



**RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

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

DEPARTEMENT Hydraulique Urbaine

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

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

**OPTION : Assainissement**

**THEME :**

**AMENAGEMENT D'OUED OUCHAIAH CONTRE LES  
INNONDATIONS (W.ALGER)**

**Présenté par :**

**M<sup>r</sup> : ISKOUNEN Yacine**

**DEVANT LES MEMBRES DU JURY**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
M <sup>r</sup> . DERNOUNI Youcef	M.A.A	Président
M <sup>me</sup> . KAHLERRAS Malika	M.A.A	Examinatrice
M <sup>me</sup> . SAIDI Hayet	Doctorante	Examinatrice
M <sup>me</sup> . SALHI Chahrazed	M.A.B	Examinatrice
M <sup>r</sup> . KAHLERRAS Djilali	M.C.B	Promoteur

**Novembre 2015**

## ***Remerciements***

*Au terme de ce travail je remercie le bon Dieu qui m'a donné la force et la sagesse de mener ce travail à son achèvement.*

*Mon respect au président et aux membres du jury qui me feront l'honneur d'apprécier et de corriger mon travail.*

*Une grande reconnaissance envers mon promoteur Mr KAHLERRAS DJILALI, pour sa disponibilité, ses judicieux conseils ainsi que sa confiance en mon travail, merci Monsieur.*

*A tous le corps enseignant et le personnel de l'ENSH qui veillent sur notre bonne formation.*

*Aux gens de la (DRE d'Alger, ANRH)*

*A tous mes amis de l'ENSH surtout Benaissa, Abdesselem, Mahfoud et Ahmed, Hagani, Bahri ainsi que toutes les personnes qui m'ont aidé dans l'élaboration de ce mémoire.*

*Merci*

Yacine ISKOUNEN

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissances et respect :*

*A mes parents surtout ma mère pour tous les sacrifices qu'elle a consentie à mon*

*égard*

*A toute la famille ISKOUNEN*

*A mon ami Benaissa pour son soutien moral et encouragement*

*A toute la promotion hydraulique surtout*

*Abdesselem, Mahfoud, Ahmed, Hagani, Bahri*

*A tout mes enseignants de l'ENSH qui ont contribué à ma formation.*

*Facine*

ملخص

**Résumé**

**Abstract**

### ملخص

الهدف من هذه الدراسة يتمثل في حماية المناطق المحاذية لواد أوشايح بولاية الجزائر من الفيضانات التي تحدث في كل عام خسائر بشرية ومادية. وفي هذا الإطار، قمنا بدراسة هيدرولوجية بغية تقدير التدفقات التي بإمكانها أن تمس المناطق المعنية بالدراسة.

وللحد من الظاهرة و باستعمال برنامج AutoCAD Civil 3D و HEC-RAS، و منه اقترحنا مجموعة من التدابير اللازمة لتهيئة واد أوشايح.

انطلاقاً من دراسة تقنية اقتصادية، قمنا بإعادة رسم المقطع العرضي لمجرى الوادي بالطريقة التي تسمح بإخلاء مياه الفيضانات بدون أخطار.

### Résumé

Le but de cette étude est de protéger les zones avoisinantes d'oued OUCHAIAH dans la wilaya d'Alger des inondations qui causent chaque année des pertes humaines et matérielles. Dans ce contexte, nous avons élaboré une étude hydrologique afin d'estimer les débits qui peuvent affecter les zones concernées par l'étude.

Pour réduire le phénomène, et en utilisant AutoCAD Civil 3D et HEC-RAS, d'où nous avons proposé un ensemble de mesures pour l'aménagement d'oued OUCHAIAH.

Sur la base d'une étude technico-économique, nous avons fait un reprofilage de la section du cours d'eau de manière à évacuer les eaux de la crue sans dangers.

### Abstract

The purpose of this study is to protect the areas adjacent to wadi OUCHAIAH in Algiers province against floods which induce each year human and material losses. In this context, we performed a hydrological study to estimate the flows that can affect the areas concerned by the study. To reduce the phenomenon, we used AutoCAD Civil 3D and HEC-RAS. Then, we proposed a set of measures for wadi OUCHAIAH adjustment. On the basis of a technical and economic study, we made a reprofiling of the section of the river so as to evacuate the flood waters without dangers.

## Sommaire

### Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I. Description générale de la zone d'étude : .....	1
I.1. Géographie.....	1
I.2. Géologie et géotechnique : .....	2
I.4. Climat : .....	6
I.5. Population, Activités et Infrastructures : .....	9
I.6. Aménagement et occupation du sol : .....	12
Conclusion : .....	14

### Chapitre II : Diagnostic du système d'évacuation existant

II.1. Introduction : .....	15
II.2. Présentation du réseau de la zone d'oued ouchaiah : .....	15
II.3.A. Fiche technique du collecteur oued ouchaiah : .....	16
II.3.B. Fiche technique du collecteur oued romana : .....	17
II.3.C. Fiche technique du collecteur oued abki : .....	18
II.4. Diagnostic du collecteur oued uchayah:.....	19
II.5. Les conduites « spik-aep » traversant la zone d'oued ouchaiah : .....	34
II.6. Impact sur le milieu : .....	37
Conclusion : .....	38

### Chapitre III : Etude Hydrologique

Introduction.....	39
III.1. Caractéristiques de forme du bassin versant : .....	39
Conclusion : .....	45
III.2. Identification des stations pluviométriques : .....	46
Conclusion .....	56
III.3. Estimation des débits de crue des cours d'eau : .....	57
Conclusion : .....	61

### Chapitre IV : Etude des écoulements dans les cours d'eau non aménagés

Introduction : .....	62
IV.1. Description générale : .....	62
IV.2. Caractéristiques morphologiques du cours d'eau : .....	63
IV.3. Ecoulement dans les canaux : .....	64
IV.4. Le mode de calcul HEC-RAS : .....	66
Conclusion : .....	74

### Chapitre V : Etude des variantes d'aménagement

Introduction : .....	75
V.1. Les variantes : .....	75
V.2. Condition global et contraintes d'aménagement : .....	75
V.3. Les données de débits : .....	75
V.4. Tracé et calcul hydraulique du collecteur de décharge : .....	76
V.5. Dimensionnement du tronçon 4 : .....	77
V.6. Dimensionnement du tronçon 3 : .....	81
V.7. Dimensionnement du tronçon 2 : .....	85
V.8. Choix de la variante d'aménagement : .....	89
Conclusion : .....	91

## **Chapitre VI : Organisation de chantier et estimation quantitative et financière du projet**

Introduction :.....	93
VI.1.Devis quantitatif et estimatif du projet : .....	93
VI.2.Indication sur la qualité et type d'ouvrage à mettre en place Monolithe coulé en place :....	93
VI.3.Installations du chantier :.....	97
VI.4. Succession des opérations du chantier : .....	97
VI.5.Méthodes basées sur le réseau : .....	99
VI.6.Méthodes basées sur le graphique : .....	100
VI.7.Choix de la méthode de calcul : .....	101
Conclusion : .....	103

## **Chapitre VII : Protection et sécurité de travail**

Introduction.....	104
VII.1. Instructions structurelles sur la sécurité : .....	104
VII.2. Contrôle et entretien du matériel : .....	105
VII.3.Organisation du service de la sécurité d'ouvrage :.....	105
VII.4. Principes fonctions du service de sécurité :.....	105
VII.5. Les causes des accidents : .....	106
VII.6. Les Actions et Conditions Dangereuses :.....	106
VII.7. Calcul du débit d'air nécessaire à la ventilation de la galerie : .....	107
VII.8. Organisation de la prévention des accidents du travail : .....	107
Conclusion .....	109

## Liste des tableaux

### Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

- Tableau I-1 :** Caractéristiques de la station de référence (Dar El Beida).
- Tableau I.2:** Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations Période : 1994-2008
- Tableau I.3:** Moyennes mensuelles et annuelles des températures Période : 1994-2008
- Tableau I.4:** Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation Période : 1994-2008
- Tableau I.5:** Tableau d'indication du total d'habitant par commune et son taux d'accroissement
- Tableau I.6:** Tableau d'indication du nombre d'habitant par quartiers (source APC de OUED OUCHAIAH : 1994-2008).
- Tableau I.7:** Tableau d'indication de la superficie par quartiers.
- Tableau I.8:** Projection de la population future (source APC de OUED OUCHAIAH : 2014).
- Tableau I.9:** Evaluation des emplois relative aux équipements (source APC de OUED OUCHAIAH : 2014).
- Tableau I.10:** Projection future relative au programme des équipements (source APC de OUED OUCHAIAH : 2014).
- Tableau I.11:** Fiche d'identité de la compagne DEBAH (source APC de OUED OUCHAIAH).
- Tableau I.12:** Fiche d'identité de Cité BOUMAAZA (source APC de OUED OUCHAIAH).
- Tableau I.13:** Fiche d'identité Quartier du 11 Décembre (source APC de OUED OUCHAIAH).
- Tableau I.14:** Fiche d'identité Lotissement Maya (source APC de OUED OUCHAIAH).

### Chapitre III : Etude Hydrologique

- Tableau III.1:** Classes du relief (*Bonnard et Gardel, 1996*).
- Tableau III.2 :** Temps de concentration pour les différentes formules.
- Tableau III.3:** Caractéristiques hydro-morphométriques du bassin versant.
- Tableau III.4 :** Identification de la station pluviométrique BARAKI (ANRH Alger (Période 1971-2010)).
- Tableau III.5 :** Série des pluies maximales journalières.
- Tableau III.6 :** Tableau de classes de la série des pluies annuelles :
- Tableau III.7 :** Homogénéisation de la série des pluies annuelles.
- Tableau III.8:** Résultats de calcul de l'homogénéisation.
- Tableau III.9 :** Les paramètres statistiques de la série des pluies maximales journalières.
- Tableau III.10 :** Résultats d'ajustement à la loi de Galton.
- Tableau III.11 :** Résultats d'ajustement à la loi de Gumbel.
- Tableau III.12 :** Résultats d'ajustement à la loi de GEV.
- Tableau III.13 :** Résultats du test d'adéquation de  $\text{Khi}^2$ .
- Tableau III.14 :** Pluies et intensité maximales de durée  $t$  et de période de retour  $T$ .
- Tableau III.15 :** Valeurs de coefficient de ruissellement  $C$ .
- Tableau III.16 :** Débit de crue pour différentes périodes de retour.
- Tableau III.17 :** les différentes surfaces relatives aux S-BV.
- Tableau III.18 :** Débits spécifiques pour différentes période de retour en  $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  (formule de Turraza).
- Tableau III.19 :** Débits max de fréquence donnée (en  $\text{m}^3/\text{s}$ ) de chaque sous bassin.



## **Chapitre IV : Etude des écoulements dans les cours d'eau non aménagés**

**Tableau IV.1** : Les valeurs estimées pour les différents coefficients. .

**Tableau IV.2** : Le coefficient de Manning n pour chaque tronçon.

**Tableau IV.3** : Débit de crue des différents tronçons.

**Tableau IV.4** : Résultats de simulation du tronçon 4.

## **Chapitre V : Etude des variantes d'aménagement**

**Tableau V.1** : Débit de crue des différents tronçons.

**Tableau V.2** : Paramètres d'écoulement de la variante (C.Décharge + Dalot)

**Tableau V.3** : Devis de la variante (canal type en béton).

**Tableau V.4** : Paramètres d'écoulement de la variante (C.décharge + Canal trapézoïdale ferme).

**Tableau V.5** : Devis de la variante (Canal trapézoïdale ferme en béton).

**Tableau V.6** : Paramètres d'écoulement de la variante (C.décharge + Dalot)

**Tableau V.7** : Devis de la variante (canal type en béton)

**Tableau V.8** : Paramètres d'écoulement de la variante (C.décharge + Canal trapézoïdale ferme).

**Tableau V.9** : Devis de la variante (Canal trapézoïdale ferme en béton) :

**Tableau V.10** : Paramètres d'écoulement de la variante (C.décharge + Dalot)

**Tableau V.11** : Devis de la variante (canal type en béton)

**Tableau V.12** : Paramètres d'écoulement de la variante (C.décharge + Canal trapézoïdale ferme).

**Tableau V.13** : Devis de la variante (Canal trapézoïdale ferme en béton).

**Tableau V.14** : Estimation financière du projet.

**Tableau V.15** : Les différents aménagements retenus.

## **Chap. VI : Organisation de chantier et estimation quantitative et financière du projet**

**Tableau VI.1** : Devis quantitatif et estimatif du projet.

**Tableau VI.2** : Elaboration d'un réseau selon la méthode CPM.

## Liste des figures

### Chapitre. I : Présentation de la zone d'étude

- Figure I.1** : Vue sur carte d'état-major de la zone d'étude.  
**Figure I.2** : Assemblage des cartes géologiques Alger Ech : 1/50 000.  
**Figure I.3** : Localisation des puits de sondage le long de l'oued Ouchaiah.  
**Figure I.4** : Carte de zonage sismique du nord algérien (RPA99), (Source : CGS).  
**Figure I.6** : Pluviométrie moyenne annuelle dans la région d'Alger (source ANRH).

### Chapitre. II : Diagnostic du système d'évacuation existant des eaux pluviales

- Figure II.1** : Présentation du réseau de la zone d'oued ouchaiah :  
**Figure II.2** : Identification sur carte satellitaire du collecteur Oued OUCHAIAH – Secteur Rocade Sud.  
**Figure II.3** : Principaux affluents (Collecteurs, Oued romane et Abki) du collecteur Oued OUCHAIAH – intercepter au niveau du Secteur Rocade Sud  
**Figure II.4** : Branches nord et sud du collecteur Oued OUCHAIAH au niveau du Secteur Rocade Sud.  
**Figure II.5** : Buse de traversée de la rocade sud aboutissant face à la branche nord.  
**Figure II.6** : Identification sur carte satellitaire du collecteur Oued OUCHAIAH – Secteur Lotissement Michel – Chemin CW14 Figure n°05  
**Figure II.7** : Affluent El Ain/ Jolie vue (avec collecteurs Oued OUCHAIAH du Secteur Rocade Sud) intercepter au niveau du Secteur Lotissement Michel – Chemin CW14 (collecteurs Oued OUCHAIAH suite).  
**Figure II.8** : Pont CW14.  
**Figure II.9** : Branche nord DN2000.  
**Figure II.10** : Branche sud DN1800.  
**Figure II.11** : Collecteur et oued ouchaiah.  
**Figure II.12** : Rejet DN1800 sous CW14.  
**Figure II.13** : Maillage de DN1200.  
**Figure II.14** : Déversement dans le regard au centre du pont.  
**Figure II.15** : Déversement des regards par temps pluvieux.  
**Figure II.16** : Coupes en plan schématise les branchements au niveau du CW14 (Lotissement Michel).  
**Figure II.17** : Coupes vertical schématise le vote aval au niveau du CW14 (Lotissement Michel).  
**Figure II.18** : Identification sur carte satellitaire d'Oued OUCHAIAH (Côté Sud du Tunnel Oued OUCHAIAH).  
**Figure II.19**: Identification sur carte satellitaire avec indication de la zone à risque d'inondation et sens d'écoulement (Côté Sud du Tunnel Oued OUCHAIAH).  
**Figure II.20** : Gabionnage sur la rive droite oued Ouchaiah ((Trait plein bleu = Gabionnage).  
**Figure II.21** : Dépôts de sables importants cote amont de l'ouvrage.  
**Figure II.22** : Stagnation de l'eau cote aval de l'ouvrage.  
**Figure II.23** : Identification sur carte satellitaire du collecteur Oued OUCHAIAH – Secteur Rue Tripoli- Pont De La Glacière.  
**Figure II.24** : Représentation schématique des raccordements du collecteur Oued OUCHAIAH – Secteur Rue Tripoli- Pont De La Glacière Figure n°08.

**Figure II.25** : rejet du collecteur de la GLACIERE.

**Figure II.26**: solution temporaire pour faciliter l'évacuation des eaux excédentaires de l'amont vers l'aval de la galerie.

**Figure II.27** : rejet du collecteur Ovoïde.

**Figure II.28** : vue d'ensemble des rejets sous le pont.

**Figure II.29** : solution temporaire- mise en place des 3 collecteurs DN500.

**Figure II.30** : solution temporaire –installation de cuvette de réception.

**Figure II.31** : Identification sur carte satellitaire du collecteur Oued OUCHAIAH – Secteur Rue A (quartier 11 Décembre).

**Figure II.32** : Passage d'Oued OUCHAIAH sous les habitations à travers un ouvrage en béton (1).

**Figure II.33** : Passage d'Oued OUCHAIAH sous les habitations à travers un ouvrage en béton (2).

**Figure II.34** : Identification sur carte satellitaire du collecteur Oued Abki – Secteur Ain naadj

**Figure II.35** : Traversée du pont menant vers birkhadem (1).

**Figure II.36** : Traversée du pont menant vers birkhadem (2).

**Figure II.37** : Tracé des collecteurs existants (Trait plein bleu = oued Ouchaiah et ses affluents, Trait plein violet = trace des conduites « SPIK » (Réseau d'AEP)).

L'autre de distribution depuis Kouba-97 vers Badjerah.

**Figure II.38** : Deux conduites DN1100 traversent l'oued Ouchaiah en parallèle au niveau du chantier du métro (Domaine Ben Boulaïd).

**Figure II.39** : Deux conduites SPIK de DN1100 mm de refoulement en provenance de la station de traitement de Gué de Constantine vers les réservoirs de Guaridi.

**Figure II.40** : Deux conduites SPIK traversent l'autoroute à Guaridi Sud vers les réservoirs de Birkhadem.

**Figure II.41** : Le système d'alimentation en eau potable du lotissement michel.

### **Chapitre. III : Etude Hydrologique**

**Figure III.1** : Délimitation du BV sur carte d'état-major Echelle 1/25000.

**Figure III.2** : Emplacement de la station de Braki.

**Figure III.3** : Echelles de crue au niveau de la station de Baraki.

**Figure III.4** : Représentation graphique de l'ajustement à la loi de Galton.

**Figure III.5** : Représentation graphique de l'ajustement à la loi de Gumbel.

**Figure III.6** : Représentation graphique de l'ajustement à la loi de GEV.

**Figure III.7** : Courbe de pluie de courte durée.

**Figure III.8** : Délimitation des sous bassins versant.

### **Chap. IV : Etude des écoulements dans les cours d'eau non aménagés**

**Figure IV.1** : Les différents tronçons du cours d'eau.

**Figure IV.2** : Définition des sections en travers sur AutoCAD Civil 3D.

**Figure IV.3** : Profil en travers du tronçon 4 au passage d'une crue centennale.

**Figure IV.4** : Profil en travers du tronçon 3 au passage d'une crue centennale.

**Figure IV.5** : Profil en travers du tronçon 2 au passage d'une crue centennale.

**Figure IV.6** : Profil en travers du tronçon 1 au passage d'une crue centennale.

### **Chapitre. V : Etude des variantes d'aménagement**

**Figure V.1** : Tracé du collecteur de décharge.

**Figure V.2** : Section transversal du tronçon 4 (Dalot en béton).

**Figure V.3** : Section transversal du tronçon 4 (Canal trapézoïdale ferme en béton).

**Figure V.4** : Section transversal du tronçon 3 (Dalot en béton).

**Figure V.5** : Section transversal du tronçon 3 (Canal trapézoïdale ferme en béton).

**Figure V.6** : Section transversal du tronçon 2 (Dalot en béton).

**Figure V.7** : Section transversal du tronçon 2 (Canal trapézoïdale ferme en béton).

## **Chapitre. VI : Organisation de chantier et estimation quantitative et financière du projet**

**Figure VI.1** : Plan des éléments constitutifs d'un dalot .

**Figure VI.2** : Coupe transversal sur un dalot.

**Figure VI.3** : Etapes méthodologique pour la construction d'un dalot.

**Figure VI.4** : Le réseau à nœud.

**Figure VI.5** : Diagramme de GANTT.

## **Chapitre. VII : Etude des variantes d'aménagement**

**Figure VII.1** : Organigramme de la prévention des accidents du travail.

## **LISTE DES PLANCHES**

Plan d'aménagement (tracé en plan) .....	1/8
Profil en long du tronçon 1 du P11-RD.....	2/8
Profil en long du tronçon 3 du P28-19.....	3/8
Profil en long du tronçon 4 du P45-35.....	4/8
Différentes coupes transversales du dalot monolithe .....	5/8
Ouvrage de rejet.....	6/8
Rejet de visite sur dalot .....	7/8
Détail de raccordement des collecteurs.....	8/8

# **Introduction générale**

## Introduction générale

L'inondation est un fléau naturel, l'un des plus récurrents dans le monde et qui affecte de nombreuses populations. Cette fréquence est notamment liée à la multiplicité des causes qui peuvent provoquer une inondation. Quant aux conséquences, les dommages causés par ce fléau ne sont jamais moindres.

Comme beaucoup d'autres pays du monde, l'Algérie est victime d'inondations dévastatrices. Si par le passé ces inondations étaient surtout connues suite aux débordements des grands cours d'eau dans les grandes plaines agricoles, depuis une vingtaine d'années, elles ont surtout touché les grandes villes et centres urbains, où elles ont engendré de nombreuses pertes en vies humaines et des dégâts matériels considérables.

Les aménagements des cours d'eau voient le jour de plus en plus en Algérie à cause de la fréquence des inondations. Les pertes humaines et matérielles ont massivement augmentées chaque année, ceci n'est pas forcément dû à une occurrence ou une intensité plus grande des crues, mais à la croissance du facteur vulnérabilité.

Oued OUCHAIAH est l'un des plus remarquable cours d'eau d'Alger. Il a connu ces dernières années une augmentation intense de la densité d'habitation au niveau des deux rives, ce qui a augmenté sa vulnérabilité vis-à-vis les débordements.

L'objectif de notre étude est d'aménager l'oued OUCHAIAH dans le cadre de la protection des zones avoisinantes contre les risques des crues en envisageant le plan de travail suivant :

**Chapitre I** : Présentation de la zone d'étude.

**Chapitre II** : Diagnostic du système d'évacuation existant des eaux pluviales .

**Chapitre III** : Etude hydrologique

**Chapitre IV** : Etude des écoulements dans le cours d'eau non aménagé.

**Chapitre V** : Etude des variantes d'aménagements et calcul hydraulique.

**Chapitre VI** : Organisation de chantier et estimation quantitative et financière du projet.

**Chapitre VII** : Protection et sécurité de travail .







**III.1.1. Indice de compacité de Gravelius  $K_c$  :**

Appelé aussi indice de forme, cet indice caractérisant la forme du bassin versant est le rapport entre le périmètre du bassin  $P$  et la circonférence du cercle  $P_c$  de rayon  $R$  ayant la même superficie  $S$  que le bassin, soit :

$$K_c = \frac{P}{2\pi\sqrt{\frac{S}{P}}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}} \quad (\text{III.1})$$

Avec :  $K_c$  : Indice de compacité de Gravelius ;

$P$  : le périmètre du BV (Km) ;

$S$  : la surface du BV (Km<sup>2</sup>) ;

Pour le cas d'OUED OUCHAIIH, la valeur de coefficient de compacité est de 1.64. Ce qui indique un bassin versant allongé.

**III.1.2. Rectangle équivalent :**

C'est une notion introduite par ROCHE, dans laquelle ce rectangle a les mêmes caractéristiques que le bassin versant, c'est-à-dire même surface que le bassin versant. Il est défini par :

$$L, l = K_c \frac{\sqrt{S}}{1,128} \left( 1 \pm \sqrt{1 - \left( \frac{1,128}{K_c} \right)^2} \right) \quad (\text{III.2})$$

Avec :  $L$  : Longueur du rectangle (Km);

$l$  : Largeur du rectangle (Km);

$K_c$  : Indice de compacité de Gravelius ;

$S$  : la surface du BV (Km<sup>2</sup>) ;

**III.1.3. Courbe hypsométrique :**

Les facteurs hydrologiques sont très liés aux altitudes. Ainsi, il est nécessaire de connaître la répartition des surfaces en fonction de leurs altitudes. La courbe hypsométrique donne la répartition des altitudes en fonction de la superficie du bassin.

**III.1.4. Altitude moyenne :**

Elle est donnée par la formule :

$$H_{\text{moy}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot H_i}{S} \quad (\text{III.3})$$

Avec :  $S_i$  : Surface partielle entre deux courbes de niveaux successives en (Km<sup>2</sup>).

$S$  : Surface totale du bassin versant en (Km<sup>2</sup>).

$H_i$  : Altitude moyenne entre deux courbes de niveaux successives en (m).

$n$  : Nombre total de surfaces partielles.

**III.1.5. Pente moyenne du bassin versant :**

$$I_{moy} = \frac{\Delta H (0.5l_1 + l_2 + l_3 + \dots + 0.5l_n)}{S} \quad (III.4)$$

□H : Dénivelée (m)  $H_{5\%} - H_{95\%}$

$l_i$  : Longueur de la courbe de niveau d'ordre 1, 2, ... n (Km) ;

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

**III.1.6. Indice de pente globale :**

L'indice de pente globale est donné en % par la relation :

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

Avec:  $H_{5\%}$  : Altitude correspondante à 5% de la surface du bassin Versant (m).

$H_{95\%}$  : Altitude correspondante à 95% de la surface du bassin versant (m).

L : Longueur du rectangle équivalent (Km).

Classes du relief :

La valeur de  $I_g$  nous donne une idée sur le relief du bassin versant comme le montre le tableau suivant :

**Tableau III.1:** Classes du relief (Bonnard et Gardel, 1996).

Classe du relief	$I_g$ (m/Km)	Type du
R2	$2 < I_g < 5$	Les bassins de plaine
R3	$5 < I_g < 10$	Des terrains intermédiaires entre la plaine et la zone à ondulation du terrain
R4	$10 < I_g < 20$	Ondulation du terrain
R5	$20 < I_g < 50$	Région de collines
R6	$I_g >$	Région de montagne

A partir de la valeur de  $I_g$  calculée qui est égale à 7.91 m/Km, le type du relief du bassin versant est un terrain intermédiaires entre la plaine et la zone à ondulation.

**III.1.7. Dénivelée spécifique :**

La dénivelée spécifique est donnée par la formule suivante :

$$D_s = \Delta H \sqrt{\frac{l_r}{L_r}} \quad (\text{III.6})$$

Avec :

$\Delta H$  : Dénivelée (m)  $H_{5\%} - H_{95\%}$  ;

$L_r$  : Longueur du rectangle équivalent en m ;

$l_r$  : largeur du rectangle équivalent en m ;

### III.1.8. Densité de drainage :

La densité de drainage est définie comme étant le rapport entre la longueur totale de tous les talwegs  $L_i$  du bassin versant sur la surface totale du bassin versant. Elle reflète la dynamique du bassin, la stabilité du chevelu hydrographique et le type de ruissellement de surface. Elle est exprimée en  $\text{Km}/\text{Km}^2$ .

$$D_d = \frac{\sum L_i}{S} \quad (\text{III.7})$$

Avec :

$D_d$  : Densité de drainage ( $\text{Km}/\text{Km}^2$ ) ;

$L_i$  : Longueur des cours d'eau ( $\text{Km}$ ) ;

$S$  : Surface du bassin versant ( $\text{Km}^2$ ) ;

### III.1.9. Temps de concentration :

C'est le temps que met une particule d'eau, provenant de la partie la plus éloignée de l'exutoire pour parvenir à celui-ci. On peut l'estimer en mesurant la durée comprise entre la fin de la pluie efficace et la fin du ruissellement.

Le temps de concentration est déterminé à l'aide de nombreuses formules parmi lesquelles :

#### □ Formule de GIANDOTTI:

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L_p}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}} \quad (\text{III.8})$$

Avec :

$T_c$ : Le temps de concentration (heure);

$S$ : La surface du bassin versant en ( $\text{Km}^2$ );

$H_{\text{moy}}$  : Hauteur moyenne du BV (m) ;

$H_{\text{min}}$  : Hauteur minimale du BV (m) ;

$L_p$ : longueur du cours d'eau principale en [Km] ;

□ **Formule de KIRPICH**

$$T_c = \frac{0.000325L^{0.77}}{I^{0.385}} \quad (\text{III.9})$$

Avec :

$L$  : longueur du cours d'eau principale en (m) ;

$I$  : Dénivelée =  $(H_{\text{max}} - H_{\text{min}}) / L$  (m/m) ;

□ **Formule de CALIFORNIA :**

$$T_c = \left( \frac{0.87L^3}{H_{\text{max}} - H_{\text{min}}} \right)^{0.386} \quad (\text{III.10})$$

Avec :

$L$ : longueur du cours d'eau principale en [Km] ;

$H_{\text{max}}$  : Hauteur maximale du BV(m) ;

$H_{\text{min}}$  : Hauteur minimale du BV (m) ;

Les résultats de calcul du temps de concentration pour les différentes formules sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau III.2 :** Temps de concentration pour les différentes formules.

La formule	Temps de concentration (h)
GIANDOTTI	4.50
KIRPICH	1.89
CALIFORNIA	1.9

Vue la grande surface du bassin versant, l'utilisation des formules de Kirpich et California n'est pas possible parce qu'elles sont valables pour les petits bassins versant. Donc la formule la plus proche à la réalité est celle de GIANDOTTI.

- Les caractéristiques de forme du bassin versant sont résumées dans le tableau suivant :

**Tableau III.3:** Caractéristiques hydro-morphométriques du bassin versant.

Caractéristiques	Symbole	Unité	Valeur
Surface	S	Km <sup>2</sup>	21,19
Périmètre	P	Km	27,00
Indice de compacité de Gravelius	K <sub>c</sub>	/	1,64
Longueur du rectangle			11,55
Largeur du rectangle équivalent	l	Km	1,83
Longueur du cours principale	L <sub>cp</sub>	Km	10,19
Altitude maximale	H <sub>max</sub>	m	190
Altitude minimale	H <sub>min</sub>	m	15
Altitude moyenne	H <sub>moy</sub>	m	102,5
Indice de pente globale	I <sub>g</sub>	m/Km	7,91
La pente moyenne	I	m/Km	1,7
Temps de concentration	T <sub>c</sub>	h	4,50
Dénivelée spécifique	D <sub>s</sub>	m	175

### Conclusion :

Une présentation fiable de la zone d'étude s'avère d'une grande importance, vu le taux d'informations qu'elle nous fournit, ce qui permet de bien évaluer les risques qui peuvent être engendrés par un phénomène naturel comme les crues.

Le bassin versant de oued OUCHAIAH se caractérise par une surface importante de 21 Km<sup>2</sup> avec un réseau hydrographique de moyenne densité ; ce qui donnera une idée sur le débit qui sera drainé en aval.

### III.2. Identification des stations pluviométriques :

Le bassin versant d'oued OUCHAIAH est référence pour la mesure des précipitations stations pluviométriques de BARAKI qui est à son voisinage proche.

L'étude des précipitations s'appuie alors sur les observations des stations fournies par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), dans notre cas la station de BARAKI.

Les figures III.2 et III.3 montrent l'emplacement par rapport au pont de la station de Baraki ainsi que les échelles de crue.



**Figure III.2 : Emplacement de la station de Braki**

**Figure III.3 : Echelles de crue au niveau de la station de Baraki**

**Tableau III.4 : Identification de la station pluviométrique BARAKI (ANRH Alger).**

Nom de la station	Code	X [Km]	Y [Km]	Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années complètes
Dar El Beida	021421	535.05	376.5	22	1971- 2010	39

**III.2.1. Etude des pluies maximales journalières :**

Dans le but de déterminer l'intensité de pluie correspondante à une période de retour donnée, une étude sur les pluies maximales journalières sera nécessaire. A partir des données de la station pluviométrique de BARAKI il a été constitué la série des pluies maximales journalières.

**Tableau III.5 :** Série des pluies maximales journalières.

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Pim
1971-1972	15	5,7	145,7	41	35,9	24,2	21,1	20,89	33	8	0	39	145,7
1972-1973	26,3	22	47,5	37,2	36,6	87,7	29,8	44,1	0,8	15,9	11,2	1,6	87,7
1973-1974	92,3	16,7	19,4	46,3	4,5	36,8	49,3	19,9	0,5	5,5	0,2	0	92,3
1974-1975	17,4	65,2	40	4	29,9	15,4	41,3	4,5	28,6	19,8	0	5,37	65,2
1975-1976	9,6	10,2	38,2	19,7	59,3	32,4	1,9	2,3	12,4	1	11	6,9	59,3
1976-1977	10,4	19,6	19,4	28,6	28,5	1,2	33,5	53,8	0,5	0,5	0,2	0	53,8
1977-1978	0,5	0,3	30,7	0,1	31,4	12,7	14,5	52,3	15,3	0,2	0	0	52,3
1978-1979	9	71,3	21,6	14,9	20,3	49,8	75,2	17,4	4,3	1	0	0,4	75,2
1979-1980	29,9	30,6	55,6	31,3	39,7	12,9	54,6	33,2	3,7	0,4	0	4,7	55,6
1980-1981	0,4	15,3	19,8	40,3	19,9	12,1	19,1	13,9	10,3	4,6	0	16	40,3
1981-1982	1,9	65	10,5	23,1	32,4	36	8,8	5,3	19,5	12,3	0	0	65
1982-1983	3,8	1,9	25	25,4	0	26	5,3	4	2,5	0	0,9	1,5	26
1983-1984	0	11,3	11,3	41,9	40,8	27,7	12	11,1	22	15	0	0	41,9
1984-1985	14,6	68	12,3	44,2	23,1	20,5	36,6	6,8	23,5	1	0	0,2	68
1985-1986	12,5	8	76	19,7	17	18,5	30,7	15	1,1	10,9	34,5	0	76
1986-1987	103	16	47,4	45,5	28	41	10,1	0	15,2	10,3	25,2	0	103
1987-1988	80,8	49,1	29,1	24	12,2	24,9	46,3	11,7	13,6	25,9	0	0	80,8
1988-1989	20	16	31,7	64	7,9	15,5	11,4	59	2,2	1,5	1,1	29	64
1989-1990	21	13,6	7,2	4,8	21,3	0	9,3	13,1	13	6	16,3	0	21,3
1990-1991	1,9	24	33,6	35,7	26,9	23,6	15,4	29,6	9,2	6,7	0	0	35,7
1991-1992	1,5	28,7	26,2	6,5	46,1	15,9	13,5	27,6	24,7	15,5	2,3	0	46,1
1992-1993	2,9	66,8	42,1	22	19,1	22,2	12	14,1	37,4	0	2,7	1,4	66,8
1993-1994	17,9	16,2	32,5	71,8	73,3	20,5	1,1	21,3	5,5	0	0	0	73,3
1994-1995	42	26,3	11,1	30,3	57	29	27	32	6,8	7,7	0	9,5	57
1995-1996	13,1	12,2	18,5	12,7	32,8	39,3	27,2	58,7	17,2	31,2	3,9	2	58,7
1996-1997	32,5	47	36,3	17,6	22,4	10,8	7,8	24	7,6	4,2	2,1	26,6	47
1997-1998	29,2	16,6	65,2	33	18	22,2	18,2	22,1	43,5	0	0	0,9	65,2
1998-1999	3,9	12,8	29,3	37,5	44,6	52,6	23,2	7,2	0	5,7	0	1,5	52,6
1999-2000	37,5	7,3	40,9	36,2	8,3	2,7	12,8	10,4	16,9	0	0	0	40,9
2000-2001	12,8	11,8	16,6	16,2	45,2	19,8	1,9	16,2	5,8	0,7	0	0,5	45,2
2001-2002	34,7	35,6	29	24,4	8,9	5,9	9,4	40,5	7,5	0,8	1,8	11,5	40,5
2002-2003	7,4	14,2	22,4	34,2	26,5	33,5	9,9	22,3	7,1	0	7,1	2,9	34,2
2003-2004	11,7	12,9	19,7	30,6	53,6	19,8	41,9	17,3	45,1	33,3	0	0	53,6
2004-2005	0,9	18,5	35	38,1	31,8	19,9	18,8	9,6	1,9	0	0,4	1,5	38,1
2005-2006	0,9	38	31,9	21,7	37,7	22,3	17,3	1,3	34,4	0	0	8,1	38
2006-2007	8,9	2,9	19,6	31,9	16,3	22,3	31,7	14,9	2,2	10,5	0	8,3	31,9
2007-2008	13,4	38,8	60,4	37,1	13,9	15,1	15,2	10,4	14	2,6	7,8	0	60,4
2008-2009	12,4	19,8	26,6	24,8	24,5	5,6	9,1	28,5	8,4	0	0	10,1	28,5
2009-2010	26,2	5,4	18,1	27	32,5	10,2	30,8	18,6	11,7	2,1	0	19,8	32,5

Source : ANRH Alger (Période 1971-2010)



**III.2.2.Homogénéisation de la série des pluies annuelles :**

• **Test de la médiane ou test de Mood :**

Ce test permet de vérifier si une série de données est homogène ou pas. Autrement dit, si les valeurs de la série viennent d'une même population.

Le test de la médiane est un test analogue aux tests d'égalité des moyennes pour des échantillons indépendants. Il a pour principe de déterminer la médiane de l'ensemble des observations, et de dénombrer pour chacun des deux échantillons les observations inférieures et les observations supérieures à cette médiane.

Il reste à vérifier que :

$$\left\{ \begin{array}{l} N_s > \frac{1}{2} \left( N + 1 - u_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{N + 1} \right) \quad \text{(III.11)} \\ T_s < 3.3(\log_{10} N + 1) \quad \text{(III.12)} \end{array} \right.$$

Avec : N : La taille de la série ;

N<sub>s</sub> : Nombre total des séries de (+) ou de (-) la plus grande ;

T<sub>s</sub> : Taille de la plus grande Classe ;

On divise notre échantillon en 15 classes égales toutes à 50 mm en faisant attention à ce que les bornes des classes ne coïncident pas avec des valeurs de notre série. On calcule ensuite pour chaque classe: son centre, sa fréquence absolue, sa fréquence relative.

**Tableau III.6 :** Tableau de classes de la série des pluies annuelles :

Numéro de classe	Classes	Centre de classe	Effectif ou Fréquence absolue	Fréquence Relative	Numéro de classe	Classes	Centre de classe	Effectif ou Fréquence absolue	Fréquence Relative
1	280 < P < 330	305	1	0,03	9	680 < P < 730	705	3	0,08
2	330 < P < 380	355	1	0,03	10	730 < P < 780	755	5	0,13
3	380 < P < 430	405	3	0,08	11	780 < P < 830	805	0	0,00
4	430 < P < 480	455	2	0,05	12	830 < P < 880	855	2	0,05
5	480 < P < 530	505	3	0,08	13	880 < P < 930	905	0	0,00
6	530 < P < 580	555	6	0,16	14	930 < P < 980	955	0	0,00
7	580 < P < 630	605	6	0,16	15	980 < P < 1030	1005	1	0,03
8	630 < P < 680	655	5	0,13		Somme	=	38	1

$$M = L_1 + \left( \frac{N/2 - \sum f_1}{f_{\text{médiane}}} \right) X C \quad (\text{III.13})$$

M : Valeur de la médiane.

$L_1$  : Valeur de la borne inférieure de la classe médiane.

N : Grandeur de l'échantillon.

$\sum f_1$  : Somme des effectifs des classes inférieures à la classe médiane.

$f_{\text{médiane}}$  : Effectif de la classe médiane.

C : Pas de la classe.

**Tableau III.7** : Homogénéisation de la série des pluies annuelles.

Pluies annuelles	Classement par ordre croissant	Signes	Pluies annuelles	Classement par ordre croissant	Signes
879,6	284,8	+	533,3	629,3	-
999,2	335,6	+	512,4	639,7	-
766,7	396,2	+	707,3	662,9	+
750,6	401,5	+	701,9	663,9	+
663,9	415	+	396,2	671,7	-
557,5	430,7	-	703,5	674,3	+
415	470,3	-	581,3	701,9	-
748,4	492,6	+	470,3	703,5	-
857,9	512,1	+	430,7	707,3	-
629,3	512,4	+	401,5	740,6	-
581	533,3	-	639,7	748,4	+
284,8	541,7	-	671,7	750,6	+
492,6	548,2	-	610,6	755,1	+
755,1	557,5	+	596,9	766,7	-
576,4	558,1	-	558,1	857,9	-
740,6	576,4	+	674,3	879,6	+
548,2	581	-	662,9	999,2	+
541,7	581,3	-			
335,6	585,4	-			
512,1	596,9	-			
585,4	610,6	-			

Les résultats de calcul de l'homogénéisation sont calculés dans le tableau suivant :

**Tableau III.8:** Résultats de calcul de l'homogénéisation.

M	605	Valeur théorique	Condition
Ns	20	13,38	Vérifiée
Ts	6	8,51	Vérifiée

D'où, la série des pluies annuelle issue de la station pluviométrique d'oued OUCHAIAH est homogène.

### III.2.3. Paramètres statistiques de la série des pluies maximales journalières :

Les résultats des paramètres statistiques de l'échantillon sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau III.9 :** Les paramètres statistiques de la série des pluies maximales journalières.

Nombre d'observations	
Minimum	39
Maximum	21,3
Moyenne	145,7
Ecart-type	56,91
Médiane	23,85

### III.2.4. Ajustement des pluies maximales journalières :

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 (modélisant) le comportement statistique d'un processus. Ces modèles décrivent la probabilité d'apparition d'un événement de valeur donnée. [EPFL, 2004]

Pour notre étude, on va ajuster la série des pluies maximales journalières à trois lois différentes et on va retenir celle qui présente la meilleure adéquation. Les lois d'ajustement sont :

- La loi de Galton (ou loi Log Normale à 2 paramètres) ;
- La loi de Gumbel ;
- La loi GEV ;

III.2.4.1. Ajustement à la loi de Galton (Log-Normale) :

Calcul des fréquences expérimentales (au non dépassement) :

$$q = \frac{m - 0.5}{N} \quad (III.14)$$

Avec :

m : Numéro d'ordre de la valeur ;

N : Taille de l'échantillon ;

Les paramètres d'ajustement à la loi Log-Normale :

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

Où : u (variable réduite de GAUSS)

$$u = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad (III.16)$$

L'équation de la droite de GALTON est donnée par la relation suivante:

$$\log x_{p\%} = \overline{\log x} + \sigma \log u(P\%) \quad (III.17)$$

Avec

$\overline{\log x}$  : La moyenne de la série  $\log x_i$  ;

$\sigma_{\log}$  : Ecart type de la série  $\log x_i$  ;

U : variable réduite de Gauss ;

Les résultats de l'ajustement :

Tableau III.10 : Résultats d'ajustement à la loi de Galton.

Période de retour	Fréquence au non dépassement	Valeurs théoriques	Ecart-type
T (ans)	q	$X_T$	$\sigma$
100	0.99	132.8	16.4
50	0.98	119.1	13.4
20	0.95	101.3	9.96
10	0.90	87.65	7.57
5	0.80	73.58	5.46

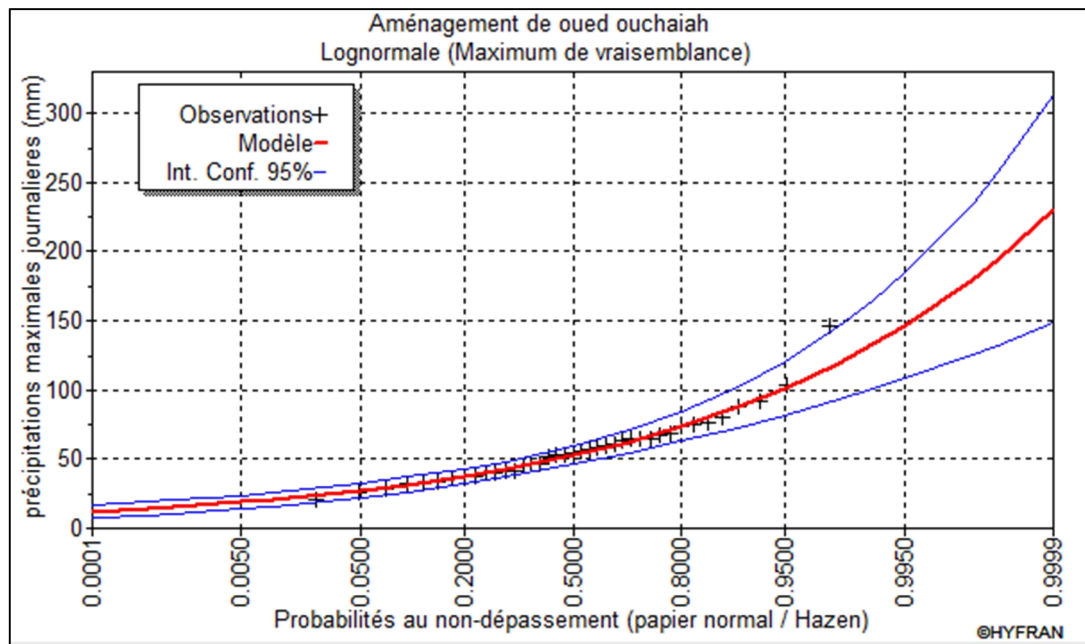


Figure III.4 : Représentation graphique de l’ajustement à la loi de Galton

III.2.4.2. Ajustement à la loi de Gumbel :

Cette loi a une fonction de répartition qui s’exprime selon la formule suivante :

$$F_x = e^{-e^{-y}} \quad (III.18)$$

Avec :

$y = \frac{1}{\alpha}(x - x_0)$  : Variable réduite de Gumbel ;

$\alpha = \sigma$  (l’écart-type) ;

$x_0$  : Paramètre de position (ordonnée à l’origine) ;

$x$  : précipitation maximale journalière (mm) ;

$\frac{1}{\alpha}$  : Pente de la droite de régression ;

Cette variable  $x$ , exprimée en fonction de la variable réduite  $y$ , est l’équation de la droite de Gumbel sur papier à probabilité Gumbel.

Donc :

$$P_{\max,j} = \frac{1}{\alpha} y + x_0 \quad (III.19)$$

Les résultats de l’ajustement :

Tableau III.11 : Résultats d’ajustement à la loi de Gumbel.

Période de retour	Fréquence au non dépassement	Valeurs théoriques	Ecart-type
T (ans)	q	X <sub>T</sub>	σ
100	0.99	128.6	11.7
50	0.98	116.1	10.2
20	0.95	99.49	8.18
10	0.90	86.63	6.67
5	0.80	73.23	5.18

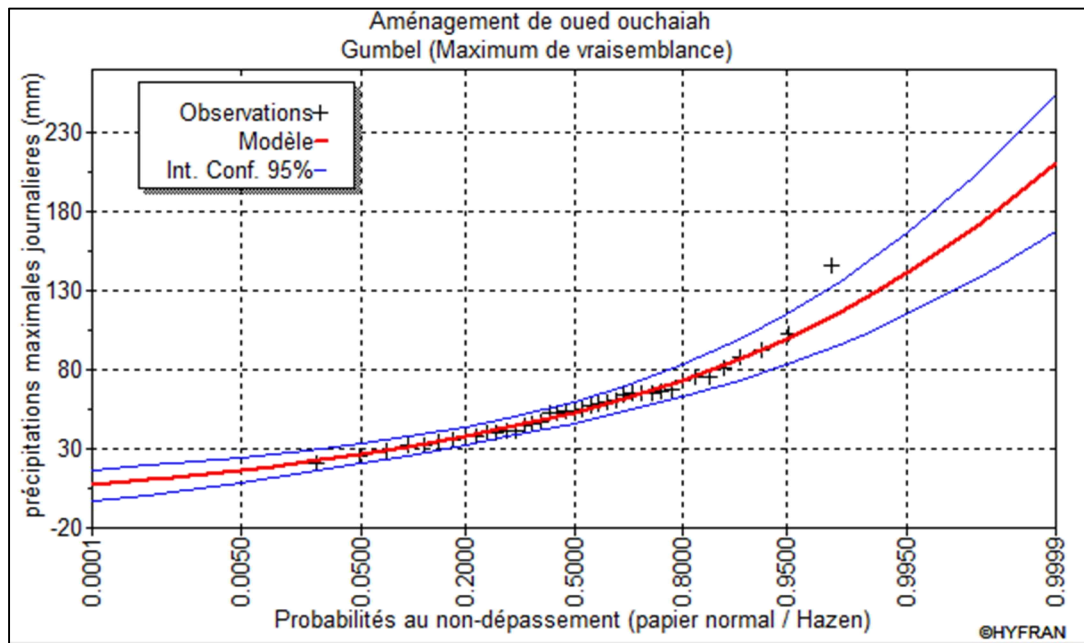


Figure III.5 : Représentation graphique de l’ajustement à la loi de Gumbel.

**III.2.4.3. Ajustement à la loi de GEV (Distribution des valeurs extrêmes généralisées) :**

La distribution des valeurs extrêmes généralisées est une loi d’ajustement à trois paramètres qui a une fonction de distribution qui s’écrit comme suit :

$$F(x) = \exp \left[ -1 \left( 1 - \frac{k(x - \varepsilon)}{\alpha} \right)^{\frac{1}{k}} \right] \quad (III.20)$$

Les résultats d’ajustement :

Tableau III.12 : Résultats d’ajustement à la loi de GEV.

Période de retour	Fréquence au non dépassement	Valeurs théoriques	Ecart-type
T (ans)	q	$X_T$	$\sigma$
100	0.99	134.7	24.41
50	0.98	119.9	17.79
20	0.95	101.0	11.16
10	0.90	87.00	7.675
5	0.80	72.88	5.359

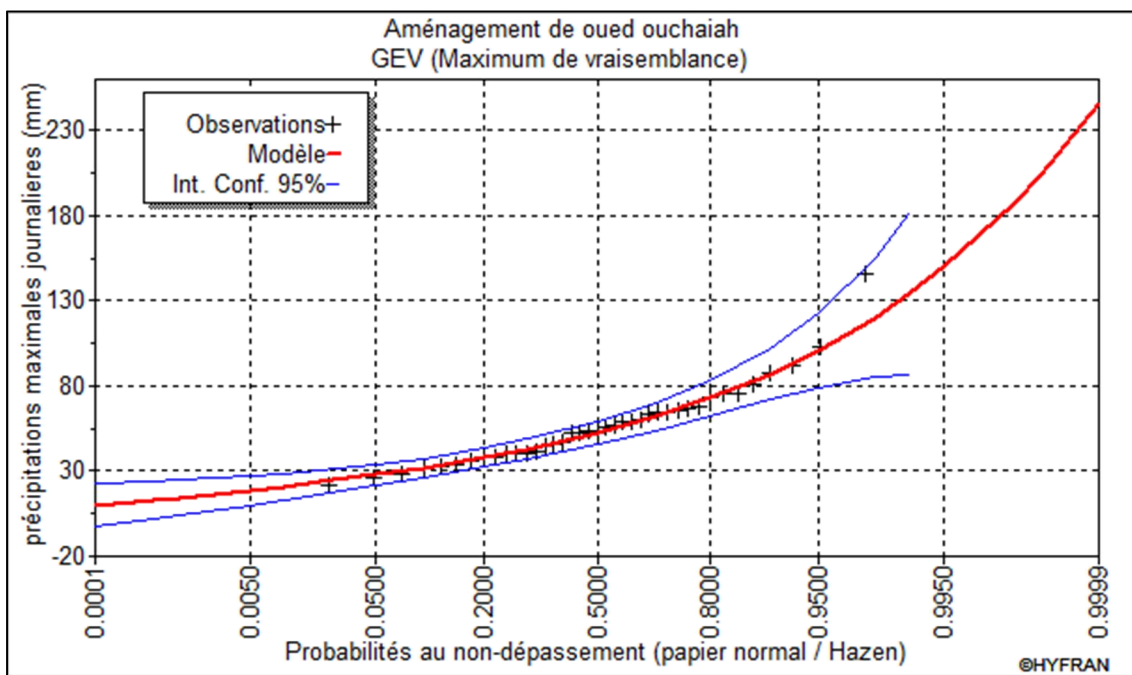


Figure III.6 : Représentation graphique de l’ajustement à la loi de GEV.

#### III.2.4.4. Qualité de l’ajustement :

Il y a toujours des écarts entre les valeurs expérimentales des valeurs observées et les fréquences théoriques calculées à partir d’une fonction de distribution choisie. Plusieurs méthodes existent pour évaluer la qualité de l’ajustement d’une fonction de distribution théorique à un échantillon particulier, mais aucune ne pourra nous indiquer quelle est la loi qui présente une meilleure adéquation. La stratégie consiste donc de faire usage à plusieurs méthodes à la fois (un test d’adéquation statistique et un test visuel).

##### III.2.4.4.1. Le test d’adéquation :

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique d’un échantillon, ne représente qu’approximativement l’échantillon étudié. L’erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d’adéquation.

L'un des tests les plus utilisés pour vérifier l'adéquation d'une loi à un échantillon donné est le test  $\chi^2$ .

Les résultats du test d'adéquation sont résumés dans le tableau suivant déduit à partir du logiciel HYFRAN :

**Tableau III.13 :** Résultats du test d'adéquation de  $\chi^2$ .

Loi de distribution	Observations	Remarques
Galton	$\chi^2_{calculée} < \chi^2_{théorique}$	Ajustement valide
Gumbel	$\chi^2_{calculée} < \chi^2_{théorique}$	Ajustement valide
GEV	$\chi^2_{calculée} < \chi^2_{théorique}$	Ajustement valide

A partir du tableau ci-dessus, les trois lois d'ajustement sont adéquates.

**III.2.4.4.2. Le test visuel :**

Dans les trois graphiques précédents, on voit bien des valeurs négatives pour l'intervalle de confiance pour les lois de Gumbel et GEV ce qui n'a aucune signification physique. Donc ces deux dernières lois sont adéquates statistiquement mais l'ajustement n'est pas valide hydrologiquement parlant.

**Conclusion :**

L'évaluation de la qualité d'ajustement montre bien que notre série s'ajuste bien à la loi de Galton et cela est valide par le teste visuel qui donne un sens physique à ce résultat (valeurs positive).

**III.2.5. Pluies de courte durée :**

Ce sont des pluies qui apportent sur une courte durée (d'une heure à une journée) une importante quantité d'eau. Cette quantité peut égaler celle reçue habituellement en un mois, voire en plusieurs mois.

Les dégâts provoqués dépendent des caractéristiques de la zone touchée : le relief, la nature et l'état de saturation en eau du sol, l'implantation des activités humaines et les mesures préventives telles que les barrages, l'aménagement des zones inondables.

Le phénomène peut passer inaperçu dans une zone peu habitée. En secteur urbain, le fort ruissellement sur les surfaces imperméabilisées peut saturer le réseau d'évacuation des eaux pluviales et causer des inondations avec des dégâts considérables

Le passage des pluies maximales journalières aux pluies de courtes durées se fait au moyen de la formule de Montanari :

$$P_{ct,p\%} = P_{max,j,p\%} \left( \frac{t}{24} \right)^b \quad (III.21)$$

Avec :



$P_{ct, p\%}$  : Pluie de courte durée correspondante à une fréquence donnée (mm);

$P_{max, j, p\%}$  : Pluie maximale journalières correspondante à une fréquence donnée (mm);

t : durée de l'averse ( $t \leq 24h$ );

b : Exposant climatique ( $b=0,37$  selon les études régionales de l'ANRH);

Les intensités maximales d'une durée t (h) et d'une période de retour T (ans) sont calculées par la relation suivante :

$$I_{t, p\%} = \frac{P_{ct, p\%}}{t} \quad (III.22)$$

Avec :

$I_{t, p\%}$  : Intensité maximale d'une durée t correspondante à une période de retour (mm/h) ;

$P_{ct, p\%}$  : Pluie de courte durée correspondante à une fréquence donnée (mm);

t : durée de l'averse ( $t \leq 24h$ );

Les résultats de calcul des précipitations et des intensités maximales de différentes durées sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau III .14** : Pluies et intensité maximales de durée t et de période de retour T.

T (années)	100		50		20		10		5	
	Pc t	I <sub>t</sub> (mm/h)	Pc t	I <sub>t</sub> (mm/h)	Pc t	I <sub>t</sub> (mm/h)	Pc t	I <sub>t</sub> (mm/h)	Pc t	I <sub>t</sub> (mm/h)
0.25	24,53	98,13	22,00	88,01	18,71	74,86	16,19	64,77	13,59	54,37
1	40,98	40,98	36,75	36,75	31,26	31,26	27,04	27,04	22,70	22,70
2	52,95	26,48	47,49	23,75	40,39	20,20	34,95	17,48	29,34	14,67
3	61,53	20,51	55,18	18,39	46,93	15,64	40,61	13,54	34,09	11,36
4	68,44	17,11	61,38	15,34	52,20	13,05	45,17	11,29	37,92	9,48
5	74,33	14,87	66,66	13,33	56,70	11,34	49,06	9,81	41,18	8,24
6	79,51	13,25	71,31	11,88	60,65	10,11	52,48	8,75	44,06	7,34
7	84,18	12,03	75,50	10,79	64,21	9,17	55,56	7,94	46,64	6,66
8	88,44	11,06	79,32	9,91	67,46	8,43	58,37	7,30	49,00	6,13
9	92,38	10,26	82,85	9,21	70,47	7,83	60,97	6,77	51,19	5,69
10	96,05	9,61	86,15	8,61	73,27	7,33	63,40	6,34	53,22	5,32
11	99,50	9,05	89,24	8,11	75,90	6,90	65,67	5,97	55,13	5,01
12	102,76	8,56	92,16	7,68	78,38	6,53	67,82	5,65	56,93	4,74
13	105,85	8,14	94,93	7,30	80,74	6,21	69,86	5,37	58,65	4,51
14	108,79	7,77	97,57	6,97	82,98	5,93	71,80	5,13	60,28	4,31

15	111,60	7,44	100,09	6,67	85,13	5,68	73,66	4,91	61,84	4,12
16	114,30	7,14	102,51	6,41	87,19	5,45	75,44	4,71	63,33	3,96
17	116,89	6,88	104,83	6,17	89,17	5,25	77,15	4,54	64,77	3,81
18	119,39	6,63	107,07	5,95	91,07	5,06	78,80	4,38	66,15	3,68
19	121,80	6,41	109,24	5,75	92,91	4,89	80,39	4,23	67,49	3,55
20	124,14	6,21	111,33	5,57	94,69	4,73	81,93	4,10	68,78	3,44
21	126,40	6,02	113,36	5,40	96,42	4,59	83,42	3,97	70,03	3,33
22	128,59	5,85	115,33	5,24	98,09	4,46	84,87	3,86	71,25	3,24
23	130,73	5,68	117,24	5,10	99,72	4,34	86,28	3,75	72,43	3,15
24	132,80	5,53	119,10	4,96	101,30	4,22	87,65	3,65	73,58	3,07

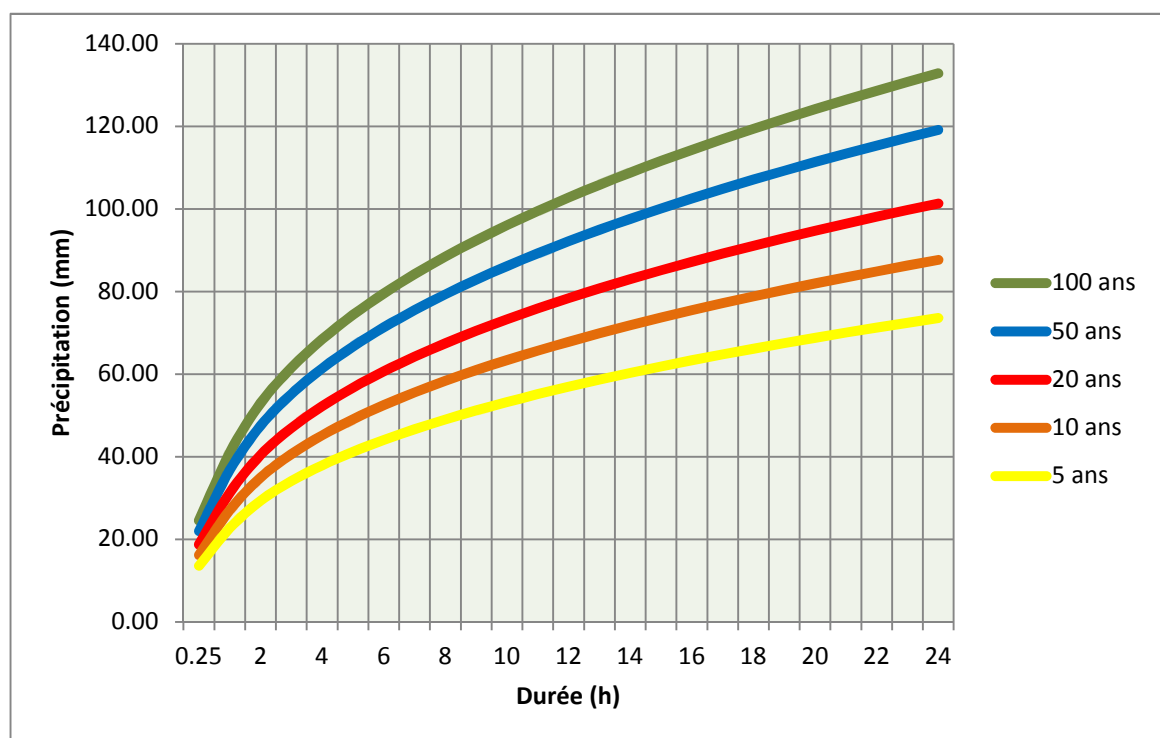


Figure III.7 : Courbe de pluie de courte durée

**Conclusion**

L'étude des précipitations de la zone d'étude à été faite à partir des données pluviométriques de la station de BARAKI.

L'analyse des pluies maximales journalières de cette dernière station nous a aboutit à une intensité de pluie égale à 132.8 mm/j pour une période de retour centennale.

### III.3. Estimation des débits de crue des cours d'eau :

#### Introduction :

Les inondations sont dues à des crues très importantes qui deviennent plus fréquentes et plus destructrices, provoquant d'importants dégâts humains et matériels.

En effet, la prédétermination des débits de crues est essentielle pour la conception des aménagements des cours d'eau ainsi que la protection des zones urbaines contre les inondations.

Le but de ce chapitre est de déterminer les débits de crues correspondants aux différentes périodes de retour en utilisant l'approche des formules empiriques en se basant sur les résultats obtenus dans le chapitre précédent concernant les précipitations.

#### III.3.1. Calcul du débit de crue :

##### III.3.1.1. La méthode des formules empiriques :

###### III.3.1.1.1. Formule de Mallet-Gauthier :

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

$$Q_{\max, P\%} = 2K \cdot \log(1 + A \cdot P_{\text{moy}}) \frac{S}{\sqrt{L}} \sqrt{1 + 4 \log T - \log S} \quad (\text{III.23})$$

Avec :

$Q_{\max, P\%}$  : Débit maximum pour une fréquence donnée (m<sup>3</sup>/s) ;

$P_{\text{moy}}$  : Pluie moyenne annuelle (mm) = 700 mm ;

S : Surface du bassin versant km<sup>2</sup> ;

L : Longueur du talweg principal km = 10.78 km ;

A : Paramètre du bassin varie entre 20 et 30 [A = 25] ;

K : Coefficient variant avec la pente du bassin de 0.5 à 5 ;

On prend K = 0.8 ;

T : Période de retour (an) ;

###### III.3.1.1.2. Formule de Turazza :

Cette formule utilise l'intensité moyenne maximale de précipitations déterminées sur un intervalle de référence égal au temps de concentration du bassin versant.

$$Q_{\max, P\%} = \frac{c \times S \times \overline{i_{tc}}}{3.6} \quad (\text{III.24})$$

Avec :

S : Surface du bassin versant ;

i : Intensité moyenne maximale pendant une durée égale au temps de concentration en mm/h = 12.38 mm/h ;

C : coefficient de ruissellement de la crue considérée pour une probabilité = 0.8 ;

**Tableau III.15** : Valeurs de coefficient de ruissellement C.

Fréquence %	1	2	5	10
Période de Retour	100	50	20	10
C	0.8	0.75	0.55	0.6

**III.3.1.1.3. Formule Rationnelle :**

$$Q_{max} = K * C * I * S$$

Q<sub>max</sub> : débit de crue de période de retour voulue (en m<sup>3</sup>/s)

K : coefficient (K= 0.278)

C : coefficient de ruissellement

I : Intensité de la pluie en mm/h

S : superficie du BV en Km<sup>2</sup>

**III.3.1.1.4. Formule de SOGREAH-ANRH (1989):**

$$Q_{max} = C_q (P_t - P_1) \tag{III.25}$$

P<sub>1</sub> : 20 mm pour le nord de l'Algérie

C<sub>q</sub> : Coefficient de ruissèlement statistique

$$C_q = (S/6) * T_b^{-0.77}$$

Q<sub>t</sub> : débit de pointe(en m<sup>3</sup>/s) de période de retour t

P<sub>t</sub> : Pluie journalière max. de période de retour t

$$T_b = T_{b0} + (L^{1.7} (P_a * V_i)^{0.57} / 1000)$$

T<sub>b</sub> : temps de base en heures

T<sub>b0</sub> = 2.33 pour les stations du Nord Algérie

L : longueur du talweg principal

P<sub>a</sub> : pluie annuelle en mm

S : superficie du BV en Km<sup>2</sup>

V<sub>i</sub> : pente brute du bassin en %

$$V_i = (H_{max} - H_{min}) / L_r$$

H<sub>max</sub>, H<sub>min</sub> : altitudes max. et min.

L<sub>r</sub> : longueur du rectangle equivalent.

Les débits de crue des bassins versants calculés par les différentes formules sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III.16 : Débit de crue pour différentes périodes de retour.

Formule	Qmax10	Qmax20	Qmax25	Qmax30	Qmax50	Qmax100
Mallet et Gauthier	29,93	34,49	35,83	36,89	39,72	43,25
Sogreah	32,92	39,25	41,25	42,87	47,43	53,52
Rationnelle	39,30	45,16	47,02	48,51	52,74	58,30
<b>Turraza</b>	<b>31,42</b>	<b>45,13</b>	<b>46,98</b>	<b>48,47</b>	<b>52,70</b>	<b>58,34</b>

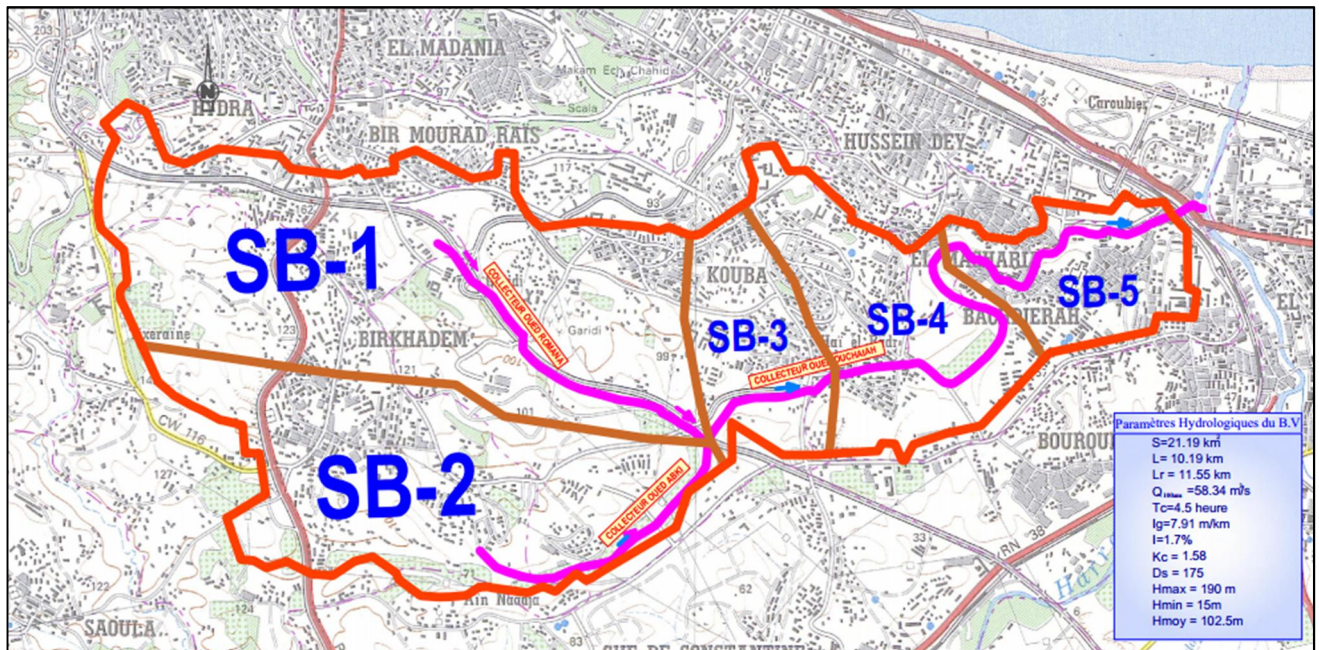


Figure III.8 : Délimitation des sous bassins versant

Tableau III.17 : les différentes surfaces relatives aux S-BV.

N° BV	surfaces du BV (en Km²)
SB-1	6.83
SB-2	6.25
Confluence de Abki et Romana : SB-1+2	13,08
SB-3-( Lotissement Michel )	14,67
SB-4-( sortie sud du Tunnel )	17,78
SB-5-( Rue A )	19,78
Rejet à l'oued El-Harrach	21.19

Un certain nombre de bassins de projet se trouvant à l'intérieur de chacun des bassins versants (N° 1 et 2) sont pris en compte pour le calcul des débits max de fréquences choisies en prenant en considération les débits spécifiques des BV sus cités.

$$q_{\max}(f) = Q_{\max} / S \quad (\text{III.26})$$

$q_{\max}(f)$  : Débits spécifiques de période de retour voulue en  $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ .

$Q_{\max}$  : débit maximum de fréquence donnée en  $\text{m}^3/\text{s}$ .

$S$  : surface du bassin versant en  $\text{km}^2$ .

**Tableau III.18** : Débits spécifiques pour différentes période de retour en  $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  (formule de Turraza III.24).

<b>q10</b>	1,48
<b>q20</b>	2,13
<b>q25</b>	2,22
<b>q30</b>	2,29
<b>q50</b>	2,49
<b>q100</b>	2,75

### II.3.2. Estimation des débits max aux bassins de projet :

Le débit de crue se calcule par la relation suivante :

$$Q_{\max} = q * S \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (\text{III.27})$$

Nous avons pris en compte les bassins de projet se trouvant à l'intérieur de chacun des bassins versants (N° 1 et 2). Tenant compte de la superficie des bassins de projet et des débits spécifiques on a estimé les débits max pour différentes fréquences.

Les débits max ont été calculés aux points caractéristiques suivants :

**Tableau III.19** : Débits max de fréquence donnée (en m<sup>3</sup>/s) de chaque sous bassin.

Surfaces du BV (en Km <sup>2</sup> )	Qmax 10 <u>m<sup>3</sup>/s</u>	Qmax 20 <u>m<sup>3</sup>/s</u>	Qmax 25 <u>m<sup>3</sup>/s</u>	Qmax 30 <u>m<sup>3</sup>/s</u>	Qmax 50 <u>m<sup>3</sup>/s</u>	Qmax 100 <u>m<sup>3</sup>/s</u>
SB-1	10,13	14,55	15,14	15,62	16,99	18,8
SB-2	9,27	13,31	13,86	14,30	15,54	17,21
Confluence de Abki et Romana : SB-1+2	19,39	27,86	29,00	29,92	32,53	36,01
SB-3 : (Lotissement Michel)	21,71	31,27	32,61	33,61	36,63	40,48
SB-4 :( sortie sud du Tunnel)	26,36	37,87	39,42	40,67	44,22	48,95
SB-5 :( Rue A)	29,33	42,13	43,85	45,24	49,19	54,46
Rejet à l'oued El-Harrach	31,42	45,13	46,98	48,47	52,70	58,34

**Conclusion :**

A la fin de ce chapitre, on a pu déterminer les débits auxquels on va vérifier la capacité du cours d'eau et dimensionner les ouvrages nécessaires pour la protection des zones urbaines contre les inondations.

**Introduction :**

Les cours d'eau sont des milieux complexes qui réunissent à la fois des intérêts d'études :

- Naturels (faune et flore) ;
- hydraulique (protection des berges, évacuation des eaux) ;
- hydrologique (étiage, crues et inondations) ;

L'état des cours d'eaux évolue au gré de leur dynamique fluviale et végétale. Les activités humaines développées sur leurs berges peuvent également modifier cet état. L'entretien et donc souvent nécessaire pour maintenir les rivières dans un état de bon fonctionnement pour éviter l'inondation.

L'objectif de ce chapitre est de décrire l'état général de l'oued Ouchaiah ainsi son comportement vis-à-vis la crue du projet pour mettre en place un programme d'aménagement du cours d'eau répondant aux exigences bien définies.

**IV.1.Description générale (Etat des lieux) :**

Dans cette partie de l'étude, on essaiera de donner une description générale sur les cours d'eau et les différents ouvrages existants.

Sur le tronçon étudié, sept ouvrages d'infrastructures routières et ferroviaires franchissent l'oued Ouchaiah dans la zone d'étude, il s'agit de l'aval vers l'amont :

- La voie ferrée située avant l'exutoire d'oued el Harrach de 150 m.
- Traversée du pont menant vers Birkhadem (1).
- Ouvrage de traversée sous les habitations, Secteur Rue A (quartier 11 Décembre).
- Pont De La Glacière, Secteur Rue Tripoli.
- Pont d'Oued Ouchaiah Côté Sud du Tunnel.
- Le pont de la CW14, Secteur Lotissement Michel.
- Buse de traversée de la rocade sud.

D'une part, ces ouvrages peuvent avoir des incidences sur l'écoulement, notamment occasionner des pertes de charge locales et provoquer des embâcles (accumulations déchets flottants), d'autre part ces ouvrages peuvent être eux-mêmes mis en danger par la dynamique de l'oued, en particulier les phénomènes d'érosion éventuels (érosion du fond, érosion des berges).

**IV.1.1.Description des tronçons de l'oued :**

Pour permettre une meilleure description d l'oued, on a fait une subdivision suivant les ouvrages existants le long du tracé comme la montre la figure ci-dessous :



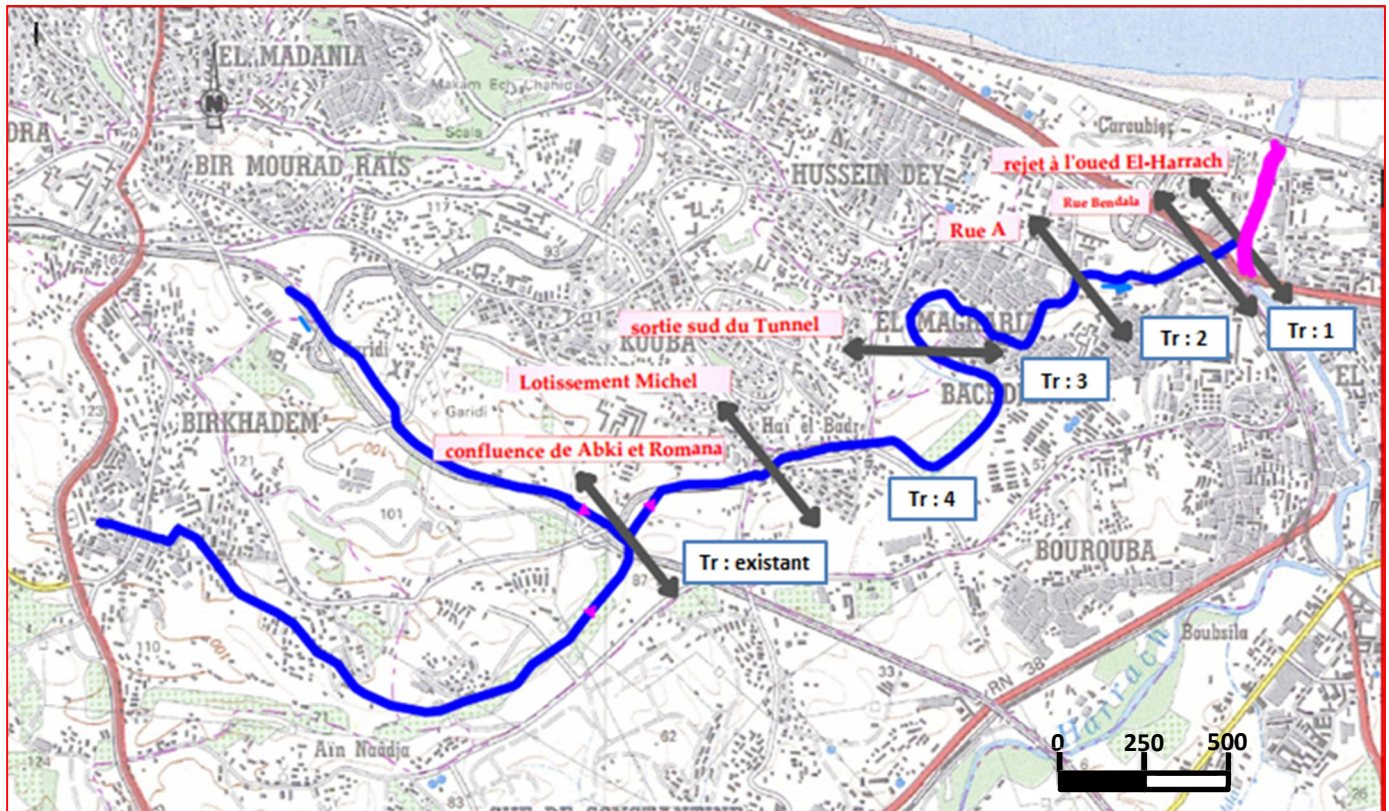


Figure IV.1 : Les différents tronçons du cours d'eau.

- ✓ TR 1 (500 m) : Rue Bendala- rejet à l'oued El-Harrach (Avenue Tripoli)
- ✓ TR 2 (1213.72 m) : Rue A - Rue Bendala
- ✓ TR 3 (1848.33 m) : sortie sud du Tunnel (Confluence avec le collecteur Ben Omar) –Rue A
- ✓ TR 4 (1860.81 m) : Lotissement Michel (Confluence avec le collecteur El Ain) - sortie sud du Tunnel (Confluence avec le collecteur Ben Omar)
- ✓ TR existant (1000 m) : (DN1800 et DN2000) mm confluence de oued Abki et oued Romana

#### IV.2. Caractéristiques morphologiques du cours d'eau :

Le lit de l'oued n'est pas fixe, il peut se déplacer rapidement (en quelques jours lors d'une crue) ou évoluer lentement (quelques années) ou dans certains cas, nous pouvant attendre un état d'équilibre qui correspond en fait à un tracé qui évolue très lentement.

Une vue aérienne sur l'oued avec GoogleEarth nous a permis de constater que le tracé actuel se caractérise par un style très sinueux. Ce dernier a été confirmé par le calcul du coefficient de sinuosité  $C_s$ .

$$C_s = \frac{L_m}{L_{vo}} \quad (\text{IV.1})$$

Avec :

$L_m$  : Longueur totale suivant les méandres (Km) ;

$L_{vo}$  : Longueur à vol d'oiseau (Km) ;

La rivière est dite rectiligne quand ce coefficient est inférieur à 1.05, elle est dite sinueuse jusqu'à 1,25, très sinueuse jusqu'à 1.5. (*Degoutte. 2006*).

Pour notre cas, ce paramètre égale à 1.43 ; ce qui convient de dire que notre tracé est très sinueux.

### IV.3.Ecoulement dans les canaux :

Les écoulements dans les canaux naturels ou artificiels sont des écoulements à surface libre (à la pression atmosphérique) qui suit la pente du fond du canal.

#### IV.3.1.Les types d'écoulement :

Une classification des écoulements peut se faire selon la variation de la profondeur et la vitesse par rapport au temps et l'espace.

##### • Variabilité dans le temps :

Un écoulement est dit permanent si toutes les propriétés de l'écoulement sont constantes dans le temps (La profondeur, la vitesse). Par conséquent le débit est constant.

Au sens strict, l'écoulement dans les canaux est rarement permanent. Néanmoins, les variations temporelles sont souvent suffisamment lentes pour que l'écoulement puisse être considéré comme permanent, du moins dans un intervalle de temps relativement court.

##### • Variabilité dans l'espace :

L'écoulement est dit uniforme si les propriétés de l'écoulement restent invariables dans les diverses sections du canal. Ce qui convient à dire que la ligne de la pente du canal est parallèle à la surface libre de l'eau.  $J_f = J_w$ .

Lorsque les propriétés de l'écoulement varie graduellement, la profondeur et la vitesse entre deux section ne changent que lentement. On peut donc admettre que l'écoulement est quasi uniforme le long d'un petit tronçon.

#### IV.3.2.Les régimes d'écoulement :

L'écoulement d'un fluide dans un canal à surface libre engendre des forces d'inerties, de gravités et de frottements (viscosité et rugosité).

Les équations réduites du mouvement font intervenir des coefficients ou des nombres adimensionnels qui définissent les différents régimes d'écoulement (*Degoutte. 2006*) :

##### • Le nombre de Reynolds :

C'est le rapport des forces de frottements et les forces d'inerties et qui permet le classement des écoulements comme suit :

- $Re < 500$              $\Rightarrow$     Ecoulement laminaire
- $Re > 2000$            $\Rightarrow$     Ecoulement turbulent
- $500 < Re < 2000$     $\Rightarrow$     Ecoulement transitoire

Dans la pratique, on ne rencontre en générale que les écoulements turbulents, souvent rugueux.

• **Le nombre de Froude :**

C'est le rapport entre les forces de pesanteur et les forces d'inerties. Et qui permet le classement des écoulements comme suit:

- $Fr < 1$              $\Rightarrow$     Ecoulement fluvial.
- $Fr > 1$              $\Rightarrow$     Ecoulement torrentiel.
- $Fr = 1$              $\Rightarrow$     Ecoulement critique.

**IV.3.3. Dimensionnement des canaux :**

L'écoulement véritablement uniforme est très rare dans les canaux naturels et assez rare dans les canaux artificiels. Bien qu'il soit rare, on l'utilise souvent comme écoulement standard pour l'étude de base pour tous les autres types d'écoulement. (*Graf Altinakar 2000*).

**IV.3.3.1. Les formules principales de calcul :**

• **La relation de type Chézy :**

La vitesse moyenne du courant sous la forme suivante :

$$V = C \cdot \sqrt{R \times I} \quad (\text{IV.2})$$

On utilisant la relation suivante :  $Q = V \times S$  on obtient :

$$Q = C \cdot S \sqrt{R \times I} \quad (\text{IV.3})$$

Avec :

- C : coefficient de Chézy ( $\text{m}^{0.5}/\text{s}$ ) ;
- S : section mouille ( $\text{m}^2$ ) ;
- $R_h$  : rayon hydraulique,  $R_h = S/P$  (m);
- I : pente de fond du canal (mm/mm) ;

• **La formule de CHEZY :**

C'est la formule la plus utilisé, appelée en bref la formule de Manning.

$$Q = K \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (\text{IV.4})$$

Avec :

K : coefficient de rugosité de STRICKLER, dépend de la nature du matériau du canal et  $n = 1/K$  ( $m^{-1/3}s$ ) ;

Dans notre dimensionnement, on utilisera la formule de MANNING-STRICKLER.

#### IV.3.3.2.Choix du model de modélisation :

La modélisation hydraulique des cours d'eau naturels en régime de crue est intimement liée aux données topographiques qui forment l'ossature du model géométrique utilisé pour les modélisations. Une recherche des caractéristiques des principaux modèles existant en hydraulique fluviale avec leurs atouts et leurs limites est donc nécessaire.

Dans un écoulement dans un oued, on parle d'écoulement en composés (lit mineur et majeur) où les caractéristiques de vitesse, hauteur d'eau et rugosité varient le long des lits d'oued. L'interface entre les lits est donc primordiale, elle est la source de la majorité des incertitudes pour la simulation des écoulements débordants. (*Bousmar, 2002, CETMEF, 2004 Proust, 2005*)

On identifie de fortes pertes de charges dans cette zone et dans la couche limite (interface entre le fond de l'oued et le fluide).

- Pertes de charge par frottement et micro turbulence au fond du cours d'eau.
- Perte de charges dues aux macros turbulences issues de la différence de vitesse entre lit lits.
- Perte par transfert de quantité de mouvement entre les lits.

La plupart des modèles unidimensionnels à lits composés prennent en charge les pertes par frottement et micro turbulences comme HEC-RAS et Mike 11, d'autres tentent de prendre en charge les deux premiers types de pertes. La caractéristique principale de codes unidimensionnels est qu'ils moyennent la hauteur d'eau sur chaque section en travers perpendiculaire aux lits majeur et mineur. Ceci provient de leurs structures et les équations qui les régissent. Ils sont constitués d'un ensemble de sections en travers perpendiculaires aux écoulements.

La comparaison effectuée par Horrit et Bates (2002) entre trois model de modélisations (LISFLOOD-FP, HEC-RAS, et Telmac 2D) a mis en évidence les bons résultats du logiciel HEC-RAS, qui obtient des résultats d'une précision comparable à ceux des deux autres. Cet article confort le choix du logiciel HEC-RAS version 4.1.0 pour notre étude.

**IV.4. Le mode de calcul HEC-RAS :****IV.4.1. Introduction au logiciel :**

Le système de modélisation HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's River Analysis System*) est un logiciel d'hydraulique fluviale intégrant une panoplie de technique de calcul hydraulique en régime fluvial et torrentiel. Il a été développé en tant que partie intégrante d'un ensemble de logiciels dédiés aux études hydrologiques et hydraulique permettant de simuler les écoulements à surface libre. Il a été conçu par l'engineering hydrologique des USA dans le cadre du projet NextGen. Ce projet englobe plusieurs aspects hydrologiques et hydrauliques : simulation pluie-débit, hydraulique fluviale, simulation des systèmes des réservoirs, analyse des dommages d'inondations, ...etc.

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. Les calculs de 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 (ponts, endiguements).

La résolution de ces ensembles d'équations nécessite, comme données d'entrée, la géométrie du cours d'eau, ses caractéristiques de rugosité et le débit d'écoulement.

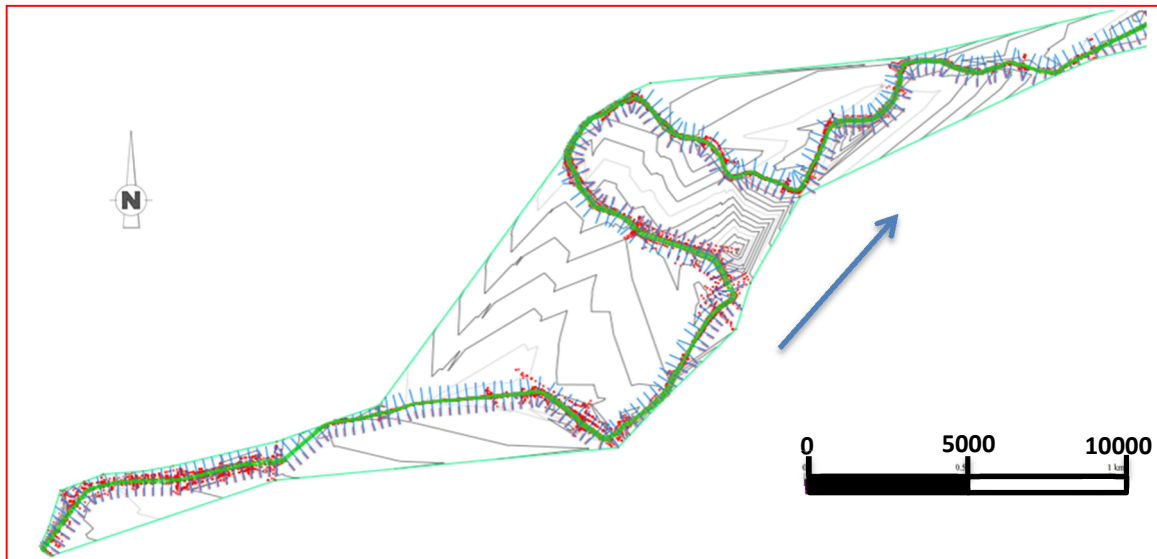
**IV.4.2. Banque de données nécessaire à l'application de HEC-RAS :****IV.4.2.1. Les données géométriques :**

L'application du model HEC-RAS est basé sur la subdivision du réseau hydrographique en plusieurs sections (profil en travers) perpendiculaires au sens d'écoulement.

Pour avoir une meilleure précision dans la conception des profils en travers et les exporter vers HEC-RAS, on a fait appel au logiciel AutoCAD Civil 3D. Cette procédure nécessite d'avoir un levé topographique du cours d'eau doté du modèle numérique de terrain (MNT). En déterminant l'axe du cours d'eau, on trace les sections en travers pour chaque intervalle de distance et on crée un fichier d'extension (.geo) qui sera exporté vers HEC-RAS.

Le choix de la distance entre les profils se fait généralement en fonction du tracé du cours d'eau, autrement dit à chaque changement de pente et à chaque changement de direction, et plus cette distance est petite plus les résultats de calcul se rapproche à la réalité.

Mais puisqu'on travail avec AutoCAD Civil 3D, on a tracé un profil en travers pour chaque 30 m le long de l'oued comme la montre la figure ci-dessous :



**Figure IV.2 :** Définition des sections en travers sur AutoCAD Civil 3D

Après avoir exporté les sections en travers vers HEC-RAS, il reste de faire le calcul du coefficient de Manning-Strickler.

#### IV.4.2.2. Estimation de la rugosité $n$ de Manning :

Les valeurs de la rugosité choisies sont généralement considérées biaisées (avec une certaine marge d'erreur). Le choix d'une valeur de  $n$  est considéré comme un art plutôt qu'une science et il n'existe pas une règle solide et précise permettant de définir ce paramètre avec exactitude. Les facteurs qui affectent la rugosité des lits d'oued comprennent :

- Matériaux du lit ;
- Forme des lits ;
- Tendance à la formation des méandres ;
- Obstacles à l'écoulement ;
- Changement dans la géométrie entre les sections ;
- Etat de la végétation ;

L'une des méthodes les plus utilisées pour l'estimation de  $n$  est celle de Cowan, ce dernier a établi une formule qui prend l'influence de plusieurs paramètres séparément. (*G.J. Arcement Jr. and V.R. Schneider Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients*)

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times m \quad (\text{IV.5})$$

Avec :

- $n_0$  : Coefficient valable pour un cours d'eau rectiligne où les parois et le fond sont homogènes ;
- $n_1$  : Traduit l'influence des irrégularités de surface du fond et des parois.
- $n_2$  : Traduit l'influence des variations de la forme et des dimensions de la section mouillée ;
- $n_3$  : Traduit l'influence des obstructions de la section mouillée par des dépôts d'ordures, racines apparentes, souches d'arbres, blocs de pierre, ... ;

$n_4$  : Traduit l'influence de la végétation ;

$m$  : Ce facteur correctif traduit l'importance des méandres qui peut être estimé par le coefficient de sinuosité.

Les valeurs estimées pour chaque coefficient sont résumées dans le tableau suivant :

**Tableau IV.1** : Les valeurs estimées pour les différents coefficients :

Facteur	Caractéristique	Valeur
$n_0$	Terre	0.02
	Roche	0.025
	Gravier	0.024
	Gravier grosse	0.028
$n_1$	Parois lisses	0.001
	Parois présentant une légère irrégularité	0.005
	Parois présentant une irrégularité modérée	0.01
	Parois présentant une irrégularité importante	0.02
$n_2$	Variations progressives du profil en travers	0.00
	Variations altérées du profil en travers	0.005
	Variations altérées fréquentes du profil en travers	0.001 à 0.0015
$n_3$	Obstruction négligeable	0.00
	Obstruction faible	0.01 à 0.015
	Obstruction appréciable	0.03 à 0.04
	Obstruction importante	0.06
$n_4$	Végétation faible	0.005 à 0.01
	Végétation modérée	0.01 à 0.025
	Végétation importante	0.025 à 0.05
	Végétation très importante	0.05 à 0.10
$m$	Influence des méandres modérée	1.00
	Influence des méandres appréciable	1.25
	Influence des méandres importante	1.3

Source : ( G.J. Arcement Jr. and V.R. Schneider Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients)

Pour notre étude, on a estimé une valeur moyenne du coefficient de rugosité pour chaque tronçon en tenant compte des différents facteurs cités ci-dessus se basant sur les photos prises pour chaque tronçon. [Guy B. Fasken 1963].

Les valeurs estimées sont résumées dans le tableau suivant :

**Tableau IV.2** : Le coefficient de Manning n pour chaque tronçon

Tronçon	Valeurs de n	
	Lit mineur	Lit majeur
1	0.035	0.04
2	0.035	0.04
3	0.038	0.045
4	0.038	0.045

**IV.4.2.3. Les données de débits :**

Pour les données de débit, on utilise directement les résultats obtenus à partir de la formule empirique de Turazza dans le chapitre précédent (Formule III.24).

**Tableau IV.3** : Débit de crue des différents tronçons :

N°	Tronçon	Débit (m <sup>3</sup> /s)
Q <sub>1</sub>	confluence de Abki et Romana - Lotissement Michel	36,01
Q <sub>2</sub>	Lotissement Michel - sortie sud du Tunnel	40,48
Q <sub>3</sub>	sortie sud du Tunnel - Rue A	48,95
Q <sub>4</sub>	Rue A – Rue Bendala	54,46
Q <sub>5</sub>	Rue Bendala- rejet à l'oued El-Harrach (Avenue Tripoli)	58,34

**IV.4.3. Simulation de l'oued OUCHAIAH à son état naturel :**

Dans des projets hydraulique comme la protection des villes contre les inondations et les aménagements des oueds situés dans ou à proximité des villes, une étude de l'état naturel du cours d'eau dans le cas des crues fréquentielles s'impose dans le but de déterminer les points de débordement ou en générale la délimitation des zones inondables, afin d'envisager des solutions adéquates pour l'aménagement.

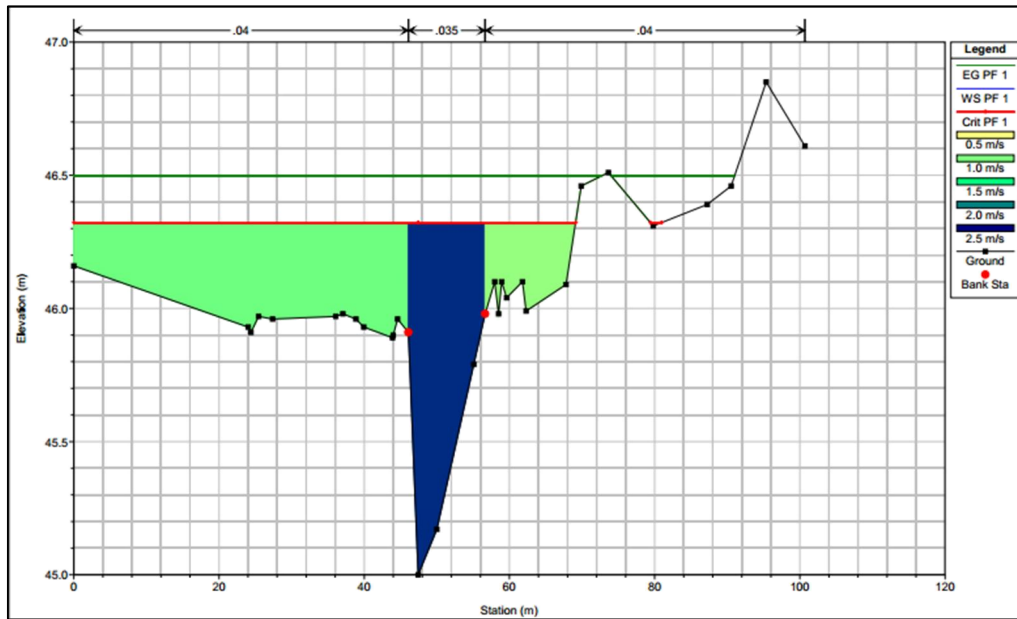
**IV.4.3.1. Les résultats de la simulation :**

Les résultats de la simulation nous indiquent la hauteur d'eau et la vitesse d'écoulement dans chaque section transversale.



Les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement pour chaque tronçon sont résumées de l'amont vers l'aval comme suit

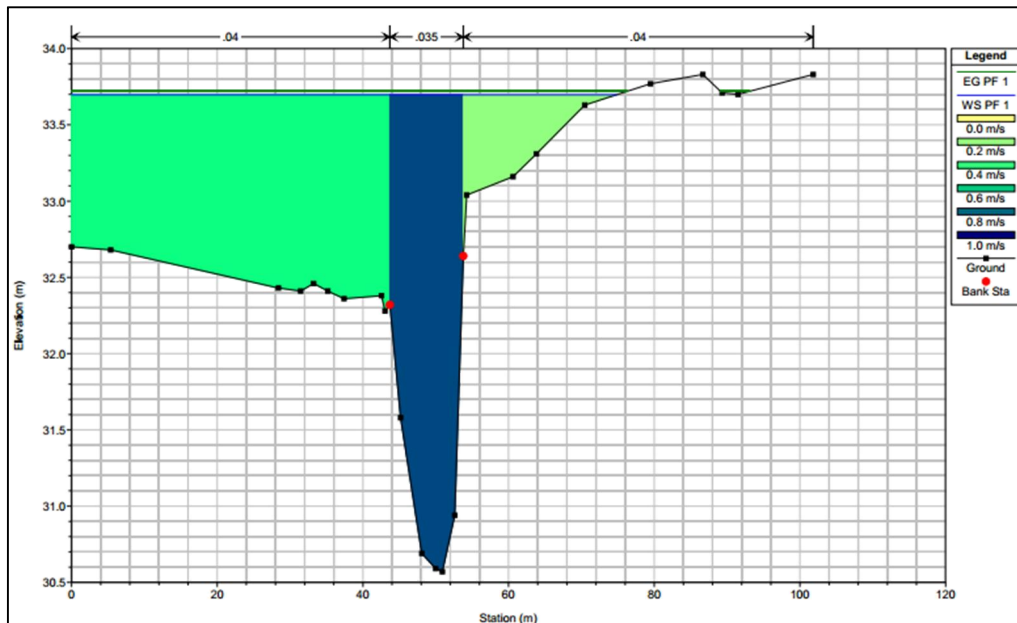
**Tronçon 4 :**



**Figure IV.3 :** Profil en travers du tronçon 4 au passage d'une crue centennale

La hauteur d'eau arrive jusqu'à 2.5 m et la vitesse d'écoulement varie entre 1 et 3 m/s. La capacité de ce tronçon permet le passage de la crue centennale sauf dans quelques zones où des débordements ont été observés sur les deux rives.

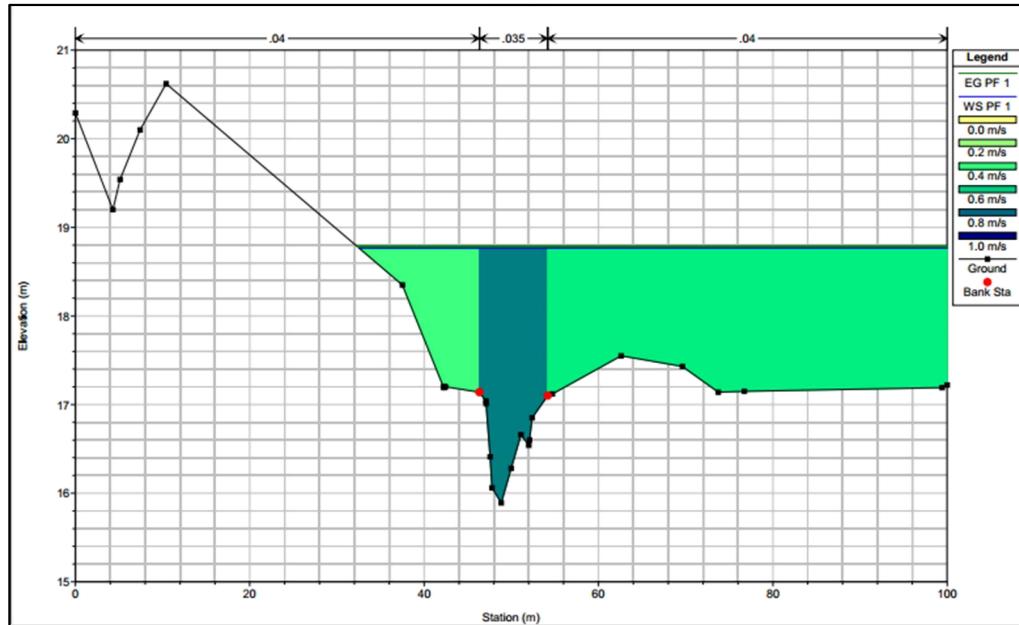
**Tronçon 3 :**



**Figure IV.4 :** Profil en travers du tronçon 3 au passage d'une crue centennale

La hauteur d'eau arrive jusqu'à 4 m et la vitesse d'écoulement varie entre 1.5 et 4 m/s. Le passage de la crue centennale montre des zones de capacité insuffisante pour l'évacuation, ce qui est traduit par débordements sur les deux rives du cours d'eau.

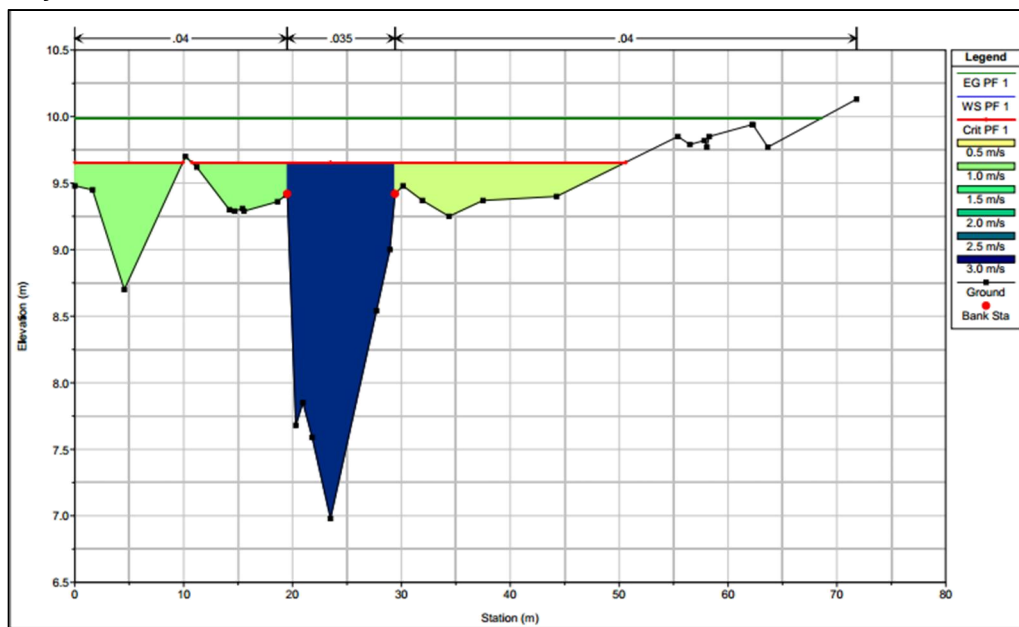
**Tronçon 2 :**



**Figure IV.5 :** Profil en travers du tronçon 2 au passage d'une crue centennale.

La hauteur d'eau arrive jusqu'à 3 m et la vitesse d'écoulement varie entre 1.5 et 3.5m/s. Le passage de la crue centennale montre des zones de capacité insuffisante pour l'évacuation, ce qui est traduit par débordements sur les deux rives du cours d'eau.

**Tronçon 1 :**



**Figure IV.6 :** Profil en travers du tronçon 1 au passage d'une crue centennale

Dans ce tronçon, la hauteur d'eau atteint en moyenne 3 m, et les vitesses d'écoulement varient entre 1 et 4.5 m/s. Des débordements ont été remarqués lors du passage de la crue centennale pour les deux rives du cours d'eau.

Les détails de simulation de ce tronçon sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau IV.4** : Résultats de simulation du tronçon 4.

Station	Débit	Cote du fond	N.L eau	N.L énergie	Vitesse	Surface mouillée	Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	
5370	40.48	45	46.32	46.5	2.33	27.4	0.79
5340	40.48	43.82	45.67	45.76	1.32	30.76	0.62
5310	40.48	44.32	45.29	45.46	1.86	21.73	0.99
5280	40.48	43.66	44.75	44.96	2.01	20.11	1.01
5250	40.48	43.01	44.52	44.58	1.1	36.74	0.43
5220	40.48	42.36	44.48	44.52	0.86	47.14	0.32
5190	40.48	41.74	44.4	44.46	1.07	37.77	0.41
5160	40.48	41.63	44.08	44.29	2.05	19.76	1.01
5130	40.48	41.53	43.89	43.98	1.36	29.69	0.59
5100	40.48	41.23	43.63	43.76	1.6	25.38	0.79
5070	40.48	41.22	42.97	43.35	2.71	14.93	1.05
5040	40.48	41	42.68	42.84	1.79	22.66	0.66
5010	40.48	40.49	42.71	42.74	0.8	50.44	0.29
4980	40.48	40.85	42.46	42.64	1.86	21.8	1
4950	40.48	40.14	41.83	42.02	1.95	20.79	1.02
4920	40.48	40.1	41.24	41.43	1.93	20.98	1.02
4890	40.48	39.71	40.65	40.84	1.91	21.19	1.01
4860	40.48	39.27	40.44	40.48	0.88	46.05	0.31
4830	40.48	38.79	40.44	40.46	0.55	73.99	0.15
4800	40.48	38.68	40.43	40.45	0.66	61.08	0.21
4770	40.48	38.22	40.36	40.41	1.02	39.84	0.43
4740	40.48	38.47	40.22	40.3	1.26	32.2	0.55
4710	40.48	38.05	40.07	40.16	1.36	29.68	0.55
4680	40.48	37.81	40.01	40.06	1.02	39.61	0.39
4650	40.48	37.88	39.95	40	0.96	42.01	0.38
4620	40.48	37.6	39.87	39.92	1.03	39.16	0.43

Pour les tableaux des résultats de simulations des autres tronçons voir l'annexe.

**Conclusion :**

Dans ce chapitre, on a décrit l'état actuel d'oued OUCHAIAH sur une longueur de 6 Km et sa capacité d'évacuation d'une crue centennale.

Les résultats de la simulation conduisent à dire que la capacité du cours d'eau est insuffisante pour permettre le passage de la crue pareille, ce qui est justifié par les débordements observés le long de l'oued surtout dans la partie aval caractérisé par une pente très faible et l'irrégularité du cours d'eau.

Devant les conclusions tirées à partir de ce chapitre, un aménagement du cours d'eau est nécessaire pour la protection contre les inondations et des dégâts qu'elles peuvent causer.

**Introduction :**

L'aménagement d'oued OUCHAIAH est une opération prioritaire suite aux résultats présentés dans les chapitres précédents, où l'état actuel du cours d'eau a été mis en évidence.

L'aménagement d'un cours d'eau est une mesure qui vise l'augmentation de sa capacité à faire passer le débit de crues déterminé sans danger avec :

- Elimination des obstacles à l'écoulement ;
- Agrandissement de la section (endiguement, élargissement..) ;
- Augmentation de la capacité d'évacuation (augmentation de la pente) ;
- Augmentation de la stabilité du lit de l'oued et les berges ;

Dans ce chapitre, différentes variantes d'aménagements seront exposées pour rétablir les disfonctionnements observés au niveau du cours d'eau dont l'objectif est de protéger les régions traversées par l'oued contre un événement centennal.

**V.1. Les variantes :**

Dans cette étude, deux variantes seront proposées pour l'aménagement du cours d'eau. La première consiste à une évacuation rapides des eaux de la crue en projetant des canaux soit en béton armé ou juste recalibrer l'oued en canal à double trapèze, et la deuxième variante correspond à la conception d'un bassin de retenu qui permet de diminuer le débit de pointe en aval du cours d'eau.

Un calcul hydraulique de chaque variante sera fait en vérifiant l'état d'écoulement par une simulation avec HEC-RAS pour chaque tronçon du cours d'eau, de suite une étude technico-économique sera établie pour la sélection de la meilleure variante à adopter.

**V.2. Condition global et contraintes d'aménagement :**

Relativement à la grande densité urbaine au champ périphérique de oued ouchaiah (tronçons à aménager) et vue la grande irrégularité de l'oued une série d'aménagement conventionnellement connu (gabionnage et canaux a ciel ouvert) seront éliminer a l'amont de la proposition des variantes, d'où le type à adopter c'est des canaux ferme.

Un collecteur de décharge (DN 3000) a était mis en place au niveau de la confluence oued Abki et Romana qui prendra en charge 75% du SB1+SB2 qu'on définira et vérifie ces paramètres hydraulique relative à son bon fonctionnement.

**V.3. Les données de débits :**

Pour les données de débit, on utilise directement les résultats obtenus à partir de la formule empirique de Turazza dans le chapitre étude hydrologique ( Formule III.24).

Tableau V.1 : Débit de crue des différents tronçons.

N°	Tronçon	Débit (m <sup>3</sup> /s)
Q <sub>c.decharge</sub>	Collecteur de décharge au niveau de la confluence d'Abki et Romana 75% du débit des (SB1+SB2)	27
Tr4-Q <sub>1</sub>	Lotissement Michel (Confluence avec le collecteur El Ain) - sortie sud du Tunnel (Confluence avec le collecteur Ben Omar)	21.94
Tr3-Q <sub>2</sub>	sortie sud du Tunnel (Confluence avec le collecteur Ben Omar) –Rue A	27.45
Tr2-Q <sub>3</sub>	Rue A - Rue Bendala	31.33
Tr1-Q <sub>4</sub>	Rue Bendala- rejet à l'oued El-Harrach (Avenue Tripoli)	31.33

**V.4.Tracé et calcul hydraulique du collecteur de décharge :**

Le tracé du collecteur de décharge prend en charge l'eau pluviale des deux sous bassins versant Oued ABKI et Oued ROMANA, et posée en parallèle de la rocade sud jusqu'à l'exutoire de L'oued Ouchaiah (l'intersection de la rocade sud avec la route nationale n°38).

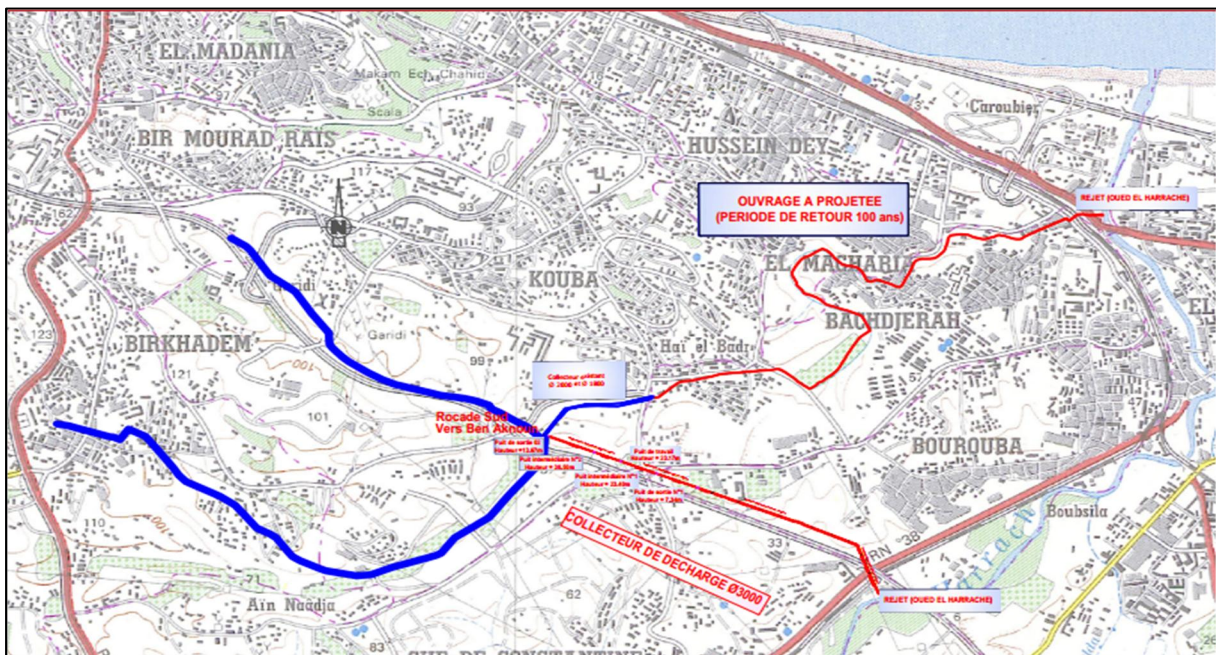


Figure V.1 : Tracé du collecteur de décharge

**V.4.1.Le coefficient de rugosité :**

La valeur du coefficient de Strickler lorsqu'il s'agit d'un canal en béton et de ( $K_s=70m^{1/3}/s$ ). Est donc on prend ( $n=0.013 s/m^{1/3}$ ) (Degoutte. 2006).

**V.4.2.Vérification du dimensionnement :**

- ✓ Les dimensions de la conduite : DN 3000 (Conduite circulaire en béton arme).
- ✓ Pente moyenne de l'ordre de (0.7%).
- ✓ Vérification au taux de remplissage optimal qui est de 75% relative a  $\Theta = 340^\circ$
- ✓ Débit disponible :  $36.75\text{m}^3/\text{s}$
- ✓ Vitesse au débit transporté qui est de  $27\text{m}^3/\text{s} : 3.82\text{ m/s}$ .

D'où le collecteur est bien dimensionné.

**V.5. Dimensionnement du tronçon 4 :**

La première variante proposée pour ce tronçon consiste à projeter un canal rectangulaire de type dalot préfabriqué en béton. Les dimensions de ce canal sont calculées à l'aide de la formule de Manning-Strickler.

**Choix des paramètres de dimensionnement :****V.5.1.1.La pente du projet :**

Le choix de la pente du projet relève d'une grande importance avant de procéder au calcul hydraulique. On constate que les pentes dans ce tronçon sont très faibles d'où on va fixer une pente moyenne de l'ordre de (0.69%).

**V.5.1.2.Le coefficient de rugosité :**

La valeur du coefficient de Strickler lorsqu'il s'agit d'un canal en béton et de ( $K_s=50\text{m}^{1/3}/\text{s}$ ). Est donc on prend ( $n=0.020\text{ s/m}^{1/3}$ ).

**V.5.1.3.Dimensionnement :**

Les dimensions du Dalot sont :

- ✓ Largeur du fond :  $b = 2.5\text{m}$  ;
- ✓ Fruit de talus :  $m = 0$  ; (Rectangle type Dalot)
- ✓ Hauteur :  $h = 2.2\text{m}$  ;

**V.5.1.4.Marge de sécurité dans les canaux :**

Dans les canaux à surface libre, une perte de charge non prévue provoque une élévation de la surface libre et un risque de débordement.

C'est pourquoi il faut toujours prévoir une marge de sécurité au-dessus de la ligne d'eau calculée afin de tenir compte de l'accumulation de dépôt solide, de croissance de la végétation, des vagues provoquées par le vent,...etc.

La marge de sécurité oscille, généralement, entre 0,30m pour les petits canaux, et 60 à 1.20 m pour les grands canaux. Il est donc indispensable de tenir compte de toutes les circonstances qui peuvent conduire à modifier ces indications. (LENCASTRE, 2008)

Pour le dimensionnement du canal, la marge de sécurité prise est de 0.3m car on est aussi en canal ferme.

V.5.1.5. Les paramètres d'écoulement :

Le calcul des paramètres d'écoulement sera effectué à l'aide du logiciel HEC-RAS et les résultats de calcul se résument dans le tableau suivant :

Tableau V.2 : Paramètres d'écoulement de la variante (C.Décharge + Dalot)

station	Q Total (m3/s)	Fond du canal (m)	Plan d'eau (m)	énergie (m)	vitesse (m/s)	Froude
5370	21.94	45	46.21	46.33	1.93	0.88
5340	21.94	43.82	45.82	45.9	1.2	0.74
5310	21.94	44.32	45.51	45.57	1.14	0.73
5280	21.94	43.66	45.17	45.24	1.13	0.77
5250	21.94	43.01	44.59	44.72	1.61	1.09
5220	21.94	42.36	44.13	44.21	1.24	0.55
5190	21.94	41.74	44.06	44.11	0.97	0.39
5160	21.94	41.63	43.93	44.01	1.22	0.51
5130	21.94	41.53	43.87	43.91	0.81	0.37
5100	21.94	41.23	43.64	43.76	1.53	1.01
5070	21.94	41.22	43.29	43.36	1.13	0.66
5040	21.94	41	43	43.07	1.21	0.73
5010	21.94	40.49	42.69	42.77	1.19	0.71
4980	21.94	40.85	42.36	42.45	1.32	0.76
4950	21.94	40.14	41.89	42.02	1.59	1.03

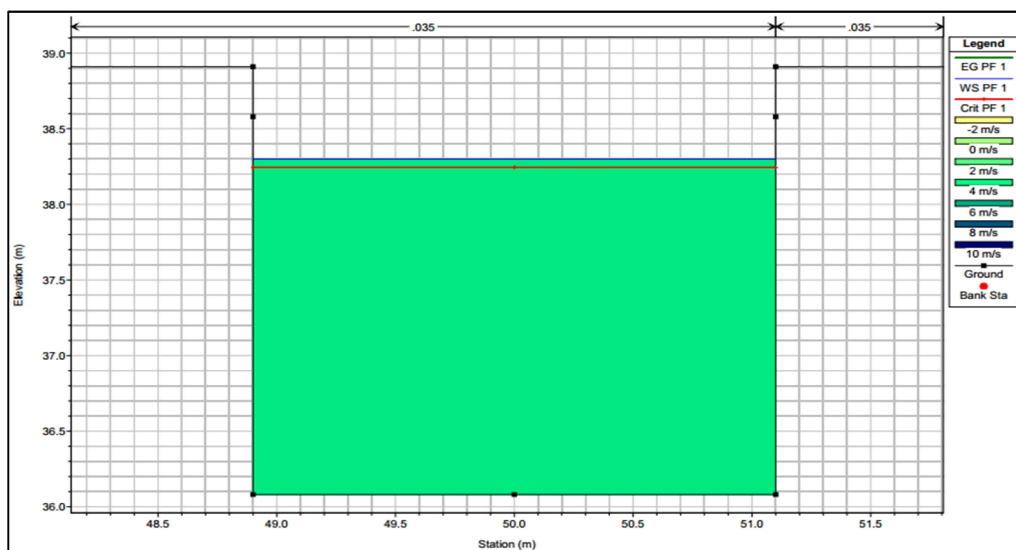


Figure V.2 : Section transversal du tronçon 4 (Dalot en béton).



**V.5.1.6. Estimation de coût de la variante (C.décharge + Dalot) :**

A partir des quantités des terrassements et des volumes du béton calculés par HEC-RAS, l'estimation du cout de la variante est comme suit :

**Tableau V.3 :** Devis de la variante (canal type en béton) (référence des prix : APD).

Désignation des travaux		Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Terrassement	déblai	M <sup>3</sup>	58385.80	400.00	23354320.00
	remblai	M <sup>3</sup>	23635.45	600.00	14181270.00
Béton		ML	1860.81	53000.00	98622930.00
Total					136158520.00

**V.5.2. Variante (Collecteur de décharge + Canal trapézoïdale ferme) :**

La deuxième variante proposée pour ce tronçon consiste à projeter un canal trapézoïdal ferme en béton. Les dimensions de ce canal sont calculées à l'aide de la formule de Manning-Strickler.

**Choix des paramètres de dimensionnement :****V.5.2.1. La pente du projet :**

Le choix de la pente du projet relève d'une grande importance avant de procéder au calcul hydraulique. On constate que les pentes dans ce tronçon sont très faibles d'où on va fixer une pente moyenne de l'ordre de (0.69%).

**V.5.2.2. Le coefficient de rugosité :**

La valeur du coefficient de Strickler lorsqu'il s'agit d'un canal en béton et de ( $K_s=50m^{1/3}/s$ ). Est donc on prend ( $n=0.020 s/m^{1/3}$ ) (Degoutte. 2006).

**V.5.2.3. Dimensionnement :**

Les dimensions du Dalot sont :

- ✓ Largeur du fond :  $b = 2.1m$  ;
- ✓ Fruit de talus :  $m = 0.57$  ; (La section la plus avantageuse)
- ✓ Hauteur d'eau :  $h = 2.5m$  ;

**V.5.2.4. Les paramètres d'écoulement :**

Le calcul des paramètres d'écoulement sera effectué à l'aide du logiciel HEC-RAS et les résultats de calcul se résument dans le tableau suivant :

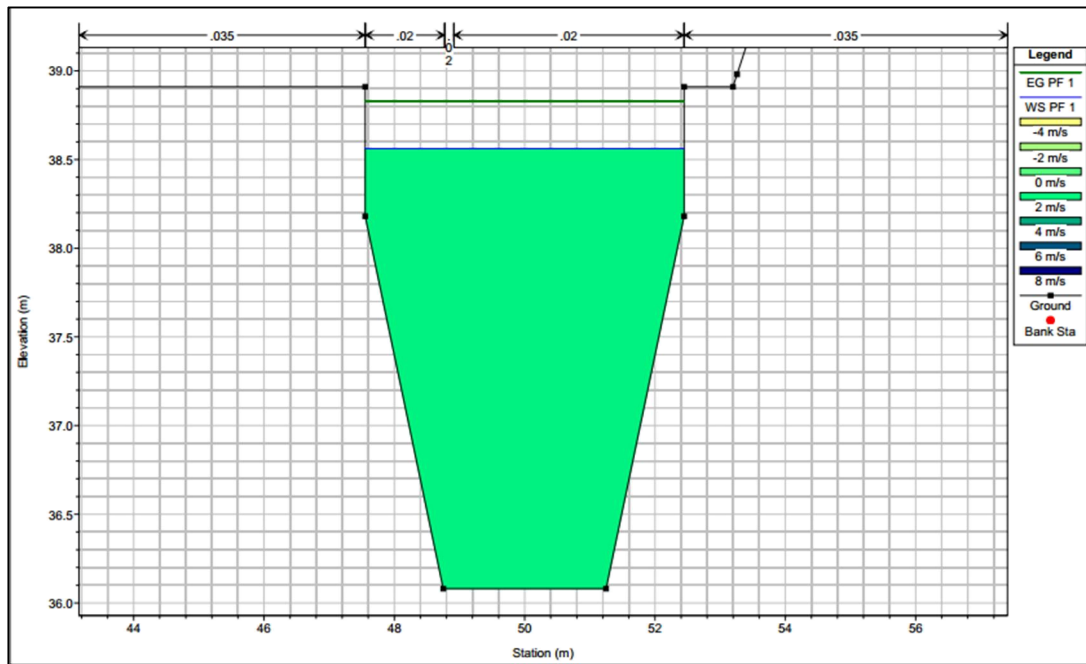


Figure V.3 : Section transversal du tronçon 4 (Canal trapézoïdale ferme en béton)

Tableau V.4 : Paramètres d'écoulement de la variante (C.décharge + Canal trapézoïdale ferme).

station	Q Total (m3/s)	Fond du canal (m)	Plan d'eau (m)	énergie (m)	vitesse (m/s)	Froude
5370	21.94	45	46.27	46.4	1.96	0.8
5340	21.94	43.82	45.73	45.85	1.51	1.04
5310	21.94	44.32	45.52	45.57	1.06	0.65
5280	21.94	43.66	45.12	45.21	1.35	1.01
5250	21.94	43.01	44.56	44.7	1.61	1.08
5220	21.94	42.36	43.8	44.02	2.04	1.02
5190	21.94	41.74	43.79	43.86	1.2	0.37
5160	21.94	41.63	43.7	43.81	1.47	0.54
5130	21.94	41.53	43.7	43.76	1.02	0.39
5100	21.94	41.23	43.08	43.65	3.34	0.89
5070	21.94	41.22	43.25	43.32	1.14	0.67
5040	21.94	41	42.94	43.03	1.32	0.81
5010	21.94	40.49	42.64	42.72	1.24	0.73
4980	21.94	40.85	42.33	42.42	1.35	0.77
4950	21.94	40.14	41.85	41.99	1.66	1.09

**V.5.2.5. Estimation de coût de la variante (C.décharge + Canal trapézoïdale ferme) :**

A partir des quantités des terrassements et des volumes du béton calculés par HEC-RAS, l'estimation du cout de la variante est comme suit :

**Tableau V.5 :** Devis de la variante (Canal trapézoïdale ferme en béton) (référence des prix : APD)..

Désignation des travaux		Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Terrassement	déblai	M <sup>3</sup>	61305.09	500.00	30652545.00
	remblai	M <sup>3</sup>	24817.22	700.00	17372054.00
Béton		ML	1860.81	58000.00	107926980.00
Total					155951579.00

**V.6. Dimensionnement du tronçon 3 :****V.6.1. Variante (Collecteur de décharge +galerie de type dalot) :**

La première variante proposée pour ce tronçon consiste à projeter un canal rectangulaire de type dalot préfabriqué en béton. Les dimensions de ce canal sont calculées à l'aide de la formule de Manning-Strickler.

**Choix des paramètres de dimensionnement****V.6.1.1. La pente du projet :**

Le choix de la pente du projet relève d'une grande importance avant de procéder au calcul hydraulique. On constate que les pentes dans ce tronçon sont très faibles d'où on va fixer une pente moyenne de l'ordre de (0.75%).

**V.6.1.2. Le coefficient de rugosité :**

La valeur du coefficient de Strickler lorsqu'il s'agit d'un canal en béton et de ( $K_s=50\text{m}^{1/3}/\text{s}$ ). Est donc on prend ( $n=0.020\text{ s/m}^{1/3}$ ) (Degoutte. 2006).

**V.6.1.3. Dimensionnement :**

Les dimensions du Dalot sont :

- ✓ Largeur du fond :  $b = 2.5\text{m}$  ;
- ✓ Fruit de talus :  $m = 0$  ; (Rectangle type Dalot)
- ✓ Hauteur :  $h = 2.5\text{m}$  ;

**V.6.1.4. Les paramètres d'écoulement :**

Le calcul des paramètres d'écoulement sera effectué à l'aide du logiciel HEC-RAS et les résultats de calcul se résument dans le tableau suivant :

Tableau V.6 : Paramètres d'écoulement de la variante (C.décharge + Dalot)

station	Q Total	Fond du canal	Plan d'eau	énergie	vitesse	Froude
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
3000	27.45	27.23	31.25	31.63	2.73	0.43
2970	27.45	27.18	30.84	31.3	3	0.5
2940	27.45	27.08	30.24	30.86	3.47	0.62
2910	27.45	26.13	29.98	30.4	2.85	0.46
2880	27.45	25.78	29.67	30.07	2.82	0.46
2850	27.45	25.46	29.35	29.76	2.82	0.46
2820	27.45	25.16	29.03	29.44	2.84	0.46
2790	27.45	25.07	28.57	29.07	3.13	0.53
2760	27.45	24.7	28.7	28.75	1.06	0.5
2730	27.45	24.75	27.85	28.49	3.55	0.64
2700	27.45	24.28	27.1	27.87	3.89	0.74
2670	27.45	23.94	27.24	27.38	1.64	0.58
2640	27.45	23.66	27.17	27.23	1.13	0.44
2610	27.45	23.23	27.07	27.12	1.02	0.47
2580	27.45	23.29	25.62	26.75	4.71	0.99

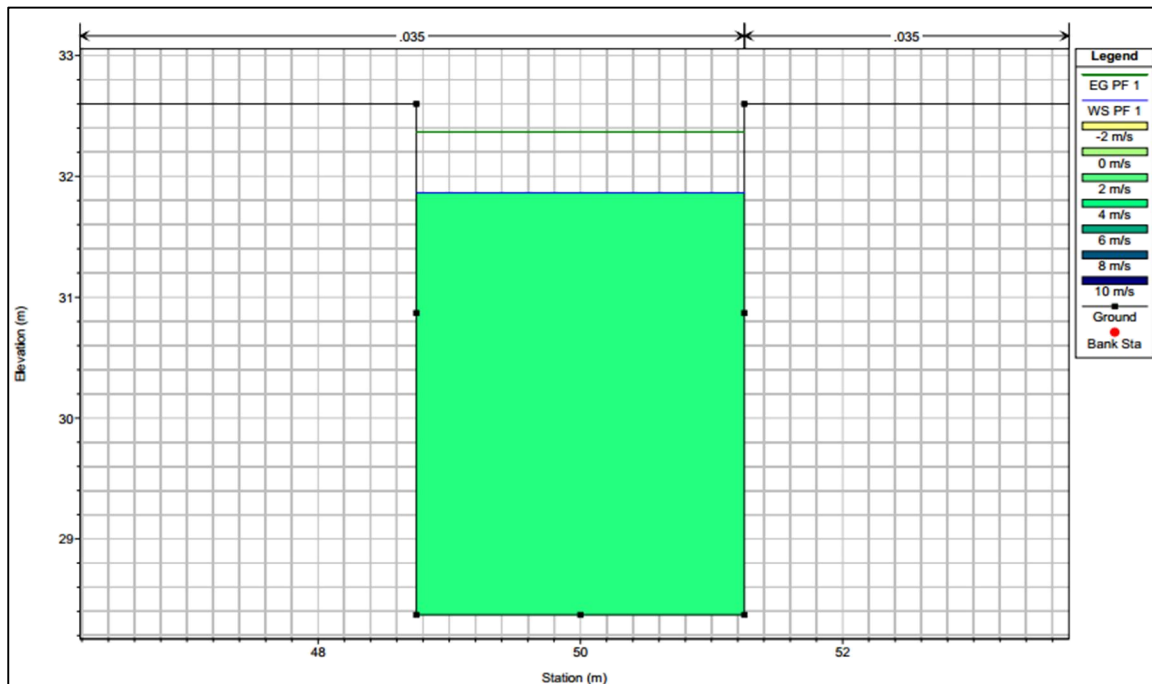


Figure V.4 : Section transversal du tronçon 3 (Dalot en béton)

**V.6.1.5. Estimation de coût de la variante (C.décharge + Dalot) :**

A partir des quantités des terrassements et des volumes du béton calculés par HEC-RAS, l'estimation du cout de la variante est comme suit :

**Tableau V.7 :** Devis de la variante (canal type en béton) (référence des prix : APD).

Désignation des travaux		Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Terrassement	déblai	M <sup>3</sup>	51087.57	400.00	20435028
	remblai	M <sup>3</sup>	20681.02	600.00	12408612
Béton		ML	1848.33	60000.00	110899800
Total					143743440

**V.6.2. Variante (Collecteur de décharge + Canal trapézoïdale ferme) :**

La deuxième variante proposée pour ce tronçon consiste à projeter un canal trapézoïdal ferme en béton. Les dimensions de ce canal sont calculées à l'aide de la formule de Manning-Strickler.

**Choix des paramètres de dimensionnement****V.6.2.1. La pente du projet :**

Le choix de la pente du projet relève d'une grande importance avant de procéder au calcul hydraulique. On constate que les pentes dans ce tronçon sont très faibles d'où on va fixer une pente moyenne de l'ordre de (0.75%).

**V.6.2.2. Le coefficient de rugosité :**

La valeur du coefficient de Strickler lorsqu'il s'agit d'un canal en béton et de ( $K_s=50\text{m}^{1/3}/\text{s}$ ). Est donc on prend ( $n=0.020\text{ s/m}^{1/3}$ ) (Degoutte. 2006).

**V.6.2.3. Dimensionnement :**

Les dimensions du Dalot sont :

- ✓ Largeur du fond :  $b = 2.3\text{m}$  ;
- ✓ Fruit de talus :  $m = 0.57$  ; (La section la plus avantageuse)
- ✓ Hauteur d'eau :  $h = 2.6\text{m}$  ;

**V.6.2.4. Les paramètres d'écoulement :**

Le calcul des paramètres d'écoulement sera effectué à l'aide du logiciel HEC-RAS et les résultats de calcul se résument dans le tableau suivant :

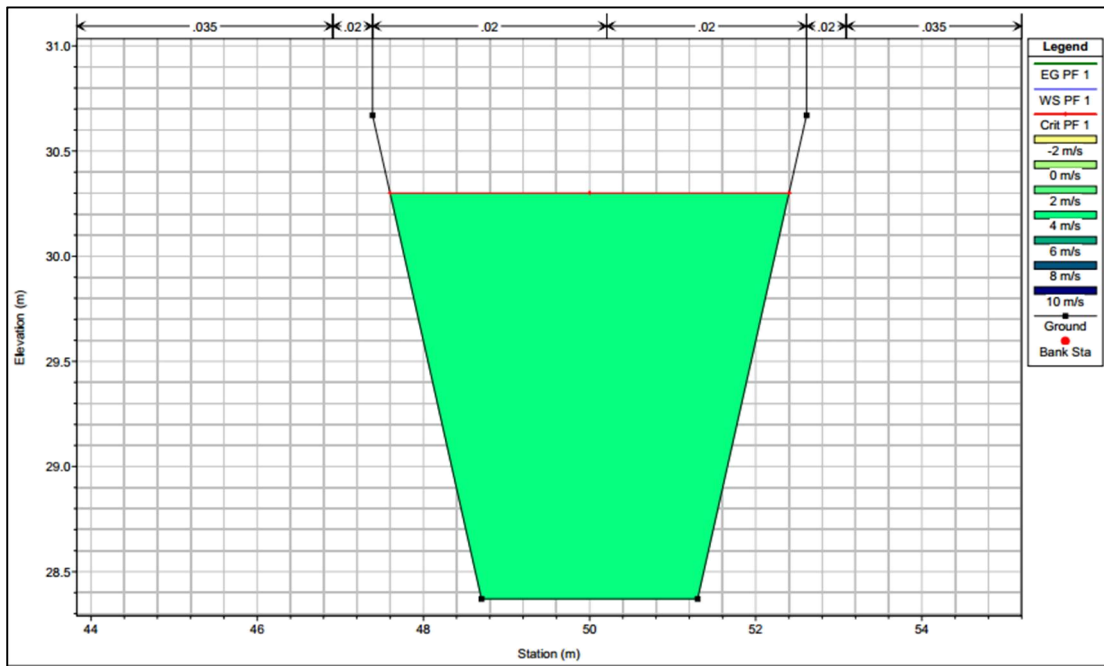


Figure V.5 : Section transversal du tronçon 3 (Canal trapézoïdale ferme en béton)

Tableau V.8 : Paramètres d'écoulement de la variante (C.décharge + Canal trapézoïdale ferme).

station	Q Total (m3/s)	Fond du canal (m)	Plan d'eau (m)	énergie (m)	vitesse (m/s)	Froude
3000	27.45	27.23	29.57	30.02	2.98	0.72
2970	27.45	27.18	29.4	29.92	3.21	0.79
2940	27.45	27.08	29.01	29.76	3.84	1.01
2910	27.45	26.13	28.06	28.81	3.84	1.01
2880	27.45	25.78	27.71	28.46	3.84	1.01
2850	27.45	25.46	27.39	28.14	3.84	1.01
2820	27.45	25.16	27.37	27.9	3.21	0.79
2790	27.45	25.07	27.09	27.76	3.62	0.93
2760	27.45	24.7	27.19	27.57	2.75	0.63
2730	27.45	24.75	26.68	27.43	3.84	1.01
2700	27.45	24.28	26.21	26.96	3.84	1.01
2670	27.45	23.94	25.87	26.62	3.84	1.01
2640	27.45	23.66	25.59	26.34	3.84	1.01
2610	27.45	23.23	25.74	26.11	2.73	0.63

**V.6.2.5. Estimation de coût de la variante (C.décharge + Canal trapézoïdale ferme) :**

A partir des quantités des terrassements et des volumes du béton calculés par HEC-RAS, l'estimation du cout de la variante est comme suit :

**Tableau V.9 :** Devis de la variante (Canal trapézoïdale ferme en béton) (référence des prix : APD). :

Désignation des travaux		Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Terrassement	déblai	M <sup>3</sup>	53641.94	500.00	26820970
	remblai	M <sup>3</sup>	21715.07	700.00	15200549
Béton		ML	1848.33	63000.00	116444790
Total					158466309

**V.7. Dimensionnement du tronçon 2 :****V.7.1. Variante (Collecteur de décharge +galerie de type dalot) :**

La première variante proposée pour ce tronçon consiste à projeter un canal rectangulaire de type dalot préfabriqué en béton. Les dimensions de ce canal sont calculées à l'aide de la formule de Manning-Strickler.

**Choix des paramètres de dimensionnement****V.7.1.1. La pente du projet :**

Le choix de la pente du projet relève d'une grande importance avant de procéder au calcul hydraulique. On constate que les pentes dans ce tronçon sont très faibles d'où on va fixer une pente moyenne de l'ordre de (0.69%).

**V.7.1.2. Le coefficient de rugosité :**

La valeur du coefficient de Strickler lorsqu'il s'agit d'un canal en béton et de ( $K_s=50m^{1/3}/s$ ). Est donc on prend ( $n=0.020 s/m^{1/3}$ ) (Degoutte. 2006).

**V.7.1.3. Dimensionnement :**

Les dimensions du Dalot sont :

- ✓ Largeur du fond :  $b = 2.8m$  ;
- ✓ Fruit de talus :  $m = 0$  ; (Rectangle type Dalot)
- ✓ Hauteur :  $h = 2.5m$  ;

**V.7.1.4. Les paramètres d'écoulement :**

Le calcul des paramètres d'écoulement sera effectué à l'aide du logiciel HEC-RAS et les résultats de calcul se résument dans le tableau suivant :

Tableau V.10 : Paramètres d'écoulement de la variante (C.décharge + Dalot)

station	Q Total	Fond du canal	Plan d'eau	énergie	vitesse	Froude
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
1290	31.33	15.58	19.22	19.7	3.07	0.51
1260	31.33	14.58	19.07	19.39	2.49	0.37
1230	31.33	14.44	18.85	19.17	2.54	0.39
1200	31.33	14.33	18.59	18.95	2.62	0.41
1170	31.33	14.12	18.35	18.52	1.81	1.06
1140	31.33	13.58	18.16	18.22	1.03	0.51
1110	31.33	13.59	18.01	18.07	1.14	0.51
1080	31.33	13.4	17.47	17.85	2.75	0.44
1050	31.33	13.12	17.21	17.59	2.74	0.43
1020	31.33	13.27	16.73	17.26	3.24	0.56
990	31.33	13.1	15.43	16.6	4.8	1
960	31.33	12.88	15.98	16.03	1.02	0.44
930	31.33	12.75	15.63	15.84	2.03	1.22
900	31.33	12.37	15.53	15.59	1.13	0.51
870	31.33	11.25	14.89	15.37	3.08	0.52

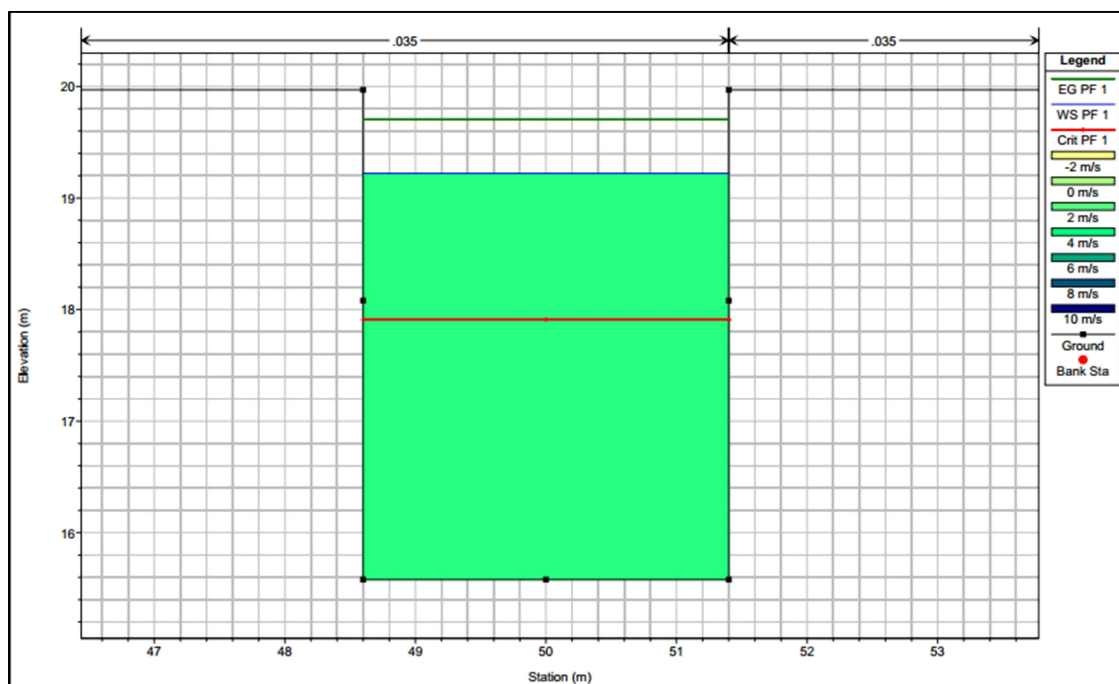




Figure V.6 : Section transversal du tronçon 2 (Dalot en béton)

**V.7.1.5. Estimation de coût de la variante (C.décharge + Dalot) :**

A partir des quantités des terrassements et des volumes du béton calculés par HEC-RAS, l'estimation du cout de la variante est comme suit :

**Tableau V.11** : Devis de la variante (canal type en béton) (référence des prix : APD).

Désignation des travaux		Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Terrassement	déblai	M <sup>3</sup>	36490.94	400.00	14596376.00
	remblai	M <sup>3</sup>	23635.42	600.00	14181252.00
Béton		ML	1653.31	65000.00	107465150.00
Total					136242778.00

**NB1** : le tronçon 1 est couvert par la même variante relative au tronçon 2 d'où on a un quantitative cumule au niveau du tableau.

**V.7.2. Variante (Collecteur de décharge + Canal trapézoïdale ferme) :**

La deuxième variante proposée pour ce tronçon consiste à projeter un canal trapézoïdal ferme en béton. Les dimensions de ce canal sont calculées à l'aide de la formule de Manning-Strickler.

**Choix des paramètres de dimensionnement****V.7.2.1. La pente du projet :**

Le choix de la pente du projet relève d'une grande importance avant de procéder au calcul hydraulique. On constate que les pentes dans ce tronçon sont très faibles d'où on va fixer une pente moyenne de l'ordre de (0.69%).

**V.7.2.2. Le coefficient de rugosité :**

La valeur du coefficient de Strickler lorsqu'il s'agit d'un canal en béton et de ( $K_s=50\text{m}^{1/3}/\text{s}$ ). Est donc on prend ( $n=0.020\text{ s/m}^{1/3}$ ) (Degoutte. 2006).

**V.7.2.3. Dimensionnement :**

Les dimensions du Dalot sont :

- ✓ Largeur du fond :  $b = 2.4\text{m}$  ;
- ✓ Fruit de talus :  $m = 0.57$  ; (La section la plus avantageuse)
- ✓ Hauteur d'eau :  $h = 2.8\text{m}$  ;

**V.7.2.4. Les paramètres d'écoulement :**

Le calcul des paramètres d'écoulement sera effectué à l'aide du logiciel HEC-RAS et les résultats de calcul se résument dans le tableau suivant :

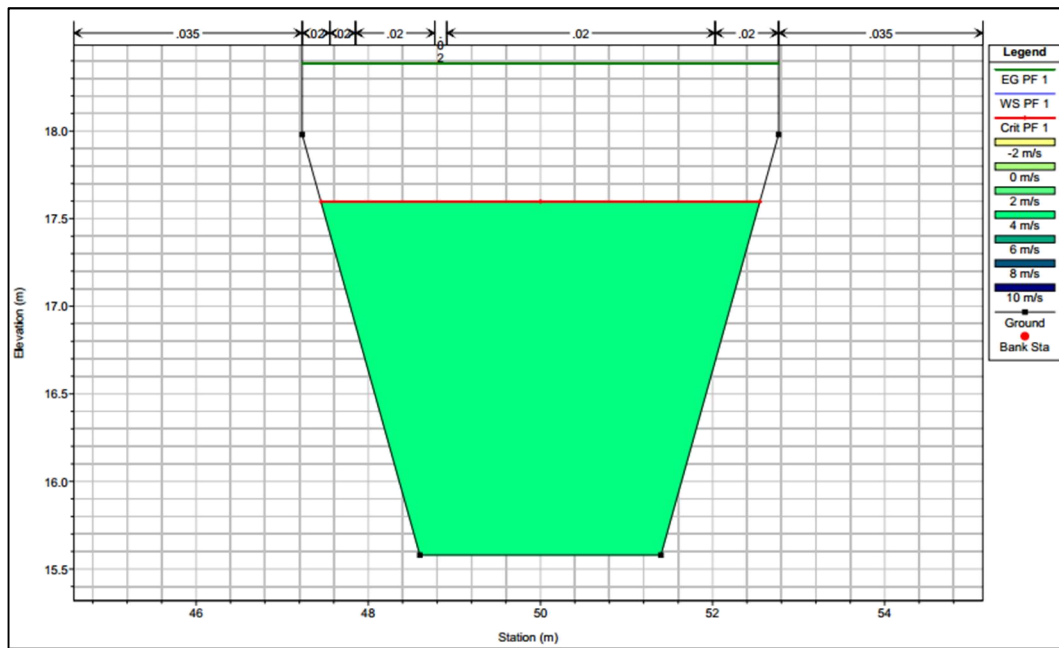


Figure V.7 : Section transversal du tronçon 2 (Canal trapézoïdale ferme en béton)

Tableau V.12 : Paramètres d'écoulement de la variante (C.décharge + Canal trapézoïdale ferme).

station	Q Total (m3/s)	Fond du canal (m)	Plan d'eau (m)	énergie (m)	vitesse (m/s)	Froude
1290	31.33	15.58	17.6	18.38	3.94	1.01
1260	31.33	14.58	16.81	17.42	3.45	0.85
1230	31.33	14.44	16.72	17.29	3.36	0.82
1200	31.33	14.33	16.35	17.13	3.94	1.01
1170	31.33	14.12	16.14	16.92	3.94	1.01
1140	31.33	13.58	16.11	16.55	2.92	0.67
1110	31.33	13.59	15.87	16.44	3.35	0.81
1080	31.33	13.4	15.84	16.32	3.07	0.72
1050	31.33	13.12	15.85	16.21	2.64	0.58
1020	31.33	13.27	15.29	16.07	3.92	1
990	31.33	13.1	15.13	15.9	3.91	1
960	31.33	12.88	15.1	15.71	3.47	0.85
930	31.33	12.75	14.77	15.56	3.94	1.01
900	31.33	12.37	14.39	15.18	3.94	1.01
870	31.33	11.25	14.06	14.1	0.87	0.3

**V.7.2.5. Estimation de coût de la variante (C. décharge + Canal trapézoïdale ferme) :**

A partir des quantités des terrassements et des volumes du béton calculés par HEC-RAS, l'estimation du coût de la variante est comme suit :

**Tableau V.13 :** Devis de la variante (Canal trapézoïdale ferme en béton) (référence des prix : APD)..

Désignation des travaux		Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Terrassement	déblai	M <sup>3</sup>	38315.67	500.00	19157835
	remblai	M <sup>3</sup>	24817.19	700.00	17372033
Béton		ML	1653.31	67000.00	110771770
Total					147301638

**NB 2 :** le tronçon 1 est couvert par la même variante relative au tronçon 2 d'où on a un quantitative cumule au niveau du tableau.

**V.7.2.6. Estimation global du coût de projet :**

**Tableau V.14 :** Estimation financière du projet.

Tronçon	Montant (DA)	
	Dalot en monolithe	Canal trapézoïdale
4	136158520.00	155951579.00
3	143743440.00	158466309.00
2+1	136242778.00	147301638.00
Total	416144738	461719526

**V.8. Choix de la variante d'aménagement :**

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

**V.8.1. Critères d'évaluation :**

- A. Efficacité hydraulique : correspond au potentiel d'amélioration de la capacité hydraulique que peuvent apporter les mesures.
- B. Difficultés de réalisation : correspond au degré de difficulté de la réalisation technique.
- C. Enjeux environnementaux : ce critère tient compte de l'utilisation du sol au voisinage (zone urbaine, agricole,...) et des déficits ou richesses environnementaux actuels.
- D. Durabilité : correspond à la durée de vie de l'aménagement.
- E. Entretien : correspond à l'ampleur et à la fréquence des entretiens nécessaires.
- F. Autres impacts : les autres impacts correspondent aux effets secondaires des aménagements dans leur environnement.

**G. Coût** : correspond à l'appréciation du coût de construction.

### V.8.2. La variante choisir:

A mentionner que le collecteur de décharge est intègre pour l'ensemble des variantes et cela pour diminuer le débit de pointe de 46 % et par conséquent diminue la section des ouvrages projet le long de l'oued ainsi que le risque d'inondation au niveau des zones vulnérable situées sur les tronçons de l'étude.

La variante utilisant des dalots consiste à faire un reprofilage permanent du cours d'eau, par la projection d'un canal rectangulaire fermé en béton. Donc, la difficulté de réalisation se résume dans le problème lié à l'occupation d'espace au profit de quelques habitations construites sur le lit de l'oued et sur les berges, et cette variante présente un série d'avantages relative au :

- Gain de terrassement
- Compactage latéral uniforme
- Couverture supérieure réduite
- Réalisation économique
- Facilité d'exploitation de l'ouvrage

La variante d'aménagement avec un canal trapézoïdale fermé consiste de même à faire un reprofilage permanent du cours d'eau, par la projection d'un canal en béton. Donc, ces difficultés de réalisation se résume dans les problèmes liés aux terrassements et ajustement des pentes de la section. Et vu l'absence de réalisation des grands ouvrages, les enjeux correspondants aux risques d'effondrement sont d'une faible fréquence.

Pour le côté financier, la réalisation du canal trapézoïdale va augmenter le coût du projet d'environ 45 millions de Dinar par rapport à la variante utilisant des Dalot fabriqués en monolithe.

### Conclusion

Après cette étude de ces deux variantes, et vu les contraintes de réalisation et budgétaire, la variante choisie pour l'aménagement de l'oued OUCHAIAH est celle des dalots préfabriqués en monolithe qui présente non seulement une forme géométrique adaptée selon la nature du site, mais aussi une vérification confirmée de point de vue stabilité, résistance, capacité hydraulique d'évacuation et coût de réalisation le plus économique.

Tableau V.15 : Les différents aménagements retenus.

Tronçon	Type d'ouvrage	Linéaire ml
Collecteur de décharge confluence de Abki et Romana – Intersection Rocard sud avec la RN38	Collecteur souterrain Voussoirs Béton Armé DN 3000	1 096.26
	Collecteur de surface Conduite en Béton Armé DN 3000	1 595.37
Tr 4 : Lotissement Michel (Confluence avec le collecteur El Ain) - sortie sud du Tunnel (Confluence avec le collecteur Ben Omar)	Galerie fermée type Dalot  B=2,2m  H=2,5m	1 860.81
Tr3 :Sortie sud du Tunnel (Confluence avec le collecteur Ben Omar) –Rue A	Galerie fermée type Dalot  B=2,5m  H=2,5m	1 848.33
Tr2 : Rue A - Rue Bendala  Tr1 : Rue Bendala- rejet à l'oued El-Harrach (Avenue Tripoli)	Galerie fermée type Dalot  B=2,8m  H=2,5m	1 213.72  439.59

**Conclusion :**

Au cours de ce chapitre, deux variantes d'aménagement ont été proposées pour la protection des zones urbaines d'oued OUCHAIAH contre les inondations. Ensuite, une étude technique et économique a été élaborée pour choisir la plus favorable.

L'aménagement proposé se résume à une variante utilisant des dalots pour l'évacuation des eaux pluviales, Cette variante vise principalement à couvrir d'une manière totale tout la zone d'oued Ouchaiah en vue d'épargner la vie de la population qui réside de part et d'autre de l'oued Ouchaiah et remédier d'une manière définitive au problèmes d'inondation qui ne cessent de surgir à chaque retour de la période pluvieuse.

**Introduction :**

L'organisation de chantier consiste à déterminer et à coordonner la mise en œuvre des moins nécessaires pour accomplir dans les meilleures conditions de sécurité et d'enchaînement économique des travaux. Ces derniers sont les opérations concourantes à la construction, réparation, entretien ou la démolition d'un édifice de nature hydraulique ou génie civil.

Afin d'atteindre cet objectif, il est impératif de :

- Définir avec précision les méthodes d'exécution, les modes opératoires permettant la mise en pratique des techniques modernes de construction avec un haut rendement ;
- Arrêter en nombre et en qualité le personnel à employer, le coût de la main d'œuvre ayant une incidence importante sur le prix de revient ;
- Répartir et coordonner les tâches par la concentration d'une main d'œuvre spécialisée ;

**VI.1. Devis quantitatif et estimatif du projet :**

Les prix des différentes tâches à exécutées inclus :

Déblais :

Ce prix rémunère au mètre cube le déblai en terrain meuble pour différentes profondeurs (selon profil en long) et le Transport des terres excédentaires à la décharge publique, y compris toutes sujétions de bonne exécution.

Remblais :

Ce prix rémunère au mètre cube la mise en place du Remblai le long de l'oued, y compris toutes sujétions de bonne exécution ( Compactage , Arrosage ;etc..).

Béton de propreté :

Ce prix rémunéré au mètre cube la mise en place du béton de propreté N°1 dosé à 150 kg/m<sup>3</sup> de ciment CPA325.

Béton armé :

Ce prix rémunéré au mètre cube la mise en place du béton N°3 dosé à 350 kg/m<sup>3</sup> de ciment CPA325 (longrines et radier).

**VI.2. Indication sur la qualité et type d'ouvrage à mettre en place Monolithe coulé en place :**

Cet ouvrage appelé Dalot est constitué par des éléments préfabriqués de 3.00 m de longueur, liaisonnés par du béton coulé en place et assurant ainsi la stabilité de l'ensemble.

**Monolithe coulée en place :**

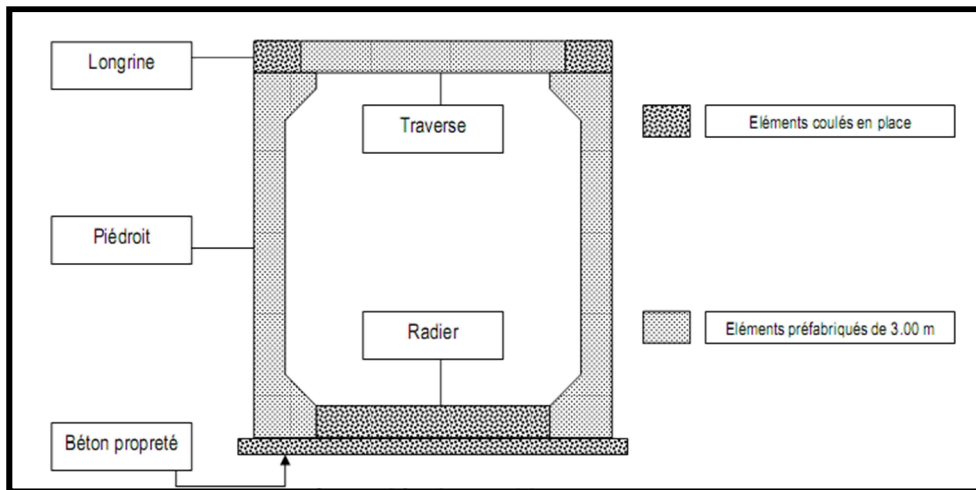


Figure VI.1 : Plan des éléments constitutifs d'un dalot

**Coupe type :**

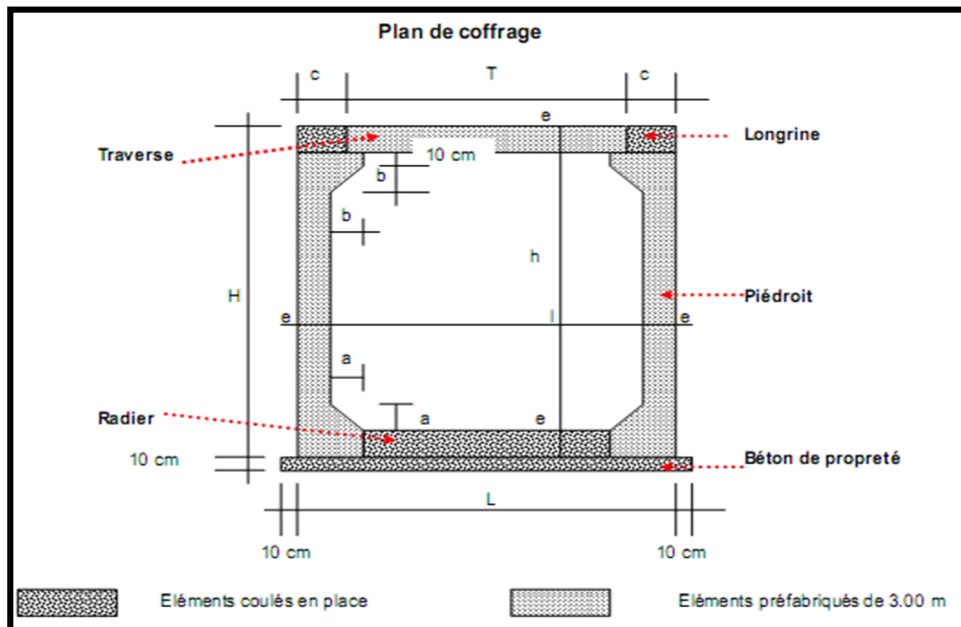


Figure VI.2 : Coupe transversal sur un dalot

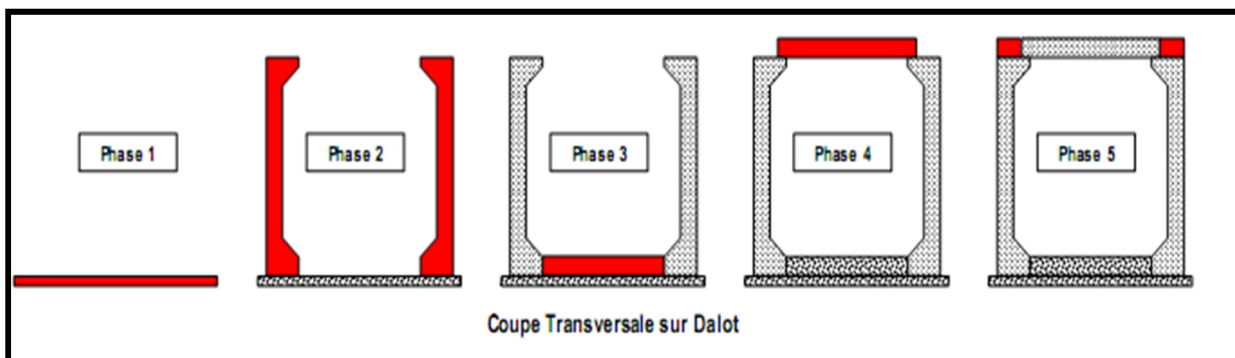


Figure VI.3 : Etapes méthodologique pour la construction d'un dalot



**Tableau VI** : Devis quantitatif et estimatif du projet (référence des prix : APD)..

N°	Désignation Des Travaux	U	Quantité	Prix /U (Da)	Montant (Da)
<b>Tronçon 1 + 2</b>					
<b>Terrassement</b>					
1	Déblais en terrain de toute nature	m <sup>3</sup>	58385.80	400.00	23354320.00
2	Remblais compacté	m <sup>3</sup>	23635.45	600.00	14181270.00
<b>Géni civil</b>					
3	Béton de propreté N°1 dosé à 150 kg/m3 de ciment CPA325 sur une épaisseur de 10 cm au-dessous de la génératrice inférieur du dalot	m <sup>3</sup>	19538.95	6000.00	117233700.00
4	Fourniture, transport et pose de piédroits de 2.5 x 3 x 0.3 m	U	552	40000.00	22080000.00
5	Béton armé N°3 dosé à 350 kg/m3 de ciment CPA325 pour radier coulées en place y compris toutes sujétions	m <sup>3</sup>	990.9	30000.00	29727000.00
6	Fourniture, transport et pose de traverses de 2.8 x 3 m	U	552	26666.67	14720001.84
7	Béton armé N°3 dosé à 350 kg/m3 de ciment CPA325 pour longrines coulées en place y compris toutes sujétions	m <sup>3</sup>	161.25	30000.00	4837500.00
8	Regards de visite (Voir planche)	U	11	80000.00	880000.00
<b>TOTAL 1</b>					227013791.8
<b>Tronçon 3</b>					
<b>Terrassement</b>					
1	Déblais en terrain de toute nature	m <sup>3</sup>	51087.57	400.00	20435028.00
2	Remblais compacté	m <sup>3</sup>	20681.02	600.00	12408612.00
<b>Géni civil</b>					
3	Béton de propreté N°1 dosé à 150 kg/m3 de ciment CPA325 sur une épaisseur de 10 cm au-dessous de la génératrice inférieur du dalot	m <sup>3</sup>	27354.53	6000.00	164127180.00
4	Fourniture, transport et pose de piédroits de 2.5 x 3 x 0.3 m	U	616	35000.00	21560000.00
5	Béton armé N°3 dosé à 350 kg/m3 de ciment CPA325 pour radier coulées en place y compris toutes sujétions	m <sup>3</sup>	1387.26	30000.00	41617800.00
6	Fourniture, transport et pose de traverses de 2.8 x 3 m	U	616	23333.33	14373331.28

7	Béton armé N°3 dosé à 350 kg/m <sup>3</sup> de ciment CPA325 pour longrines coulées en place y compris toutes sujétions	m <sup>3</sup>	225.75	30000.00	6772500.00
8	Regards de visite	U	16	80000.00	1280000
<b>TOTAL 2</b>					282574451.3
<b>Tronçon 4</b>					
<b>Terrassement</b>					
1	Déblais en terrain de toute nature	m <sup>3</sup>	36490.94	400.00	14596376.00
2	Remblais compacté	m <sup>3</sup>	23635.42	600.00	14181252.00
<b>Géni civil</b>					
3	Béton de propreté N°1 dosé à 150 kg/m <sup>3</sup> de ciment CPA325 sur une épaisseur de 10 cm au-dessous de la génératrice inférieur du dalot	m <sup>3</sup>	31262.32	6000.00	187573920.00
4	Fourniture, transport et pose de piédroits de 2.5 x 3 x 0.3 m	U	620	26666.5	16533230.00
5	Béton armé N°3 dosé à 350 kg/m <sup>3</sup> de ciment CPA325 pour radier coulées en place y compris toutes sujétions	m <sup>3</sup>	1585.44	30000.00	47563200.00
6	Fourniture, transport et pose de traverses de 2.8 x 3 m	U	620	17777.67	11022155.40
7	Béton armé N°3 dosé à 350 kg/m <sup>3</sup> de ciment CPA325 pour longrines coulées en place y compris toutes sujétions	m <sup>3</sup>	258	30000.00	7740000.00
8	Regards de visite	U	18	80000.00	1440000.00
<b>TOTAL 3</b>					300650133.4
<b>TOTAL</b>					810238376.5

Donc le devis du projet est estimé à : Huit cent dix millions deux cent trente-huit mille trois cent soixante-seize Dinars et cinq centimes

### **VI.3.Installations du chantier :**

#### **VI.3.1. Installations destinées au personnel :**

Ce sont généralement les dortoirs, vestiaires, réfectoires, installations sanitaires et les bureaux de chantier.

#### **VI.3.2.Installations destinées au stockage des matériaux :**

Pour les ciments nous utilisons soit des silos, soit des baraquements en bois ou en métal, les agrégats sont stockés en plein air, seulement il est nécessaire de prévoir un

cloisonnement entre les différents types d'agrégats pour éviter leur mélange et de ce fait faciliter le dosage du béton.

Les aciers doivent être stockés dans des endroits loin de la forte humidité (Baraquements, hangars...).

### **VI.3.3. Installations destinées à la réparation des engins :**

Les grosses réparations ne se font généralement pas sur le chantier lui-même, mais il importe de disposer d'un atelier suffisamment bien équipé pour assurer l'entretien courant et les réparations d'urgence des différents matériels.

### **VI.3.4. La préfabrication :**

Ce sont généralement des hangars munis de matériel nécessaire permettant la réalisation des éléments de l'ouvrage.

## **VI.4. Succession des opérations du chantier :**

### **VI.4.1. Travaux préparatoires :**

- Aménagement des pistes de circulation des engins et des aires de stockage de matériaux de construction;
- L'abattage des arbres.
- La démolition et / ou le démontage des constructions et / ou clôtures.

### **VI.4.2. Exécution de l'ouvrage :**

Ils consistent essentiellement en :

- 1) Le piquetage d'implantation pour le terrassement.
- 2) l'exécution des déblais et des remblais.
- 3) Exécution de la couche du gravier  $e = 10$  cm.
- 4) Exécution de la couche du béton de propreté  $d = 10$  cm.
- 5) Exécution de béton armé :
  - Pour les canaux trapézoïdaux  $e = 15$  cm.

### **VI.4.3. Technologie des principaux travaux :**

Il faut prévoir une route d'accès à tous les ouvrages pendant la construction, les engins utilisés sont :

- Pour l'exécution des déblais et des remblais : des bulldozers ;
- Pour l'extraction des alluvions : des pelles rétro ;
- Pour le transport des terres : des camions à benne ;
- Pour les travaux de finition (régalage et compactage) : des niveleuses et des compacteurs ;

#### VI.4.4. La Planification :

C'est sans doute l'opération la plus importante du processus de réalisation d'un projet. Elle intervient en tout début de la réalisation du projet et conditionne la qualité du résultat final.

Ses finalités sont :

- pour l'équipe de projet, de traduire une stratégie de projet en logique de déroulement, formalisée sous forme de tâches à réaliser dans un ordre précis (ordonnancement) ;
- pour le chef de projet, identifier, décrire finement et distribuer tout le travail à produire et construire son support de pilotage opérationnel par les délais,

C'est une méthode dont dispose le cadre 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.

L'opération d'analyse des tâches est considérée comme la plus importante dans la planification, elle se fait en deux grandes phases :

- une première exclusivement dédiée au recensement des tâches et de leurs relations d'enchaînement dont il sort le premier **réseau logique**,
- une seconde consacrée à la vérification du réseau et au renseignement des informations relatives aux tâches.

##### VI.4.4.1. Techniques de planification :

Il existe deux principales méthodes de planification à savoir :

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

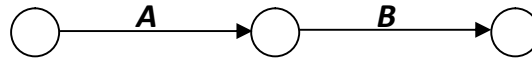
#### VI.5. Méthodes basées sur le réseau :

##### VI.5.1. Définition du 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 :

##### 1. Réseau à flèches :

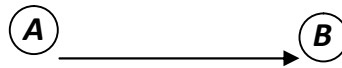
L'opération est représentée par une flèche et la succession des opérations par des nœuds.



L'opération A précède l'opération B

## 2. Réseau à nœuds :

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



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

### VI.5.2. Construction du réseau :

Pour construire un réseau, il convient d'effectuer les six (6) opérations suivantes :

#### a. Etablissement d'une liste des tâches :

Il s'agit dans cette première phase de procéder à un inventaire très précis et détaillé de toutes les opérations indispensables à la réalisation d'un projet.

#### b. Détermination des tâches antérieures :

Après avoir dressé la liste des tâches à effectuer, il n'est pas toujours facile de construire un réseau car il n'est pas aisé de dire si les tâches antérieures doivent être successives ou convergentes.

#### c. Construction des graphes partiels.

#### d. Regroupement des graphes partiels.

#### e. Détermination des tâches de début de l'ouvrage et de fin de l'ouvrage.

#### f. Construction du réseau.

### VI.6. Méthodes basées sur le graphique :

#### VI.6.1. Méthode linéaire (ligne of balance technic) :

Cette méthode est destinée à la planification des projets de construction dont les travaux sont répétitifs.

#### VI.6.2. Méthode à barres :

Cette technique consiste à déterminer deux réseaux et un diagramme à barres (plan de travail).

#### VI.6.3. Les étapes de la planification :

La planification est le processus de la ligne de conduite des travaux à réaliser, elle comprend des étapes suivantes :

✓ **Collection des informations :** L'établissement d'une synthèse d'analyse des informations acquises par des études comparatives permet l'usage correct du plan de réalisation du projet.

✓ **Décomposition du projet :** C'est une partie importante car chaque projet peut être analysé de diverses manières. Nous attribuons à chaque tâche un responsable et ses besoins en matériels.

✓ **Relations entre les tâches :** Il existe deux relations essentielles entre les tâches lors de la réalisation. L'une porte sur un enchaînement logique et l'autre sur un enchaînement préférentiel.

#### VI.6.4. Estimation des durées :

L'estimation de la durée des tâches ne se fait que lorsque les tâches ont été analysées. L'opération d'estimation des durées a un impact important sur la qualité du planning final et elle doit être conduite dans le respect de principes rigoureux.

Au préalable, il faut faire admettre les hypothèses suivantes qui simplifient l'estimation :

Toutes les tâches se réaliseront, dans des conditions normales;

Cette hypothèse consiste à estimer les durées des tâches sans présupposer une quelconque "criticité" ou pression particulière sur les délais. Ce sont les conditions habituelles de travail qui doivent servir d'étalon à l'estimation des durées. Cela suppose aussi que chaque durée de tâche est estimée sans qu'on se soucie de toutes les perturbations imaginables qui pourraient en déranger le bon déroulement. Par contre, "conditions normales" veut bien dire que l'environnement dans lequel la tâche se déroulera de façon tout-à-fait prévisible est bien pris en compte.

Chaque tâche se réalisera avec les moyens habituels ;

Cela signifie que la durée de la tâche est estimée sur la base des moyens habituellement affectés à ce type de tâche (qualité et quantité). Donc ne pas faire de supposition sur toute mise en œuvre de moyens exceptionnels que la criticité de la tâche pourrait justifier.

Les moyens nécessaires à l'ensemble des tâches sont infinis ;

Elle résulte tout simplement de la considération que chaque tâche est estimée en durée sans qu'on puisse à ce stade savoir si les moyens à y affecter seront indisponibles puisque déjà affectés à une autre tâche. Et par voie de conséquence, **supposer que chaque tâche disposera des moyens nécessaires** revient à considérer provisoirement qu'ils sont illimités.

#### VI.7.Choix de la méthode de calcul :

Le choix de la méthode de calcul repose essentiellement sur le type d'ouvrage construire. Il est préférable dans le cas où les opérations se suivent comme dans notre cas d'opter pour la méthode **C.P.M.**

**VI.7.1. Les paramètres de la méthode C.P.M :**

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

DCP	TR
DFP	DCPP
DFPP	MT

Avec :

**DCP** : date de commencement au plus tôt ;

**TR** : temps de réalisation ;

**DFP** : date de finition au plus tôt ;

**DCPP** : date de commencement au plus tard ;

**DFPP** : date de finition au plus tard ;

**MT** : marge totale ;

$$ET : \begin{cases} DFP = DCP + TR \\ DCPP = DFPP - TR \end{cases}$$

**VI.7.2. 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 :

$$C.C \Leftrightarrow \begin{cases} MT = 0 \\ \sum TR_{C.C} = D.T.P \end{cases}$$

**VI.7.3. Le diagramme de Gantt :**

Le diagramme de Gantt, couramment utilisé en gestion de projet, est l'un des outils les plus efficaces pour représenter visuellement l'état d'avancement des différentes activités (tâches) qui constituent un projet. 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 diagramme permet donc de visualiser d'un seul coup d'œil :

- Les différentes tâches à envisager
- La date de début et la date 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

En résumé, un diagramme de Gantt répertorie toutes les tâches à accomplir pour mener le projet à bien, et indique la date à laquelle ces tâches doivent être effectuées (le planning).

**VI.7.4.Elaboration du réseau selon la méthode CPM :**

La méthode du CPM est une méthode de planification, elle a pour objectif de réduire le temps et le coût de réalisation de projet et augmenter le rendement du travail. Pour la construction du réseau il faut d'abord établir les différentes tâches des travaux. Ces derniers sont reportés dans le tableau suivant :



Tableau. VI.2 : Elaboration d'un réseau selon la méthode CPM.

Les travaux	Opération	Durée
Installation de chantier	A	15 jours
Travaux de terrassements pour les tronçons 1 + 2	B	130 jours
Compactage dans les tronçons 1 + 2	C	40 jours
Lit de béton propreté pour les tronçons 1 + 2	D	60 jours
Pose de piédroits de 2.5 x 3 x 0.3 m (tronçons 1 + 2) avec le Le bétonnage du Radier	E	75 jours
Pose de traverses de 2.8 x 3 m (tronçons 1 + 2) avec Le bétonnage des longrines	F	65 jours
Mise en place des regards de visite (tronçons 1+2)	G	10 jours
Travaux de terrassements pour les tronçons 3	H	150 jours
Compactage dans les tronçons 3	I	50 jours
Lit de béton propreté pour les tronçons 3	J	40 Jours
Pose de piédroits de 2.5 x 3 x 0.3 m (tronçons 3) avec le Le bétonnage du Radier	K	55 Jours
Pose de traverses de 2.8 x 3 m (tronçons 3) avec Le bétonnage des longrines	S	70 Jours
Mise en place des regards de visite (tronçons 3)	L	70 Jours
Travaux de terrassements pour les tronçons 4	M	25 Jours
Compactage dans les tronçons 4	N	20 Jours
Lit de béton propreté pour les tronçons 4	O	30 Jours
Pose de piédroits de 2.5 x 3 x 0.3 m (tronçons 4) avec le Le bétonnage du Radier	P	120 Jours
Pose de traverses de 2.8 x 3 m (tronçons 4) avec Le bétonnage des longrines	Q	40 Jours
Mise en place des regards de visite (tronçons 4)	T	120 Jours
Travaux de finitions	R	15 jours



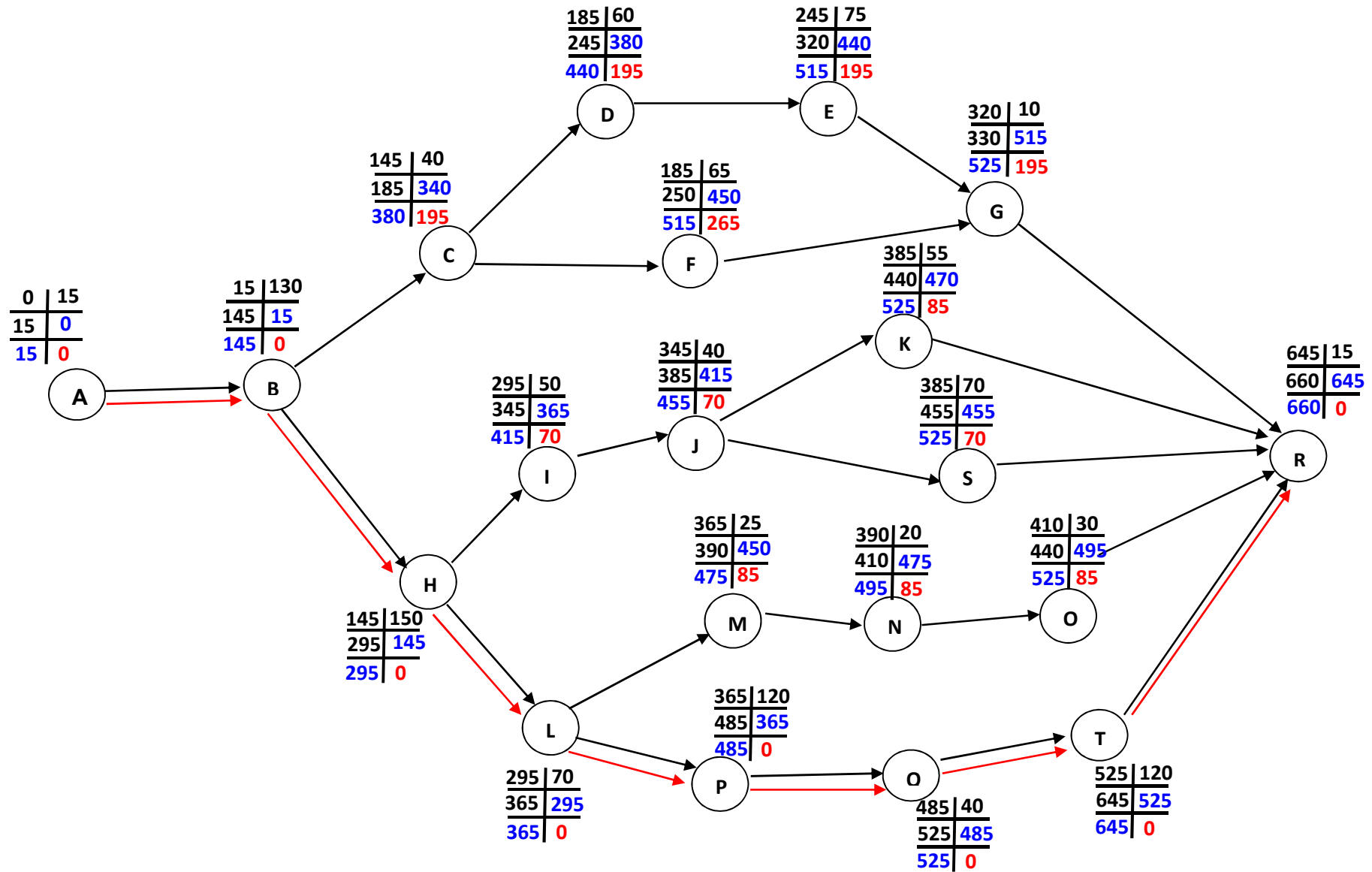


Figure VI.1 : Le réseau à nœud

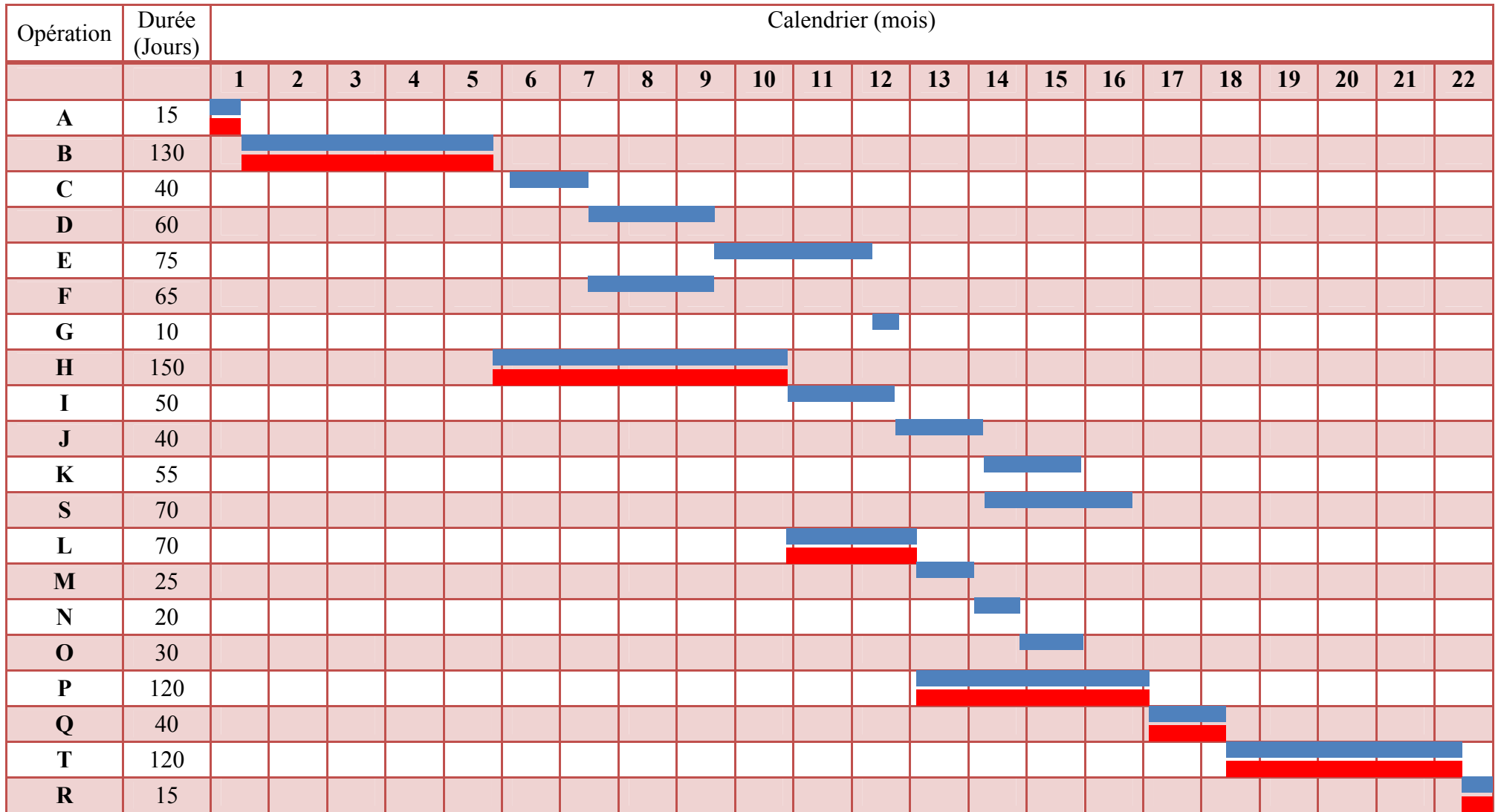


Figure VI.2 : Diagramme de GANTT

## Conclusion

L'exécution d'un projet se traduit par la mise en œuvre d'un ensemble d'activités réparties dans le temps. La réalisation de ses activités entraîne la mise à disposition de ressources matérielles, humaines et financières. La finalité étant de réaliser entièrement un projet bien déterminé dans des conditions bien définies de délai, de coût, de qualité et sécurité.

A la fin de ce chapitre, une étude globale sur le déroulement des travaux nécessaires à été élaboré pour permettre l'enchaînement le plus logique et économique des travaux d'aménagement d'oued El Hamiz, tout en assurant une utilisation rationnelle des ressources mises en œuvre (personnelles et matérielles).

Pour le coté financier, le montant total du projet à été estime à **810238376.5 DA** avec un délai d'exécution de 22 mois.

## **Introduction**

L'objectif sera donc de diminuer la fréquence et la gravité des accidents dans l'entreprise. Il existe pour cela un certain nombre de dispositifs, de consignes, de règlement dit de « sécurité ».

Il n'y a nul doute que l'une des conditions du développement est la protection du travailleur. La qualité de son travail et son rendement requiert une sécurité maximale. Si l'on ne peut, au stade actuel du développement de l'Algérie, assurer un niveau de vie optimum à tous les citoyens, on peut, par contre essayer de prodiguer à tous ses aspects (sociale, culturelle, économique et physique).

Nul ne peut nier l'importance des problèmes soulevés. Toutefois il semble que les approches développées sur les risques professionnels ne font pas suffisamment ressortir la liaison avec les conditions de travail. Or ce sont bien, celles ci qui déterminent dans une très large mesure, la situation du travailleur et les contraintes aux quelles il est assujetti pour assurer sa tâche. L'homme est soumis à des rythmes biologiques, il varie continuellement. Son travail varie aussi en fonction de ces rythmes, de ces caractéristiques psychophysiologiques et de son environnement.

Lorsqu'on évoque les accidents du travail, on a souvent plus ou moins tendance à penser qu'une seule cause serait à l'origine de la situation. S'agissant de l'accident de travail, on peut l'attribuer soit à la machine, soit à l'homme. Dans l'autre cas, on tente de faire ressortir la part de l'homme et la part de la machine. Ainsi les préoccupations concernant les risques professionnels, ne doivent pas être séparées de l'analyse du travail et les conditions dans lesquelles le travailleur est amené à exécuter son travail. L'analyse des causes d'accident n'a intérêt que si elle met celle-ci en relation avec le travail des opérateurs et on prend place dans un diagnostic général de la situation de travail et de ses effets sur la charge de travail, les risques pour la santé et la sécurité.

### **VII.1. Instructions structurelles sur la sécurité : <sup>[11]</sup>**

#### **VII.1.1. Instructions à donner aux travailleurs et aux visiteurs du chantier :**

Quoiqu'il en soit Algérien ou expatrié, la personne qui travaille ou pénètre sur le site doit être informé en matière de sécurité de façon qu'il respecte les règles de sécurité du chantier.

#### **VII.1.2. Instructions à donner au Chef d'équipe :**

- Le chef d'équipe confirme périodiquement les mesures préventives contre les accidents.
- Réunion matinale en matière de sécurité.
- Le contre maître de chaque poste préside tous les matins une réunion pour expliquer le détail des travaux à exécuter en précisant l'instruction sur la sécurité.
- Mise en ordre du chantier : l'effectif de chaque poste s'engage à la mise en ordre du chantier une fois par mois à la date préalablement fixée.

**VII.2. Contrôle et entretien du matériel :**

Les engins ne peuvent être utilisés sur le site qu'avec le bon de mise en service qui sera émis à la suite du contrôle mécanique les engins utilisés doivent passer le contrôle journalier et son résultat sera enregistré dans le rapport journalier.

Les engins doivent être au contrôle période et son résultats sera enregistré dans le carnet d'entretien.

Les échafaudages, plate forme, passerelle, boisage, cintre, coffrage, soutènement, et toute autre installation les gardes corps, rampes, filets, ceintures de sécurité et toute autre dispositif de sécurité, les chaînes câbles aux cordages, les échelles ainsi que matériel et engins de toute nature mis par les chefs d'établissement à la disposition des travailleurs à effectué et aux risques auxquels les travailleurs sont exposés.

Les installations, les dispositifs les matériels ou les engins utilisés doivent avoir notamment une résistance suffisante pour supporté les charges et les efforts auxquels ils sont soumis.

En outre, la stabilité des installations et des engins de toute nature mis en œuvres sur des chantiers doit être assuré d'une manière efficace.

**VII.3. Organisation du service de la sécurité d'ouvrage :**

L'organisation de la prévention se présente à travers les activités professionnelles du pays comme immense chaîne de solidarité, composée de multiples maillons, correspondant chacun aux différents services ou personnes.

**VII.4. Principes fonctions du service de sécurité :****VII.4.1. Etudes :**

- Participation au comité d'hygiène et de sécurité.
- Analyse des postes de travail « Etude Sécurité ».
- Suggestions du personnel.
- Statistique : élaboration et commentaire.
- Rapport avec l'administration.

**VII.4.2. Exécution :**

- Mesures légales d'hygiène et de sécurité (code de travail).
- Réalisations pratiques des suggestions et des études.

**VII.4.3. Contrôle :**

- Enquêtes à la suite des accidents.
- Inspections des installations.
- Visites périodiques effectuées par les organismes.
- Contrôle éventuel des moyens de transport du personnel.

**VII.4.4. Animation :**

- Lutte contre l'incendie et les accidents de trajet.
- Equipes de secours.
- Formation spéciale concernant certaines professions.

**VII.4.5. Fonction humaines :**

- Etude physiologique du travail.
- Affectation et mouvement de la main-d'œuvre suivant l'avis du médecin du travail et en collaboration avec le service de la personne.

**VII.4.6. Social :**

- Renseignement, conseils.

**VII.5. Les causes des accidents :**

L'accident du travail n'est jamais le fait d'un hasard ou de la fatalité.

Les causes sont la somme des différents éléments classés en deux catégories : facteur matériel et facteur humain.

Le facteur matériel concerne les conditions dangereuses susceptibles d'évoluer au cours du travail.

Les causes d'accident d'origine matérielle proviennent soit :

- De la profession en général et du poste de travail en particulier,
- De la nature de la forme des matériaux mis en œuvre,
- Des outils et machines utilisés, implantation, entretien,
- De l'exécution du travail, difficultés particulières,
- Du lieu de travail, conditions climatiques.
- Des conditions d'hygiène et de sécurité, ventilation, protection, ..., etc.

Par opposition aux conditions dangereuses techniquement et pratiquement décevables, les actions dangereuses dans le travail sont imputables au facteur humain et nécessitant parfois l'intervention de psychologues avertis.

Certaines actions dangereuses sont des réactions psychiques difficilement prévisibles, car chaque être humain est un cas particulier qui réagit différemment, selon les circonstances.

**VII.6. Les Actions et Conditions Dangereuses :**

- Intervenir sans précaution sur les machines en mouvement.

**Ex :** Graisser un engin en marche.

- Imprudence durant les opérations de stockage et manutention.

**Ex :** Passer sous une charge suspendue (lors de la pose des éléments du Dalot) dans la tranchée.

- Intervenir sans précaution sur des installations sous tension, sous pression.

**Ex :** Ramasser un outil à proximité d'un compresseur.

- Ne pas utiliser l'équipement de protection individuelle.

**Ex :** Ne pas porter un casque et des chaussures de sécurité au niveau de la manipulation des éléments du dalot dans la tranche.



- Adopter une position peu sûre.

**Ex :** Transport du matériel et la bon manutention des éléments en béton .

- Suivre un rythme de travail inadapté.

**Ex :** Cadence de travail trop rapide.

- Outillage, engin, équipement en mauvais état.

**Ex :** Bricolage de la paille du chargeur.

- Défaut dans la conception, dans la construction.

**Ex :** Non installation du bardage au niveau tranche profond.

- Eclairage défectueux.

**Ex :** Eclairage individuel du poste de travail sans éclairage (travaux sur chantier).

- Conditions climatiques défavorables.

## VII.7. Calcul du débit d'air nécessaire à la ventilation de la galerie :

### VII.7.1. Ordonnance 66-183 :

**Art.85-** Dans les galeries en cours de percement ou il est fait usage d'explosifs, la ventilation doit être réalisée dont les conditions ci-après :

1°. Il doit être introduit au front de taille, au moyen d'une installation de ventilation artificielle, 200 litres au moins d'air par seconde et par mètre carré de la plus grande section de la galerie ventilée ; l'air introduit doit être prélevé loin de toute source de viciation.

2°. Après chaque tir, une aspiration doit être effectuée le plus près possible du front de taille, afin d'éliminer au maximum les poussières en suspension.

3°. Eventuellement, une ventilation auxiliaire doit permettre d'accélérer l'absorption au bouchon de tir.

Le débit d'air nécessaire à la ventilation de la galerie de dérivation est déterminé par la formule suivante :

$$Q = q.S \quad (\text{l/s}) \dots\dots\dots(\text{VII.1})$$

Où : q : débit d'air pour 1m<sup>2</sup> de section de la galerie, q=200 l/s.

S : section de la galerie,

### VII.7.2. Calcul du diamètre de la canalisation d'air à la ventilation :

Le diamètre de la canalisation est déterminé d'après la formule suivante :

$$Q = V.S \quad (\text{m}^3/\text{s}) \dots\dots\dots(\text{VII.2})$$

Où : V : vitesse de circulation d'air dans la conduite égale à 5 m/s.

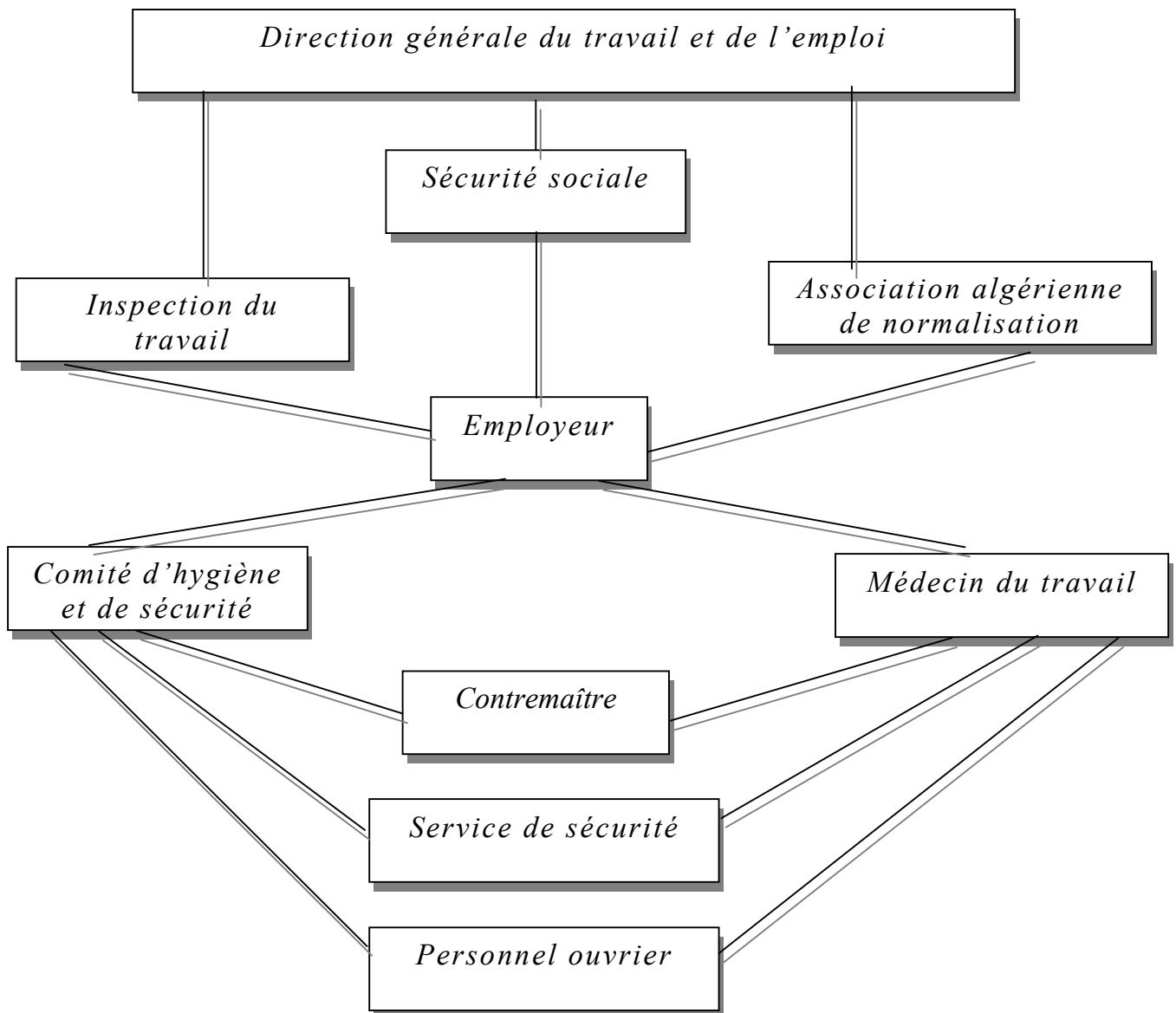
S : section de la conduite qui est déterminée comme suit :

$$S = \frac{\pi D^2}{4}, \quad \text{avec } D : \text{diamètre de la conduite.}$$

$$\text{Donc : } Q = V * \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi.V}}$$

### VII.8. Organisation de la prévention des accidents du travail :

L'organisation de la prévention se présente à travers les activités professionnelles du pays comme une immense chaîne de solidarité, composée de multiples maillons, correspondant chacun aux différents services ou personnes intéressées figurés dans l'organigramme ci-après :



**Fig. VII.1 :** Organigramme de la prévention des accidents du travail

\* **Le contremaître :** constitue le maillon essentiel de la chaîne de prévention des accidents du travail. Vu sous l'angle de la protection du personnel, le rôle du contre-maître revêt trois aspects important, pédagogique, de surveillance, de suggestion.

Parmi les principales fonctions du service de protection :

- Etudes, participation au comité d'hygiène et de sécurité.
- Exécution, mesures légales d'hygiène et de sécurité (code de travail, réalisations pratiques des suggestions et des études).

Les mesures de prévention collective sont la suite logique de l'étude de sécurité. Les mesures de prévention collectives peuvent être classées en deux catégories distinctes :

- ✓ Respect de la réglementation, la législation, les contrôles techniques.
- ✓ Les moyens techniques (protection des éléments de machines et mécanismes en mouvement).

Devant les dangers constatés dans l'exercice de certaines professions ou dans l'emploi de nouveaux produits, la législation a de plus en plus tendance à compléter la prévention collective par des moyens de protection individuelle.

- ❖ La protection des membres supérieurs est assurée par le port de gants, moufles, maniques, épaulières, doigtiers.
- ❖ Protection des membres inférieurs.
- ❖ Protection des yeux.
- ❖ Protection du tronc.
- ❖ Protection de la tête.
- ❖ Protection des voies respiratoires.

L'équipement de protection est nécessaire lorsque les risques auxquels est exposé le personnel n'ont pu être éliminés ou supprimés à la source. Cet équipement doit remplir les conditions suivantes :

- Correspondre au danger considéré.
- Etre pratique et confortable.
- Etre solide.

### **Conclusion**

La prévention devrait tendre à ne plus être conçue comme un correctif et s'appuyer uniquement sur des critères défensifs.

Avec les avancées du progrès technique et scientifique, on doit pouvoir en saisir les acquis pour renverser la tendance, c'est-à-dire, faire de la prévention une action offensive pour qu'il n'y ait plus de risques. A cet effet, il convient d'accorder d'avantage d'intérêt aux aspects éducationnels de l'homme au travail afin de lui permettre une grande maîtrise de l'outil de production et une plus grande adaptation à son environnement.

## **Conclusion générale**

## Conclusion générale

L'objectif de ce travail était de faire une étude d'aménagement d'oued OUCHAIAH et sa capacité à évacuer une crue centennale, tout en proposant des aménagements nécessaires pour augmenter la débitantes du cours d'eau et corriger les dysfonctionnements dans le but de protéger les zones avoisinantes contre les inondations.

La première démarche de ce travail consistait à récolter les différents documents et données nécessaires (cartes topographiques, données pluviométriques) afin de déterminer les crues, qui peuvent être générées dans le bassin versant d'oued OUCHAIAH.

En deuxième lieu, un diagnostic de l'état des cours d'eau a été élaboré pour déceler les paramètres de dysfonctionnement du cours d'eau en déterminant les zones inondables via le logiciel HEC-RAS. L'aboutissement aux résultats de la simulation a nécessité beaucoup d'investigations et un long travail du fait de la grande surface du bassin versant et la longueur du cours d'eau (6 Km environ avec 7 ouvrages divers). Les résultats de la simulation montrent bien que l'état actuel du cours d'eau ne permet pas d'évacuer les eaux d'un événement extrême de l'ordre d'une crue centennale.

Enfin, deux plans d'aménagements ont été proposés pour les différents tronçons. L'étude technico-économique des deux variantes a favorisé l'évacuation des eaux pluviales par un reprofilage de la section des cours en canal rectangulaire type dalot en béton (Monolithe).

Afin d'assurer la durabilité et le bon fonctionnement des aménagements proposés, les travaux d'entretien et de maintenance seront pris en considération.

**Références bibliographiques**

### Références bibliographiques

**Touaïbia.B** (2004) : Manuel pratique d'hydrologie. Edition Madani. Blida. Algérie.166p.

**Bourrier .R(1991)** : Les réseaux d'assainissement, calculs applications perspectives. Edition Lavoisier, collection Tec & Doc. Paris. France. 210p.

**Bouaïchi.I, Touaïbia.B & Dernouni.F**, Approche méthodologique de calcul du débit pluvial en cas d'insuffisance de données. Cas de la région de Tipaza. Algérie. Revue semestrielle scientifique et technique ; Le Journal de l'Eau et de L'environnement.

**Ecole polytechnique fédérale de Lausanne**. Hydrothèque : base de données d'exercices en hydrologie. Mis à jour le 23.04.2004.

**Degoutte.G,(2006)** Diagnostique aménagement et gestion des rivières-hydraulique et morphologie fluviale appliquées. Collection Tec & Doc. Paris. France. 394p

**Richard H. McQueen, Peggy A. Johnson**. (2002) Highway Hydrology, edition (NHI) USA, page 50.

**Graf W.H, altinakar M.S(2000)**: Hydraulique fluvial: écoulement et phénomènes de transport dans les canaux à géométrie, Volume 16, Traité de Génie Civil, Ecole polytechniques Fédérale de Lausanne, Presse polytechnique et universitaire romane. 628p.

**Arcement. G, Jr. and V.R.Schneider**, United States Geological Survey Water-supply Paper 2339. Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains.

**Soil conservation service (SCS)**. National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology. SCS Department of Agriculture. Washington, Etat-Unis.(1972)

**MEDD (Ministère de l'écologie et du développement durable « France »**, direction de la prévention des pollutions et des risques, sous la direction de la prévention des risques majeurs. 2004. Risques naturels majeurs : Les inondations, Aout 2004. 20p.

## **Références bibliographiques**

---

**ARMONDO LENCASTRE.** (1996) Hydraulique Générale, édition Paris.

**NRCS :** Urban Hydrology for small watersheds, TR-55. NRCS. Conservation engineering division. USA. 1986. 163p.

**G.J. Arcement Jr. and V.R. Schneider:** Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients)

**Guy B. Fasken :** Guide for selecting roughness coefficient n value for channels. Soil Conservation service USDA. 1963

**BALADES J.-D., LEROUX J.** (1993) La maîtrise des eaux pluviales. Éditions du STU, page 63.



# **Annexes**

**Tableau annexe 1 : Résultats de la simulation HEC-RAS du tronçon 3 à l'état naturelle**

Station	Débit	Cote du fond	N.L eau	N.L énergie	Vitesse	Surface mouillée	Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	
3000	48.46	27.23	30.09	30.44	2.63	18.42	0.63
2970	48.46	27.18	29.41	30.17	3.87	12.53	1
2940	48.46	27.08	28.94	29.67	3.77	12.85	1
2910	48.46	26.13	28.57	29.13	3.33	14.57	0.84
2880	48.46	25.78	28.22	28.84	3.48	13.94	0.86
2850	48.46	25.46	28.01	28.54	3.23	14.98	0.8
2820	48.46	25.16	27.86	28.3	2.93	16.55	0.66
2790	48.46	25.07	27.88	28.11	2.16	22.43	0.51
2760	48.46	24.7	27.77	27.99	2.1	23.07	0.63
2730	48.46	24.75	27.06	27.72	3.59	13.52	1.01
2700	48.46	24.28	26.79	27.08	2.4	20.19	0.58
2670	48.46	23.94	26.79	26.95	1.77	27.37	0.45
2640	48.46	23.66	26.37	26.77	2.82	17.16	1.01
2610	48.46	23.23	25.63	25.8	1.82	26.59	0.5
2580	48.46	23.29	25.54	25.69	1.71	28.33	0.54
2550	48.46	23.02	25.46	25.58	1.54	31.53	0.51
2520	48.46	22.95	25.33	25.47	1.68	28.78	0.53
2490	48.46	22.8	25.31	25.37	1.07	45.27	0.37
2460	48.46	22.88	25.27	25.32	1	48.64	0.36
2430	48.46	22.65	25.18	25.25	1.18	41.03	0.41
2400	48.46	22.41	25	25.14	1.68	28.81	0.65
2370	48.46	22.07	24.66	24.93	2.31	20.95	0.72
2340	48.46	21.78	24.26	24.69	2.88	16.84	0.77
2310	48.46	21.68	23.7	24.36	3.58	13.54	1
2280	48.46	20.66	23.01	23.55	3.24	14.96	0.81
2250	48.46	20.62	22.99	23.3	2.46	19.72	0.62

**Tableau annexe 2 : Résultats de la simulation HEC-RAS du tronçon 2 à l'état naturelle**

Station	Débit	Cote du fond	N.L eau	N.L énergie	Vitesse	Surface mouillée	Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	
1290	54.46	15.58	17.79	18.36	3.35	16.26	1
1260	54.46	14.58	17.82	17.96	1.65	32.96	0.37
1230	54.46	14.44	16.98	17.79	3.99	13.65	1.01
1200	54.46	14.33	16.8	17.06	2.29	23.75	0.59
1170	54.46	14.12	16.86	16.94	1.26	43.35	0.35
1140	54.46	13.58	16.87	16.9	0.77	70.5	0.22
1110	54.46	13.59	16.85	16.89	0.8	68	0.21
1080	54.46	13.4	16.77	16.86	1.27	42.74	0.35
1050	54.46	13.12	16.61	16.78	1.84	29.63	0.58
1020	54.46	13.27	15.95	16.54	3.38	16.12	0.88
990	54.46	13.1	15.39	16.15	3.86	14.11	1.01
960	54.46	12.88	15.49	15.66	1.82	29.88	0.66
930	54.46	12.75	15.04	15.37	2.54	21.4	1.02
900	54.46	12.37	14.28	14.62	2.59	21.07	1.01
870	54.46	11.25	13.74	14	2.25	24.23	0.83
840	54.46	11.15	13.23	13.63	2.81	19.41	1
810	54.46	10.69	12.47	12.9	2.91	18.71	1
780	54.46	10.23	11.74	12.03	2.4	22.69	0.85
750	54.46	9.63	11.74	11.85	1.44	37.92	0.44
720	54.46	9.3	11.5	11.72	2.09	26.07	0.75
690	54.46	9.4	11.38	11.54	1.74	31.37	0.57
660	54.46	9.09	11.16	11.37	2.04	26.66	0.74
630	54.46	8.75	10.69	11.05	2.67	20.42	1.01
600	54.46	8.53	10.42	10.65	2.13	25.54	0.63
570	54.46	7.95	10.35	10.51	1.81	30.16	0.52
540	54.46	7.86	10.15	10.38	2.13	25.57	0.67