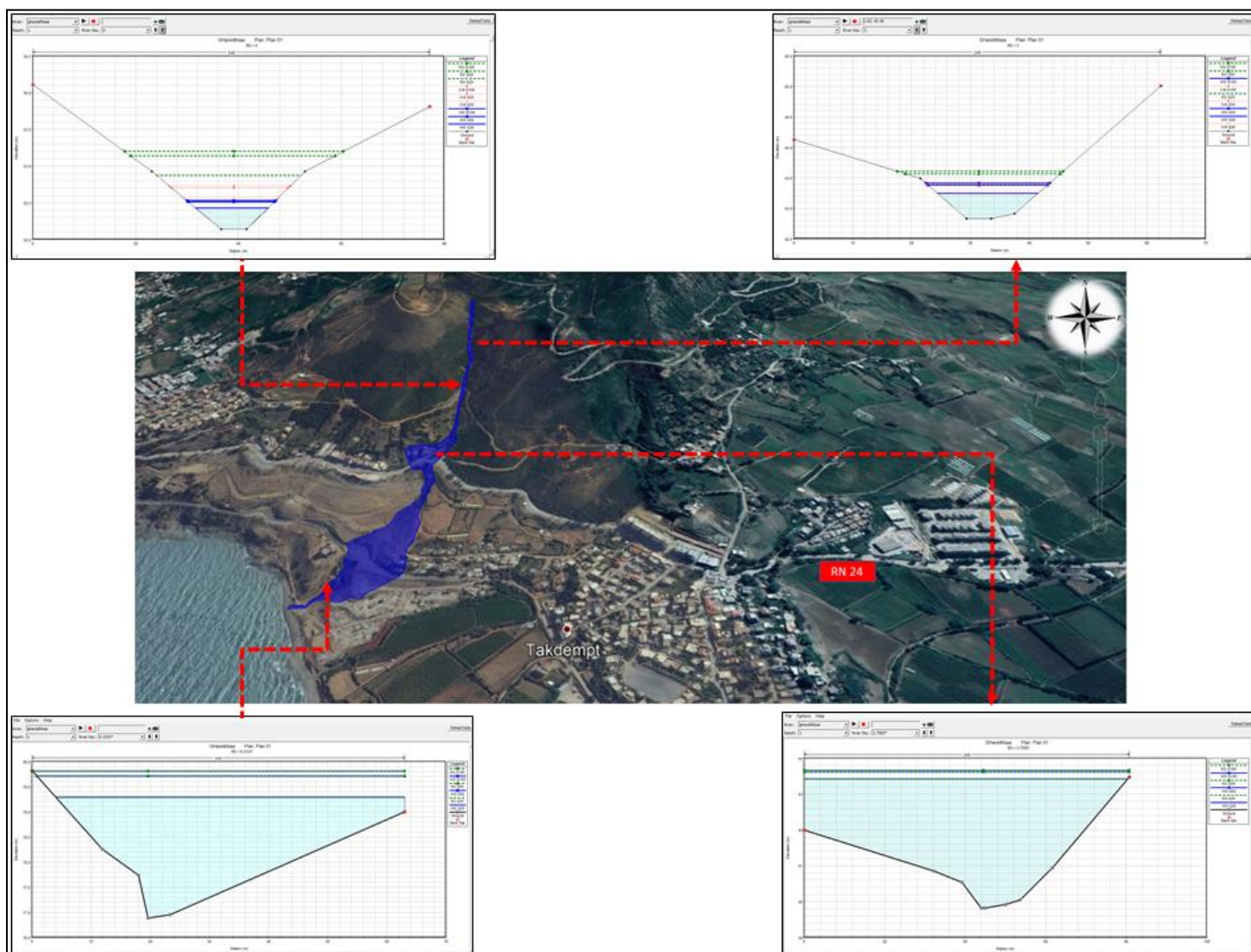


Figure III.13 : Identification des zones inondables Oued Ghar El-Dhbaà.

D'après cette figure (Figure III.14) l'aménagement d'oued GHAR ELDHBAA se fait sur une longueur de 1100 m pour couvrir toutes les zones inondables

Conclusion

La modélisation donne une vue générale sur le comportement des oueds en période des crues et bien définie les zones inondables et avec le diagnostic on conclue que les deux oueds nécessite une intervention afin d'améliorer leurs caractéristiques hydraulique.

Chapitre IV

Etude des Variantes

Sur la base des résultats obtenus à partir des chapitres précédents et en fonction de l'analyse de notre zone d'étude nous proposons dans ce chapitre des aménagements possibles afin d'éviter les risques des inondations lors des crues d'Oued Emak et Oued Ghar El-Dhbaà. Les solutions proposées sont ensuite comparées de points de vue technique et économique tout en considérant les impacts potentiels sur la zone d'étude et son environnement.

IV.1. Principes d'aménagements

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

- La réduction d'apport en amont des zones à protéger (laminage des crues),
- l'amélioration du routage du débit de crue, et la capacité d'écoulement.
- la maîtrise du ruissellement sur le bassin versant.

IV.1.1. Laminage des crues

On atténue le débit de pointe des crues en réalisant un stockage 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. Comme les prairies et certaines cultures.

On peut aussi prévoir des ouvrages aménagés en déblai ou remblai, avec un volume de rétention important et une certaine hauteur de stockage appelés **les bassins de rétention**.

Ils permettent le laminage des crues, en stockant temporairement les débits de pointe pour qu'ils soient évacués lors de la décrue, et ainsi :

- De limiter la fréquence des débordements en aval,
- de réduire les dimensions des ouvrages à réaliser en aval, et donc leur coût de réalisation.

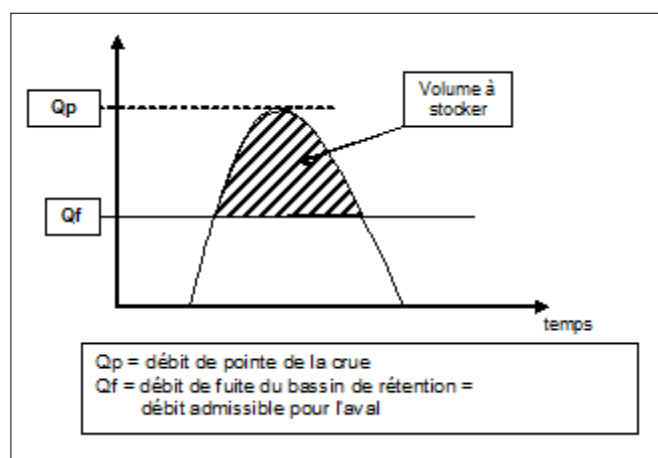


Figure IV.1 : Volume à stocker dans le bassin.

IV.2. les options d'aménagement

IV.2.1. Oued Emak

A partir de la carte des zone inondables (Figure III.8) et pour faciliter sa gestion, l'Oued Emak est subdivisée en quatre tronçons comme le Tableau IV.1 montre.

Tableau IV.1 : Répartitions des tronçons d'aménagement Oued Emak.

Tronçons	N° Section	Longueurs (m)	Pente (m/m)
1	18-17	00-210	0,037
2	17-15	210-485	0,037
3	15-13	485-624	0,037
4	0-13	624-1100	0,046

IV.2.1.a. Variante N°1

Elle consiste en aménagement de l'Oued Emak dans son cheminement actuel sur un parcours de 1100 m, avec un canal de forme trapézoïdale en béton armé avec une largeur égale à la largeur moyenne de l'Oued estimée à 4 m tronçons 1 et 3 et 7m tronçon 4 , un canal rectangulaire constitue avec des dalots préfabriqués (tronçon 2)

Le choix de cette variante se justifie par la présence des habitations sur les rives et les changements de directions d'oued.

IV.2.1.b. Variante N°2

On propose dans cette variante un canal trapézoïdal en gabion et on laisse le fond d'oued nu avec des opérations de curages, la largeur de canal égale a la largeur moyenne d'oued 4m (tronçons 1 et 3) et 7 m tronçons 4, avec un canal rectangulaire constitue avec des dalots préfabriqués (tronçon 2) de 4 m de largeur. Cette variante a été proposée en tenons compte des variations des sections et la présence des habitations.

IV.2.1.c. Etude des variantes

Les variantes proposées font l'objet d'une comparative dont le but d'évaluer la pertinence de chacune afin de choisir la meilleure variante d'un point de vue technico économique

IV.2.1.c.i variante N°1 :

IV.2.1.c.i.1 Calcul de section de canal trapézoïdale

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

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

Avec :

- **Q** : Le débit de dimensionnement en [m³/s],
- **n** : Le coefficient de Manning représentant la rugosité pris pour le béton,
- **I** : La pente du canal [m/m],

- **R** : Le rayon hydraulique tel que :

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

- **S_m** : La section mouillée du canal (forme trapézoïdale) en [m²],
- **P_m** : Le périmètre mouillé, pour une forme trapézoïdale en [m],
- **m** : Le fruit du talus.

Surface mouillée

$$S = yb + my^2 \dots\dots\dots (IV.3)$$

Périmètre mouillé

$$Pm = b + 2y\sqrt{1+m^2} \dots\dots\dots (IV.4)$$

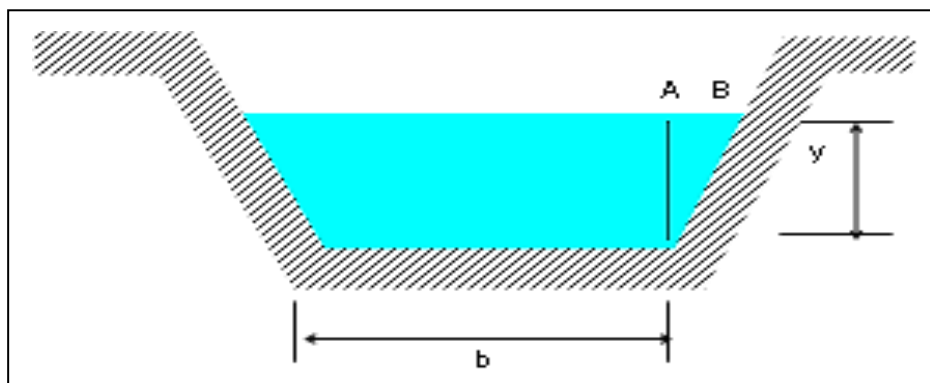


Figure V.2 : La Section du canal trapézoïdal.

Rayon hydraulique

$$Rh = \frac{by + my^2}{b + 2y\sqrt{1+m^2}} \dots\dots\dots (IV.5)$$

Après le calcul on obtient :

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

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° sur le terrain, après calculs itératifs on obtient (Tableau V.2).

Tableau IV.2 : Dimensions du canal en béton (Oued Emak).

Tronçons	M	b (m)	h (m)	I (m\m)	Froude
1	1	3	1.8	0,037	0.98
3	1	3	1.8	0,037	0.98
4	1	6	1.2	0,046	1.03

IV.2.1.c.i.2 Calcul de canal rectangulaire

On a une section rectangulaire de 4 m de largeur avec 3 m d'hauteur donc :

$$S = L \cdot H \dots\dots\dots (IV.7)$$

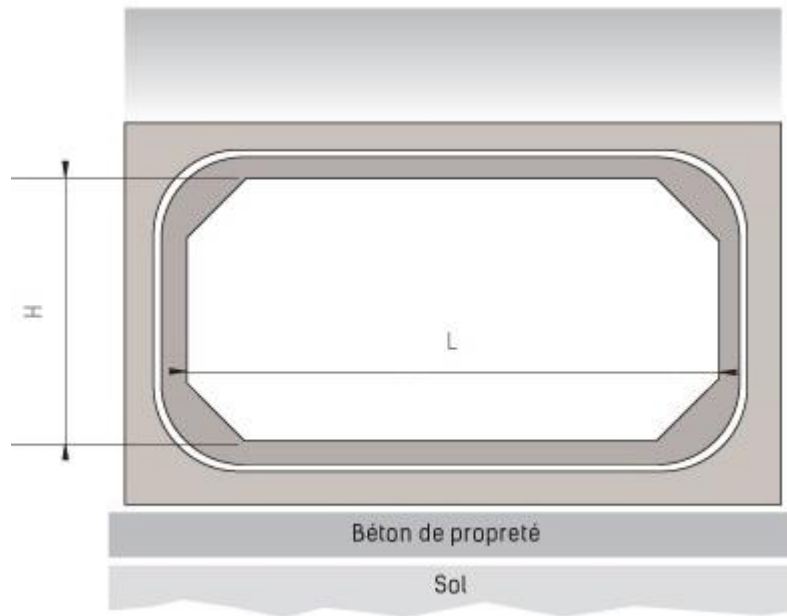


Figure IV.3 : Coupe en travers d'un dalot préfabriqué.

Tableau IV.3 : Dimensions de canal rectangulaire (Oued Emak).

Tronçons	l (m)	L (m)	I (m\m)	Froude
2	3	1.8	0,037	1.01

A partir de logiciel HEC-RAS on peut visualise les sections après aménagement, la Figure IV.4 montre les sections du tronçon 1 et 3 on remarque bien que la section supporte la crue centennale.

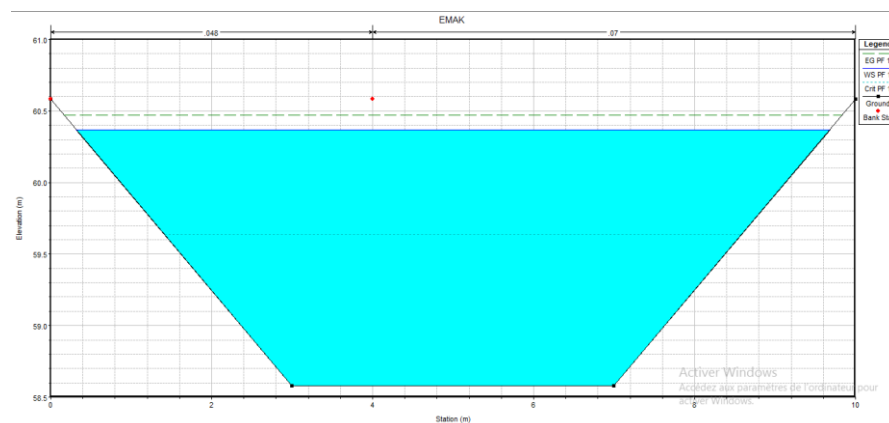


Figure IV.4 : Sections aménagée tronçons 1.

La galerie rectangulaire assure une évacuation du crue donc pas de risque d'inondation sur les habitations au voisinage de cette galerie (Figure V.5).

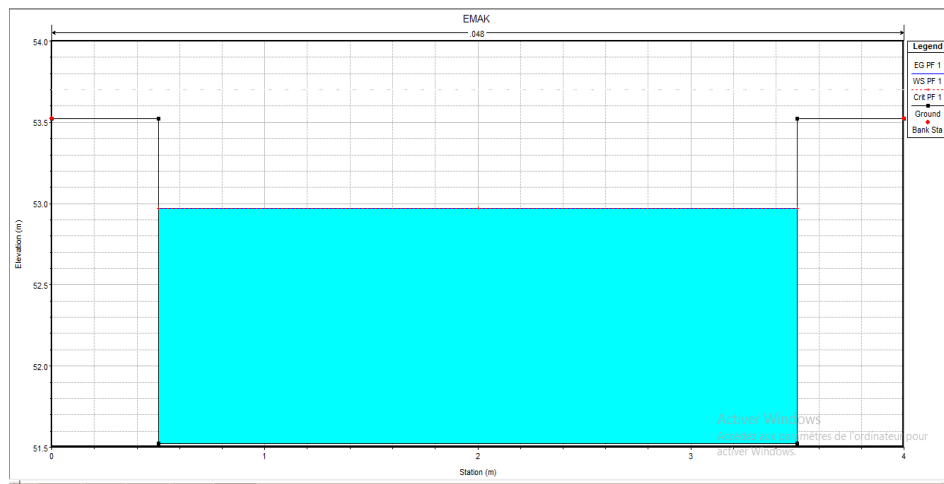


Figure IV.5 : Section aménagée tronçons 2.

La Figure IV.6 montre que le dernier tronçon (4) la section trapézoïdal assure une bonne évacuation de la crue centennale.

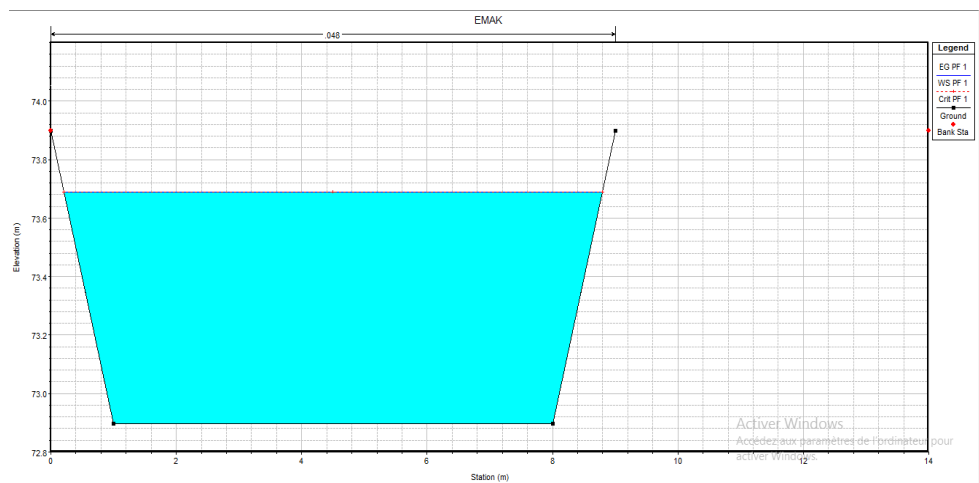


Figure IV.6 : Section aménagée tronçons 4.

IV.2.1.c.ii variante N°2

IV.2.1.c.ii.1 Calcul des murs en gabion

Les murs en gabions sont utilisés principalement pour réaliser les revêtements et les protections anti-affouillements. 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.

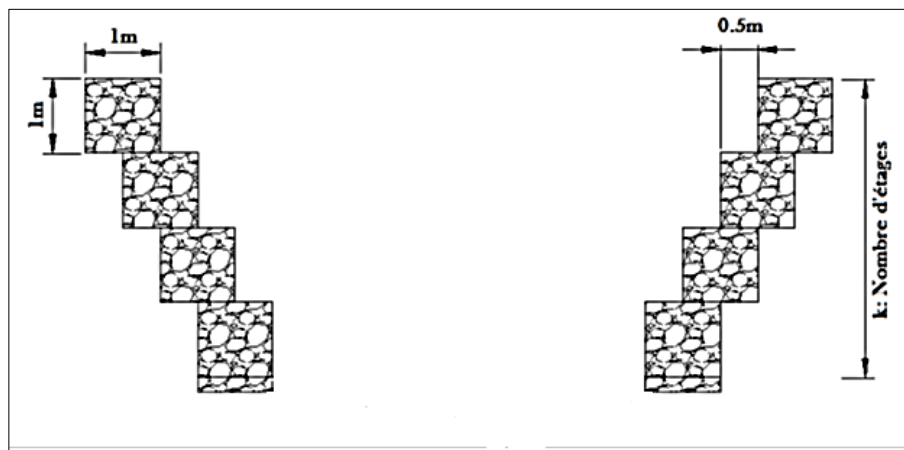


Figure IV.7 Coupe en travers d'un mur en gabion.

Tableau IV.4 : Caractéristique géométrique de la section gabionnée.

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

Avec :

- **K** : Le nombre des étages,
- **B** : La base du canal.

On fixe la largeur de la base b puis on calcule le nombre d'étage qui puisse évacuer le débit de crue.

Tableau IV.5 : Dimensions du canal en gabion (Oued Emak).

Tronçons	Nombre d'étages	b (m)	I (m\m)	Froude
1	3	3	0,037	0.43
3	3	3	0,037	0.43
4	2	6	0,046	0.81

IV.2.1.d. Etude de la stabilité du canal

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 $d=5\text{mm}$.

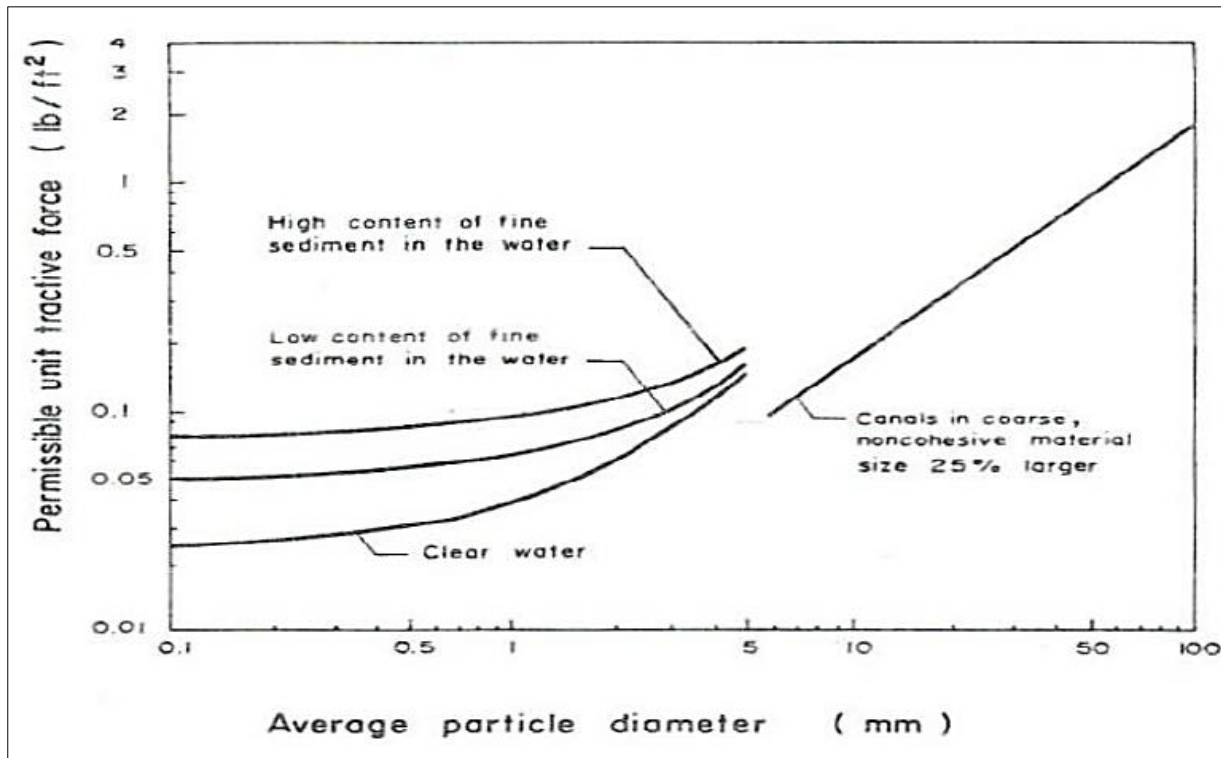


Figure IV.8 : Efforts tangentiels critiques pour des matériaux non cohésifs (Chaudhry, 2014).

- Calculer la contrainte tangentielle au fond :

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

Avec :

- τ_0 : La tension tangentielle critique exercée sur le fond en $[\text{N/m}^2]$,
- R : Le rayon hydraulique en $[\text{m}]$,
- γ_w : Le poids volumique de l'eau en $[\text{N/m}^3]$,
- i : La pente du fond en $[\text{m/m}]$.

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

Tableau IV.6 : Résultats des contraintes tractrices au fond.

Tronçons	Contrainte tractrice (N/m^2)	
	τ_0	$\tau_0 \text{ adm}$
1	0,17	0,29
3	0,17	0,29
4	0,15	0,29

- **Interprétation**

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

D'après la simulation par HEC-RAS on voit bien que les sections aménagées supportent la crue centennale figure IV.9 et IV.10

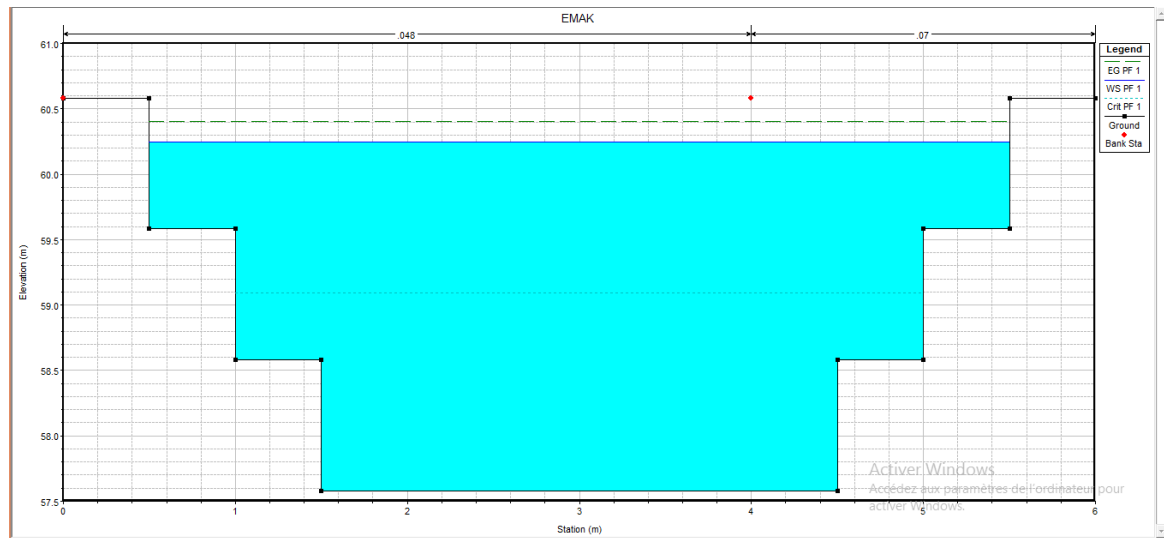


Figure IV.9 : Sections aménagée tronçons 1.

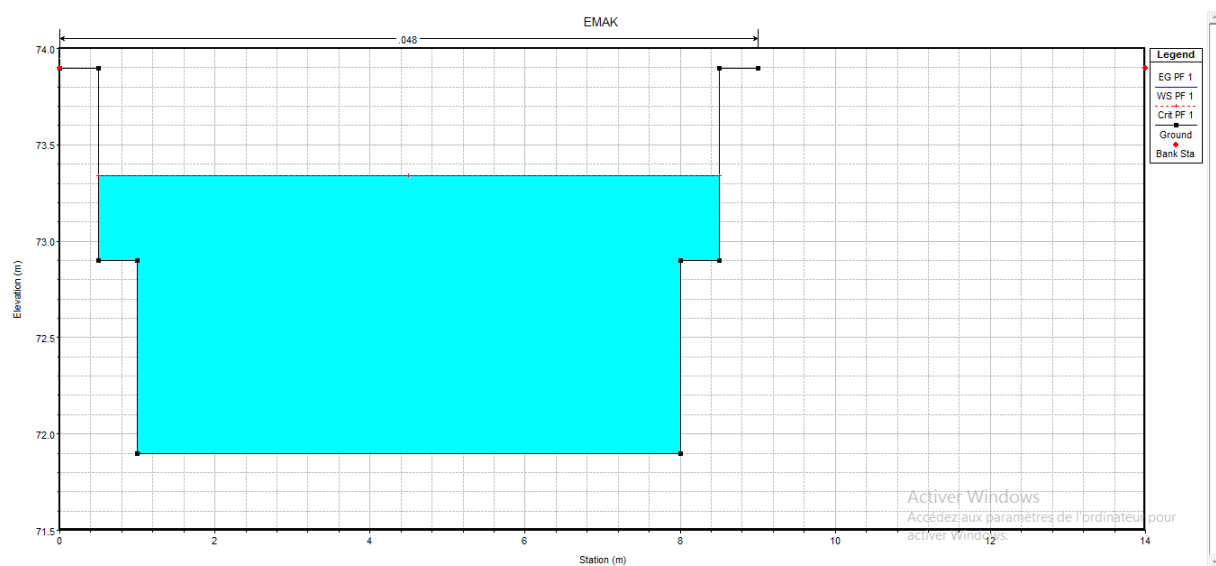


Figure IV.10 : Sections aménagée tronçons 4.

IV.2.1.e. vérification de la capacité d'évacuation d'eau par le passage existant sur RN2 :

Le passage existant sur la route RN24 comporte 4 collecteur de $D=1200\text{mm}$ donc $S_p=4.52\text{ m}^2$

Notre section calculée d'après la relation IV.1 $S_c=4.18\text{ m}^2$ donc :

$S_p > S_c$: le passage sur la RN24 assure l'évacuation de la crue centennale

IV .2.1.f Estimation du coût des variantes

Le coût de projet a été estimé à partir des travaux propres à chaque variante le **Tableau IV.7** résume les résultats.

Tableau IV.7 : Estimation du coût des variantes.

Variante	Désignation des travaux	Total HT(DA)	TVA 19%(DA)	Total en TTC(DA)
1	Excavation des terres de toutes natures, transport, dalots préfabriqué, béton de propreté et béton armé	132 162 200.00	25 110 818.00	157 273 018.00
2	Excavation des terres de toutes natures, transport, béton de propreté, dalots préfabriqué et gabion	107 125 700.00	20 353 883.00	127 479 583.00

IV.2.1.g. Etude comparative

En générale, les critères de choix de la meilleure variante sont les suivants :

- ✓ **Technique** : est-ce que les objectifs purement techniques peuvent être atteints par cette variante ?
- ✓ **Economique** : est-ce que les bénéfices en cas de la réalisation sont supérieurs à ceux qui en cas de renoncement au projet ?
- ✓ **Sociétal** : est-ce que les utilisateurs potentiels peuvent tirer profit de ce projet ?
- ✓ **Environnemental** : est-ce que l'impact du projet sur l'environnement et l'utilisation du territoire est défendable ?

Tableau IV.8 : Comparaisons entre les variantes.

	Coût (DA)	Note				
Variante	Coût de réalisations	Coût	Environnement	Entretien et Opération	Stabilités	Totale
Variante N°1	157 273 018.00	4	2	5	4	15
Variante N°2	127 479 583.00	5	5	4	5	19

Bon (Vert)	Moyen (Orange)	Mauvais (Rouge)
5	4	2

Après l'étude comparative entre les deux options d'aménagement on a choisi la variante N°2, qui est la meilleure de point de vue technico-économique et environnementale.

IV.2.2. Oued Ghar El-Dhbaà

On se base sur la carte des zones inondables (chapitre III) Oued Ghar El-Dhbaà est subdivisée en deux tronçons comme suite :

Tableau IV.9 : Répartitions des tronçons d'aménagement (Oued Ghar El-Dhbaà).

Tronçons	N° de Section	Longeurs (m)	Pente (m\m)
1	17-7	630	0,06
2	0,7	470	0,055

IV.2.2.a. Variante N°1

Elle consiste en aménagement de l'Oued Ghar El-Dhbaà dans son cheminement actuel sur un parcours de 1100ml. Dans le cas d'un canal de forme trapézoïdale en béton armé (tronçon 01) avec une largeur égale à la largeur moyenne de l'Oued estimée à 5 m, avec des opérations de débroussaillage, abatage et déracinement des arbres (tronçon 02).

Le choix de cette variante se justifie par le fait que ce type de section soit facile à réaliser et à exploiter avec une durée de vie assez importante et un entretien assez facile.

IV.2.2.b. Variante N°2

Dans cette variante on propose un canal en gabion (tronçons1) toujours avec des opérations de débroussaillage, abatage et déracinement des arbres en amont de cours d'eau (tronçons 2).

On a proposé cette variante car les gabions ont plusieurs avantages d'utilisation du point de vue de caractères : perméables et souples, de dimensionnement et de Constitutions rapides, pratiques, des entretiens et réparations faciles et surtout moins Coûteux que les autres solutions.

IV.2.2.c. Calcul de section de canal trapézoïdale

On suit la même méthode de calcul pour calcule les sections d'aménagement.

Tableau IV.10 : Dimensions du canal en béton (Oued Ghar El-Dhbaà).

M	b (m)	h (m)	I (m\m)	Froude
1	6	1	0,055	0.76

La figure V.11 montre la section après aménagement qui véhicule le débit de la crue centennale.

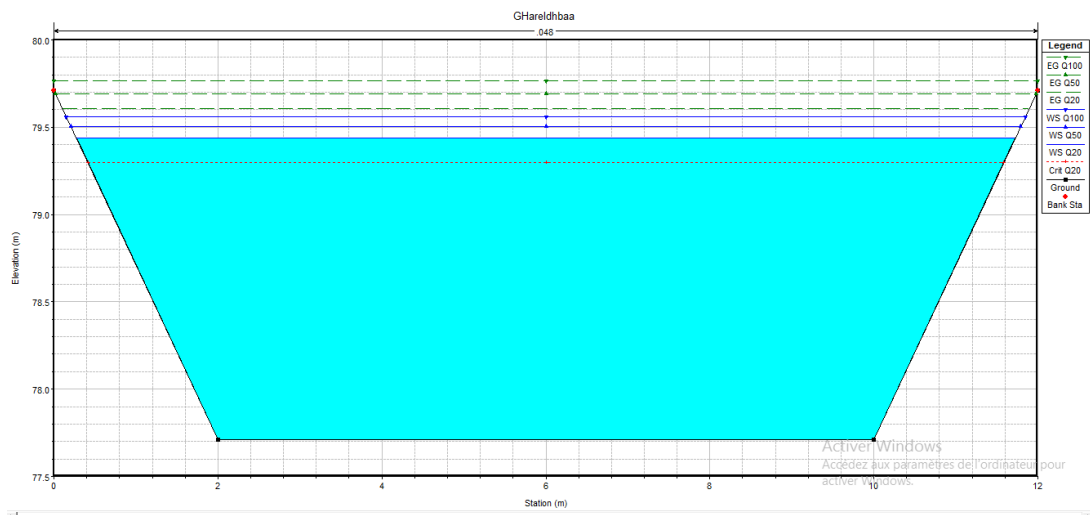


Figure IV.11 : Section aménagée.

IV.2.2.d. Calcul des murs en gabion

On suit la même méthode de calcul présente dans la première partie on fixe la largeur de la base b puis on calcule le nombre d'étage qui puisse évacuer le débit de crue.

Tableau IV.11 : Dimensions des murs en gabion.

Nombres d'étage	b (m)	I (m/m)	Froude
2	6	0,055	0.58

- Interprétation des résultats**

La figure IV.12 montre la section après aménagement, l'aménagement en gabion avec deux étage nous assure l'évacuation de débit donc pas de risque inondation.

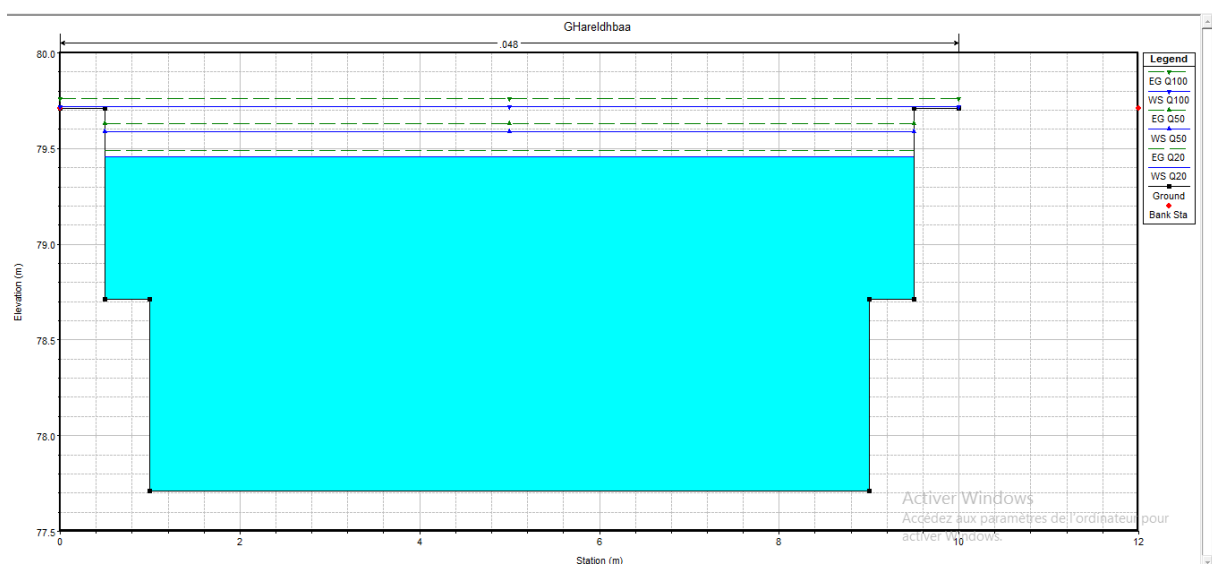


Figure IV.12 : Section aménagée (mur en gabion).

IV.2.2.f. Etude de la stabilité du canal

On suit la même méthode de calcul de stabilité du fond et des berges le **Tableau V.12** représente les résultats de calcul.

Tableau IV.12 : Résultats de calcul de stabilités.

Tronçons	Contrainte tractrice du fond (N/m ²)	
	τ_0	$\tau_{0 \text{ adm}}$
2	0,16	0,29

- Interprétation des résultats**

Les contraintes tractrices du fond et des berges sont inférieures à la contrainte tractrice admissible, donc notre canal est stable.

IV.2.2.g. vérification de la capacité d'évacuation d'eau par le passage existant sur RN2 :

Le passage existant sur la route RN24 comporte 4 collecteurs de $D=1000\text{mm}$ donc $S_p=3.14 \text{ m}^2$

Notre section calculée d'après la relation IV.1 $S_c=2.78 \text{ m}^2$ donc :

$S_p > S_c$: le passage sur la RN24 assure l'évacuation de la crue centennale.

IV.2.2.h. Estimation du coût des variantes

Pour faire une comparaison entre les variantes, il faut connaître le coût de réalisation de ces dernières. Le Tableau V.13 nous donne l'estimation du coût de réalisations.

Tableau IV.13 : Estimation du coût des variantes.

Variante	Désignation des travaux	Total HT(DA)	TVA 19%(DA)	Total en TTC(DA)
1	Débroussaillage et décapage de la végétation et abattage et déracinement des arbres, excavation des terres de toutes natures, transport, béton de propreté et béton armé	80 643 750.00	15 322 312.50	95 966 062.50
2	Débroussaillage et décapage de la végétation et abattage et déracinement des arbres, excavation des terres de toutes natures, transport et gabion	59 203 750.00	11 248 712.50	70 452 462.50

IV.2.2.i. Etude comparative

L'étude comparative entre les deux variantes suit les critères de choix entre variantes. L'étude précédente le Tableau IV.14 résume les résultats de cette comparaison. Tableau IV.14 : Etude comparative.

Tableau IV.14 : Comparaisons entre les variantes

	Coût (DA)	Note				
Variante	Coût de réalisations	Coût	Environnement	Entretien et Opération	Stabilités	Totale
Variante N°1	95 966 062.50	4	2	5	4	15
Variante N°2	70 452 462.50	5	5	4	5	19

Bon (Vert)	Moyen (Orange)	Mauvais (Rouge)
5	4	2

Après cette comparaison il est bien clair que la variante N° 2 la meilleur de point de vue technico-économique et environnemental.

Conclusion

A la fin de ce chapitre et après une étude des variantes on a aboutis a des variantes qui apparaîtrais les meilleures de point de vue technique, économique et environnementale pour assure une protection contre les crues des Oueds Emak ett Ghar El-Dhbaà.

Chapitre V

Management de projet

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,
- répartir et coordonner les tâches par l'utilisation d'une main d'œuvre spécialisée et qualifiée.

V.1. Généralité

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

V.1.1. 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

V.1.2. Organisation technique de préparation

Les opérations essentielles de préparation dans l'organisation technique pour la construction hydrotechnique 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.

V.1.3. 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.

V.1.3.a. 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.

V.1.3.b. 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

V.1.3.c. 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.

V.1.3.d. 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 utiliser et l'exécution de l'ouvrage.

V.1.4. Travaux préparatoires et installation de chantier

L'implantation d'un chantier nécessite des terrains spacieux, afin de pouvoir aménager les divers 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 :

V.1.4.a. Installations destinées au personnel

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

V.1.4.b. 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.

V.1.4.c. 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.

V.1.4.d. 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.

V.1.5. 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.

V.1.5.a. 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.

V.1.5.b. Préparation du lit de l'oued

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

V.1.5.c. 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.

V.1.5.d. 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).

V.1.5.e. Enrobage des berges

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

V.1.6. 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.

V.1.6.a. 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.

V.1.6.b. Les engins utilisés

Pour mener à bien la réalisation du projet, il faut affecter les tâches prévues aux engins convenables (voir **Tableau V.2**).

Tableau V.2 : Différent engin utilisé sur chantier.

Tache	Engin	Figure	Actions
Dragage et Curage	Dragueuse	Figure V.1	Approfondir l'oued
Préparation du lit	Dozer	Figure V.2	Enlever les herbes et les obstacles.
	Chargeur	Figure V.3	
	Pelle mécanique	Figure V.4	
	Camion	Figure V.5	
Terrassement	Pelle mécanique	Figure V.4	Donner le profil transversal voulu de l'oued
	Dozer	Figure V.2	
	Chargeur	Figure V.3	
	Décapeuse	Figure V.6	
	Niveleuse	Figure V.7	
	Compacteur	Figure V.8 & 9	
	Dumper	Figure V.10	
	Camion	Figure V.5	
Compactage	Compacteur à rouleau lisse	Figure V.9	consolider les berges
	Compacteur à pied mouton	Figure V.8	Compacter le fond de l'oued

Voici quelques images des différents engins :



Figure V.1 : Dragline.



Figure V.2 : Dozer.



Figure V.3 : Chargeur.



Figure V.4 : Pelle mécanique.



Figure V.5 : Camion.



Figure V.6 : Décapeuse.



Figure V.7 : Niveleuse.



Figure V.8 : Rouleau à pied de mouton.



Figure V.9 : Compacteur à rouleau à lisse.



Figure V.10 : Dumper.

V.2. devis quantitatif et estimatifs des projets

Les Tableaux V.3 & V.4 donnent un devis quantitatif et estimatif des variantes d'aménagement retenu pour les deux oueds :

Tableau V.3 : Devis quantitatif et estimatifs de l'aménagement d'Oued Emak.

N°	Désignation des travaux	Unité	Prix Unitaire DA/HT	Quantités	Montant (DA)
1	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 ³	500	1530	765000
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	5000	1752	8760000
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 ²	200.00	5386	1077200.00
4	Curage et réhabilitation de l'ouvrage existant y compris toutes sujétions spéciales de bonne exécution et de mise en œuvre dans les règles de l'art.	u	100000.00	1	100000
5	Béton de propreté maigre, coulé en fond de fouille, sur une faible épaisseur.	m ³	10000.00	196	1963500
6	Des cages métalliques selon la dimension (2 × 1 × 1) m indiquée y compris l'assemblage des panneaux détachés et 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.	m ³	20000.00	4198	83960000
7	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	175	10500000
Total en HT				107 125 700.00	
TVA 19 %				20 353 883.00	
TTC				127 479 583.00	

Tableau V.4 : Devis quantitatif et estimatifs de l'aménagement d'Oued Ghar El-Dhbaà.

N°	Désignation des travaux	Unité	Prix Unitaire DA/HT	Quantités	Montant (DA)
1	Débroussaillage et décapage de la végétation et abattage et déracinement des arbres avec des moyens mécaniques, y compris extraction de la souche et des racines. Découpe des troncs, des branches et des racines, et toutes sujétions spéciales de bonne exécution et de mise en œuvre dans les règles de l'art.	m ²	100,00	3 135	313 500,00
2	Transport et mise en dépôt des matériaux excédentaires, à travers 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 ³	500.00	4170	2085050.00
3	Excavation des terres de toute nature en couches horizontales successives à l'engin mécanique avec dépôt des terres au bord et dans l'ancien cours d'eau 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	5 000,00	3 230	16 148 000,00
4	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 ²	100,00	5 386	538 600,00
5	Curage et réhabilitation de l'ouvrage existant y compris toutes sujétions spéciales de bonne exécution et de mise en œuvre dans les règles de l'art.	u	10 000,00	1	10 000,00
6	Des cages métalliques selon la dimension (2 × 1 × 1) m indiquée y compris l'assemblage des panneaux détachés et 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.	m ³	20000.00	1974	39480000.00
			Total en HT	59 203 750.00	
			TVA 19 %	11 248 712.50	
			TTC	70 452 462.50	

V.3. 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.

V.3.1. Techniques de la planification

Il existe deux principales méthodes de planification à savoir :

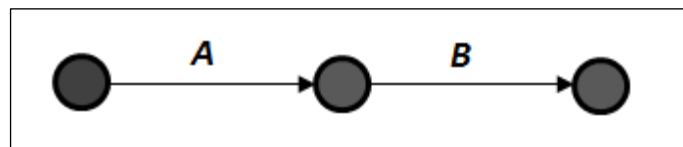
- Méthodes basées sur le réseau,
- méthodes basées sur le graphique.

V.3.2. 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 :

V.3.2.a. Réseau à flèches

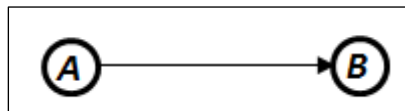
L'opération est représentée par une flèche et la succession des opérations par des nœuds.



L'opération A précède l'opération B

V.3.2.b. 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.

V.3.3. Différentes méthodes basées sur le réseau

V.3.3.a. 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.

V.3.3.b. 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.

V.3.4. 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.

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

V.3.5. 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 :

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

V.3.5. 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 :

V.3.5.a. 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

V.4 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. 1 Temps de réalisation de chaque tâche (oued GHAR ELDHBAA)

Notation	Opération	Durée [jour]
A	Installation de chantier	10
B	Débroussaillage et décapage de la végétation et abattage et déracinement des arbres (tronçons1)	50
C	Compactage (tronçons1)	20
D	Excavation des terres de toute nature	10
E	Compactage	20
F	La pose des murs en gabion	80
G	Curage et réhabilitation de l'ouvrage existant	10

Tableau V. 2 Temps de réalisation de chaque tâche (oued EMAK)

Notation	Opération	Durée [jour]
A	Installations préfabriqué et ouverture des pistes	10
B	Excavation des terres de toute nature	40
C	Préparations des lits des tronçons Y compris le lit de béton de propreté pour le tronçon 2	15
D	Curage et réhabilitation de l'ouvrage existant	10
E	La pose des dalots préfabriqués pour tronçons 2	15
F	La pose des murs de gabion pour les trois tronçons	70
G	Travaux de finition	10

Les figures V.11 et V.12 montre les réseaux a nœud pour les aménagements des deux oueds

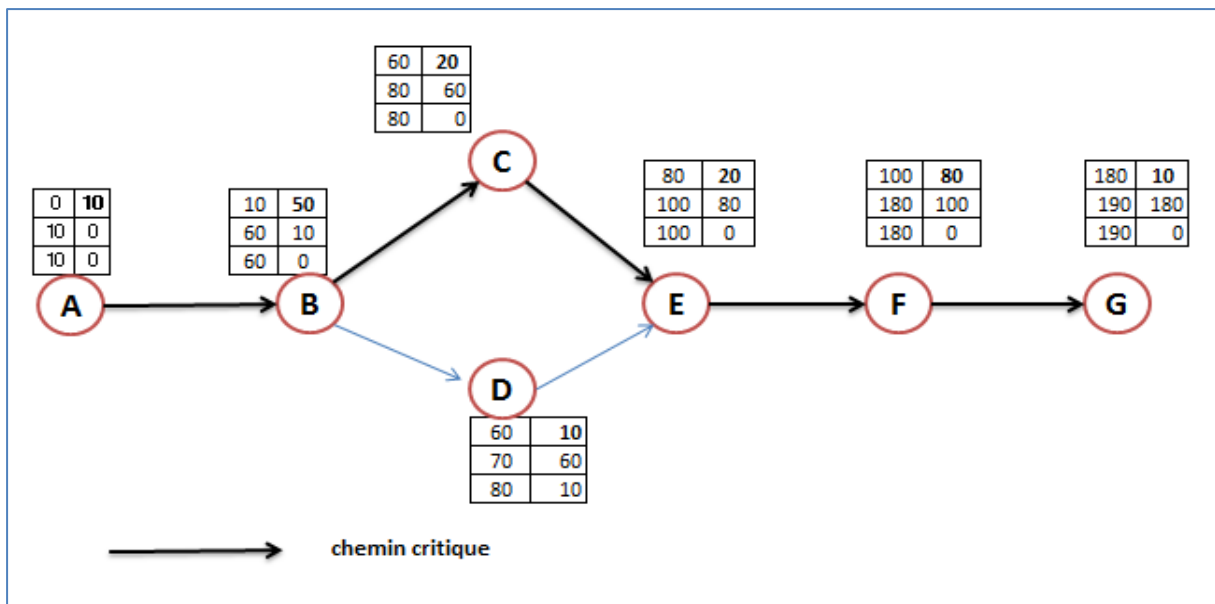


Figure V. 11 Réseau à nœud du projet d'aménagement d'oued GHAR ELDHBAA

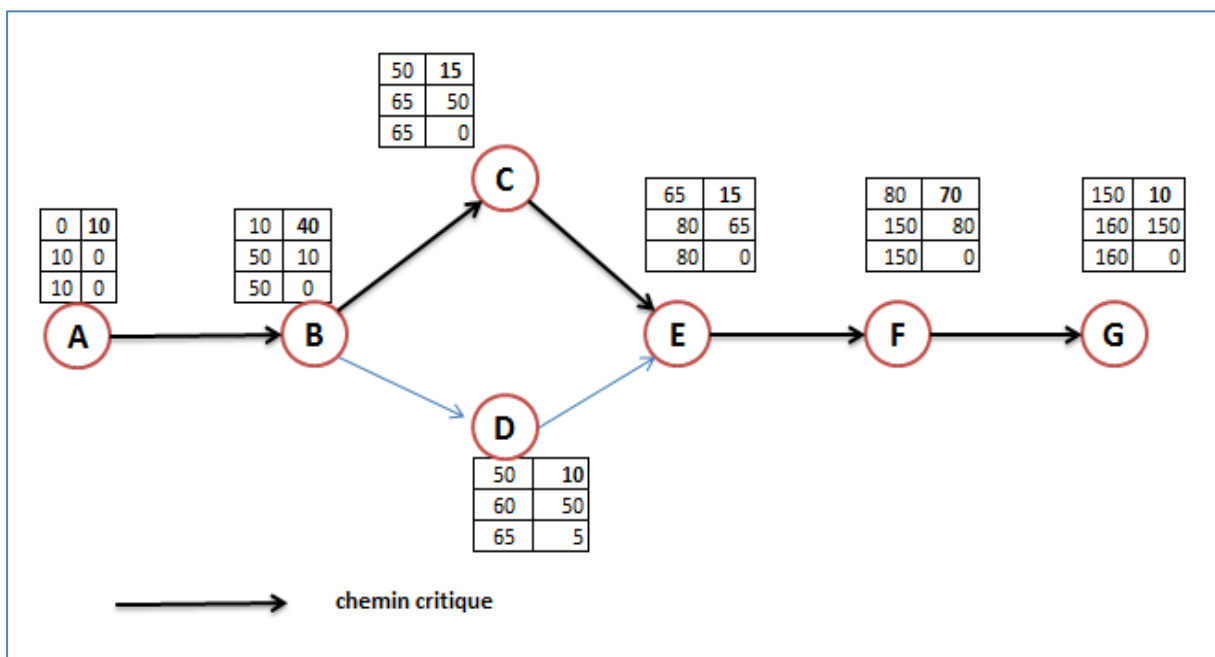


Figure V. 22 Réseau à nœud du projet d'aménagement EMAK

V.5. 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.

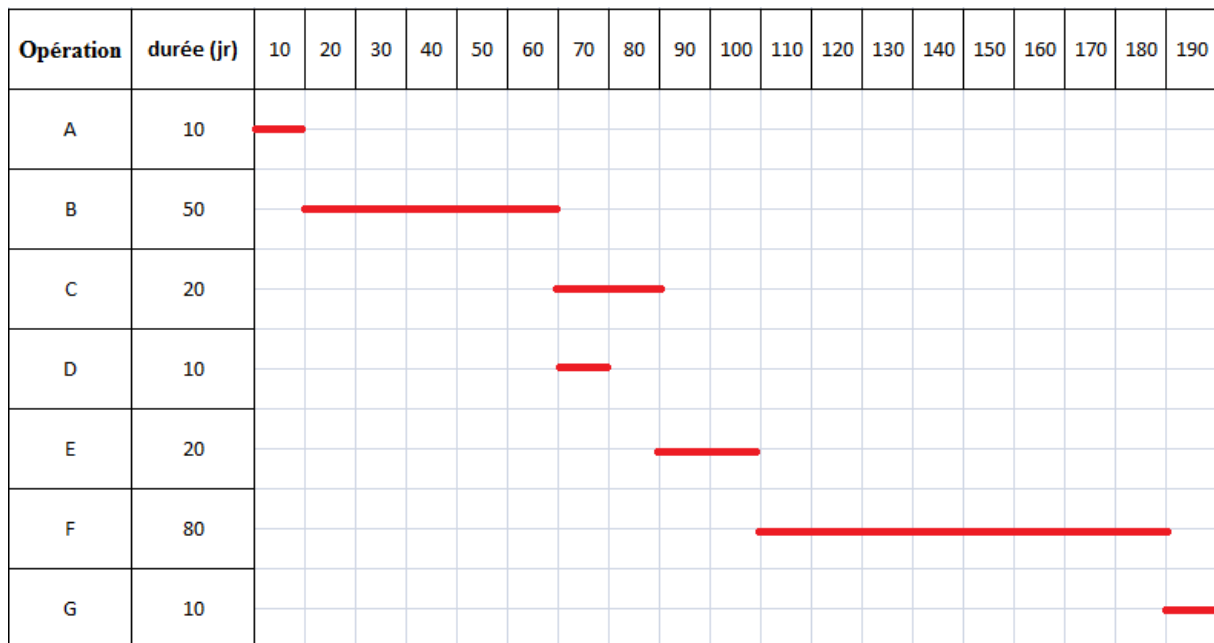


Figure V. 13 Diagramme de Gantt (aménagement d'oued GHAR ELDHBAA)

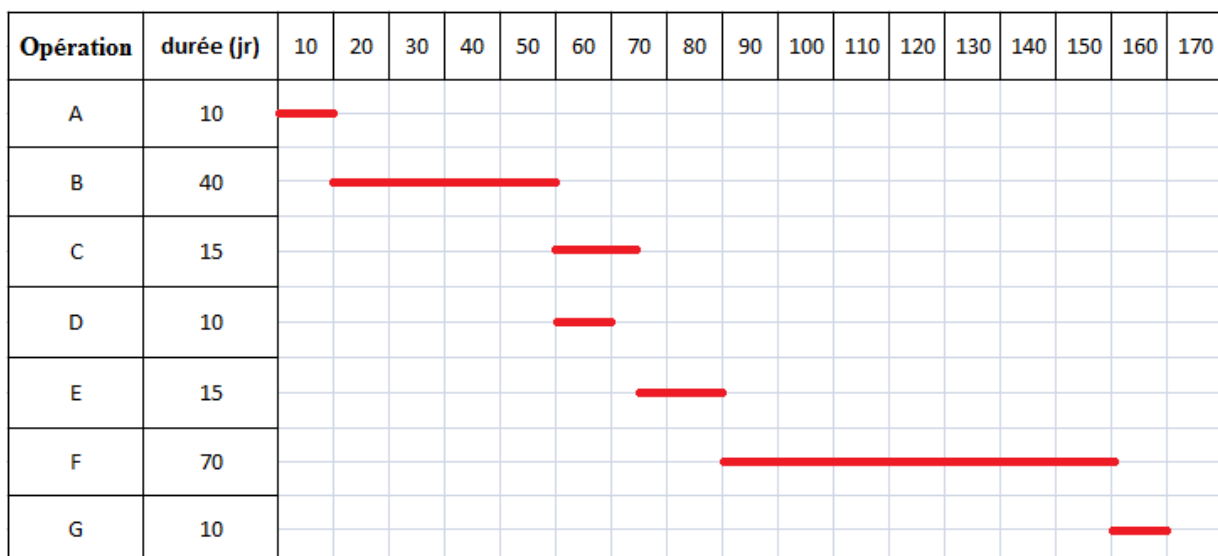


Figure V. 14 Diagramme de Gantt (aménagement d'oued EMAK)

V.6. 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 des oueds EMAK et GHAR ELDHBAA qui est de 197 932 046,00 DA pour un délai de réalisation de 350 jour.

Conclusion générale

Conclusion Générale

Ce travail qui a eu pour objectif de protéger la ville Dellys contre tout risque d'inondation et sélectionner les meilleures solutions d'aménagements compte tenu des conditions naturelles.

A travers cette étude, on a pris conscience de la nécessité d'entretenir les Oueds **Emak** et **Ghar El-Dhbaà** qui longent l'ouest de la ville Dellys et qui débordent en différentes endroits, pour empêcher ce problème d'inondation et protéger leurs biens. On a englobé tous les points qui touchent à la réalisation de ce projet.

Nous avons d'abord présenté la zone d'étude, puis estimé le débit de crue maximal à évacuer par ces cours d'eau. Et afin de choisir l'aménagement adéquat nous avons effectué une analyse technico-économique pour choisir la variante qui répond à notre objectif d'étude.

On a utilisé le logiciel **HEC-RAS** pour la simulation de l'écoulement dans les oueds concernés et la détermination des zones inondables, Ceci en passant par le logiciel **AutoCad Civil 3D** qui permet de générer les profils en travers à partir d'un modèle numérique de terrain.

Alors, il a été constaté, que beaucoup d'endroits de la région d'étude sont susceptibles d'être inondées après l'adoption du scénario du crue centennale, telles que les habitations proches du cours d'eau ainsi que les routes qui ne sont pas assez surélevées ; ce qui a permis de proposer des solutions à la mesure du problème. Les aménagements proposés sont, donc : pour l'oued EMAK, nous allons projeter des murs en gabion avec une largeur de fond égale à la largeur moyenne de l'oued (3m tronçons 1 et 3 et trois étages, 6m tronçons 4 deux étages). A l'intérieur de la ville, nous mettrons; un canal rectangulaire avec des dalots préfabriqué. Un débroussaillage, décapage de la végétation et abattage et déracinement des arbres; pour le tronçon 1 de l'oued GHAR ELDHBAA et des murs en gabion pour le tronçon 2 (fond nu ,2 étage).

Le projet de réalisation des aménagements s'étale sur un délai de 350 jours, pour un coût de 197 932 046,00 DA

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

Ambar, B. (2002). Les perturbations météorologiques extrêmes en Algérie. Journées sur la conception et le dimensionnement des ouvrages d'eaux pluviales et de protection contre les inondations. Alger le 19 et 20 février 2002.

ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydriques) (2015) Données pluviométrique, pluviographique et climatologique. Document interne. Direction régionale de l'ANRH. Blida. Algérie.

Benabdesselam, T., Hammar, Y. (2009). Estimation de la réponse hydrologique d'un bassin versant urbanisé. European J. Sci Res. 29(3), 334-348.

Bertrand-Krajewski, J-L. (2006). Hydrologie urbaine. Support de cours OSHU3. Institut national des sciences appliquees (INSA), Lyon, France.

Carlier, M. (1998). Hydraulique générale et appliquée .Edition Eyrolles, EDF

Degoutte, G. Aide mémoire d'hydraulique à surface libre. Support de cours d'hydraulique, dynamique et morphologie fluviale

Degoutte, G. (2006). Diagnostic, aménagement et gestion des rivières. Edition TEC et DOC-Lavoisier.

Lahlah, S. (2000). Introduction sur l'étude des inondations en Algérie. Agence Nationale des Ressources Hydraulique (ANRH) Alger.

McCuen, R., H. (2004). Hydrologic analysis and design. Edition Pearson Prentice Hall. New Jersey.

Meylan, P. & Musy, A. (1999). Hydrologie fréquentielle. Editions HGA, Bucharest, Hongrie.

Touaibia, B. (2004). Manuel pratique d'hydrologie. Edition Madani. Blida. Algérie.

U.S. Army Corps of Engineers (2006). HEC-RAS River Analysis System – User's Manual, Hydrologic Engineering Center, Version 4.1.

Yahiaoui, A. (2012). Inondations Torrentielles. Cartographie des zones vulnérables en Algérie du Nord. Cas de l'oued Mekerra, Wilaya de Sidi Bel Abbès) Thèse de doctorat. Ecole Nationale Polytechnique d'Alger.

HEC-RAS Users manuel. US Army corps of engineers Hydrologic Engineering Center, version 4.1 january 2010.

Annexe

Annexe

A.1 résultats de la simulation HEC-RAS :

Les tableaux A.1 et A.2 représentent les résultats de la simulation HEC-RAS (chapitre III) :

Tableau A.1 : résultats de la simulation oued EMAK

Profile	Q (m3/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(m2)	Top Width(m)	Froude
Q20	8.92	44.41	69.63		69.64	0.052	0.16	56.48	2.25	0.51
Q50	14.76	44.41	70.1		70.1	0.0136	0.26	57.53	2.25	0.62
Q100	16.45	44.41	70.22		70.22	0.0168	0.28	57.8	2.25	0.72
Q20	8.92	68.4	69.22	69.22	69.56	0.030928	2.59	3.45	5.11	1.01
Q50	14.76	68.4	69.51	69.51	69.95	0.028922	2.95	5	5.64	1
Q100	16.45	68.4	69.58	69.58	70.05	0.028617	3.03	5.42	5.78	1
Q20	8.92	30.07	60.74		60.74	0.023856	0.01	1560.68	65.71	0.96
Q50	14.76	30.07	61.12		61.12	0.032596	0.01	1585.62	65.71	0.86
Q100	16.45	30.07	61.21		61.21	0.012585	0.01	1591.75	65.71	0.91
Q20	8.92	59.33	60.37	60.37	60.71	0.029962	2.55	3.5	5.28	1
Q50	14.76	59.33	60.67	60.67	61.08	0.028171	2.83	5.21	6.36	1
Q100	16.45	59.33	60.73	60.73	61.17	0.028237	2.92	5.64	6.61	1.01
Q20	8.92	17.37	54.47		54.47	0.01456	0.04	250.24	6.92	1.05
Q50	14.76	17.37	55.38		55.38	0.02575	0.06	256.57	6.92	1.09
Q100	16.45	17.37	55.62		55.62	0.02455	0.06	258.24	6.92	1.08

Annexe

Q20	8.92	36.15	54.47		54.47	0.02231	0.05	175.37	10.11	0.73
Q50	14.76	36.15	55.38		55.38	0.02225	0.08	184.61	10.11	0.81
Q100	16.45	36.15	55.62		55.62	0.03564	0.09	187.05	10.11	0.72
Q20	8.92	8.9	54.47		54.47	0.03966	0.02	422.42	9.7	1.23
Q50	14.76	8.9	55.38		55.38	0.03663	0.03	431.29	9.7	1.19
Q100	16.45	8.9	55.62		55.62	0.03256	0.04	433.63	9.7	1.36
Q20	8.92	39.72	54.47		54.47	0.03332	0.08	113.52	7.99	0.61
Q50	14.76	39.72	55.38		55.38	0.07651	0.12	120.83	7.99	0.51
Q100	16.45	39.72	55.62		55.62	0.09625	0.13	122.75	7.99	0.71
Q20	8.92	41.8	54.47		54.47	0.02545	0.07	134.17	12.17	0.91
Q50	14.76	41.8	55.38		55.38	0.04651	0.1	145.29	12.17	0.95
Q100	16.45	41.8	55.62		55.62	0.04656	0.11	148.22	12.17	0.89
Q20	8.92	5.69	54.47		54.47	0.03263	0.02	547.08	11.67	1.03
Q50	14.76	5.69	55.38		55.38	0.06541	0.03	557.74	11.67	1.12
Q100	16.45	5.69	55.62		55.62	0.062546	0.03	560.56	11.67	1.09
Q20	8.92	8.19	54.47		54.47	0.00986	0.01	780.53	17.15	1.25
Q50	14.76	8.19	55.38		55.38	0.09585	0.02	796.2	17.15	1.30
Q100	16.45	8.19	55.62		55.62	0.09865	0.02	800.34	17.15	1.23

Annexe

Q20	8.92	37.05	54.47		54.47	0.01656	0.05	174.08	11.34	0.99
Q50	14.76	37.05	55.38		55.38	0.02555	0.08	184.44	11.34	0.92
Q100	16.45	37.05	55.62		55.62	0.03686	0.09	187.18	11.34	0.98
Q20	8.92	9.98	54.47		54.47	0.06556	0.02	512.7	11.83	0.89
Q50	14.76	9.98	55.38		55.38	0.05656	0.03	523.51	11.83	0.75
Q100	16.45	9.98	55.62		55.62	0.04656	0.03	526.36	11.83	0.80
Q20	8.92	36.34	54.47		54.47	0.008961	0.06	153.88	9.06	1.23
Q50	14.76	36.34	55.38		55.38	0.009853	0.09	162.15	9.06	1.26
Q100	16.45	36.34	55.62		55.62	0.007996	0.1	164.33	9.06	1.16
Q20	8.92	10.63	54.47		54.47	0.02553	0.02	395.34	9.32	0.53
Q50	14.76	10.63	55.38		55.38	0.35264	0.04	403.85	9.32	0.48
Q100	16.45	10.63	55.62		55.62	0.02365	0.04	406.1	9.32	0.62
Q20	8.92	52.18	54.33		54.46	0.006665	1.56	5.73	3.01	0.36
Q50	14.76	52.18	55.21		55.37	0.007102	1.76	8.37	3.01	0.34
Q100	16.45	52.18	55.44		55.61	0.007267	1.82	9.06	3.01	0.33
Q20	8.92	51.24	53.46	53.46	54.18	0.087637	3.77	2.37	1.64	1
Q50	14.76	51.24	54.03	54.03	55.05	0.103243	4.45	3.31	1.64	1
Q100	16.45	51.24	54.19	54.19	55.27	0.107302	4.61	3.56	1.64	1

Annexe

Q20	8.92	4.75	5.76	5.76	6.12	0.030825	2.65	3.37	4.8	1.01
Q50	14.76	4.75	6.07	6.07	6.52	0.028755	2.97	4.97	5.54	1
Q100	16.45	4.75	6.15	6.15	6.62	0.028419	3.05	5.4	5.72	1

Tableau A.1 : résultats de la simulation oued EMAK

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Annexe

Q20	8.28	37.65	38.16	38.18	38.33	0.04208	1.78	4.66	17.47	1.1
Q50	14.24	37.65	38.28	38.32	38.5	0.0439	2.03	7	21.65	1.14
Q100	15.87	37.65	38.31	38.35	38.53	0.0438	2.09	7.6	22.85	1.16
Q20	8.28	35.06	35.41	35.55	35.88	0.0315	3.03	2.73	11.63	2
Q50	14.24	35.06	35.52	35.75	36.14	0.0434	3.47	4.1	12.91	1.97
Q100	15.87	35.06	35.55	35.79	36.19	0.0372	3.53	4.49	13.25	1.94
Q20	8.28	33.62	34.18	34.18	34.3	0.0371	1.52	5.46	23.46	1
Q50	14.24	33.62	34.29	34.3	34.44	0.0366	1.68	8.49	30.78	1.02
Q100	15.87	33.62	34.31	34.32	34.47	0.0301	1.74	9.11	32.26	1.05
Q20	8.28	32.18	32.58	32.67	32.85	0.04689	2.32	3.57	16.62	1.6
Q50	14.24	32.18	32.68	32.8	33.02	0.04285	2.59	5.49	21.26	1.63
Q100	15.87	32.18	32.71	32.83	33.05	0.04257	2.56	6.21	23.74	1.6