



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur en Hydraulique

Option: Aménagement et génie hydraulique.

THEME :

**AMENAGEMENT DE L'OUED TERRO POUR LA
PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS DE LA VILLE
DE BIRTOUTA (Willaya d'Alger).**

Présenté par :

ARBOUCHE Mohamed

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
A.ZEROUAL	M.C.A	Président
S.TOUMI	M.C.B	Examinateur
N.HADJ SADOK	M.A.A	Examinateur
A.HADJ SADOK	M.C.A	Promoteur

Session Novembre 2020

ملخص :

مسألة الأخطار الطبيعية كالفيضانات هي مسألة في الجزائر وفي جميع أنحاء العالم، حتى يكون التسيير عقلائي لابد من إشراك جميع أصحاب المصلحة (صانعي القرار والتقنيين والسكان) لتعيين الوسائل التي يمكن استعمالها من اجل الحماية منها ، والطرق البديلة المتاحة لتخفيف الأضرار البشرية والمادية الناجمة عن هذه الظاهرة

تشمل هذه الدراسة حماية الجهة الجنوبية من مدينة بئر توتة ضد الفيضانات و عليه من الضروري اقتراح تخطيط فعال لواد تيررو. وفي هذا الإطار تطرقنا إلى عدة محاور: وصف مفصل للمنطقة من أجل تحديد مصدر التدفق وانتقاله إلى المنفذ، تحليل سلسلة الأمطار وتحديد تدفق الوادي خلال 100 سنة، وضع خريطة للمناطق الفيضية عبر النمذجة الهيدروليكية، مناقشة الحلول المختلفة واختيار الحل الأنسب من الناحية التقنية و الاقتصادية.

كلمات مفتاحية : فيضانات، واد تيررو، مياه الأمطار، حماية، تدفق، النمذجة الهيدروليكية، بئر توتة.

Résumé :

La problématique des risques naturels tel que le risque d'inondation est un sujet d'actualité dans le monde entier et en Algérie particulièrement. Notamment au regard des dernières grandes crues catastrophiques donc La gestion de ce risque devient de plus en plus une nécessité qui doit impliquer tous les acteurs concernés (décideurs, techniciens et population) afin d'identifier les enjeux à protéger, les moyens disponibles et alternatives possibles pour atténuer les dégâts humains et matériels provoqués par ce phénomène.

Le présent travail consiste à faire l'étude de protection de la ville de BIRTOUTA, (W.Alger), contre les inondations. Pour cela il devient nécessaire de proposer un aménagement efficace afin de limiter les dégâts.

Dans ce cadre, plusieurs axes ont été étudiés : la description détaillée de la zone afin de comprendre la génération de l'écoulement et leur transfert à l'exutoire, l'analyse des précipitations maximales journalières, la détermination de débit de la crue centennale, la délimitation des zones inondables par la modélisation hydraulique du cours d'eau par le logiciel HEC-Ras et une description des variantes d'aménagement proposés. Dans la fin de ce travail, la variante la plus adaptées d'un point de vue technico-économique est la variante mixte. Cette variante est composée de deux types le gabionnage dans la partie amont de l'oued et le béton dans la partie aval.

Mots clés : Inondations, crues, BIRTOUTA, protection, Oued TERRO, Débit, Hec Ras.

Abstract :

The issue of natural hazards and specifically the risk of flooding is a topical issue in Algeria and around the world, particularly in view of the last so catastrophic floods. As such, managing this risk is becoming more of a necessity that must involve all stakeholders (decision makers, technicians and population) to identify the current issues as well as available and possible alternative ways to mitigate the human and material damage caused by this phenomenon.

This work involves the protection of BIRTOUTA city (W.Algiers), against flooding. In this context, several axes have been studied: the detailed description of area to understand the generation of flow and transfer to the downstream, the analysis of maximum daily precipitation and determining the design flow rate, and draw up flood risk maps and management plans for these areas using the proposed variants.

Finally, the most suitable variant from a technical and economic point of view is the mixed one by the concrete in the first part of wadi and gabionnage in the second part of wadi.

Keywords: BIRTOUTA; Design flow; flood risk maps; Flood; Protection; Flood; Precipitation.

Table de matières

Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude	
INTRODUCTION.....	3
I.1 Présentation de la commune de BIRTOUTA :	3
I.1.2 Environnement de la commune :	5
I.1.2.1 La zone d'Activité de BABA-ALI :.....	5
I.1.2.2 La Décharge Sauvage :	5
I.1.3 Situation démographique :	6
I.1.4 Situation climatologique :.....	7
I.1.4.1 Conditions climatiques :	8
I.1.5 Situation géologique :	13
I.1.6 La Sismicité :	15
CONCLUSION.....	15

Chapitre II : Etude hydrologique

INTRODUCTION :.....	17
II.1 Etude des caractéristiques morpho-métriques du bassin versant :	17
II.1.2 Caractéristiques géométriques du bassin versant :	18
II.1.3 Caractéristiques de forme	18
II.1.3.1 Indice de compacité de Gravelius K_c :.....	18
II.1.3.2 Coefficient d'allongement :	19
II.1.3.3 Rectangle équivalent ou Rectangle de Gravelius :	20
II.1.4 Paramètres du relief :	20
II.1.4.1 La courbe hypsométrique :	21
II.1.4.2 Les Altitudes :.....	22
II.1.4.2.1 Altitude médiane :	22
II.1.4.2.2 Altitude moyenne :	22
II.1.4.3 Indices de pentes :.....	23
Pente moyenne de bassin versant I_m :.....	25
II.2 Caractéristiques hydrographiques du bassin versant	26
II.2.1 Le réseau hydrographique	26
II.2.2 Profil en long de l'oued	27
II.2.3 Pente moyenne du cours d'eau principal I_c	27

II.2.4 Densité de drainage :	27
II.2.5 Coefficient de torrentialité C_t :	28
II.2.6 Temps de concentration :	28
II.2.6.1 Giandotti	28
II.2.6.2 BASSO	29
II.2.6.2 KIRPICH	29
II.2.6.3 CALIFORNIA	29
II.2.7 Vitesse de ruissellement :	30
II.3 La pluviométrie :	32
II.3.1 Pluie moyenne annuelle :	32
II.3.2 Précipitation mensuelle :	32
II.3.3 Pluies maximales journalières :	33
II.4 Etude des précipitations :	34
II.4.1 Ajustement des pluies maximales journalières :	34
II.4.1.1 Ajustement à la loi Log normale (loi de GALTON) :	34
II.4.1.2 Ajustement à la loi doublement exponentielle (loi de Gumbel) :	35
II.4.1.3 Résultats d'ajustement à la loi choisie (log-normale) :	38
CONCLUSION :	39

Chapitre III : Etude des crues

INTRODUCTION :	41
III.1 Etude des apports :	41
III.1.1 Apport liquides :	41
III.1.1.1 Formule de l'A.N.R.H :	41
III.1.1.2 Formule de MALLET-GAUTIER :	41
III.1.1.3 Formule de Dery :	42
III.1.2 Caractéristiques de l'écoulement :	43
III.1.2.1 Module de l'écoulement :	43
III.1.2.2 Module de l'écoulement relatif :	43
III.1.2.3 Lamme d'eau écoulée :	43
III.1.2.4 Coefficient de l'écoulement :	43
III.1.2.4 Coefficient de variation :	43
III.2. Calcul des crues :	44
III.2.1. La méthode de SOKOLOVSKY :	44

III.2.2 Formule de TURRAZA :	45
III.2.3 Méthode de GRADEX :	46
III.3 Apport solide en suspension :	50
III.4 Choix de la crue de projet :	52
III.5 Construction de l'hydrogramme de crues :	52
CONCLUSION:	54

Chapitre VI : Calculs hydrauliques

INTRODUCTION :	56
IV.1 Etude d'écoulement dans les cours d'eau non aménagés :	56
IV.1.1 Oued Terro :	56
IV.2.2 Oued Baba Ali :	59
IV.1.3 Simulation de l'écoulement sur HEC-RAS :	63
IV.1.3.1 Données géométrique:	64
IV.1.3.2 Données de débit :	69
IV.1.3.3 Simulation en écoulement uniforme :	70
IV.1.3.4 Résultats de la simulation :	70
CONCLUSION :	74

Chapitre V: Etude des variantes d'aménagement

INTRODUCTION :	76
V.1 Principes d'aménagements :	76
V.1.1 Laminage des crues :	76
V.1.2 Augmentation de la capacité du cours d'eau :	77
V.1.3 La maîtrise du ruissellement sur le bassin versant :	78
V.2 Description des variantes :	78
V.2.1 Les formules de dimensionnement des canaux :	79
V.2.1.1 Canal en béton (cas d'une forme trapézoïdale revêtu) :	79
V.2.1.2 Calcul d'un canal en gabion :	80
V.2.2 Choix des paramètres de dimensionnement :	81
V.2.2.1 La pente du projet :	81
V.2.2.2 Le coefficient de rugosité :	81
V.2.2.3 Vitesse d'érosion :	82

V.2.2.4 Revanche des canaux :	82
V.3 Etude des aménagements :	83
V.3.1 Oued Baba Ali :	83
V.3.2 Oued Terro (variante étudiée):	83
V.3.2.1 Variante 1 :	84
V.3.2.2 Variante 2 :	85
V.3.2.3 Variante 3 :	86
V.4 Choix de la variante :	88
CONCLUSION :	89

Chapitre VI : Organisation de chantier

INTRODUCTION :	91
VI.1 Généralités :	91
VI.1 Rôles et responsabilités des intervenants sur chantier :	91
VI.1.1.1 Maître de l'ouvrage :	91
VI.1.1.2 Maître d'œuvre :	91
VI.1.1.3 L'entreprise :	91
VI.1.1.4 Définitions des engins utilisés :	92
VI.2 Devis quantitatif et estimatif du projet :	93
VI.3 Planification des travaux :	94
VI.3.1 Définition :	94
VI.3.2 Techniques de la planification :	94
VI.3.2.1 Méthodes basées sur le réseau :	94
VI.3.2.2 Méthodes basées sur le graphique :	96
VI.3.3 Les étapes de la planification :	96
VI.3.3.1 Collection des informations :	96
VI.3.3.2 Décomposition du projet :	96
VI.3.3.3 Relations entre les tâches :	96
VI.3.4 Choix de la méthode de calcul :	96
VI.3.4.1 Paramètres de calcul dans la méthode C.P.M :	96
VI.3.5 Diagramme de Gantt :	97
VI.3.6 Elaboration du réseau selon la méthode CPM :	98
VI.3.7 Détermination des chemins critiques :	100
CONCLUSION :	100

Conclusion générale	101
Références bibliographiques	102
Annexe:	103

Liste des figures

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Figure 1 : Image satellitaire de la commune de BIRTOUTA	4
Figure 2 : Limites de la commune.....	5
Figure 3 : Evolution de la population aux différents horizons.....	7
Figure 4 : Evolutions des températures maxima et minima moyennes mensuelles et des températures moyennes.	9
Figure 5 : Variation des amplitudes thermiques mensuelles.....	10
Figure 6 : Evolution des humidités relatives moyennes mensuelles.....	11
Figure 7 : Extrait de la carte géologique de l'algérie.	14
Figure 8 : Carte de zonage sismique du territoire algérien (RPA 99-Version 2003).....	15

Chapitre II : Etude hydrologique

Figure 1 : Bassin versant avec réseau hydrographique de OUED TERRO.	18
Figure 2 : Courbe hypsométrique.....	22
Figure 3 : Réseau hydrographique selon STRHALER.	26
Figure 4 : Précipitation mensuelle, station de Boufarik.....	33
Figure 5 : Ajustement à la loi Log-Normale (Maximum de vraisemblance).....	35
Figure 6 : Ajustement à la loi de Gumbel (Maximum de vraisemblance).....	36
Figure 7 : Comparaison entre les deux graphiques d'ajustement.	37

Chapitre III : Etude des crues

Figure 1 : Mode d'application de la méthode de GRADEX.	48
Figure 2 : Application de la méthode de GRADEX	49
Figure 3 : Hydrogramme de crues pour différentes périodes de retour.	54

Chapitre VI : Calculs hydrauliques

Figure 1 : Oued Terro Aménagé en canal.	57
Figure 2 : Sections trapézoïdale (Oued Terro).	57
Figure 3 : Traversé de route 1.	58
Figure 4 : Traversé de route 2.	58
Figure 5 : Sections de la partie aval.	59
Figure 6 : Etat des lieux de Oued Baba Ali.....	60
Figure 7 : Section 1 (cimetière Ahmed Mezghani).....	61
Figure 8 : Section 2 (Douar Bab Ali).....	61
Figure 9 : Section 3 (Sortie Douar Bab Ali)	61
Figure 10 : Section (déversement dans Oued Terro).....	62
Figure 11 : Section 4 (zone industrielle Bab Ali)	62
Figure 12 : Traversé de route 02	63
Figure 13 : Traversé de route 01	63
Figure 14 : Traversé de route 03	63
Figure 15 : Géométrie du cours d'eau dans HEC-RAS.	64
Figure 16 : Schéma représentatif de la partie simulée.	65

Figure 17 : Exemple d'une section en travers (Station 5707.94) de Oued Terro amont.....	67
Figure 18 : Exemple d'une section en travers (Station 907.94) de Oued Terro aval.....	68
Figure 19 : Exemple d'une section en travers (Station 6671.41) de Oued Baba Ali.....	68
Figure 20 : Exemple d'une section en travers d'une traversée de route (Station 3699.94) de Oued Terro.....	69
Figure 21 : Exemple d'une section en travers d'une traversée de route (Station 5663.41) de Oued Baba Ali.....	69
Figure 22 : Profil en long incluant la ligne d'eau de Oued Terro amont et aval.....	71
Figure 23 : Profil en travers (Section 3507.94) de Oued Terro amont.....	71
Figure 24 : Profil en travers d'un ouvrage noyé (Section 3299.94) de Oued Terro amont.....	72
Figure 25 : Profil en travers (Section 3007.94) de Oued Terro aval.....	72
Figure 26 : Profil en travers (Section 4771.41) de Oued Baba Ali.....	73
Figure 27 : Profil en travers d'un ouvrage noyé (Section 3079.41) de Oued Baba Ali.....	73
Figure 28 : Profil en long incluant la ligne d'eau de Oued Baba Ali.....	74

Chapitre V : Etude des variantes d'aménagement

Figure 1 : Hydrogramme de laminage.....	77
Figure 2 : Coupe en travers d'un canal en gabion.....	81
Figure 3 : Profil en long du cours d'eau aménagé après simulation.....	84
Figure 4 : Profil en long du cours d'eau aménagé après simulation.....	86
Figure 5 : Profil en long du cours d'eau aménagé après simulation.....	87

Chapitre VI : Organisation de chantier

Figure 1 : Diagramme de PERT.....	99
Figure 2 : Diagramme de Gant montrant le chemin critique.....	100

Liste des tableaux

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Tableau I.1 : Evolution de la population aux différents horizons.....	6
Tableau I.2 : Coordonnées de la station utilisée dans l'étude climatologique.....	8
Tableau I.3 : Les températures maxima et minima moyennes mensuelles et les températures moyennes pour la station de Dar el Beida.	9
Tableau I.4 : Variations des amplitudes thermiques mensuelles.	10
Tableau I.5 : Humidités relatives mensuelles en % (station de Dar el Beida).....	11
Tableau I.6 : Vitesses du vent mensuelles en m/s (Station de Dar el Beida).....	12
Tableau I.7 : Durées moyennes mensuelles d'ensoleillement/jour (Station de Dar el Beida)	12
Tableau I.8 : L'évapotranspiration mensuelle évaluée à partir de la formule de Penman.....	13

Chapitre II : Etude hydrologique

Tableau II.1 : la répartition des surfaces en fonction des côtes.....	21
Tableau II.2 : Détermination des altitudes.	23
Tableau II.3 : Calcul des paramètres de l'indice de pente de rocher.....	24
Tableau II.4 : Classification ORSTOM du relief à partir de l'indice de pente global.	25
Tableau II.5: Classification, nombre de cours d'eau et leur longueur	27
Tableau II.6 : Les résultats de différentes méthodes pour la détermination de Tc.....	30
Tableau II.7 : Tableau récapitulatif des caractéristiques hydro-morpho-métriques du bassin versant.	31
Tableau II.8 : Répartition mensuelle des précipitations, station de Boufarik	32
Tableau II.9: paramètre de test de χ^2	37
Tableau II.10 : Résultats de l'ajustement à la loi Log normale.....	38

Chapitre III : Etude des crues

Tableau III.1: Récapitulatif des résultats de calcul des apports.	42
Tableau III.2 : Récapitulatif de calcul des C_v	44
Tableau III.3 : Débit de crues fréquentielles (Sokolovsky).	45
Tableau III.4 : Coefficient de ruissellement des différentes périodes de retour.....	46
Tableau III.5 : Débit de crues fréquentielles (Turraza).	46
Tableau III.6: Débits de crue fréquents par la méthode de GRADEX.....	50
Tableau III.7 : Débits maximums de crue pour différentes périodes de retour.....	50
Tableau III.8 : Débit de projet par les 3 méthodes (fréquence de 100ans).....	52
Tableau III.9 : Coefficient de forme de l'hydrogramme de crue δ	53

Chapitre IV : Calculs hydrauliques

Tableau IV 1 : Sections et particularités de Oued Baba Ali	61
Tableau IV 2 : Les valeurs des facteurs pour estimer le coefficient de Manning.	66
Tableau IV 3 : Les valeurs de coefficient de Manning.....	67
Tableau IV 4 : Débits véhiculé dans chaque cours d'eau.....	70

Chapitre V: Etude des variantes d'aménagement

Tableau V.1 : Caractéristiques des cours d'eau.	78
Tableau V.2 : Propriétés géométriques d'un canal trapézoïdal.	79
Tableau V.3 : Caractéristiques de la section avantageuse.	80
Tableau V.4 : Caractéristiques géométriques d'une section en gabion.:	81
Tableau V.5 : Coefficient de rugosité.	82
Tableau V.6 : Vitesse moyenne limite pour quelque types de lits.....	82
Tableau V.7 : Variantes d'aménagement de Oued Baba Ali.	83
Tableau V.8 : Variantes d'aménagement de Oued Terro	83
Tableau V.9 : Pentés de projet de Oued Terro.	84
Tableau V.10 : Sections d'aménagement de la variante 1	84
Tableau V.11 : Cout total de la variante	85
Tableau V.12 : Sections d'aménagement de la variante 2	85
Tableau V.13 : Cout total de la variante	86
Tableau V.14 : Sections d'aménagement de la variante 3	86
Tableau V.15 : Cout total de la variante	87
Tableau V.16 : Aspects techniques et économiques de chaque variante	88

Chapitre VI : Organisation de chantier

Tableau VI 1 : Engins utilisés.....	92
Tableau VI 2 : Devis quantitatif et estimatif	93
Tableau VI.3 : Liste des opérations avec leurs durées.....	98
Tableau VI.4 : Succession des taches	99

Liste des planches

- **Planche 01** : Plan de masse de Oued Terro
- **Planche 02** : Carte des vulnérabilités de Oued Terro
- **Planche 03** : Profils en long

INTRODUCTION GENERALE

Une inondation est un phénomène naturel caractérisé par une montée plus au moins subite du niveau d'un cours d'eau. Elle se manifeste par un débordement du lit de l'oued ou par un afflux de l'eau dans les talwegs, sous forme de crue. Cette dernière fait partie intégrante de la vie d'un cours d'eau de façon que l'alternance entre hautes et basses eaux façonne la morphologie et la biodiversité du milieu. Cependant, la modification de l'occupation des sols dans le bassin versant et aux bords des oueds ainsi que leurs anthropisations accentuent ce phénomène et l'aggravent, soit par augmentation du ruissellement ou par exposition des enjeux.

D'après l'historique des inondations et les services concernés, le risque d'inondation existe bel et bien en Algérie, aussi les statistiques de la protection civile montrent que 1/3 des communes sont susceptibles d'être inondées. Donc, c'est pour cela qu'il faut mettre en place des plans de prévention contre les inondations dans les zones jugées vulnérables au risque.

Notre étude est dans ce sens, du fait que la partie sud la commune de BIRTOUTA est traversée par Oued Terro et ses affluents qui sont à l'origine d'inondations récurrentes engendrées par des précipitations intenses. L'objet du travail sera donc l'estimation de l'hydrogramme de crue. Puis l'identification des zones à risque, ainsi que les enjeux dans le but d'envisager des mesures structurelles qui puissent protéger les zones occupées le long de l'Oued Terro et de ses affluents.

Pour ce faire, le travail est divisé en six volets : on entamera avec une présentation détaillée de la zone d'étude, puis on traitera les pluies maximales journalières pour aboutir aux pluies maximales probables qui seront incluses dans le calcul des débits. Une fois les hydrogrammes estimés et en ayant des levés topographiques détaillés, on pourra étudier les écoulements dans les cours d'eau à l'état naturel afin d'élaborer une carte d'inondation sur Oued Terro et ses affluents en associant les fonctionnalités des deux logiciels AutoCad Civil 3D et HEC-RAS. Cela nous permettra d'identifier les zones inondables et les enjeux sis aux bords de l'Oued., Dès lors, on saura proposer des solutions sous forme de différentes variantes dont on choisira la mieux adaptée, et en faire une estimation quantitative et financière.

CHAPITRE I :

Présentation de la zone d'étude

INTRODUCTION :

Avant d'entamer tout projet, la connaissance de la zone d'étude est primordiale ; elle nous permettra d'avoir un maximum de données, ainsi que les caractéristiques qui peuvent influencer la conception. Ce qui constituera une aide à la décision dans le choix de la variante d'aménagement.

I.1 Présentation de la commune de BIRTOUTA :

I.1.1 Situation géographique :

La commune de BIRTOUTA est située dans la MITIDJA centrale et elle sert de trait d'union entre les riches terres de la MITIDJA et les versants sud du sahel, entre deux grandes villes algéroises, plus précisément à **30 Km** de la capitale d'Alger et à **25 Km** de la wilaya de Blida. Elle occupe une superficie globale de son territoire est estimée à **2.800 hectares**.

Depuis le découpage administratif de 1997, la commune de BIRTOUTA est rattachée à la wilaya d'Alger et jouir du rôle de Chef-Lieu.

La commune est structurée de :

1. Un chef-lieu
2. Les agglomérations secondaires :
 - Ali Bouhadja est située au sud du chef-lieu de commune, elle est constituée de l'habitat individuel s'étalant sur des terrains privés.
 - Sidi M'Hamed est située à l'Est de la commune, elle est constituée d'habitats individuels et des équipements d'accompagnements.
 - Douar Baba Ali est située au Sud Est de la commune, et constitué d'habitat individuel, et d'habitat collectif en voie d'achèvement.
 - Zouine Ali, c'est une zone d'activité avec d'habitat individuel intégré, elle située à l'Est du chef-lieu.

3. La zone éparses :

Composée de petits hameaux éparpillés, localisés au niveau des terres agricoles, ces hameaux sont plus nombreux dans la partie Est et Ouest de la commune, parallèlement à l'autoroute (RN n°1).

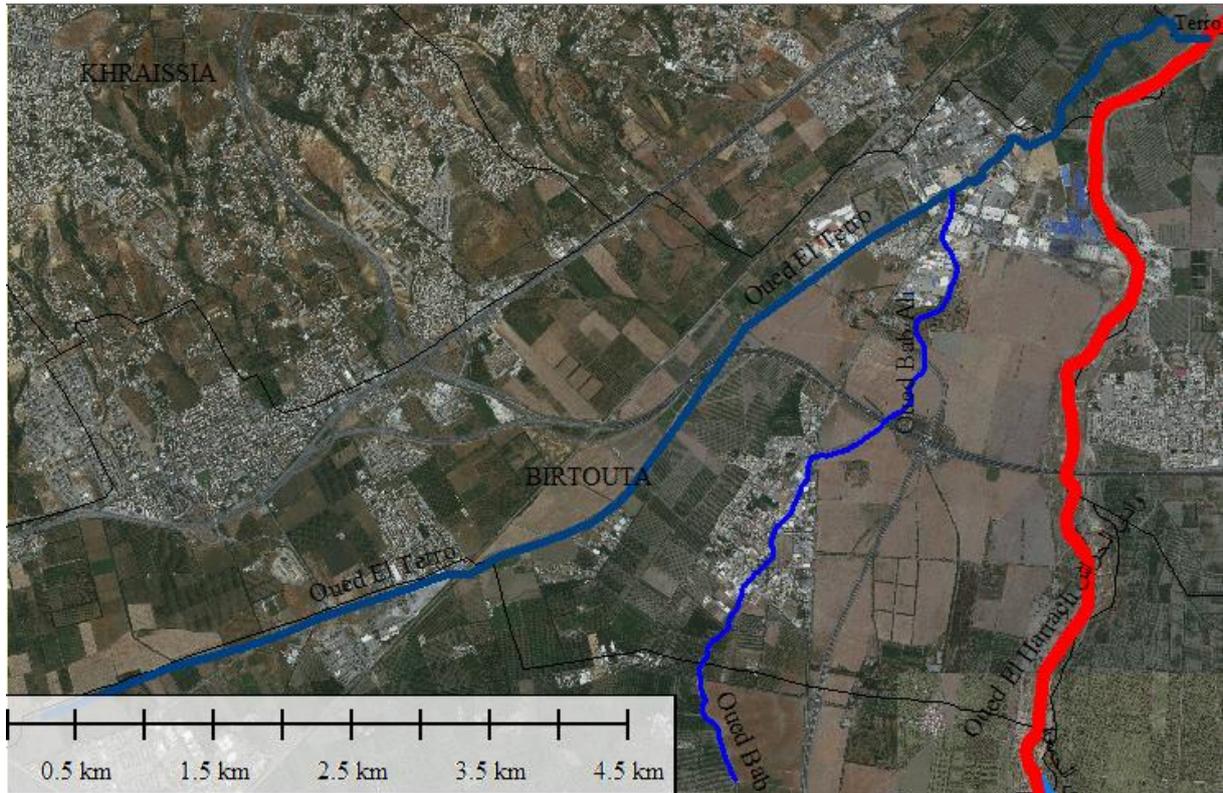


Figure 1 : Image satellitaire de la commune de BIRTOUTA

La commune de BIRTOUTA est délimitée par:

- Les communes de KHRAICIA, DOUERA et SHAOULA au Nord.
- La commune de SIDI MOUSSA à l'Est et Oued EL HARRACH.
- La commune d'OULED CHEBEL au Sud.
- La commune de TESSALA EL MARDJA à l'Ouest

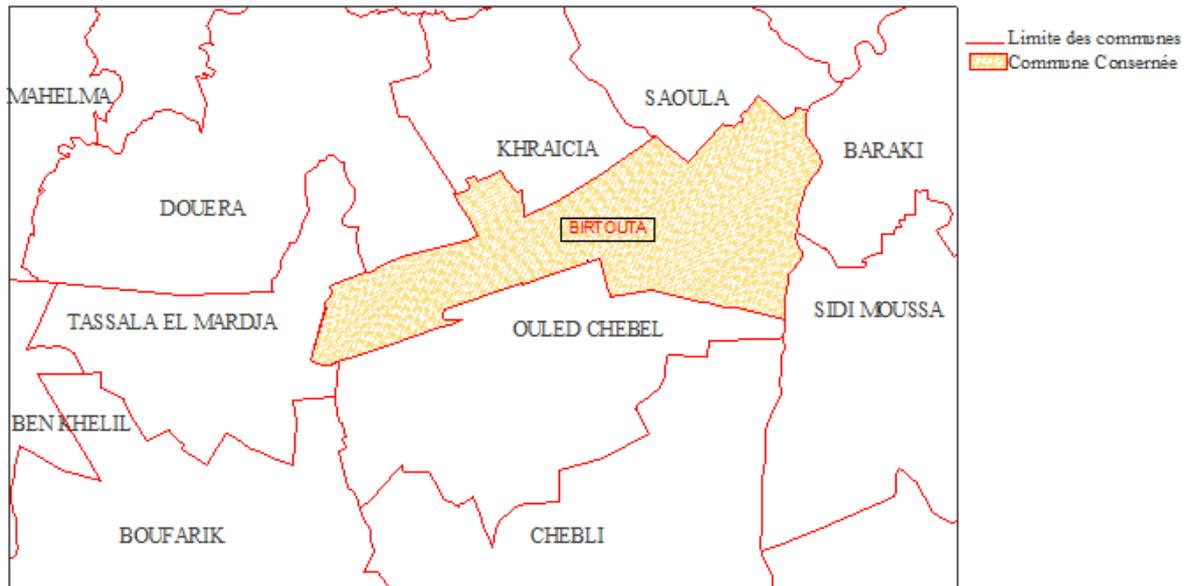


Figure 2 : Limites de la commune

I.1.2 Environnement de la commune :

La commune de BIRTOUTA, considérée comme un pôle d'importance régionale, renferme des activités industrielles assez diversifiées qui permettent d'identifier les différents problèmes liés à l'environnement. Détournée de sa vocation originelle le périmètre d'étude subit toutes les pressions anthropiques, à savoir :

I.1.2.1 La zone d'Activité de BABA-ALI :

Cette zone d'activité génère plusieurs formes de nuisances, telles que :

- Rejets liquides.
- Rejets solides.
- Rejets gazeux.

Elle est constituée d'entreprises (TRAMAPLAST, ANOLA, STP BERAKI, MINOTERIE, complexe de BRIQUETERIE, YOPLAIT, SOACHLORE, GIPE G), ainsi que d'autres activités du secteur privé.

I.1.2.2 La Décharge Sauvage :

Elle se trouve au niveau de oued EL Haouch limitant le site SUD EST c'est le réceptacle de toute sorte de déchets (ordures ménagères, déchets inertes et gravats) provenant de la zone d'activité de BABA ALI et du reste de la commune.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.1.3 Situation démographique :

D'après l'O.N.S (Office National Des Statistiques), le dernier recensement qui est du 16 Avril 2008 de la commune de BIRTOUTA donne une valeur de 30575 habitants avec un taux d'accroissement de 3.5%

L'étude que nous menons doit tenir compte de la répartition spatiale actuelle de la ville et des perspectives d'extension à un horizon d'étude de 25ans, à partir de 2010, et de référence 2008.

Par application de la formule suivante :

$$P = P_0 (1 + t)^n \dots\dots\dots (I.1)$$

Avec :

P : Population future

P₀ : Population de l'année de référence

t : Taux d'accroissement

n : Nombre d'années compris dans l'intervalle de temps considéré

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau I.1 : Evolution de la population aux différents horizons.

Années	Population (hab.)			
	A.C.L	A.S	Z.E	Totale
2008	13647	13951	2977	30575
2010	14619	14945	3189	32753
2020	20622	21082	4499	46204
2035	34549	35320	7534	77408

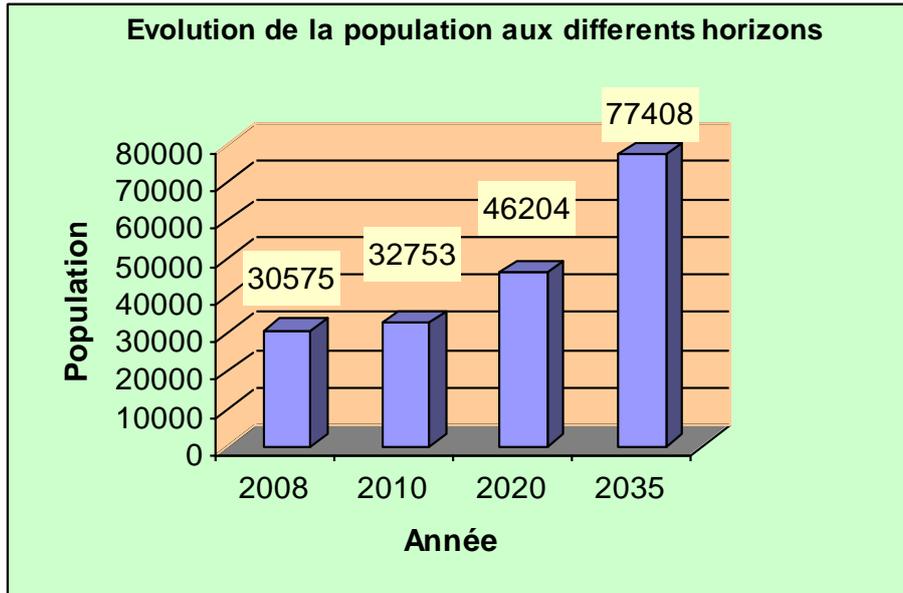


Figure 3 : Evolution de la population aux différents horizons.

I.1.4 Situation climatologique :

L'Algérie est un pays de la zone subtropicale du Nord africain. Son climat est très différent entre les régions (Nord-Sud, Est-Ouest). Il est de type méditerranéen sur toute la frange nord qui englobe le littoral et l'atlas tellien (étés chauds et secs, hivers humides et frais), semi-aride sur les hauts plateaux au centre du pays, et désertique dès que l'on franchit la chaîne de l'atlas saharien.

En Algérie les précipitations sont caractérisées par une variabilité spatio-temporelle très marquante.

La tranche de pluie annuelle décroît à mesure que l'on avance vers le sud et tombe à moins de 100 mm au sud de l'atlas saharien, cette valeur étant habituellement considérée comme marquant le début du désert. A la décroissance des pluies du Nord au Sud se superpose une décroissance de l'Est à l'Ouest.

Les bordures Nord Centre et Est reçoivent en moyenne des quantités annuelles de précipitations variant entre 600 et 1150 mm. Elles sont de ce fait plus arrosées que le reste du pays. Les bordures Nord Ouest par exemple enregistrent des totaux annuels moyens de l'ordre de 250 à 500 mm.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.1.4.1 Conditions climatiques :

Le tableau L'inexistence de stations météorologiques à l'intérieur du bassin étudié ne permet pas une étude climatologique très détaillée. Néanmoins, nous estimons que la station retenue est assez satisfaisante quant au but que nous nous sommes assigné, à savoir une esquisse à moyenne échelle des principaux facteurs climatiques ayant une influence sur le régime hydrologique de la région étudiée. Ces facteurs sont essentiellement les températures, les précipitations, l'humidité relative, l'insolation, l'évaporation et les vents.

Nous utilisons dans cette étude les observations faites à la station météorologique de Dar El Beida (Office National de la Météorologie).

Tableau I 2 : Coordonnées de la station utilisée dans l'étude climatologique.

Station	Numéro	Code	Latitude (Nord)	Longitude (E/W)	Altitude (mètre)
Alger	6	390	36° 43	03°15E	24

- **Etude des Températures et du régime thermique :**

La température moyenne annuelle dans un climat aussi variable que celui de l'Algérie n'a pas une grande signification. Plus intéressantes sont les informations concernant les températures extrêmes, les températures moyennes mensuelles et les amplitudes thermiques.

On appelle température moyenne mensuelle la demi-somme du maximum et minimum mensuel.

$$T_{moy} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \dots\dots\dots(I.2)$$

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le tableau ci-après récapitule les températures maxima et minima moyennes mensuelles pour la station de Dar el Beida.

Tableau I.3 : Les températures maxima et minima moyennes mensuelles et les températures moyennes pour la station de Dar el Beida.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T _{max} (°C)	16.2	17.0	18.6	20.2	23.4	26.7	30.2	31.1	29.0	24.8	20.7	17.3
T _{moy} (°C)	11.0	11.8	12.8	14.6	17.6	21.2	24.3	25.2	23.2	19.4	15.3	12.1
T _{min} (°C)	5.8	6.6	7.0	9.0	11.8	15.7	18.4	19.3	17.4	14.0	9.9	6.9

Sur la figure N°4 nous avons tracé les courbes de variations des températures maxima Minima moyennes mensuelles ainsi que celles des températures moyennes mensuelles.

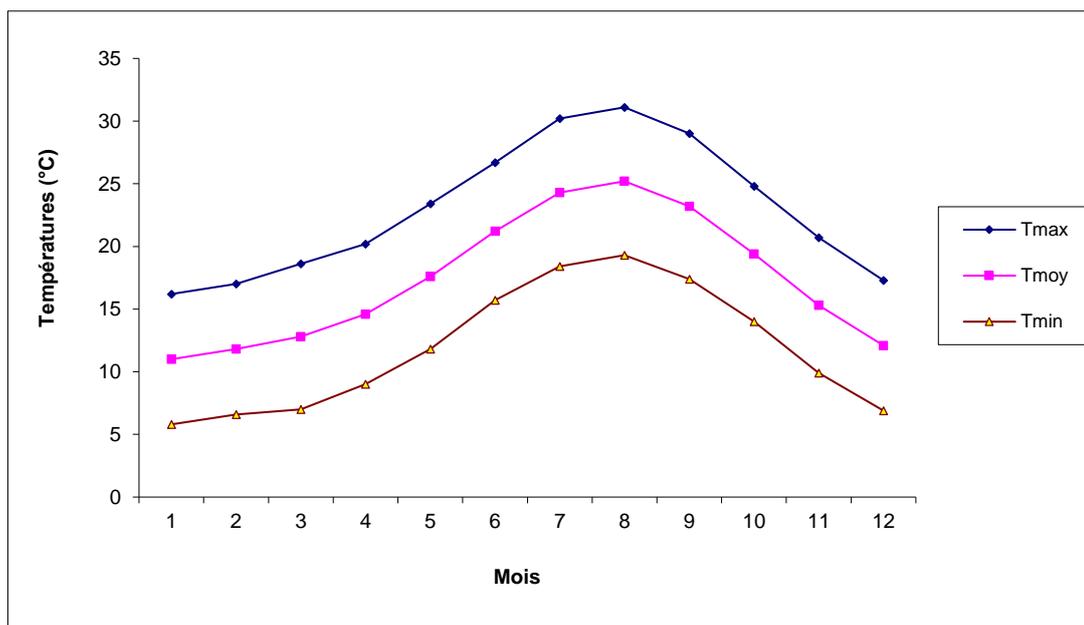


Figure 4 : Evolutions des températures maxima et minima moyennes mensuelles et des températures moyennes.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

De l'étude du tableau II.3 et de la figure 4, il ressort que pour la région étudiée, les températures maxima moyennes sont très élevées en Juillet – Août, ces deux mois présentant des moyennes presque identiques. On observe pendant ces deux mois des températures supérieures à 30°C.

Le mois le plus froid est Janvier où les températures minima moyennes descendent au-dessous de 6°C.

D'autre part, les températures minima extrêmes ne s'abaissent jamais au-dessous de 0°C. Les risques de gelée sont à craindre dans la région étudiée durant les mois de Décembre-Janvier-Février.

L'amplitude thermique mensuelle se calcule en faisant la différence entre les moyennes des températures maxima et minima du mois considéré.

Le tableau N°4 donne les amplitudes thermiques mensuelles à la station considérée, celles ci étant représentées par la figure 5.

Tableau I.4 : Variations des amplitudes thermiques mensuelles.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ampli(°C)	10.4	10.4	11.6	11.2	11.6	11.0	11.8	11.8	11.6	10.8	10.8	10.4

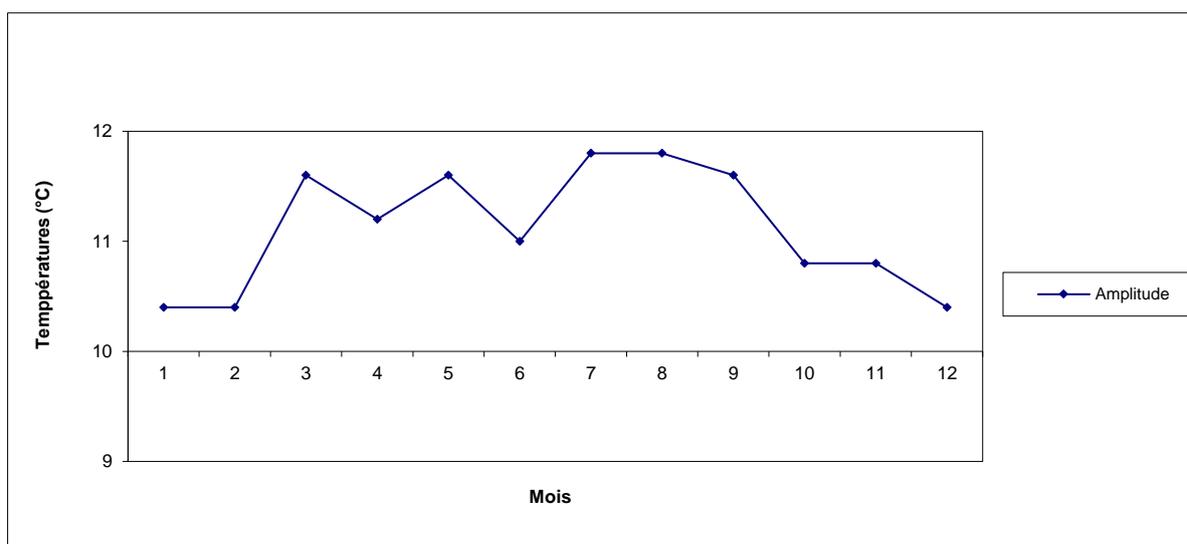


Figure 5 : Variation des amplitudes thermiques mensuelles.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

On constate que l'amplitude est plus élevée en été qu'en hiver et qu'elle varie peu au courant de l'année.

- **Humidité de l'air :**

L'humidité relative est une notion particulière puisqu'elle correspond à une possibilité d'évaporation tant que la saturation n'est pas atteinte.

Le tableau N°5 ci-après reproduit les humidités relatives moyennes mensuelles pour la station de Dar el Beida. La figure 6 représente l'évolution de ces humidités relatives moyennes mensuelles.

Tableau I.5 : Humidités relatives mensuelles en % (station de Dar el Beida).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité en %	74.8	72.4	71.5	72.0	70.1	69.3	66.9	66.5	67.6	70.3	71.1	73.5

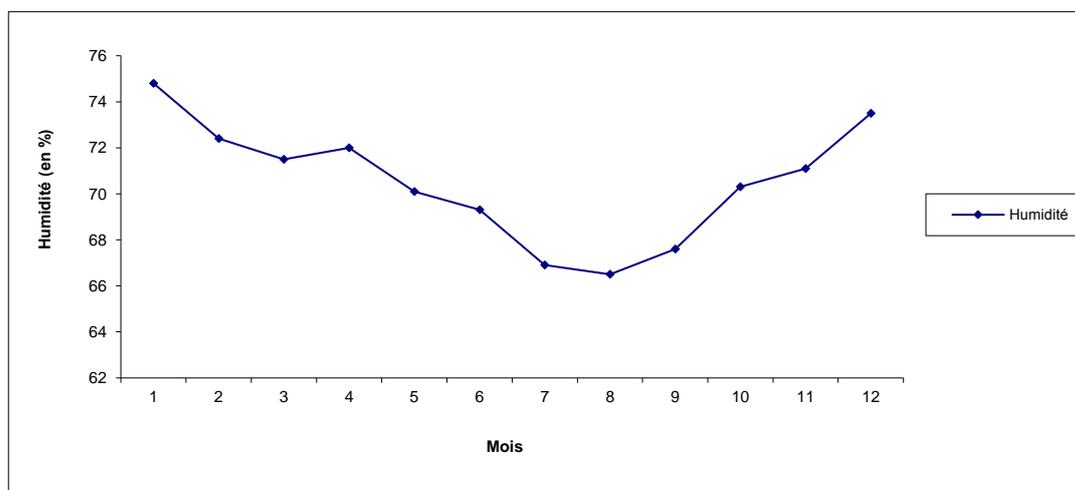


Figure 6 : Evolution des humidités relatives moyennes mensuelles.

L'examen des données du tableau et de la figure correspondante conduit à une première constatation : la région étudiée a un climat en moyenne assez humide, très humide même à certaines saisons.

L'humidité relative a une faible variation annuelle et qu'elle plus élevée en hiver qu'en été et varie donc en fonction des températures.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

L'importance de l'humidité relative dans la zone étudiée contribue à atténuer les amplitudes thermiques, et peut également favoriser l'apparition de précipitations occultes par condensation à la surface du sol, des plantes et des voies ferrées.

- **Le régime des vents :**

Le vent sur l'ensemble de la région étudiée est modéré. Les mois de Février et Mars enregistrent en moyenne les vents les plus forts.

Tableau I.6 : Vitesses du vent mensuelles en m/s (Station de Dar el Beida).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
V _v en m/s	3.2	3.4	3.4	3.3	3.0	3.2	3.1	3,0	2.8	2.9	2.9	3.4

- **L'insolation :**

Les moyennes mensuelles d'ensoleillement par jour mesurées à la station de Dar el Beida, sont données par le tableau suivant :

Tableau I.7 : Durées moyennes mensuelles d'ensoleillement/jour (Station de Dar el Beida).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ensoleillement en heures	5.1	5.8	6.6	7.7	8.8	10.1	11.1	10.3	8.7	7.1	5.7	4.8

On remarque que la durée d'ensoleillement est importante durant les mois d'été et qu'elle est réduite de moitié durant les mois d'hiver.

- **Evapotranspiration :**

L'évaporation, relativement élevée dans la région, est un paramètre important du bilan hydrologique, le tableau suivant montre la répartition mensuelle de l'évapotranspiration à Dar El Beida.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Tableau I.8 : L'évapotranspiration mensuelle évaluée à partir de la formule de Penman.

Mois	janv.	fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	juill.	Août	Sept	Oct	Nov	déc.	Total
ETP mm	48.3	59.6	82.7	100.8	127.0	150.7	177.8	172.5	132.7	97.2	63.6	49.2	1262.1
ETP %	3.8	4.7	6,5	8,0	10.1	11.9	14.1	13.7	10.5	7.7	5.0	4.0	100

On constate que l'évaporation est très importante surtout durant la saison estivale (presque le triple de l'évaporation durant la saison hivernale).

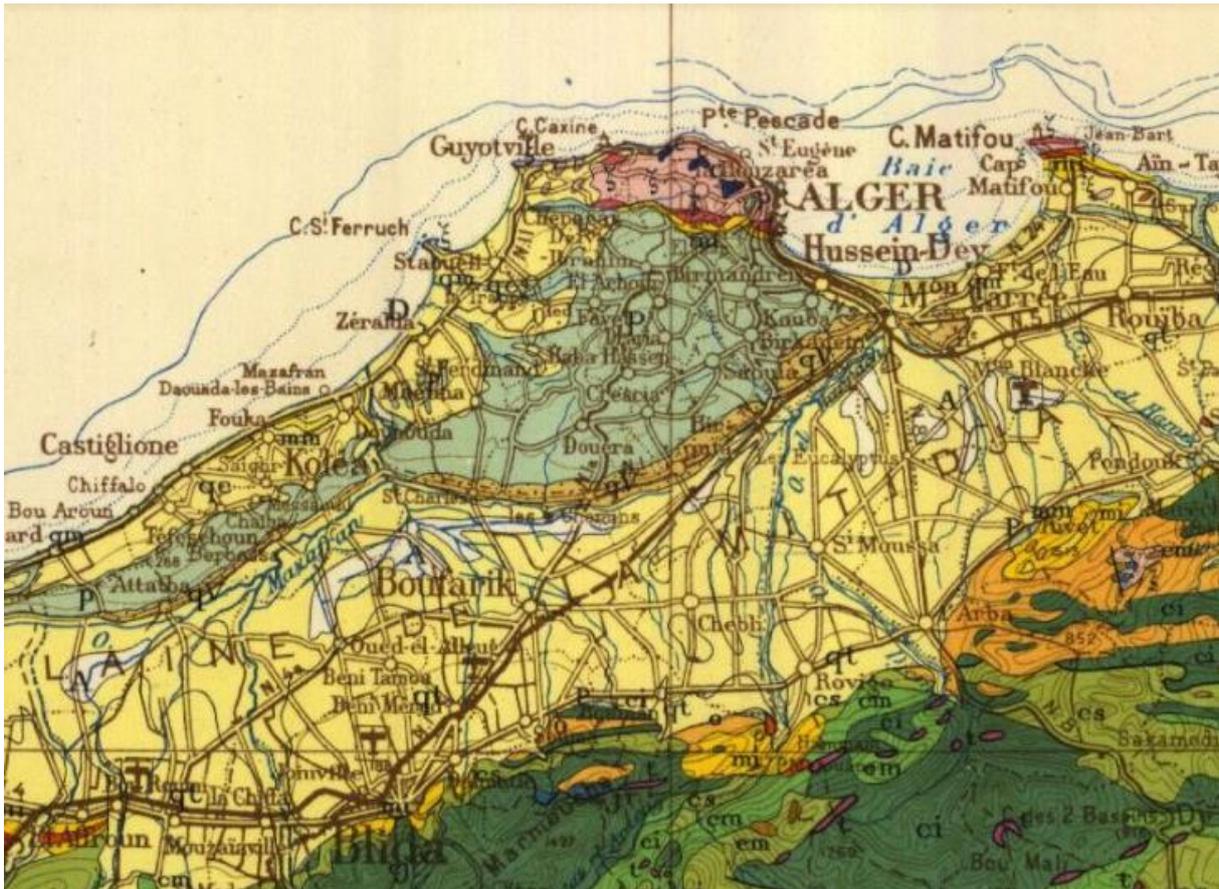
I.1.5 Situation géologique :

D'après l'analyse de la carte géologique de l'Algérie Ech 1/800000^e on constate que les formations géologiques existantes dans la ville de Birtouta et ces provinces sont :

- **Le tertiaire :** On y retrouve le Miocène supérieur
- **Le quaternaire :** La plaine est recouverte d'une très grande épaisseur de sédiments quaternaires qui englobe de nombreux termes lithologiques : sables, grès dunaires, limons éboulis et formations de pentes.

De façon plus concrète sur la zone d'étude, comme le montre l'extrait de carte géologique ci-après, le projet d'aménagement de OUED TERRO intéressera principalement les Alluvions récentes (qr).

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE



TERRAINS

SÉDIMENTAIRES

A	Alluvions actuelles: laos, marécages, dayas, chotts, sebkhas, limons et croûtes gypso-salines
D	Dunes récentes
qt	Quaternaire continental: alluvions, regs, terrasses
qm	Quaternaire marin: plages anciennes et formations dunaires consolidées qui les accompagnent
qC	Calabrien: grès marins et formations dunaires associées
qV	Villafranchien: calcaires lacustres, argiles à lignite, couches rouges
pV	Pliocène continental et Villafranchien non séparés (pV)
pe	Pliocène continental: poudingues, calcaires lacustres
p	Pliocène marin conglomérats, marnes bleues, mollasses, grès et formations dunaires subordonnées
mp	Pontien (localement équivalent du mc)
ms	Miocène terminal marin et lagunaire: couches à Tripoli, marnes à gypse
mm	Miocène supérieur marin: calcaires, grès, argiles
mc	mc Miocène continental antépontien
mi	Miocène inférieur marin (Burdigalien)

Figure 7 : Extrait de la carte géologique de l'Algérie.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.1.6 La Sismicité :

L'activité sismique en Algérie est due principalement à la nature géologique de la région maghrébine et ses caractéristiques tectoniques à la frontière des plaques africaines et eurasiennes, en mouvement compressif permanent.

Le niveau de risque sismique considéré comme acceptable en Algérie a été établi et intégré dans les prescriptions réglementaires contenues dans le R.P.A (règles parasismiques Algériennes) en prenant en considération deux types de secousses possibles (séisme majeur et séisme modéré) et des groupes d'usage des ouvrages qui sont classés de 1 à 3 en fonction de l'importance décroissante qu'il présente pour la vie économique et sociale de la communauté.

D'après le règlement parasismique Algérien notre zone d'étude appartient à la zone III.

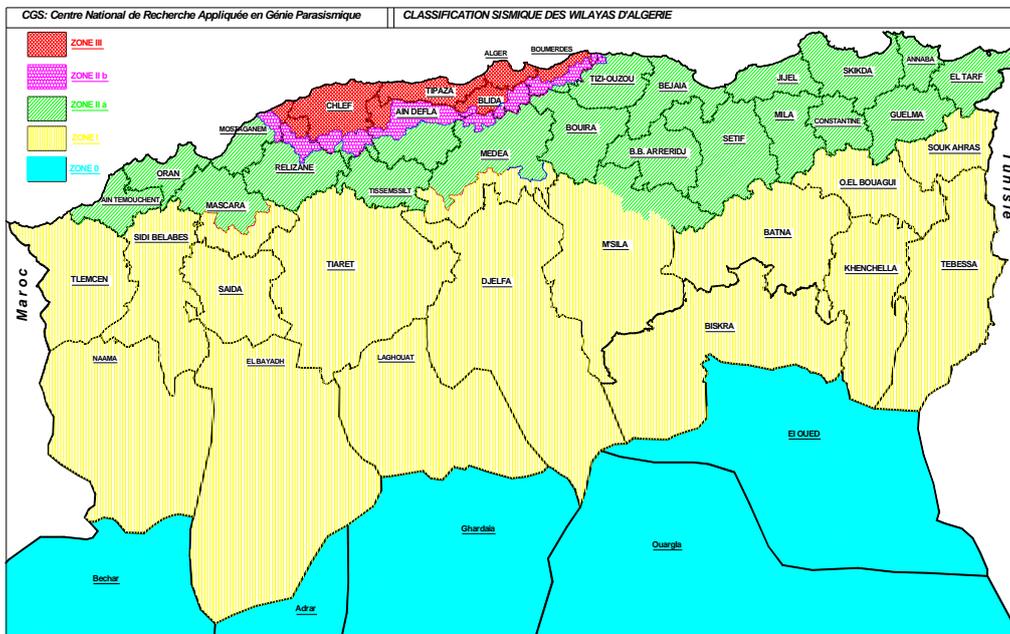


Figure 8 : Carte de zonage sismique du territoire algérien (RPA 99-Version 2003)

CONCLUSION :

Dans ce chapitre nous avons pu calculer et analyser plusieurs aspects tels que les aspects climatologiques, démographiques, géologiques et géographiques de la ville de BIRTOUTA qui joueront un rôle essentiel dans ce qui suit des chapitres.

CHAPITRE II :

Etude hydrologique

INTRODUCTION :

Le présent chapitre a pour but de déterminer toutes les caractéristiques hydrologiques de OUED TERRO en utilisant des données hydrologiques afin de pouvoir déterminer les caractéristiques hydrauliques pour qu'on puisse projeter un aménagement. Dans l'étude hydrologique, on devra considérer :

- La description du bassin versant.
- Une analyse de crues : l'estimation du temps de concentration, les courbes intensité-fréquences...

II.1 Etude des caractéristiques morpho-métriques du bassin versant :

II.1.1 Délimitation du bassin versant :

Le bassin versant est caractérisé par un contour suivant la ligne conventionnelle de partage des eaux, dont la totalité de sa surface est drainée par le cours d'eau principal.

La Figure 1 représente la délimitation du bassin versant de OUED TERRO. Il se caractérise par un relief relativement plat avec un dense réseau hydrographique, ce dernier, est constitué d'un

oued principal, qui est bien « OUED TERRO » ayant un exutoire qui se détermine avec les coordonnées (x=36°40'19"E, y=03°04'36"N) jetant ses apports dans « OUEDEL HARRACHE »

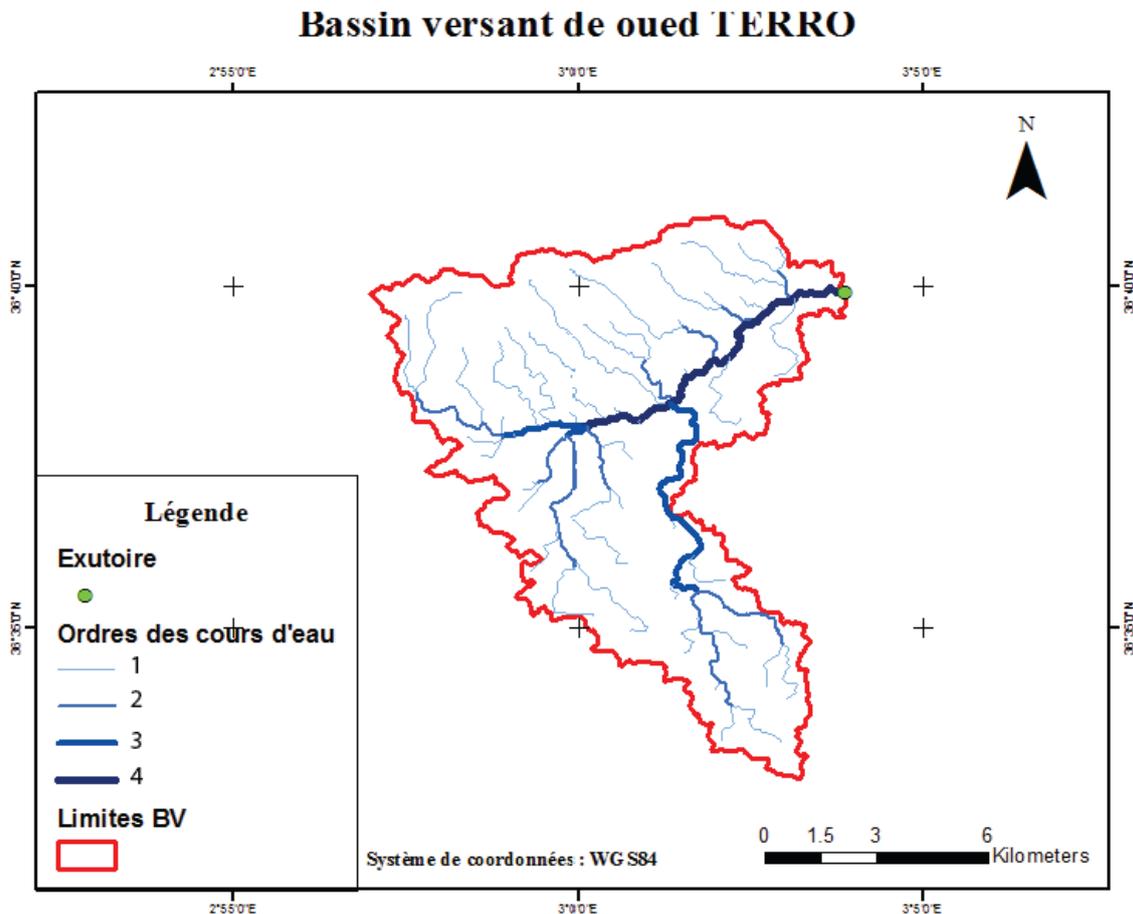


Figure 1 : Bassin versant avec réseau hydrographique de OUED TERRO.

II.1.2 Caractéristiques géométriques du bassin versant :

- La surface du bassin versant est : $S = 77.98\text{km}^2$
- La longueur du thalweg principal soit : $L=8.007\text{km}$
- Le périmètre P du bassin versant est : $p= 63.34\text{Km}$

II.1.3 Caractéristiques de forme

II.1.3.1 Indice de compacité de Gravelius Kc :

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 bassin. Plus ce coefficient s'approche de 1, plus la forme de bassin versant sera

CHAPITRE II : ETUDE HYDROLOGIQUE

ramassée et plus le temps de concentration des eaux sera court. Elle sera allongée dans le cas contraire.

Soit :

$$Kc = \frac{P}{Pc} = \frac{P}{2\pi R} \text{ avec } S = \pi R^2 \text{ et } R = \sqrt{\frac{S}{\pi}} \dots \dots \dots \text{(II.1)}$$

$$Kc = \frac{P}{2\pi \sqrt{\frac{S}{\pi}}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}} \dots \dots \dots \text{(II.2)}$$

Où :

Kc : Indice de compacité de Gravelius ;

S : surface du bassin versant [km²] ;

P : périmètre du bassin [km].

A.N :

$$Kc = 0.28 \frac{63.34}{\sqrt{77.98}} \rightarrow Kc = 2.01$$

Kc > 1 donc c'est un bassin versant de forme allongée.

II.1.3.2 Coefficient d'allongement :

Ce coefficient est obtenu par la relation suivante :

$$Kp = \frac{L^2}{S} \dots \dots \dots \text{(II.3)}$$

Où :

Kp : coefficient d'allongement;

S : surface du bassin versant [km²] ;

L : longueur de cours d'eau principale [km].

A.N :

$$Kp = 0.84$$

II.1.3.3 Rectangle équivalent ou Rectangle de Gravelius :

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

Le périmètre et la surface du rectangle sont respectivement :

$$p = 2 \times (L + l) \text{ et } s = l \times L \dots \dots \dots \text{ (II.4)}$$

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

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}} \dots \dots \dots \text{ (II.5)}$$

On obtient une Equation de 2ème degré admet deux solutions Lr ; lr :

$$Lr, lr = Kc \times \frac{\sqrt{S}}{1.12} \left(1 \pm \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc} \right)^2} \right) \dots \dots \dots \text{ (II.6)}$$

Avec

Lr : longueur du rectangle équivalent en (Km)

lr : largeur du rectangle équivalent en (Km)

A.N :

$$Lr = 28.795 \text{ km}$$

$$lr = 2.711 \text{ km}$$

II.1.4 Paramètres du relief :

Le relief est un facteur essentiel, il détermine en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains, l'infiltration et l'évaporation. C'est un élément capital dans le comportement hydrologique d'un bassin. est caractérisé par : la courbe hypsométrique, L'altitude moyenne, L'indice de pente globale Ig, l'indice de pente roche Ip , l'indice de pente moyenne du bassin versant Im ,densité de drainage Dg. Notre but recherché est la détermination de la classe de relief.

CHAPITRE II : ETUDE HYDROLOGIQUE

II.1.4.1 La courbe hypsométrique :

La courbe hypsométrique fournit une vue synthétique de la pente du bassin, donc du relief. Cette courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude. Elle porte en abscisse la surface (ou le pourcentage de surface) du bassin qui se trouve au-dessus (ou au-dessous) de l'altitude représentée en ordonnée. Cette courbe hypsométrique peut aussi servir de référence pour les valeurs de H5 et H95 dans le calcul d'indice global d'un bassin versant.

Tableau II.1 : la répartition des surfaces en fonction des côtes.

Altitudes (m) NGA	H _i (m)	Surfaces				H _i ×S _i (m.km ²)
		Partielles		Cumulées		
		S _i (km ²)	S _i (%)	S _i (km ²)	S _i (%)	
20-40	30	24.488	31.41%	24.488	31.41%	734.653
40-60	50	22.682	29.09%	47.170	60.50%	1134.089
60-80	70	12.854	16.49%	60.024	76.99%	899.758
80-100	90	4.249	5.45%	64.273	82.44%	382.443
100-120	110	2.148	2.76%	66.422	85.20%	236.311
120-140	130	2.527	3.24%	68.948	88.44%	328.492
140-160	150	2.671	3.43%	71.619	91.87%	400.601
160-180	170	2.721	3.49%	74.340	95.36%	462.597
180-200	190	2.412	3.09%	76.752	98.45%	458.216
200-220	210	1.187	1.52%	77.939	99.97%	249.369
220-238	229	0.028	0.04%	77.968	100%	6.520
somme		77.968	100%			5293.049

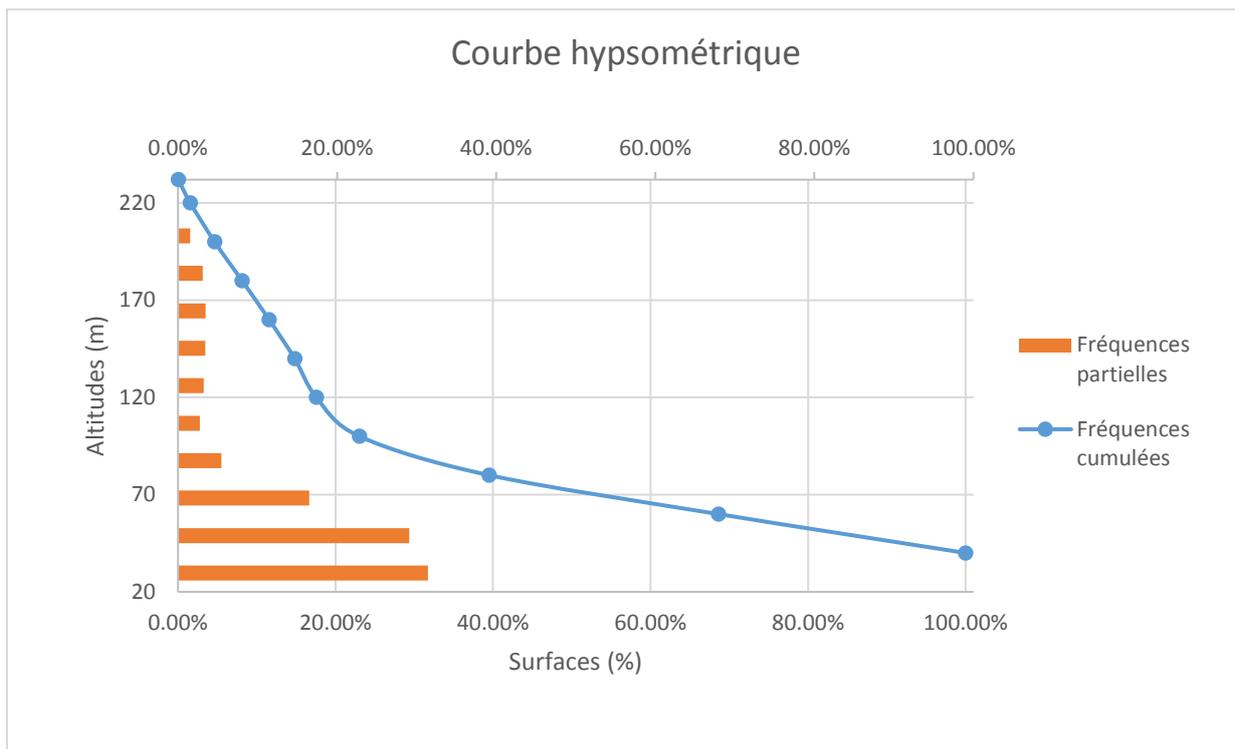


Figure 2 : Courbe hypsométrique.

II.1.4.2 Les Altitudes :

II.1.4.2.1 Altitude médiane :

L'altitude médiane correspond à l'altitude lue au point d'abscisse 50% de la surface totale du bassin, sur la courbe hypsométrique. Cette grandeur se rapproche de l'altitude moyenne dans le cas où la courbe hypsométrique du bassin concerné présente une pente régulière, d'après la Courbe hypsométrique on a :

$$H_{50\%} = 72 \text{ m.}$$

II.1.4.2.2 Altitude moyenne :

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

$$H_{moy} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \times H_i}{S} \dots\dots\dots (II.7)$$

CHAPITRE II : ETUDE HYDROLOGIQUE

Où :

H_{moy} : altitude moyenne du bassin [m] ;

Si : aire comprise entre deux courbes de niveau [km²] ;

Hi : altitude moyenne entre deux courbes de niveau [m] ;

S : superficie totale du bassin versant [km²].

A.N :

$$H_{moy} = 67.89 \text{ m}$$

Tableau II.2 : Détermination des altitudes.

Altitude	Valeur (m) NGA
H_{moy}	67.89
H_{50%}	72
H_{95%}	45
H_{5%}	188
H_{max}	232
H_{min}	20

II.1.4.3 Indices de pentes :

II.1.4.3.1 Indice de pente globale :

A partir de la courbe hypsométrique, nous déduisons les altitudes de fréquence 5% et 95% de la surface du bassin versant.

L'indice de pente global sera :

$$I_g = \frac{D}{L} = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L} \dots \dots \dots (II.8)$$

CHAPITRE II : ETUDE HYDROLOGIQUE

Où :

L : la longueur du rectangle équivalent ;

A.N :

$$I_g = 0.5 \%$$

II.1.4.3.2 Indice de pente de rocher I_p :

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

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{i=1}^n \sqrt{A_i \times D_i} \dots \dots \dots (II.9)$$

Où :

L : longueur de rectangle équivalent (m)

A_i : surface partielle (%) comprise entre 2 courbes de niveau consécutives H_i et H_{i+1}

A.N : $I_p = 0.076\%$

Tableau II.3 : Calcul des paramètres de l'indice de pente de rocher

$H_i - H_{i+1}$	D_i (m)	S_i (km ²)	$A_i = S_i/S$ (%)	$\sqrt{A_i \times D_i}$
20-40	20	24.488	31.41%	2.506392
40-60	20	22.682	29.09%	2.412053
60-80	20	12.854	16.49%	1.81604
80-100	20	4.249	5.45%	1.044031
100-120	20	2.148	2.76%	0.742967
120-140	20	2.527	3.24%	0.804984
140-160	20	2.671	3.43%	0.828251
160-180	20	2.721	3.49%	0.835464
180-200	20	2.412	3.09%	0.78613
200-220	20	1.187	1.52%	0.551362
220-232	12	0.028	0.04%	0.584525
somme		77.968	100%	12.9122

CHAPITRE II : ETUDE HYDROLOGIQUE

II.1.4.3.3 Indice de Pente moyenne I_m :

L'indice de pente moyenne est le rapport entre la dénivelée et la longueur de rectangle équivalent.

$$I_{pm} = \frac{\Delta H}{L} = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \dots \dots \dots (II.10)$$

A.N : **$I_{pm} = 0.74 \%$**

Pente moyenne de bassin versant I_m :

$$I_m = \frac{\Delta H * (0.5L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + \dots + 0.5L_n)}{\sqrt{S}} \dots \dots \dots (II.11)$$

Où :

I_m : pente moyenne [%] ;

L_i : longueur totale de courbes de niveau [km] ;

ΔH : équidistance entre deux courbes de niveau [m] ;

S : surface du bassin versant [km²].

A.N : **$I_m = 1771.227 \text{ m/km}$**

Classification du relief

Pour la classification du relief, celle de ORSTOM sera prise comme référence, elle est Donnée dans le tableau suivant.

Tableau II.4 : Classification ORSTOM du relief à partir de l'indice de pente global.

relief		Valeur de I_g
1	Très faible	$I_g < 0,002$
2	Faible	$0,002 < I_g < 0,005$
3	Assez faible	$0,005 < I_g < 0,01$
4	Modéré	$0,01 < I_g < 0,02$
5	Assez modéré	$0,02 < I_g < 0,05$
6	Fort	$0,05 < I_g < 0,1$
7	Très fort	$0,05 < I_g$

$I_g = 0.5 \%$ Donc, on déduit d'après le tableau précédant que notre relief est **Faible**.

II.2 Caractéristiques hydrographiques du bassin versant

II.2.1 Le réseau hydrographique

Pour procéder au calcul de la densité de drainage, il faut classer les cours d'eau, il existe plusieurs classifications dont la plus courante est la classification de STRHALER.

Dans cette classification est considéré ordre(x+1) tout tronçon de rivière formé par la réunion de 02 cours d'eau d'ordre (x).

Dans notre bassin versant de OUED TERRO, le cours d'eau principal est de l'ordre 4. Le réseau hydrographique est représenté dans la figure 4.

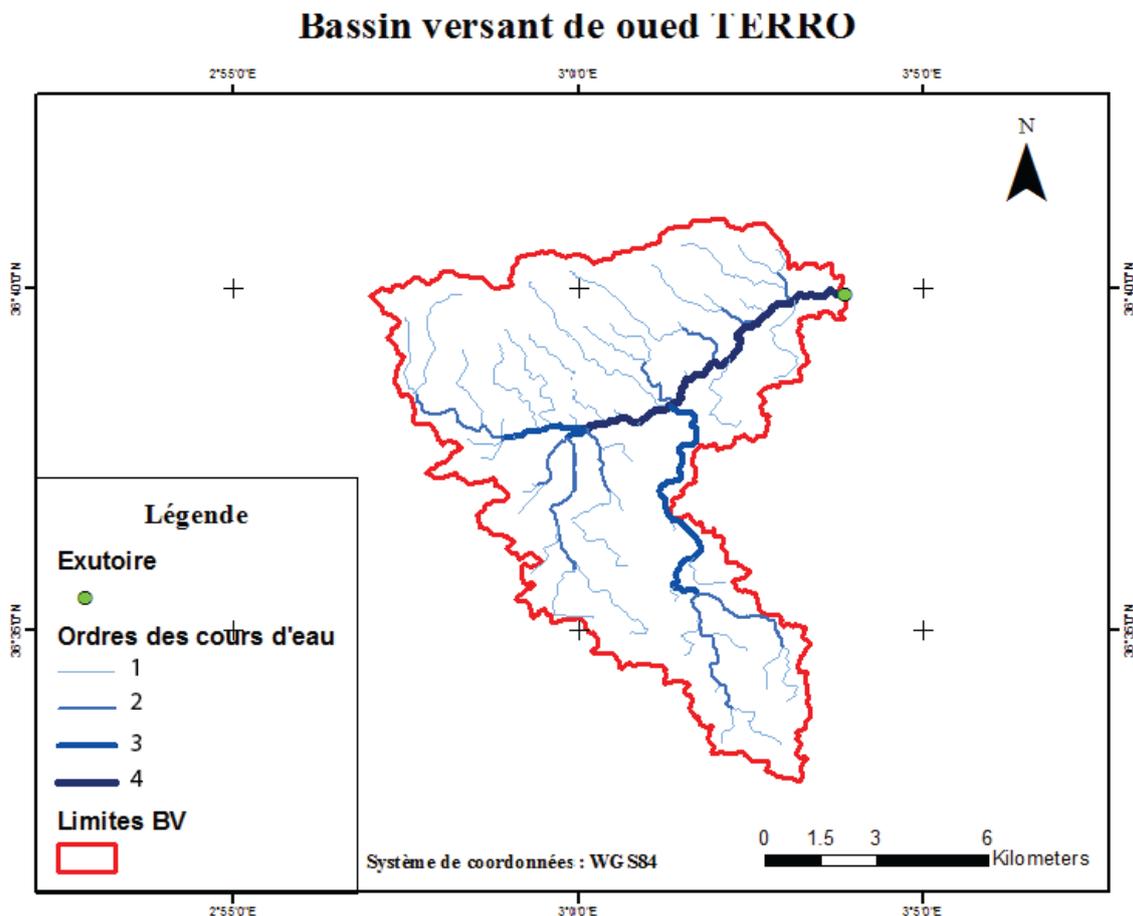


Figure 3 : Réseau hydrographique selon STRHALER.

Tableau II.5: Classification, nombre de cours d'eau et leur longueur

Ordre	Nombre	Longueur (km)
1	95	77.18
2	36	23.102
3	25	10.004
4	19	8.007

II.2.2 Profil en long de l'oued

Ce profil est tracé à partir de la courbe topographique en tenant compte de l'altitude et de la longueur du cours d'eau.

II.2.3 Pente moyenne du cours d'eau principal I_c

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

$$I_c = \frac{\Delta H}{\Delta L} \dots \dots \dots (II.12)$$

Où :

I : pente moyenne du cours d'eau [m/m].

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

ΔL : distance entre ces deux points (km).

A.N :

$$I_c = 0.16 \%$$

II.2.4 Densité de drainage :

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

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{S} \dots \dots \dots (II.13)$$

Où :

D_d : densité de drainage [km/km^2] ;

L_i : la somme des longueurs de tous les cours d'eau d'ordre i [km] ;

CHAPITRE II : ETUDE HYDROLOGIQUE

S : surface du bassin versant [km²].

A.N :

$$D_d = 1.52 \text{ Km/Km}^2$$

II.2.5 Coefficient de torrentialité C_t :

C'est un coefficient qui tient compte à la fois de la densité des thalwegs élémentaires par la densité de drainage :

$$C_t = F_1 * D_d \dots \dots \dots (II.14)$$

Où :

Dd : la densité de drainage.

S : Surface du bassin versant.

F1 : densité de talwegs élémentaires.

Tel que :

$$F_1 = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{S} \dots \dots \dots (II.15)$$

Où :

N : Nombre des talwegs d'ordre 1.

A.N :

$$\sum N_i = 95$$

$$F_1 = 1.22 \text{ talweg/km}^2$$

$$C_t = 1.85$$

II.2.6 Temps de concentration :

C'est le temps que met la particule d'eau la plus éloignée pour arriver à l'exutoire. il existe plusieurs formules. Dans le contexte algérien et pour les grands bassins versants, il peut être notamment calculé par les formules suivantes :

II.2.6.1 Giandotti

Cette formule a été éprouvée en Afrique du Nord et parait fournir une bonne valeur du temps de concentration pour les grands et moyens bassins.

$$T_c = \frac{4 * \sqrt{S} + 1.5 * L_{cp}}{0.8 * \sqrt{H_{moy} - H_{min}}} \dots \dots \dots (II.16)$$

CHAPITRE II : ETUDE HYDROLOGIQUE

Où :

S : Surface du bassin versant en [Km²].

L_{cp} : longueur du talweg principale en [Km].

H_{moy} : Altitude moyenne du bassin versant (m NGA)

H_{min} : Altitude minimale du bassin versant (m NGA).

A.N :

$$T_c = 11.55 \text{ heures}$$

II.2.6.2 BASSO

Le temps de concentration est calculé comme suit :

$$T_c = 0.067 * \frac{L_p^{1.115}}{(H_{max} - H_{min})^{0.385}} \dots \dots \dots (II.17)$$

Où :

T_c : temps de concentration en Heures ;

L_p : longueur du thalweg principal (Km) ;

H_{min} : altitude minimal (Km);

H_{max} : altitude maximal (Km).

A.N :

$$T_c = 3.26 \text{ heures}$$

II.2.6.2 KIRPICH

Le temps de concentration par la méthode de KIRPICH est calculé comme suit :

$$T_c = 0.0192 * L^{0.77} * I^{-0.385} \dots \dots \dots (II.18)$$

Où :

L : longueur du thalweg principal (m)

I : Dénivelée = (Hmax – Hmin) /L (m/m)

A.N :

$$T_c = 3.75 \text{ heures}$$

II.2.6.3 CALIFORNIA

$$T_c = \left(\frac{0.87 * L^3}{H_{max} - H_{min}} \right)^{0.386} \dots \dots \dots (II.20)$$

CHAPITRE II : ETUDE HYDROLOGIQUE

Où :

L_p : longueur du thalweg principal (Km) ;

H_{min} : altitude minimal (Km);

H_{max} : altitude maximal (Km).

A.N :

$$T_c = 3.65 \text{ heures}$$

Les résultats de différentes méthodes sont présents dans le Tableau suivant :

Tableau II.6 : Les résultats de différentes méthodes pour la détermination de T_c

la Formule	T_c (H)
GIANDOTTI	11.55
BASSO	3.26
KIRPICH	3.75
CALIFORNIA	3.65

Sur la base de ces résultats, et la considération du talweg principal et les paramètres géométriques du bassin, nous proposons d'adopter la valeur $T_c=3.65$ heures calculé par la formule de **CALIFORNIA**, car elle nous donne une valeur plus petite donc elle représenté un risque plus élevé.

II.2.7 Vitesse de ruissellement :

Cette vitesse est donnée par la formule :

$$V_R = \frac{L}{T_c} \dots \dots \dots (II.21)$$

Où :

L : Longueur de talweg principal en [Km];

T_c : temps de concentration en [heure].

A.N :

$$V_R = 5.23 \text{ km/h}$$

CHAPITRE II : ETUDE HYDROLOGIQUE

Tableau II.7 : Tableau récapitulatif des caractéristiques hydro-morpho-métriques du bassin versant.

Désignation		Symbole	Unités	Valeur
Superficie		S	km ²	77.98
Périmètre		P	km	63.34
Longueur du thalweg principal		L	km	8.007
Pente moyenne du cours d'eau principal		I _c	%	0.16
Indice de compacité		K _C	-	2.01
Coefficient d'allongement		K _P	-	0.84
Rectangle équivalent	longueur	L _r	km	28795
	largeur	l _r	Km	2.711
Altitudes	maximale	H _{max}	m	232
	moyenne	H _{moy}	m	67.89
	médiane	H _{med}	m	72
	minimale	H _{min}	m	20
Indice de pente de Roche		I _P	%	0.76
Indice de pente globale		I _g	%	0.45
Indice de pente moyenne		I _{pm}	%	0.74
pente moyenne de bassin versant		I _m	m/km	1771.23
Densité de drainage		D _d	Km/Km ²	1.51
Coefficient de torrentialité		C _t	-	1.85
Temps de concentration		T _c	h	3.75
Vitesse de ruissellement		V _r	Km/h	5.09

II.3 La pluviométrie :

L'étude des précipitations constitue un élément essentiel pour l'analyse des ressources en eaux.

Cette étude est basée sur les données des stations pluviométriques disponibles et se localisant à l'alentour et à l'intérieur du bassin versant de OUED TERRO (Station de Boufarik)

Ces données pluviométriques collectées au niveau de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H) se présentent sous forme de totaux mensuels et annuels ainsi que des pluies maximales journalières.

II.3.1 Pluie moyenne annuelle :

La pluie annuelle moyenne dans la région est comprise entre 600 et 700 mm d'après la carte des pluies de l'Algérie du nord de l'ANRH, nous prenons en considération la valeur de :

$$P_{\text{moy}} = 650 \text{ mm.}$$

II.3.2 Précipitation mensuelle :

Les pluies moyennes mensuelles représentées par le tableau traduisent clairement les variations saisonnières et leur distribution à l'échelle annuelle. La station prise en considération dans la région d'étude, fait ressortir deux périodes distinctes, une saison sèche et une autre humide.

Tableau II.8 : Répartition mensuelle des précipitations, station de Boufarik

Mois	sept	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août
P en mm	28,5	73,4	89,9	94,5	92,3	73,6	64,9	63,9	42,1	12,1	2,3	5,6
P en %	4,4	11,4	14,0	14,7	14,4	11,4	10,1	9,9	6,5	1,9	0,4	0,9

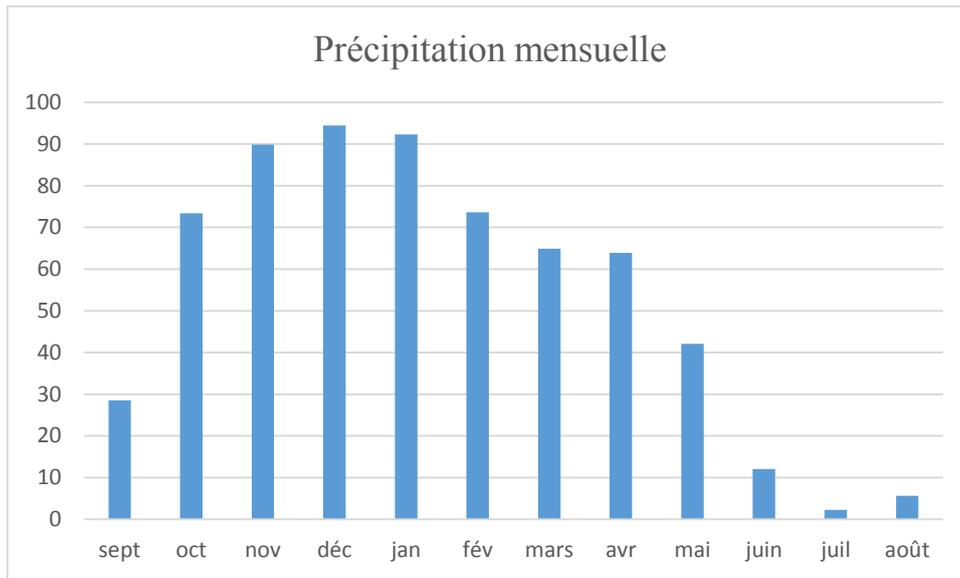


Figure 4 : Précipitation mensuelle, station de Boufarik.

On remarque l'existence d'une saison sèche qui correspond aux mois de juin à août, avec des pluies moyennes mensuelles inférieures à 12.5 mm et une saison humide qui correspond aux autres mois.

La répartition des pluies mensuelle en % nous montre de façon distincte que les mois les plus arrosés correspondent à ceux allant d'octobre à février ces cinq mois accaparent à eux seuls plus de 60 % des précipitations annuelles. Par contre les mois d'été sont largement déficitaires avec moins de 2 % du total annuel pour chaque mois.

II.3.3 Pluies maximales journalières :

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

II.4 Etude des précipitations :

II.4.1 Ajustement des pluies maximales journalières :

On a effectué l'ajustement de la série des pluies maximales journalières à la loi de Gumbel et Galton en utilisant le logiciel Hyfran, avec une comparaison des deux graphiques des droites de régression obtenues par les deux ajustements.

Les caractéristiques des échantillons, les tests d'adéquation des deux lois sont calculés directement à partir du logiciel.

II.4.1.1 Ajustement à la loi Log normale (loi de GALTON) :

La loi de Galton résulte de la loi normale mais rendus dissymétrique par le changement de variables, sa fonction de répartition pour des fréquences au non dépassement est la suivante :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} du \dots\dots\dots(\text{II.22})$$

Avec :

F(x) : Fréquence au non dépassement.

$u = \frac{\ln x - \overline{\ln x}}{\sigma_{\ln x}}$ la variable réduite de Gauss ; elle dépend de deux paramètres qui sont la moyenne $\overline{\ln x}$ et l'écart-type $\sigma_{\ln x}$, qui dans notre cas sont estimés par la méthode du maximum de vraisemblance.

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

$$\log P_{an; p\%} = \overline{\log P_{an}} + u_{p\%} \cdot \sigma_{\log P_{an}} \dots\dots\dots(\text{II.23})$$

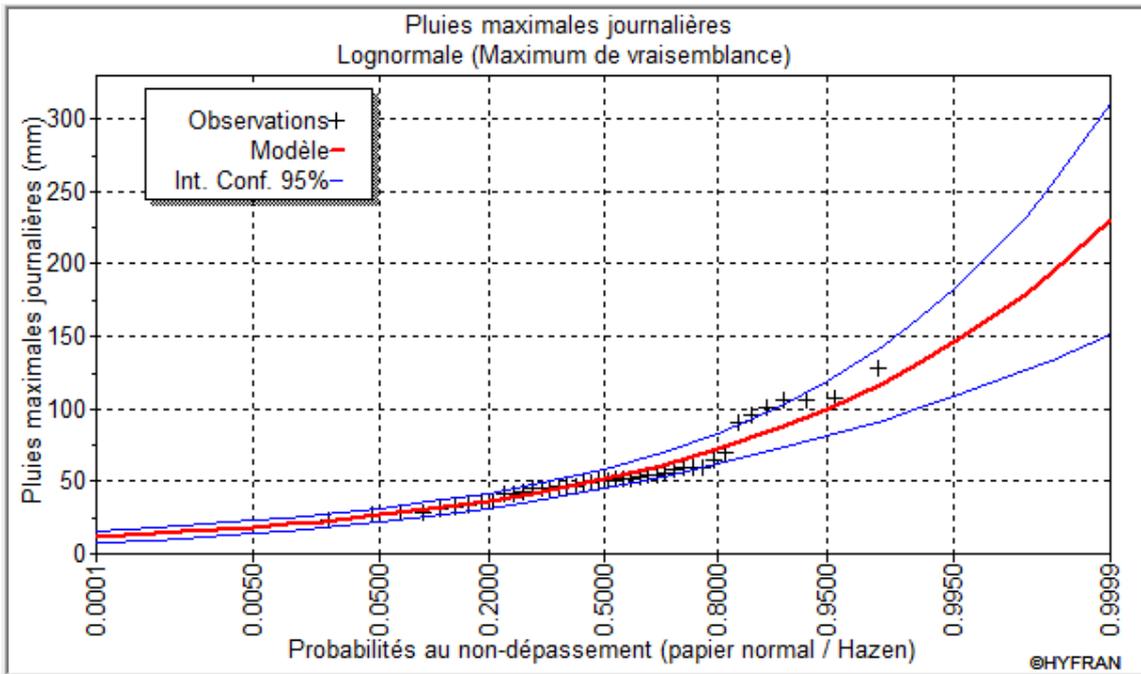


Figure 5 : Ajustement à la loi Log-Normale (Maximum de vraisemblance).

II.4.1.2 Ajustement à la loi doublement exponentielle (loi de Gumbel) :

La fonction de répartition de la loi de Gumbel est :

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x-x_0}{\alpha}}} \dots\dots\dots(II.24)$$

Où :

F(x) : fréquence au non dépassement de la valeur de x.

α ; x₀: coefficients d’ajustement

- **x₀** est le paramètre de position.
- **α** est le paramètre d’échelle (gradex).

Par un changement de variable $y = \frac{x-x_0}{\alpha}$; la loi de Gumbel s’écrit :

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

Où :

$y = \frac{x-x_0}{\alpha}$: est la variable réduite de Gumbel.

L’équation de la droite de Gumbel représentée sur papier Gumbel est donnée par :

$$x = \frac{1}{\alpha} y + x_0 \dots\dots\dots(II.25)$$

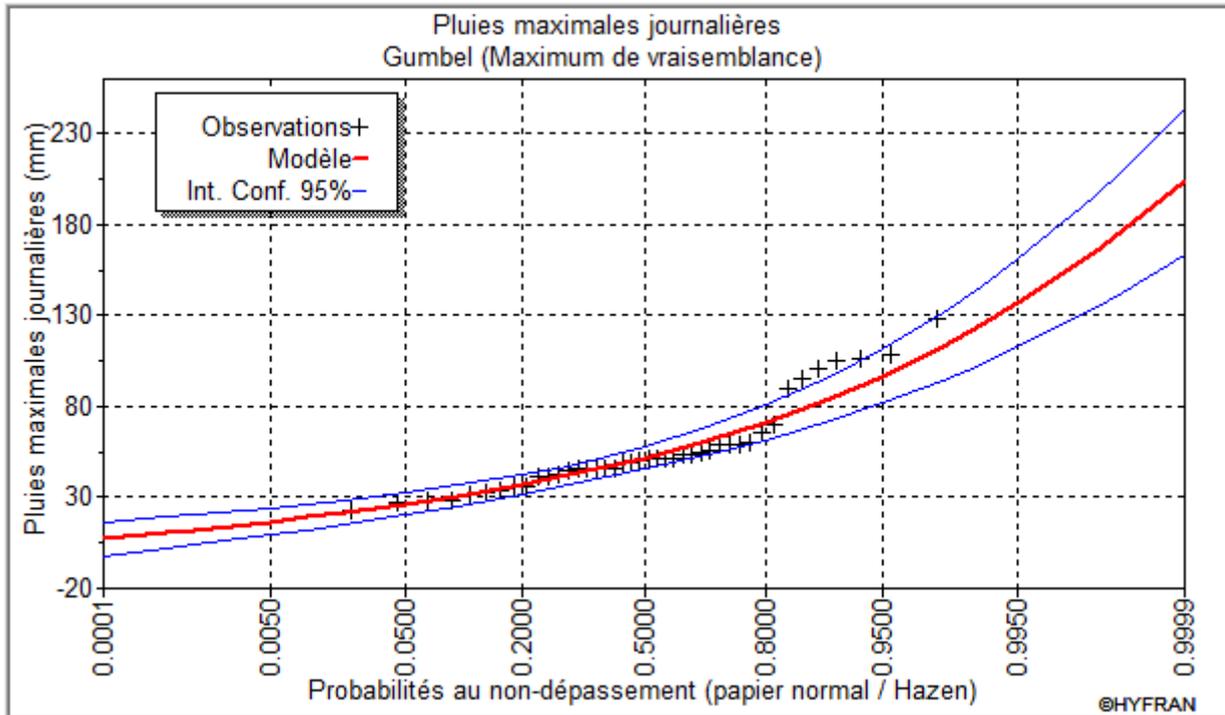


Figure 6 : Ajustement à la loi de Gumbel (Maximum de vraisemblance).

Test d'adéquation pour les 2 lois :

On a choisi comme test d'adéquation de l'ajustement celui de Khi 2, qui est utilisé pour un seuil de signification $\alpha = 5\%$ et un nombre de degré de liberté $\gamma = K - 1 - m$,

Avec :

K : nombre de classe.

m : nombre de paramètre de la loi.

$$\chi^2_{cal} = \sum_{i=1}^K \frac{(n_i - \mu_i)^2}{\mu_i} \dots \dots \dots (II.26)$$

Où :

n_i : nombre d'observation contenues dans la classe i ;

u_i : nombre d'observation théoriques calculées dans la classe i avec $u > 5$;

χ² : variable aléatoire calculée.

On pose les deux hypothèses suivantes :

H₀ : L'échantillon provient de la loi choisie ;

H₁ : L'échantillon ne provient pas de la loi choisie.

CHAPITRE II : ETUDE HYDROLOGIQUE

Nous pouvons accepter H_0 au niveau de signification de 5 % si $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$

Ou :

$\chi^2_{\text{théorique}}$ est tiré de la table de χ^2 en fonction de γ et $\alpha = 5\%$.

Le tableau suivant donne les paramètres de test χ^2

Tableau II.9: paramètre de test de χ^2

La loi choisie	Degré de liberté γ	χ^2 calculé	χ^2 théorique
Log normale	5	9.05	11.07
Gumbel	5	7.14	11.07

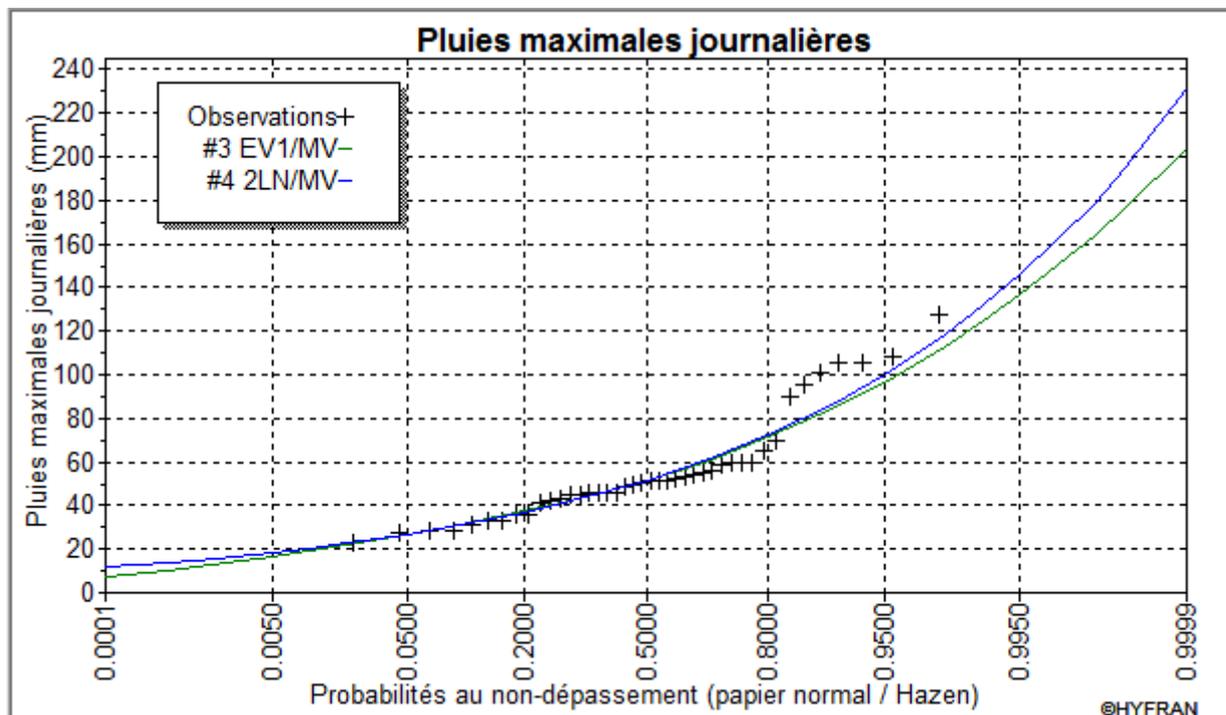


Figure 7 : Comparaison entre les deux graphiques d'ajustement.

Les résultats de test montrent que la série s'ajuste aux deux lois.

Visuellement on remarque que la série s'ajuste aux deux lois mais la loi de lognormale est celle qui est la plus adéquate au nuage des points.

D'après le test d'adéquation χ^2 on remarque que $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$ et le $\chi^2_{\text{calculé}}$ calculé de la loi lognormale est le plus proche au théorique donc on choisit la loi lognormale.

CHAPITRE II : ETUDE HYDROLOGIQUE

II.4.1.3 Résultats d'ajustement à la loi choisie (log-normale) :

Les résultats de l'ajustement par la loi de Log-Normale « Galton » sont résumés dans le tableau (III.10) :

Nombre d'observation : $n=42$.

Paramètres : $\mu=3.94443$; $\sigma=0.402586$

Quantiles : $q = F(X)$ (probabilité au non-dépassement)

$T = 1/(1-q)$ (période de retour)

Tableau II.10 : Résultats de l'ajustement à la loi Log normale.

Période de retour T (ans)	Probabilité de fréquence (q)	Précipitation P_{jmax} (mm)	Ecart-type
10000.0	0.9999	231	40.8
2000.0	0.9995	194	30.9
1000.0	0.9990	179	27.0
200.0	0.9950	146	19.0
100.0	0.9900	132	15.9
50.0	0.9800	118	13.0
20.0	0.9500	100	9.61
10.0	0.9000	86.5	7.29
5.0	0.8000	72.5	5.26
3.0	0.6667	61.4	3.99
2.0	0.5000	51.6	3.21

CONCLUSION :

Dans ce chapitre on a pu analyser des données numériques du terrain pour la détermination des caractéristiques morpho-métriques et hydrométriques du bassin versant en utilisant logiciel Arcmap, on a aussi analysé les données pluviométriques, les attribuer à une loi probabilistique en utilisant logiciel Hyfran, et puis on a déterminé les pluies fréquentielles en se basant sur les résultats de la loi choisie.

CHAPITRE III:

Etude des crues

INTRODUCTION :

L'intérêt de la détermination du débit max d'un cours d'eau est évident en raison des effets destructeurs bien connus de ces événements hydrologiques.

Lorsqu'on projette la construction des ouvrages hydrauliques, on doit déterminer le maximum probable de la crue auquel l'ouvrage devra faire face.

Dans notre bassin versant il n'existe aucune station hydrométrique qui enregistre le régime des apports de l'oued. Comme on a un manque de données des apports nous allons utiliser les formules empiriques les plus employées en Algérie et qui donnent d'assez bons résultats dans le cas des petits bassins versants semblables au notre, nous avons aussi utiliser la méthode de GRADEX, extraire un débit de crue de calcul, et puis extraire l'hydrogramme de crue.

III.1 Etude des apports :

III.1.1 Apport liquides :

Dans notre bassin versant il n'existe aucune station hydrométrique qui enregistre le régime des apports de l'oued.

Comme on a un manque de données des apports nous allons utiliser les formules empiriques les plus employées en Algérie et qui donnent d'assez bons résultats dans le cas des petits bassins versants semblables au notre.

III.1.1.1 Formule de l'A.N.R.H :

On a:

$$L_e = p \cdot (1 - 10^{-k_p S}) \dots\dots\dots (III.1)$$

P : Pluie moyenne annuelle (m).

S : Superficie du bassin versant (Km²).

K_p = 0.18 - 0.01 * log(S).

soit: $A = L_e \cdot S$

$$L_e = 37.7 \text{ mm}$$

D'où :

$$A = 2.94 \text{ Hm}^3$$

III.1.1.2 Formule de MALLET-GAUTIER :

$$L_e = C_e \cdot p \cdot (1 - 10^{-0.36 p^2}) \dots\dots\dots (III.2)$$

CHAPITRE III : ETUDE DES CRUES

P : Pluie moyenne annuelle (m).

Ce : Coefficient de l'écoulement.

$$L_e = 76.8 \text{ mm}$$

D'où :

$$A = 5.98 \text{ Hm}^3$$

III.1.1.3 Formule de Dery :

On a :

$$L_e = 0.513 \cdot P^{2.684} \cdot D_d \cdot S^{0.842} \dots\dots\dots \text{(III.3)}$$

P : Pluie moyenne annuelle (m).

S : Superficie du bassin versant (Km²).

Dd : Densité de drainage (Km/Km²) → **Dd = 1.52**

Soit :

$$L_e = 77.73 \text{ mm}$$

D'où :

$$A = 6.06 \text{ Hm}^3$$

Tableau III.1: Récapitulatif des résultats de calcul des apports.

Formules	A (Hm ³)	L _e (mm)
A.N.R.H	2.94	37.7
MALLET- GAUTIER	5.98	76.8
Dery	6.06	77.73

Vu les résultats des différentes méthodes qui varient d'une méthode à une autre. On a choisi Formule de MALLET-GAUTIER car c'est la plus proche de la moyenne **A=4.99 Hm³**.

III.1.2 Caractéristiques de l'écoulement :

III.1.2.1 Module de l'écoulement :

On a:

$$M_e = A/T \dots\dots\dots(III.4)$$

Où :

A : Apport moyen annuel (l) ;

T : Temps d'une année en secondes.

$$M_e = 189.47 \text{ l/s}$$

III.1.2.2 Module de l'écoulement relatif :

$$M_0 = M_e / S \dots\dots\dots(III.5)$$

M_e: Module de l'écoulement (l/s) ;

S : Surface du bassin (km²).

$$M_0 = 2.43$$

III.1.2.3 lame d'eau écoulée :

$$L_e = A/S \dots\dots\dots(III.6)$$

Donc :

$$L_e = 76.8 \text{ mm}$$

III.1.2.4 Coefficient de l'écoulement :

$$C_e = L_e / P_{moy} \dots\dots\dots(III.7)$$

Donc :

$$C_e = 0.118$$

III.1.2.4 Coefficient de variation :

Pour la détermination du coefficient de variation C_v des apports annuels on a utilisé des formules empiriques, à savoir :

a) Formule de Sokolovsky :

$$C_v = 0.78 - 0.29 \log_{10} (M_0) - 0.063 \log_{10} (S + 1) \dots\dots\dots (III.8)$$

CHAPITRE III : ETUDE DES CRUES

Alors:

$$Cv=0.55$$

b) Formule de Antonov :

$$Cv = 0.7 / (S + 1000)^{0.097} \dots\dots\dots (III.9)$$

Alors:

$$Cv=0.4$$

c) Formule Algerienne :

$$Cv=0.93 K / M_0^{0.23} \dots\dots\dots(III.10)$$

Où :

K : coefficient de réduction $K= [0.25-1.00]$ on prend $K=0.65$;

M0 : module spécifique du bassin versant en $(l/s/km^2)$.

$$Cv=0.5$$

Tableau III.2 : Récapitulatif de calcul des Cv

Formule	Le coefficient de variation Cv
SOKOLOVSKY	0.55
ANTONOV	0.4
ALGERIENNE	0.5
Moyenne	0.46

On opte pour la formule ALGERIENNE, car elle nous donne une valeur de coefficient de variation plus proche de la moyenne donc $Cv = 0.5$

III.2. Calcul des crues :

III.2.1. La méthode de SOKOLOVSKY :

La méthode de Sokolovsky, Le débit maximum probable est donnée par la formule suivante :

CHAPITRE III : ETUDE DES CRUES

$$Q_{\max, p\%} = 0,28 \cdot \frac{P_{tc p\%} \cdot \alpha_{p\%} \cdot S \cdot f}{t_m = t_c} \dots\dots\dots(III.11)$$

$\alpha_{p\%}$: Coefficient de ruissellement pour la crue probable.

S : Surface du bassin versant en Km².

f : Coefficient de forme de la crue.

T_c: temps de concentration du bassin versant en h.

0.28 : coefficient de changement d'unité.

P_{tc p%} : Lambe d'eau précipitée pour une probabilité donnée et une durée égale au temps

$$\alpha_{p\%} = \frac{\sqrt{P_{tc p\%}} - \sqrt{H_0}}{\sqrt{P_{tc p\%}} + \sqrt{H_0}}$$

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

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

Pour $S \leq 50$ Km² on a $\gamma = 2$

- Pour des petits bassins non boisés, sol peu perméable on a : $\gamma = 2 \div 2.5$
- Pour bassin boisé, sol perméable on a : $\gamma = 3 \div 4$

Dans notre cas on prend $\gamma = 2$ alors :

$$f = \frac{12}{4 + 3\gamma} = 1.2$$

Tableau III.3 : Débit de crues fréquentielles (Sokolovsky).

Période de retour					
ap%	0.50	0.53	0.56	0.57	0.60
P_{tc f%}	72.5	86.5	100	118	132
Q_{max}(m³/s)	72.28	112.63	111.66	134.12	157.93

III.2.2 Formule de TURRAZA :

$$Q_{\max} \% = \frac{P_{tc \%} \times S \times C}{3.6 \times t_c} \dots\dots\dots(III.13)$$

CHAPITRE III : ETUDE DES CRUES

Q_{max} % : débit de crue de période de retour voulue (en m³/s)

t_c : temps de concentration du bassin

P_{t_c} % : pluie de durée t_c et de période de retour voulue

C: coefficient de ruissellement du bassin.

$$C = 0.6(1 - 10^{-0.36P^2})$$

Tableau III.4 : Coefficient de ruissellement des différentes périodes de retour.

Fréquence %	1	2	5	10	20
Période de Retour	100	50	20	10	5
C	0.34	0.33	0.32	0.3	0.25

Tableau III.5 : Débit de crues fréquentielles (Turraza).

T (ans)	100	50	20	10	5
P (mm)	132	118	100	86.5	72.5
C	0.34	0.33	0.32	0.3	0.25
Q_{max}(m³/s)	266.34	231.09	189.91	154.00	107.56

III.2.3 Méthode de GRADEX :

Cette méthode est basée sur le principe, selon lequel l'extrapolation de la courbe des débits vers les fortes valeurs correspondant aux faibles probabilités ne peut se faire raisonnablement que de façon parallèle à la courbe des précipitations, puisqu'il ne peut pas ruisseler plus d'eau qu'il ne tombe et que la rétention du sol est limitée. Cette méthode admet les principes suivants :

- Les précipitations journalières s'ajustent par des lois à comportement exponentiel simple. Donc, les valeurs maximales mensuelles ou annuelles des précipitations s'ajustent au moins dans les valeurs fortes par loi de Gumbel.
- Au-delà de la crue charnière, l'extrapolation de la loi des débits la plus raisonnable consiste à porter une parallèle à la loi des précipitations ;

CHAPITRE III : ETUDE DES CRUES

- La loi des débits instantanés est obtenue par une affinité faite sur la loi des débits journaliers. Les étapes suivies à partir de l'étude des pluies, sont comme suit :

- Etudier la variabilité aléatoire « pluie reçue par le bassin versant en 24 heures » ;

L'ajuster selon la loi de Gumbel et calculer son Gradex.

- Calcul du Gradex des pluies durant le temps de concentration du bassin versant par la formule de réduction des pluies de 24 h

- Considérer le débit décennal pour le bassin étudié à calculer par les autres formules, ou le débit spécifique moyen des bassins versants voisins.

- Extrapoler la fonction de répartition des débits au-delà de 10 ans par une droite de pente égale au Gradex de pluie converti en valeur de débit en utilisant la surface du bassin.

- Considérer un coefficient de pointe pour transformer les débits moyens en débits de point.

Estimation du débit de référence (T 10 ans) :

Le débit de pointe de référence est calculé par analogie à partir des données de la station hydrométrique de Baraki 021418 drainant un bassin versant ayant une superficie de 970 km² et ayant un débit décennal de 357m³/s. le débit décennal qui correspond à notre bassin versant est de 28.7 m³/s.

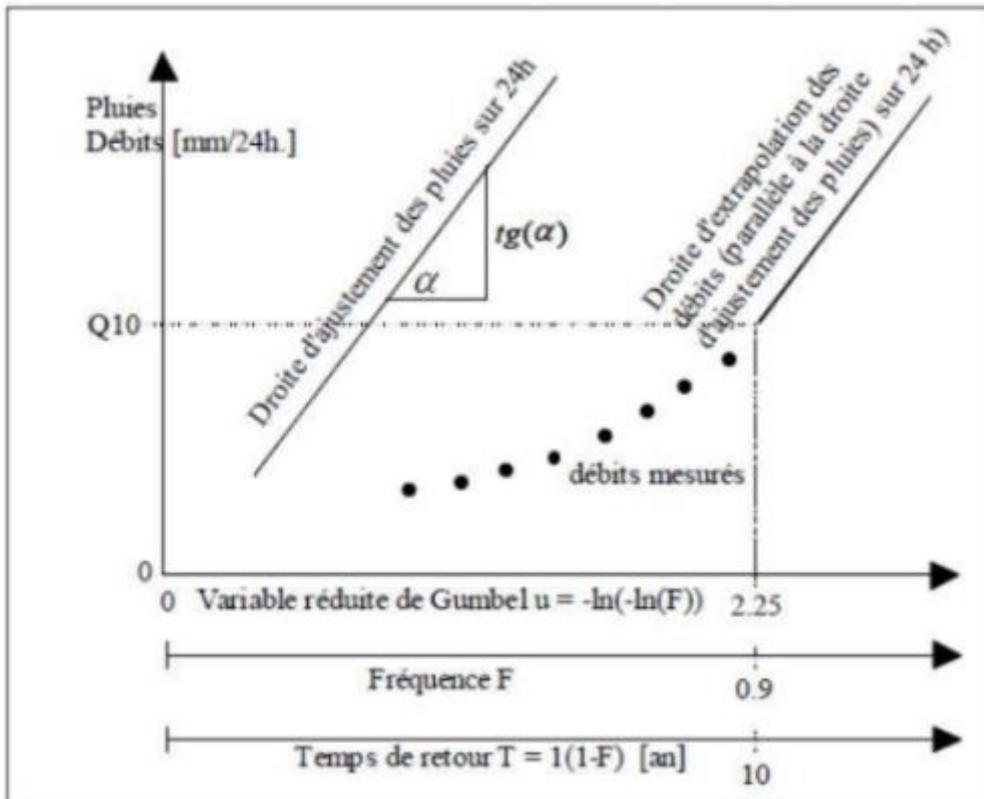


Figure 1 : Mode d'application de la méthode de GRADEX.

Détermination du GRADEX : d'après l'HYFRAN, l'équation de la droite de GUMBEL est :

$$P = 19.32 * \mu + 44.95 \dots \dots \dots (III.15)$$

Gradex des pluies en 24H : Le Gradex des pluies pendant 24h d'après l'ajustement de la série est de : a=19.32 mm

$$\begin{aligned} R_{10 \text{ ans}} (\text{mm}) &= Q_{10 \text{ ans}} (\text{m}^3/\text{s}) * 3,6 * n (\text{heures}) / S (\text{km}^2) \dots \dots \dots (III.15) \\ &= 28.7 * 3,6 * 48 / 77.98 \\ &= 63.6 \text{ mm} \end{aligned}$$

On admettant l'hypothèse du Gradex :

On fait l'extrapolation des débits au-delà du débit décennal :

$$R_{\mu\%} = a. \mu + b' \dots \dots \dots (III.16)$$

Avec :

CHAPITRE III : ETUDE DES CRUES

a : le GRADEX = 19.32 mm.

μ : variable réduite de GUMBEL ($\mu = -\ln(-\ln(F))$).

$$b' = R_{10 \text{ ans}} - a \cdot \mu(T=10 \text{ ans})$$

F=1-1/10=0,9 donc **μ = 2,25**

$$b' = 63.6 - 19.32 \cdot 2.25 = 20.13$$

Donc l'équation du débit est :

$$R \text{ extrapolé (mm)} = 19.32 \cdot \mu + 20.13 \dots \dots \dots (III.17)$$

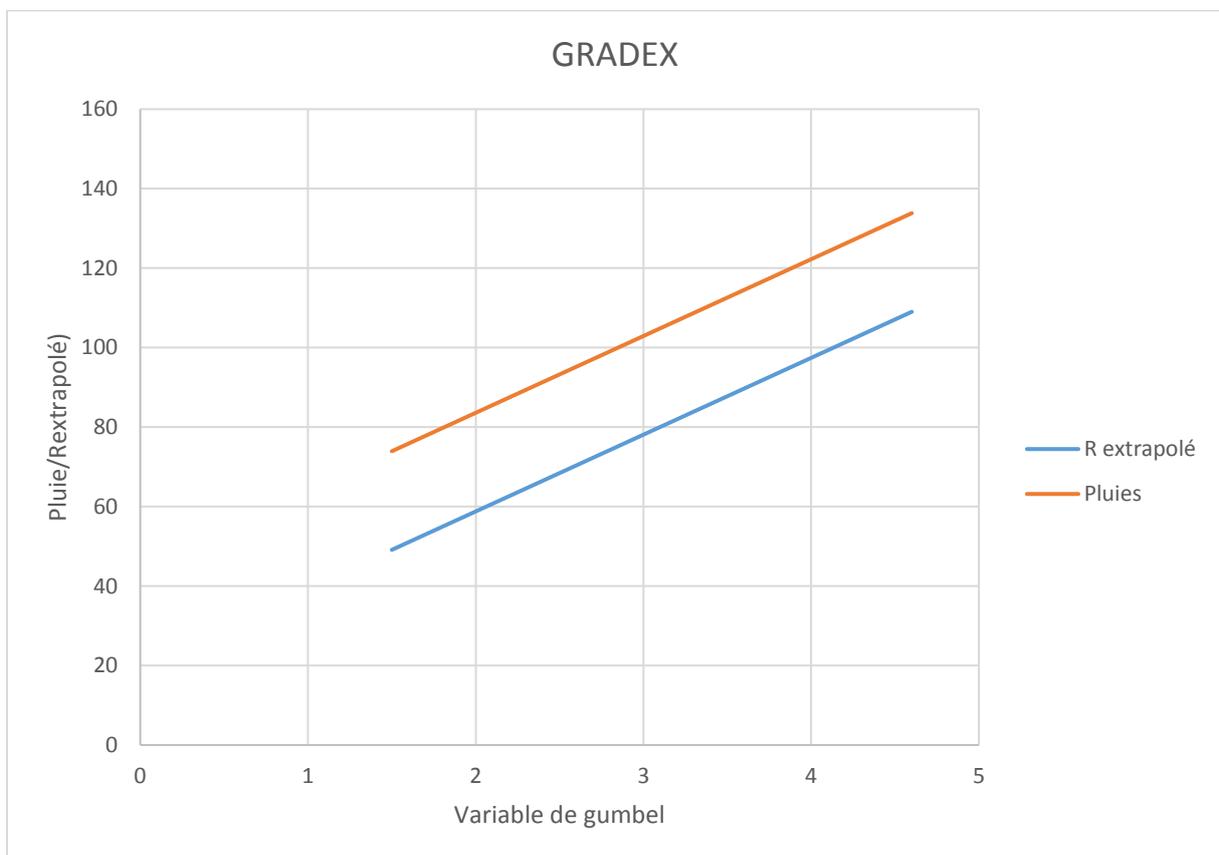


Figure 2 Application de la méthode de GRADEX

Après l'analyse des données du bassin versant le plus proche on estime un coefficient de pointe

Cp=3

Les résultats de calcul des débits par la méthode de GRADEX sont donnés dans le tableau suivant.

CHAPITRE III : ETUDE DES CRUES

Tableau III.6: Débits de crue fréquentiels par la méthode de GRADEX.

Période de Retour (an)	5	10	20	50	100
μ	1.50	2.25	2.97	3.90	4.60
R_{μ} (mm)	49.11	63.61	77.51	95.52	109.00
Q_{μ} (m ³ /s)	44.32	57.41	69.96	86.21	98.38
Q_p (m ³ /s)	132.97	172.23	209.88	258.62	295.15

Le tableau suivant nous donne tous les résultats de calcul de toutes les méthodes de calcul.

Tableau III.7 : Débits maximums de crue pour différents périodes de retour.

Formule	Période de retour	5	10	20	50	100
SOKOLOVSKY		72.28	112.63	111.66	134.12	157.93
TURRAZA		107.56	154.00	189.91	231.09	266.34
GRADEX		132.97	172.23	209.88	258.62	295.15
Moyenne		104.27	146.29	170.48	207.94	239.81

On remarque que les formules empiriques sous-estiment le débit par rapport à la méthode de GRADEX, on opte pour le débit donné par la méthode de GRADEX avec l'hypothèse de la stabilité de la relation pluie-débit et de la transposition.

III.3 Apport solide en suspension :

Les apports solides dépendent d'une part de l'étendue et du relief du bassin versant et d'autre part de la résistance du sol à l'érosion liée elle-même à :

- ✓ La couverture végétale.
- ✓ La nature géologique des roches.
- ✓ Le régime des pluies et des températures.

Deux méthodes sont utilisées pour le calcul des apports solides :

a) Méthode de Tixeront :

$$T_a = \alpha L r^{0.15} \dots\dots\dots(III.18)$$

T_a : Taux d'abrasion en T/km².an.

L_r : Lane ruisselée en mm.

P : pluviométrie moyenne en (m)

a : Paramètre caractérisant la perméabilité du bassin versant, α=350(faible a moyenne).

Cette formule donne une valeur de **T_a = 671.23 T/Km².an**

b) Formule de Gravellovic :

Très appliquée en Algérie, cette équation prend en considération plusieurs paramètres :

$$T_s = 3.141664 * P_a * \left[\left(\frac{T_a}{10} \right)^{0.5} + 0.1 \right] * Z^{\left(\frac{3}{2} \right)} * \frac{p^{0.5} * H_{moy}}{(L+10)*0.2} \dots\dots\dots(III.19)$$

Où :

T_s : Taux de transport solide.

P_a : Précipitation annuelle moyenne (mm).

T_a : Température moyenne du Bassin versant.

Z_d : L'érodibilité (il varie entre 1.5 pour une érosion élevée, et 0.2 pour une faible érosion), on prend **Z=0.85**.

P : Périmètre du Bassin Versant.

L : longueur du thalweg principale (km).

CHAPITRE III : ETUDE DES CRUES

H_{moy} : Altitude moyenne du BV.

AN:

$$T_a = 233.1t / Km^2 \text{an}$$

On prend la valeur de la formule de Graviilovic car elle tient compte de plusieurs facteurs dans le calcul contrairement à celle de Tixeront.

III.4 Choix de la crue de projet :

Le débit de pointe est l'une des plus importantes caractéristiques d'une averse qu'on puisse utiliser dans le design de la plupart des aménagements. Les inondations qui ont causé des dommages matériels élevés dans les milieux urbains, voire des pertes en vies humaines ont été relevées à travers l'histoire. Notre Oued a traversé une zone urbaine, donc nous jugeons qu'il faut prendre le moins de risque possible.

Nous opterons pour une période de retour de 100 ans, pour assurer le maximum de sécurité.

Le tableau suivant récapitule les résultats trouvés par les quatre méthodes et le débit de projet définitif

Tableau III.8 : Débit de projet par les 3 méthodes (fréquence de 100ans)

Méthode de calcul	SOKOLOVSKY	TURRAZA	GRADEX
Débit centennial (m ³ /s)	157.93	266.34	295.15

III.5 Construction de l'hydrogramme de crues :

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

a) Pour le temps de montée

$$Q_m = Q_{max} * \left[\frac{t_i}{t_m} \right]^n \dots\dots\dots(III.20)$$

$T_m = T_c$: Temps de montée.

b) Pour la décrue

$$Q_d = Q_{max} * \left[\frac{t_d - t_i}{t_d} \right]^m \dots\dots\dots(III.21)$$

Avec: $T_d = \delta T_m$ (Sokolovski)

Q_m : Débit instantané de la montée (m³/s) ;

Q_d : Débit instantané de la décrue (m³/s) ;

t_m : Temps de la montée de la crue en heures ;

t_d : Temps de la décrue en heures ;

Q_{max} : Débit maximum de la crue de fréquence considérée en (m³/s) ;

$n = 2$ pour la montée de la crue.

$m = 3$ pour la décrue.

δ : Coefficient qui dépend des caractéristiques du bassin versant.

Tableau III.9 : Coefficient de forme de l'hydrogramme de crue δ

Condition	δ
petits cours d'eau et vallons dans des bassins versants dénudés et faiblement perméables.	2 à 2,5
petits cours d'eau et vallons dans des bassins versants brisés ou perméables, moyens cours d'eau avec terrasses de lit majeur normales.	3 à 4
Grands et moyens cours d'eau avec des terrasses de débordements étendues.	4 à 7

Pour notre bassin $\delta=2,5$.

Résultats de calcul

Le temps de monté de la crue : 3.75 h

Le temps de décrue de la crue : 9.37 h

Le temps de base : 13.12 h

Les hydrogrammes de crue sont illustrés dans la figure suivante.

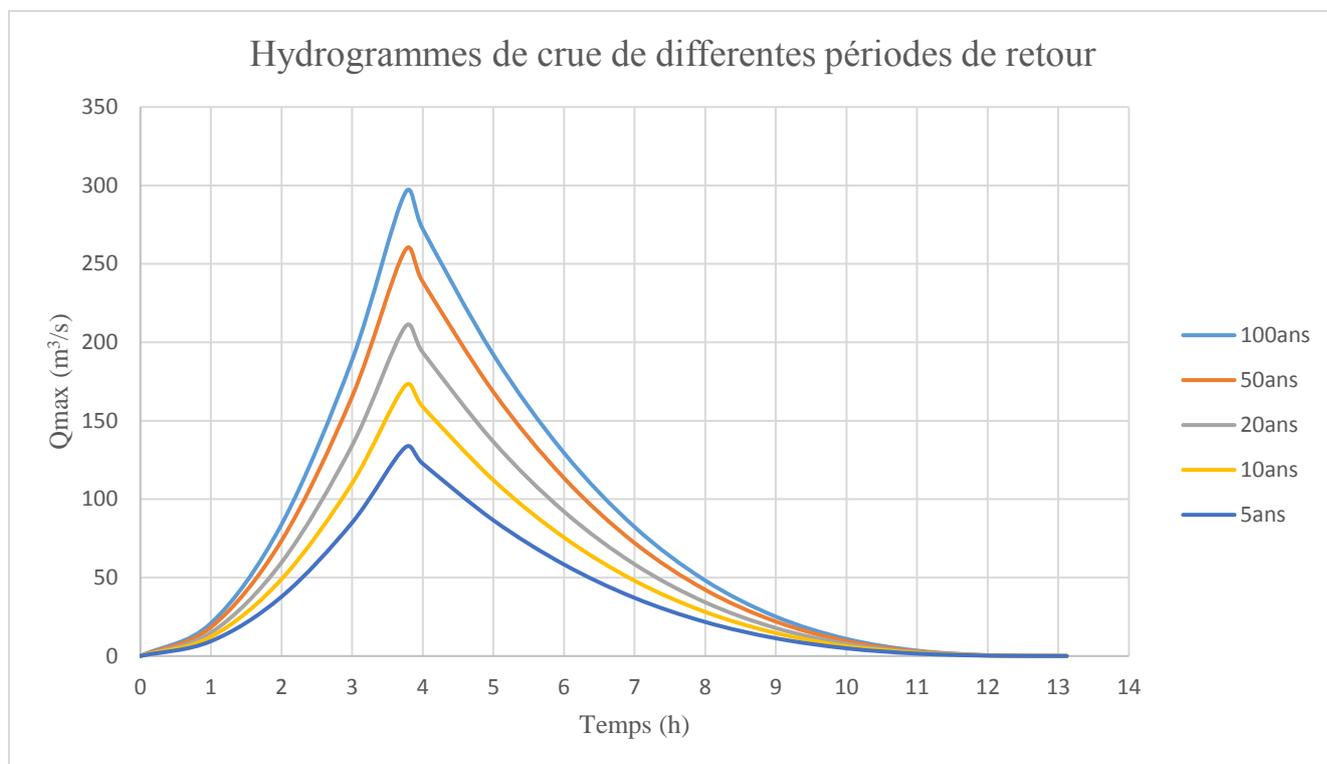


Figure 3 : Hydrogramme de crues pour différentes périodes de retour.

Conclusion :

L'estimation des débits de crues et l'hydrogramme de crue a été faite par plusieurs approches. Ces approches et ces méthodes donnent des résultats différents et parfois des résultats proches l'un de l'autre. Pour notre cas, pour qu'on puisse avoir un résultat représentatif on cherche toujours la méthode qui demande moins d'estimation et se base sur des hypothèses bien claires.

C'est pour cela on a choisi la méthode de GRADEX.

CHAPITRE IV:

Calculs hydrauliques

INTRODUCTION :

Cette étape consiste en l'établissement d'un modèle du réseau des cours d'eau qui s'approche le plus de la réalité sur le terrain, afin d'en simuler les différentes crues déterminées précédemment et de spatialiser le débit de pointe en tout point de l'oued dans le but de délimiter les zones submergées par les eaux. La finalité est l'obtention d'une carte de vulnérabilité sur tout le territoire d'étude, de ce fait caractériser les différents enjeux humains et matériels, qui sera un moyen d'aide à la prise de décision, soit dans la conception d'aménagements, ou bien dans la prévention non structurelle.

IV.1 Etude d'écoulement dans les cours d'eau non aménagés :

Dans les étapes suivantes nous allons travailler sur 2 cours d'eau qui sont les suivants :

IV.1.1 Oued Terro :

- **Partie Amont :**

Oued Terro traverse la commune d'Ouest à l'Est, il constitue le milieu récepteur des eaux usées et pluviales de l'agglomération chef-lieu de Birtouta et Ouled Chbel ainsi que les agglomérations secondaires, Oued Terro est partiellement aménagé en canal (Figure III.3). on distingue 2 sections dans cette partie, la première est aménagé en béton allant de la station 8007.94 jusqu'à la station 7607.94, et une partie non aménagé allant de la station 7607.94 à 3207.94, les 2 sections ont les mêmes dimensions (figure IV.1).



Figure 1 : Oued Terro Aménagé en canal.

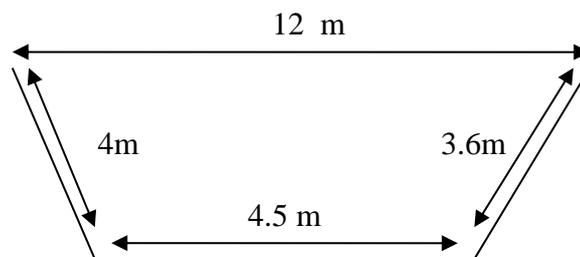


Figure 2 : Sections trapézoïdale (Oued Terro).

Dans sa partie amont l'oued s'étend sur une longueur égale à 4800m ayant une pente moyenne de 0.18%, le débit de crue est estimé à $131 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ils existent 2 ouvrages présentant un risque d'inondation :

Traversé de route 1 :

Pont en double arc avec un Rayon= 1.5m, il se trouve au niveau de la station 3699.94.

Traversé de route 2 :

Pont canalisé de 4* Ø1000, se trouvant au niveau de la station 3299.94.



Figure 3 : Traversé de route 1.



Figure 4 : Traversé de route 2.

- **Partie Aval (zone industrielle) :**

La partie aval de l'oued est la plus sensible en terme hydraulique car elle est le milieu récepteur des eaux de la partie amont de Oued Terro plus les apport de Oued Baba Ali, elle s'étend de la station 3207.94 à la station 0 sur une longueur de 3207.64m ayant une pente moyenne de 0.14%.

Le débit évacué dans cette partie est la totalité du débit de crue du BV qui est égal à 295.15 m³/s, on distingue 2 sections trapézoïdales de dimensions différentes (Figuré III.7), la première section est le prolongement de la section de la partie amont de l'oued, la deuxième est un rétrécissement de section au niveau de la station 3007.94.

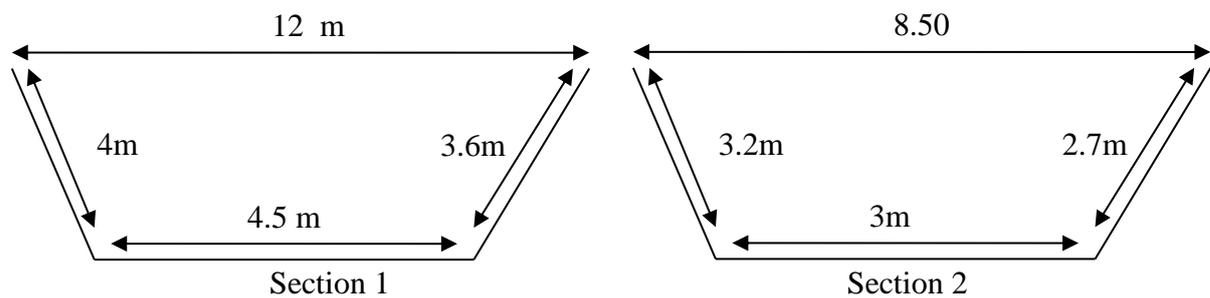


Figure 5 : Sections de la partie aval.

IV.2.2 Oued Baba Ali :

L'oued traverse une partie de l'agglomération secondaire BABA ALI, il est envahi par la végétation, les berges sont invisibles surtout au niveau de la zone industrielle ou une partie est canalisé sans étude, de plus les constructions illicites sur les bords de l'oued

CHAPITRE IV : CALCULS HYRAULIQUES

Les rejets émis par les activités industrielles sont déversés directement sans aucun traitement préliminaire.



Figure 6 : Etat des lieux de Oued Baba Ali.

L'Oued s'étend sur une longueur de 6671.41m ayant une pente moyenne de 0.18%, on distingue plusieurs sections et particularités dans ce cours d'eau, la section 1 allant de la station 6671.41 à 4671.41, La section 2 allant de la station 4671.41 à 3079.41, la section 3 allant de la station 3079.41 à 471.41, ces 3 premières stations sont simulées à des sections trapézoïdales dont les

CHAPITRE IV : CALCULS HYRAULIQUES

dimensions sont montrées dans les figures III.9 III.10 III.11 respectivement, la section 4 allant de la station 471.41 à 31.41 ayant une forme rectangulaire de dimension 1.5*1.5m (Figure III.12), la section 5 allant de 31.41 à la station 0 représente une conduite circulaire de dimension Ø900mm (Figure III.13).

Tableau IV.1 : Sections et particularités de Oued Baba Ali

Section	Forme géométrique	Début	Fin
1	Trapézoïdale	6671.41	4671.41
2		4671.41	3079.41
3		3079.41	471.41
4	Rectangulaire	471.41	31.41
5	Conduite circulaire	31.41	0

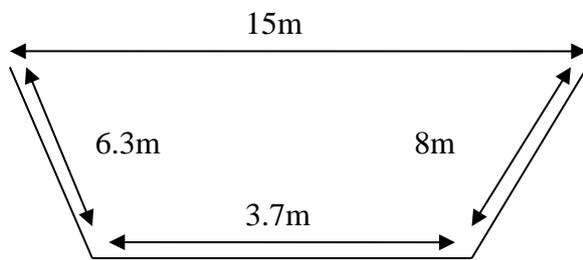


Figure 7 : Section 1 (cimetière Ahmed Mezghani)

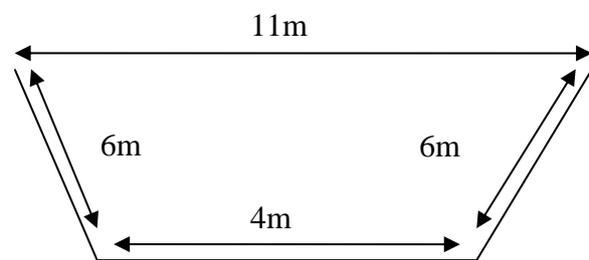


Figure 8 : Section 2 (Douar Bab Ali)

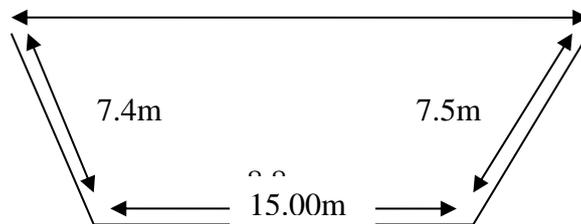


Figure 9 : Section 3 (Sortie Douar Bab Ali)

CHAPITRE IV : CALCULS HYRAULIQUES

L'oued traverse 4 ouvrages ayant les caractéristiques suivantes :

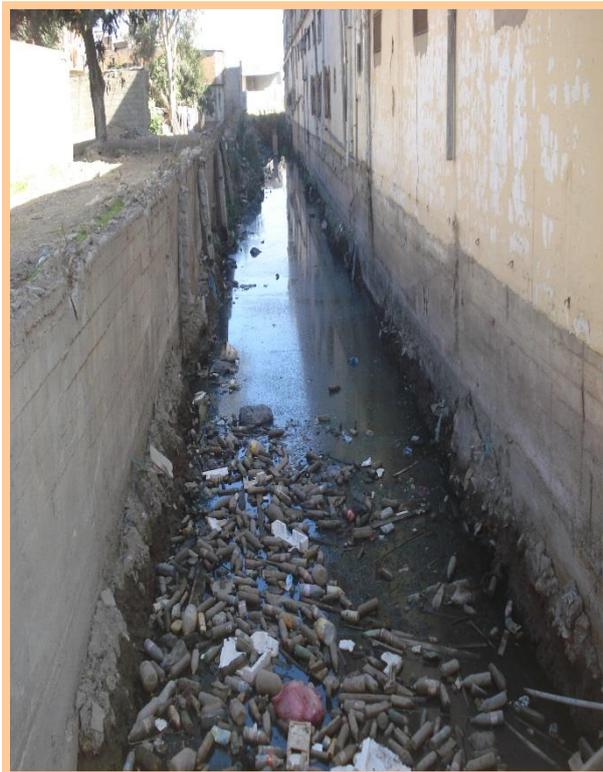


Figure 1 : Section 4 (zone industrielle Bab Ali)

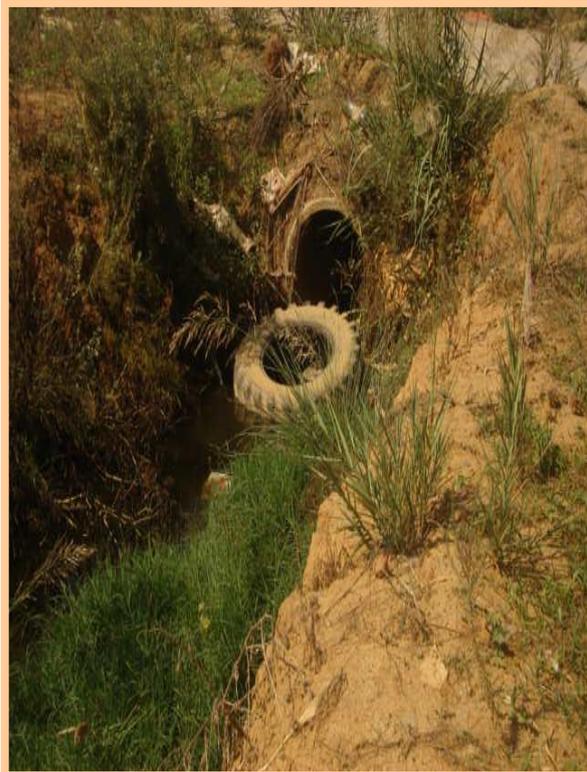


Figure 11 : Section (déversement dans Oued Terro)

-Traversé de route 1 :

Pont canalisé en 2* Ø900 au niveau de la station 5663.41.

-Traversé de route 2 :

Pont en dalot rectangulaire 4.6*2.2m au niveau de la station 4663.4

-Traversé de route 3 :

Pont en demi-cercle de dimension R3400mm au niveau de la station 3079.41

-Traversé de route 4 :

Pont canalisé en Ø1800 au niveau de la station 463.41.



Figure 12 : Traversé de route 02



Figure 13 : Traversé de route 01



Figure 14 : Traversé de route 03

IV.1.3 Simulation de l'écoulement sur HEC-RAS :

Nous allons à présent mener une étude plus locale sur l'inondabilité des zones à risques. Pour cela, nous disposons des estimations de débits de crue pour différentes périodes de retour, obtenues par la méthode de GRADEX.

La simulation sera donc lancée sur le logiciel HEC-RAS (voir présentation en annexe), dans lequel on fait entrer la géométrie de l'oued sous forme de profils en travers. Les profils doivent être relevés perpendiculairement à la direction de l'écoulement. L'orientation de l'axe peut être différente dans le lit mineur de rivière et dans le lit majeur.

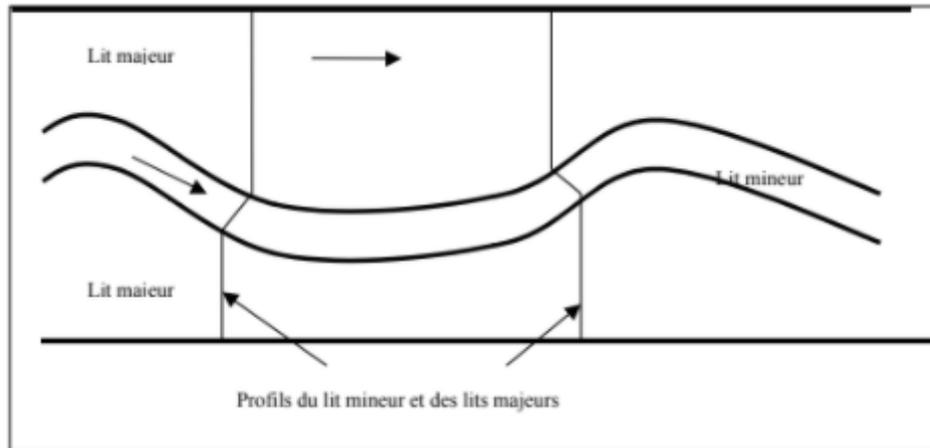


Figure 25 : Géométrie du cours d'eau dans HEC-RAS.

IV.1.3.1 Données géométrique:

Dans ce projet, nous avons utilisé les levés topographiques des études passées, acquis au niveau de la DRE d'Alger. Il est à souligner que ces documents ne sont pas complets ce qui nous a poussé à recourir au logiciel Global Mapper afin de télécharger une carte d'élévation (Digital Elevation Model-DEM) de la base de données gratuite ASTER GDEM Worldwide Elevation, afin de compléter ces levés.

Pour charger les profils nous avons utilisé le logiciel AutoCad Civil 3D, qui présente l'avantage de générer automatiquement des fichiers de géométrie à partir du levé topographique, reconnus par HEC-RAS. Cela nous a permis de gagner en temps et en précision.

- Calage des levés existants avec le modèle DEM.
- Etablissement des axes des cours d'eau et les sections en travers sur les affluents secondaires (Baba Ali) et le cours d'eau principal (Oued Terro).
- Importation des fichiers depuis Autocad Civil 3D vers le logiciel de simulation hydraulique HEC-RAS.

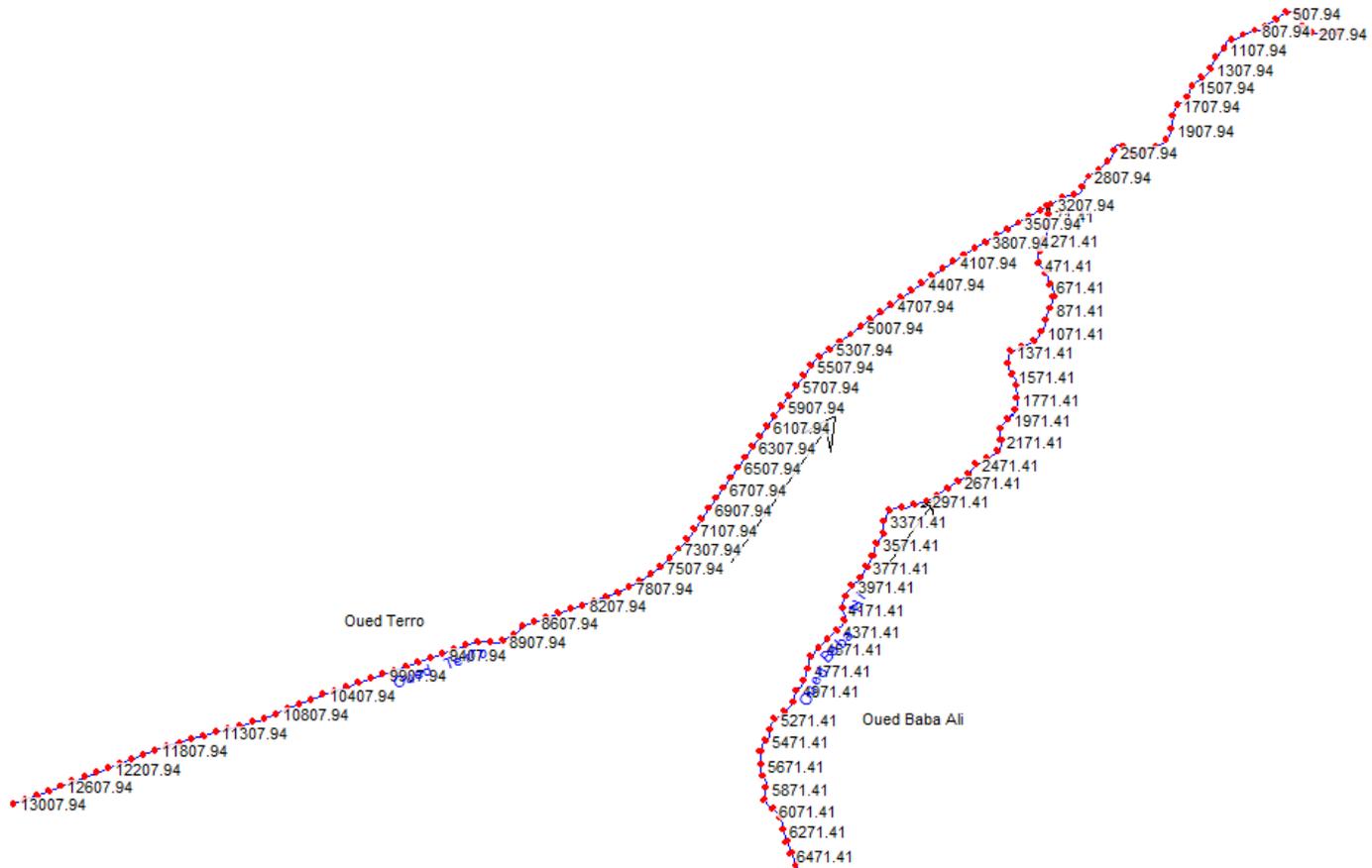


Figure 36 : Schéma représentatif de la partie simulée.

-Estimation du coefficient de Manning :

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).

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times f \dots \dots \dots (III.22)$$

tels que :

n₀ : Coefficient valable pour un cours d'eau rectiligne ou les parois et le fond sont homogènes.

n₁ : Traduit l'influence des irrégularités de surface du fond et des parois.

n₂ : Traduit l'influence des variations de la forme et des dimensions de la section mouillée.

n₃ : Traduit l'influence des obstructions de la section mouillée par des dépôts d'ordures, racines apparentes, souches d'arbres, blocs de pierre...

CHAPITRE IV : CALCULS HYRAULIQUES

n₄ : Traduit l'influence de la végétation.

f : Ce facteur correctif qui traduit l'importance des méandres estimé par le coefficient de sinuosité.

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

Tableau IV.2 : Les valeurs des facteurs pour estimer le coefficient de Manning.

Facteur	caractéristique	Valeur
n₀	Terre	0.02
	Roche	0.025
	Gravier	0.024
	Gravier grosse	0.028
n₁	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
n₂	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
n₃	Obstruction négligeable	0.00
	Obstruction faible	0.01 à 0.015
	Obstruction appréciable	0.03 à 0.04
	Obstruction importante	0.06
n₄	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
f	Influence des méandres modérée	1.00
	Influence des méandres appréciable	1.25
	Influence des méandres importante	1.3

CHAPITRE IV : CALCULS HYRAULIQUES

En se basant sur les facteurs cités ci-dessus, on a estimé le coefficient de Manning pour différents emplacements, selon les photos qui sont en notre disposition, ainsi que les photos satellitaires de Google Earth.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau IV.3 : Les valeurs de coefficient de Manning.

Affluent	Coefficient de Manning		
	Rive gauche	Lit mineur	Rive droite
Oued Terro	0.045	0.05	0.045
Oued Baba Ali	0.05	0.075	0.05

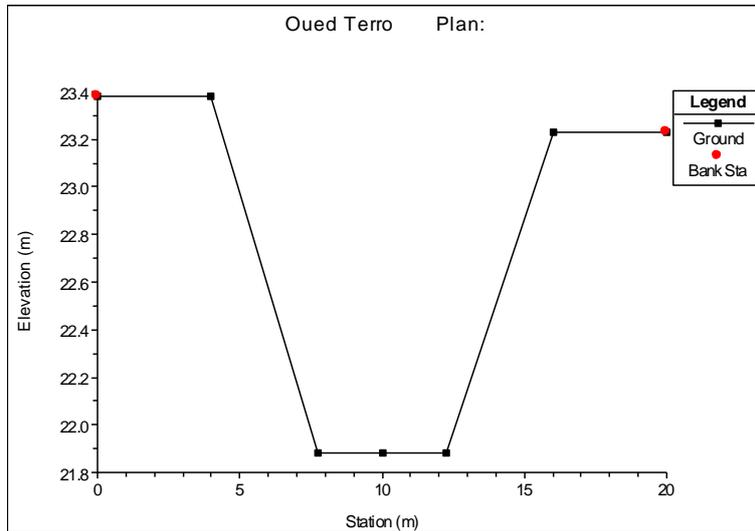


Figure 4 : Exemple d'une section en travers (Station 5707.94) de Oued Terro amont.

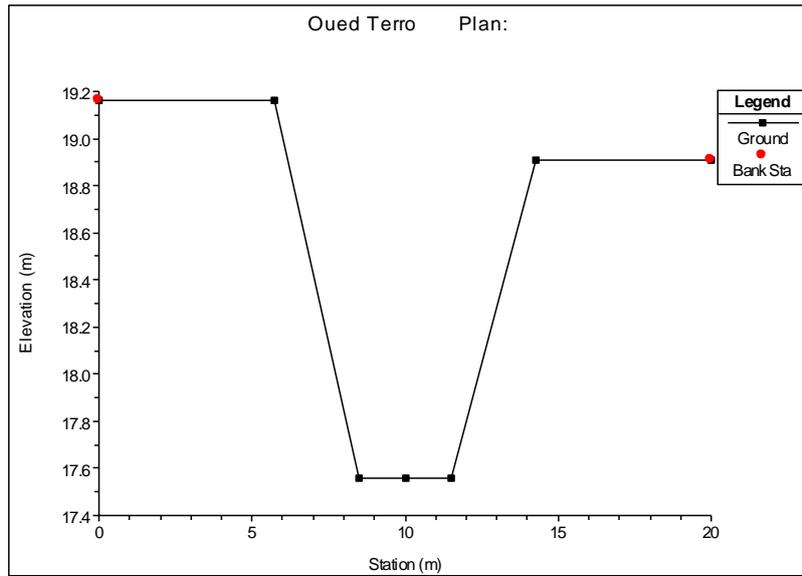


Figure 18 : Exemple d'une section en travers (Station 907.94) de Oued Terro aval.

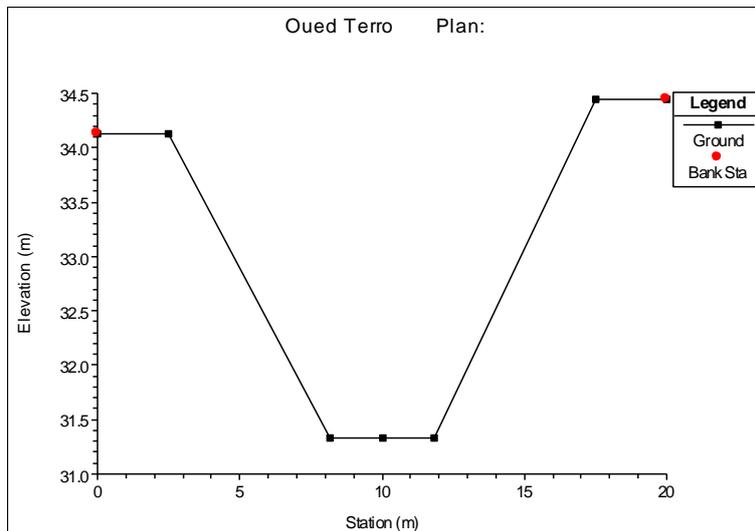


Figure 19 : Exemple d'une section en travers (Station 6671.41) de Oued Baba Ali.

CHAPITRE IV : CALCULS HYRAULIQUES

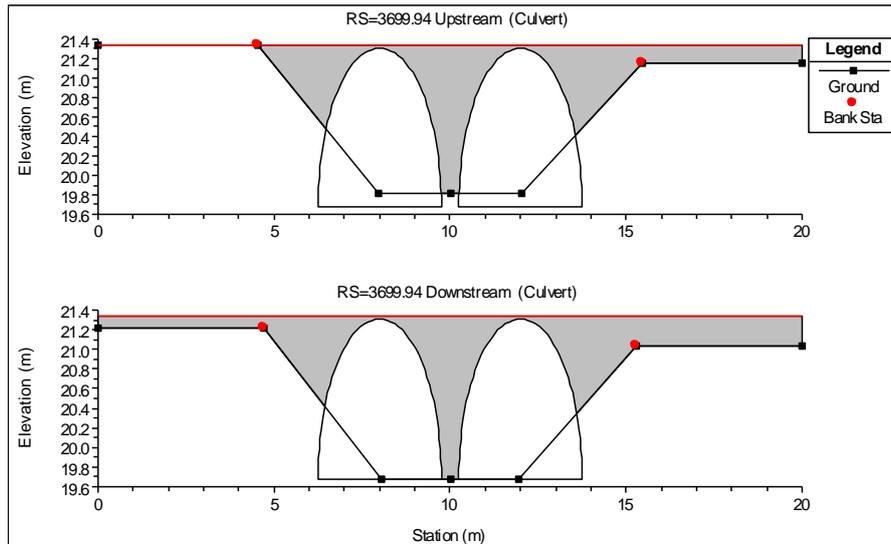


Figure 50 : Exemple d'une section en travers d'une traversée de route (Station 3699.94) de Oued Terro.

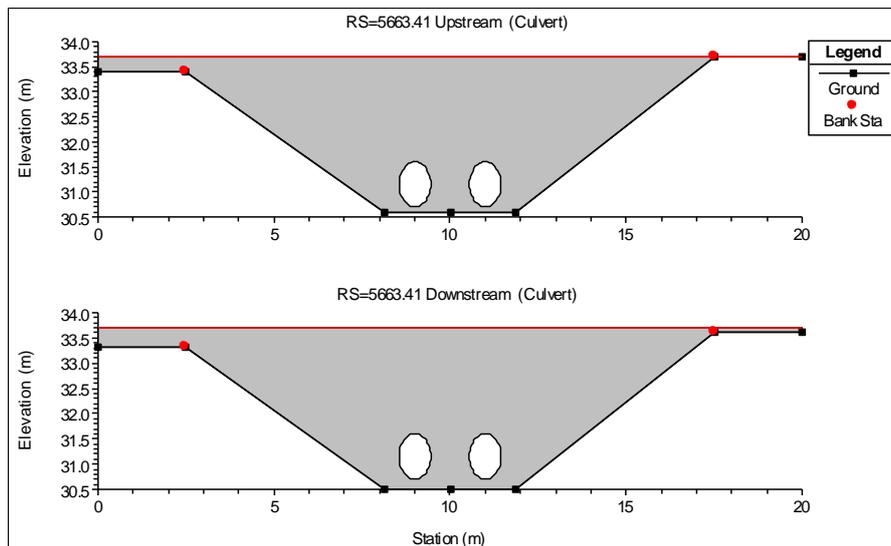


Figure 61 : Exemple d'une section en travers d'une traversée de route (Station 5663.41) de Oued Baba Ali.

IV.1.3.2 Données de débit :

Après la géométrie il nous faut introduire les données de débit, dans chaque tronçon de chaque cours d'eau, on fait une étude stationnaire, en faisant passer le débit de pointe d'une crue dans toutes les sections du bief dont il est question. Pour ce faire nous allons considérer la crue de la pluie (100 ans).

Les données de débits utilisées sont obtenues à partir de l'analogie du débit obtenu par la méthode de GRADEX:

CHAPITRE IV : CALCULS HYRAULIQUES

Tableau IV.4 : Débits véhiculé dans chaque cours d'eau

Affluent	Terro amont	Terro aval	Baba ali
Q (m ³ /s)	131	295.15	69

Il nous reste l'introduction des conditions aux limites de chaque tronçon, autrement dit, la hauteur d'eau en amont et en aval. HEC-RAS nous donne les choix suivant :

- Hauteur d'eau connue : pour chaque profil d'écoulement, la hauteur est connue.
- La hauteur critique : le programme calcule lui-même la hauteur critique et l'utilise comme condition aux limites.
- La hauteur normale : le logiciel nous demande la pente d'énergie qui sera utilisée pour le calcul de la hauteur normale par l'équation de Manning. Si la pente d'énergie n'est pas connue, l'utilisateur peut l'estimer en introduisant la pente de la surface de l'eau, ou la pente du fond.
- Courbe de tarage : le logiciel nous demande d'introduire la courbe débit-hauteur.

Dans notre cas, nous allons choisir la hauteur critique, puisque on ne dispose pas d'information comme la courbe de débit-hauteur, ou bien de mesures complètes qui pourraient nous permettre d'utiliser les autres alternatives.

IV.1.3.3 Simulation en écoulement uniforme :

Les calculs peuvent être effectués pour plusieurs débits simultanément, soit en régime torrentiel, soit en régime fluvial, ou pour les deux régimes d'écoulement.

Nous avons lancé la simulation en supposant un régime fluvial et un écoulement uniforme permanent.

IV.1.3.4 Résultats de la simulation :

Après avoir lancé le calcul sous HEC-RAS, nous pouvons obtenir de nombreux résultats. En outre, nous pouvons obtenir les profils des zones inondables selon le débit considéré. Et les vitesses d'écoulement ainsi que les lignes d'eau et d'énergie (Voir tableau en annexe).

CHAPITRE IV : CALCULS HYRAULIQUES

Nous pouvons ainsi observer la variation de la vitesse d'écoulement sur le lit mineur et les deux rives suivant chaque profil entravers. Nous remarquerons que la vitesse est très fluctuante

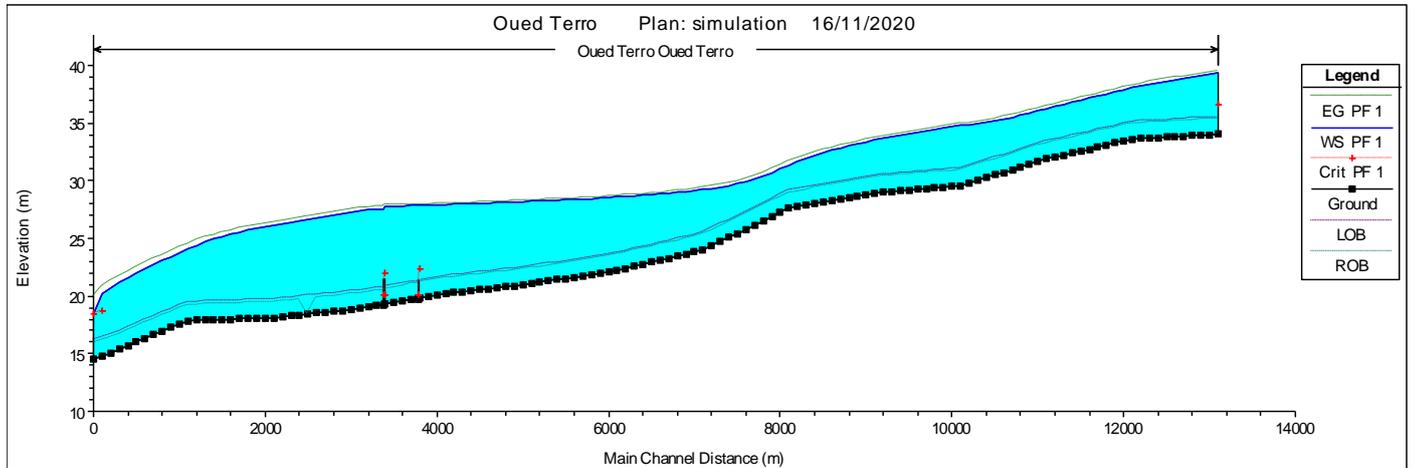


Figure 72 : Profil en long incluant la ligne d'eau de Oued Terro amont et aval.

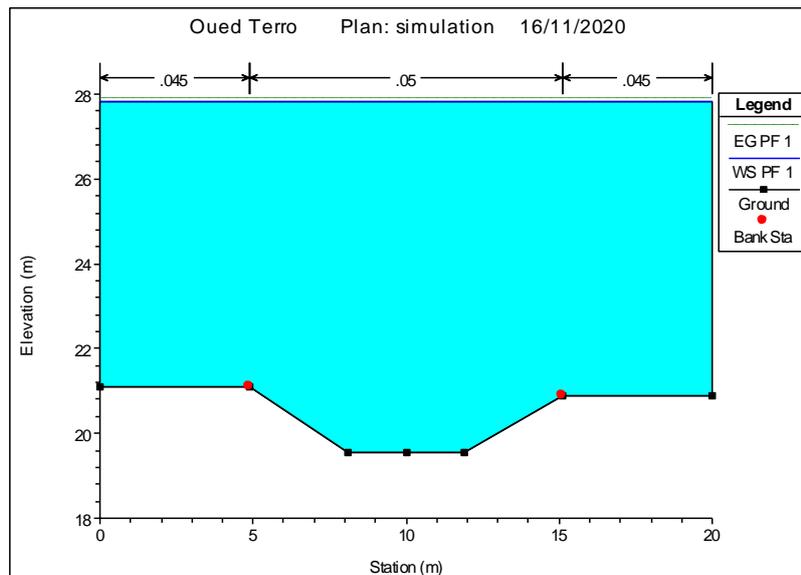


Figure 23 : Profil en travers (Section 3507.94) de Oued Terro amont.

CHAPITRE IV : CALCULS HYRAULIQUES

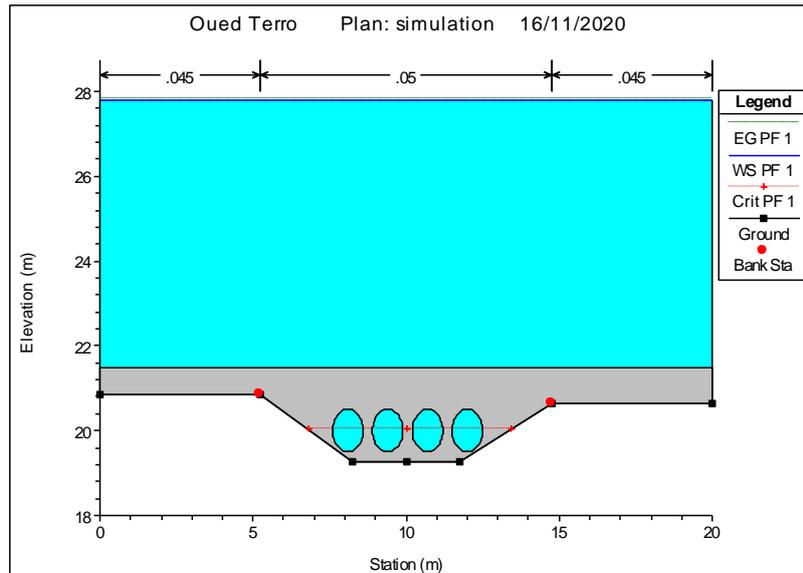


Figure 24 : Profil en travers d'un ouvrage noyé (Section 3299.94) de Oued Terro amont.

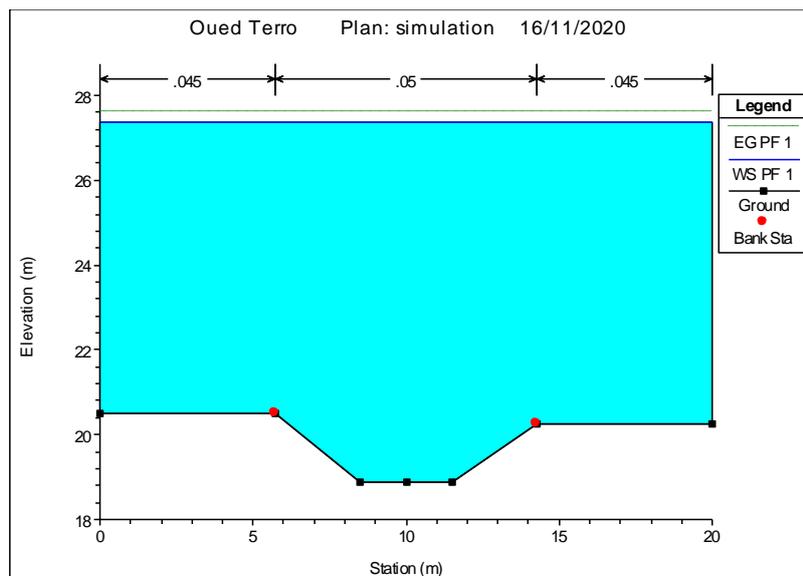


Figure 85 : Profil en travers (Section 3007.94) de Oued Terro aval.

On remarque que la hauteur d'eau varie entre 3.8 à 8.6m sur la plupart des tronçons dans la partie amont et entre 5.5 à 8.6m dans la partie aval. Et la grande fluctuation de vitesse 1.08 à 5.9 m/s. Nous pouvons conclure que la totalité du cours d'eau ne peut supporter la crue centennale ni dans la partie amont ni en aval de l'oued, on remarque aussi que tous les ouvrages sont noyés, d'où le risque d'inondation est toujours présent dans les parties urbaine, industrielle et agricole.

CHAPITRE IV : CALCULS HYRAULIQUES

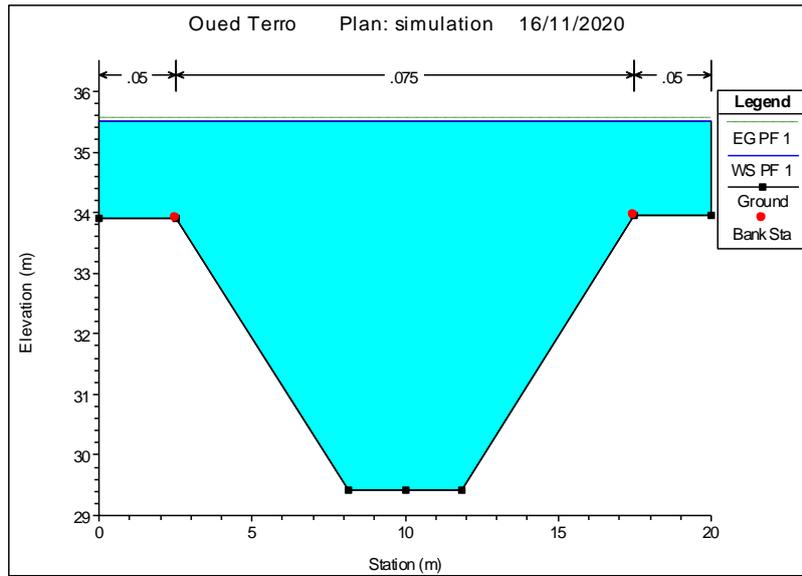


Figure 96 : Profil en travers (Section 4771.41) de Oued Baba Ali.

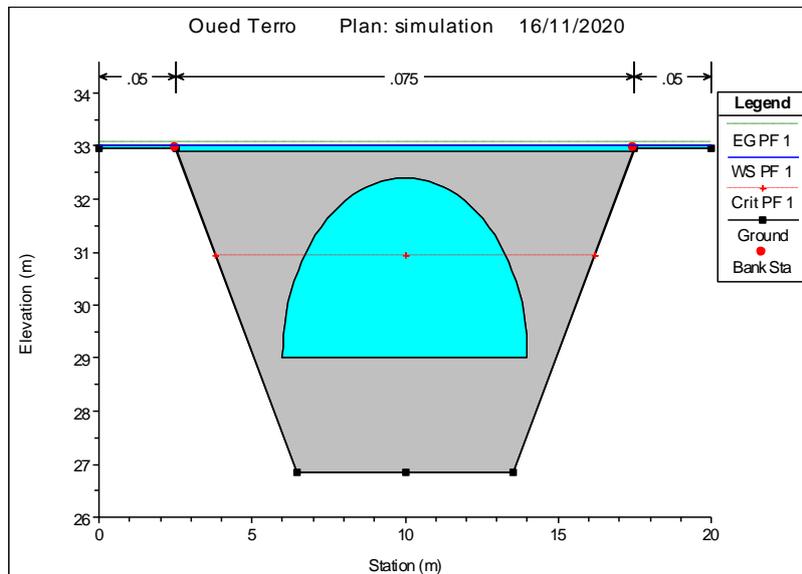


Figure 107 : Profil en travers d'un ouvrage noyé (Section 3079.41) de Oued Baba Ali.

CHAPITRE IV : CALCULS HYRAULIQUES

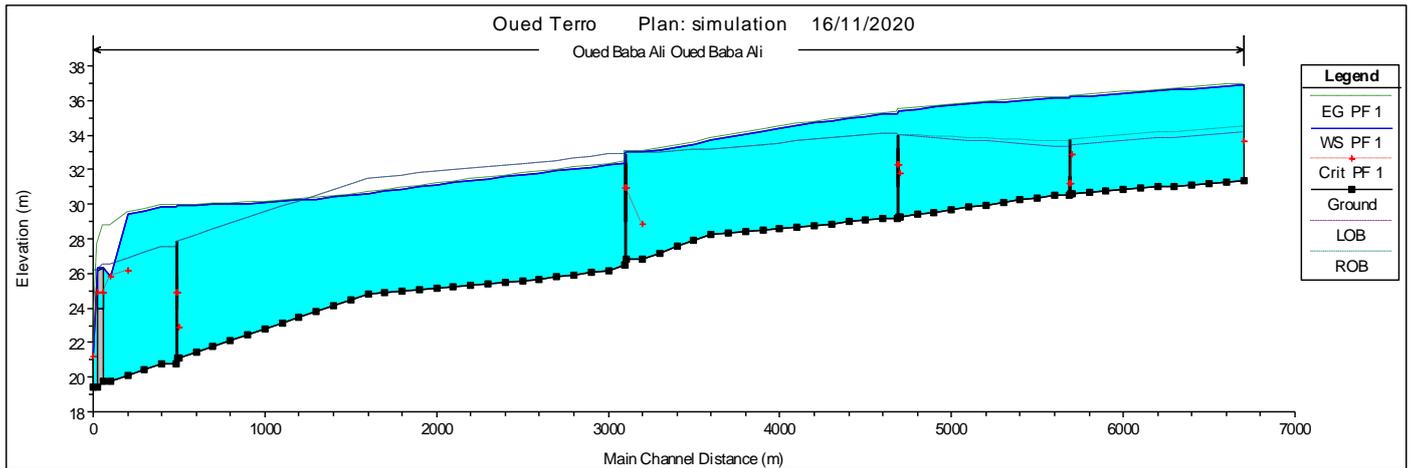


Figure 28 : Profil en long incluant la ligne d'eau de Oued Baba Ali

On remarque que la hauteur d'eau varie entre 5.5 à 6m sur la plupart des tronçons et arrive par endroits jusqu'à 9.6m. Et la grande fluctuation de vitesse 0.59 à 7.68 m/s. Nous pouvons conclure que le cours d'eau ne peut supporter la crue centennale que dans la partie qui s'étend de la sortie de Douar Baba Ali à l'entrée de la Zone industrielle, on remarque aussi que tous les ouvrages sont noyés, donc le risque d'inondation est toujours présent dans les parties urbaine, industrielle et agricole.

Conclusion :

On a essayé à travers ce chapitre de faire une représentation proche du cours d'eau naturel, ce qui est quasiment impossible à atteindre vu les difficultés rencontrées pour l'acquisition de données topographiques, et aussi l'inexistence de plans concrets des différents ouvrages de franchissement. Cependant, on a réussi à établir, une carte de vulnérabilité au risque d'inondations, ainsi, qu'à avoir la variation spatiale des vitesses le long de l'oued et de ses affluents pour une crue centennale. Et aussi, une approximation sur les hauteurs que peut atteindre cette crue. On peut dire qu'on dispose d'un outil permettant de trancher sur les mesures structurelles à prendre et donc proposer des solutions.

CHAPITRE V :

Etude des variantes d'aménagement

INTRODUCTION :

Les mesures structurelles visent à réaliser des aménagements sur les réseaux et le bassin versant pour diminuer les débordements ou protéger les zones à enjeux. Elles agissent sur l'aléa naturel au droit des lieux habités en l'état actuel du bassin versant. L'optimisation et le choix du schéma souhaitable d'aménagement, consiste à trouver le meilleur compromis entre impacts et contraintes présentes, afin de régler le problème d'inondation, sans pour autant projeter des solutions à un coût hors de propos ou bien qui auront des conséquences néfastes sur l'environnement du cours d'eau.

V.1 Principes d'aménagements :

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

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

V.1.1 Laminage des crues :

On atténue le débit de pointe des crues en réalisant un stockage à l'amont des zones à protéger.

La réduction du débit de pointe peut être obtenue en créant des zones naturelles d'expansion de crues. Autrement dit, en favorisant un débordement dans les zones à vulnérabilité réduite. Comme les prairies et certaines cultures.

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

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

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

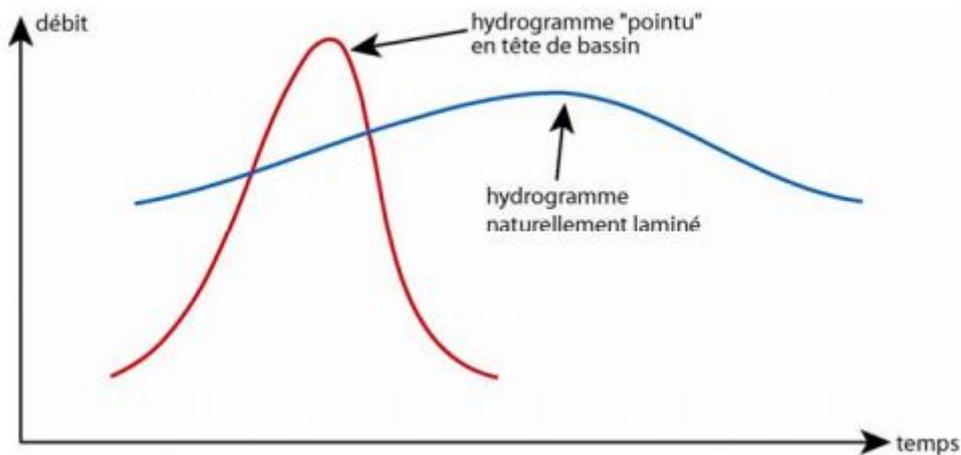


Figure 1 : Hydrogramme de laminage.

V.1.2 Augmentation de la capacité du cours d'eau :

Les principes d'aménagement envisageables sont :

- **Le recalibrage de l'oued** : il s'agit d'adapter l'oued ou des ouvrages au transit du débit de projet (correspondant au degré de protection recherché). Les faciès proposés peuvent varier de section dite « naturelles », ou un faciès type canal en terre (section trapézoïdale) ou enfin lorsque le foncier est très limité et en milieu urbain : canal bétonné de section rectangulaire ;
- **Dérivation** du tracé du cours d'eau afin de l'adapter aux contraintes actuelles et futures du secteur ;
- La protection par un **endiguement** rapproché, mais c'est plus une solution passive qu'active puisque on intervient sur le lieu. Sur le plan hydraulique, elle présente certains inconvénients:
 - Reporter les problèmes sur la rive opposée ou en amont, le plus souvent en les aggravant ;
 - Création d'un risque supplémentaire lié à la rupture brusque de la digue ;
 - Inspiration à tort d'un sentiment de sécurité pour les riverains ce qui les pousse à exposer davantage les biens dans les zones protégées.

V.1.3 La maîtrise du ruissellement sur le bassin versant :

La maîtrise et la réduction des ruissellements sont à prendre en compte sur tous le bassin versant, et tous les types d'espaces et ne concerne donc pas que les zones urbaines exposées au risque.

Il doit être favorisé les phénomènes d'infiltration au travers :

- du maintien d'une végétation forestière et arbustive sur le massif ;
- des pratiques culturales et d'entretien ;
- des techniques alternatives à l'assainissement pluvial en zone urbaine et d'une maîtrise de l'urbanisation et de l'imperméabilisation.

V.2 Description des variantes :

L'aménagement se fera sur Oued Terro (Amont et aval) et des affluents (Oued Baba Ali), sur la zone précédemment citée, le linéaire de tous les cours d'eau considérés est d'environ 15 Km. Les caractéristiques sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau V.1 : Caractéristiques des cours d'eau.

Oued	Longueur (m)	Pente (%)	Débit (m ³ /s)
Terro Amont	4800	0.18	131
Terro aval	3207.94	0.14	295.15
Baba Ali	6671.41	0.18	69

- **Oued baba Ali :**

Cet oued contient plusieurs irrégularités dues aux ouvrages implantés et des activités humaines, elles se définit par les ouvrages sous dimensionnés ou par des aménagements anarchique au niveau de la zone industrielle de Baba Ali (Canalisation de l'oued par une conduite de 900m passant sous l'usine de BIMOU), ce qui nous donne peu de choix en terme d'aménagement, on a pensé à faire un bassin de rétention entre la sortie de Douar Baba Ali et l'entrée de la zone industrielle à cause de la topographie plane, ce choix a pour but de faire le stockage et le contrôle du débit sortant afin qu'il puisse passer par la conduite qui passe sou l'usine de BIMO, mais la qualité des eaux ne nous permet pas de faire ainsi, car ce cours d'eau est le milieu récepteur des eaux usée de Dour Baba Ali et les

CHAPITRE V : ETUDE DES VARIANTES D'AMENAGEMENT

rejets industrielle de la zone d'activités suite à l'absence d'une station d'épuration.

Toutes ces conditions nous limitent dans le choix d'aménagement, donc tout ce qu'on peut faire est d'augmenter la capacité du cours d'eau en projetant l'une des variantes citées ci-dessus.

- **Oued Terro :**

Dans cette partie nous avons aussi pensé à faire un ouvrage de stockage (bassin de rétention) en amont pour minimiser le débit véhiculé, mais l'importance des apports et la qualité des eaux ne nous permet pas d'appliquer cette idée, ce qui nous induit à faire une augmentation dans la capacité des cours d'eaux amont et aval.

V.2.1 Les formules de dimensionnement des canaux :

V.2.1.1 Canal en béton (cas d'une forme trapézoïdale revêtu) :

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

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

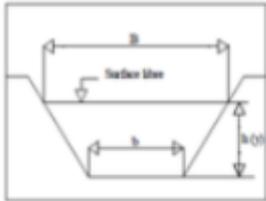
Q : Débit de dimensionnement (m³/s) ;

n : Coefficient de Manning représentant la rugosité pris pour le béton ;

I : Pente du canal (m/m) ;

R_h : Rayon hydraulique ; avec : $R_h = \frac{S_m}{P_m}$.

Tableau V.2 : Propriétés géométriques d'un canal trapézoïdal.

Forme	Section mouillée S	Périmètre mouillée P	Rayon hydraulique	Largeur B
	$(b + m \cdot h) \cdot h$	$b + 2h\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{(b + m \cdot h) \cdot h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}}$	$b + 2mh$

S_m : Section mouillée du canal (forme trapézoïdale)

CHAPITRE V : ETUDE DES VARIANTES D'AMENAGEMENT

$$S_m = (b + m \cdot h) \cdot h \dots \dots \dots V.2$$

P_m : Périmètre mouillé, pour une forme trapézoïdale se calcule ainsi :

$$P_m = b + 2h\sqrt{1 + m^2} \dots \dots \dots V.3$$

m : Fruit de talus.

Tableau V.3 : Caractéristiques de la section avantageuse.

Caractéristique	Base	Fruit de talus	Base	Rayon hydraulique
	$b=f(m,h)$	m	$b=f(h)$	$R_h=f(h)$
Relation	$2h\sqrt{1 + m^2} - 2mh$	$1/\sqrt{3}$	$\frac{2}{\sqrt{3}}h$	$\frac{1}{2}h$

Démarche de calcul :

En remplaçant les formules du tableau (IV.2) dans la formule (V.3) :

$$\frac{n \cdot Q}{\sqrt{I}} = \frac{((b + mh)h)^{\frac{5}{3}}}{(b + 2h\sqrt{1 + m^2})^{\frac{2}{3}}} \dots \dots \dots V.4$$

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

V.2.1.2 Calcul d'un canal en gabion :

Les matelas en gabions sont utilisés principalement pour réaliser les revêtements et les protections anti-affouillements. Ils se présentent sous forme de dimensions variées, dont les plus courant sont 2×1×0.5 et 2×1×0.5. Les canaux en gabion, sont mis en œuvre d'une façon spéciale ; les sacs sont agencés de manière à créer un escalier qui permet la stabilité des berges.

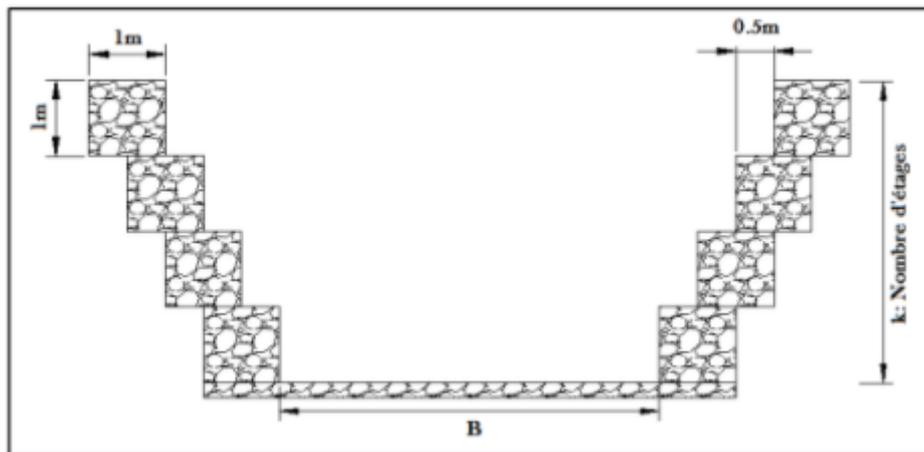


Figure 2 : Coupe en travers d'un canal en gabion.

Tableau V.4 : Caractéristiques géométriques d'une section en gabion.:

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

k : Nombre d'étages ;

b : base canal.

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

V.2.2 Choix des paramètres de dimensionnement :

V.2.2.1 La pente du projet :

Le choix de la pente du projet relève d'une grande importance avant de procéder au calcul hydraulique.

V.2.2.2 Le coefficient de rugosité :

La rugosité du canal dépendant de la nature du revêtement, les valeurs de la rugosité de certain revêtement à titre d'exemple est donnée dans le tableau suivant :

Tableau V.5 : Coefficient de rugosité.

Type de cana	Rugosité n
Canal revêtu en béton	0.015
Canal en terre	0.022
Canal en pierre	0.025
Canal en gabion	0.03

V.2.2.3 Vitesse d'érosion :

Afin d'éviter les ruptures du fond et des berges des canaux sur l'action dynamique d'un courant d'eau, la vitesse de celui-ci ne doit pas être supérieure à la vitesse limite maximale. Les valeurs de vitesse moyenne limite d'érosion pour les lits consolidés sont données dans le tableau suivant :

Tableau V.6 : Vitesse moyenne limite pour quelque types de lits

Lit	Vitesse moyenne limite (m/s)
Pavage de pierre à une couche	2.5-4.0
Gabion	4.0-6.0
Revêtement en béton	6.0-10.0
Béton amélioré	≥10.0

V.2.2.4 Revanche des canaux :

Dans les canaux à surface libre, il faut toujours prévoir une revanche 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. Pour le dimensionnement du canal

$$R=0.6m+0.05v\sqrt[3]{h}.....IV.5$$

V.3 Etude des aménagements :

V.3.1 Oued Baba Ali :

Dans ce cours d'eau et dans le but d'augmenter la capacité du cours et éliminer les risques, nous allons opter pour la dérivation de l'oued à partir de la station 3079.41 vers Oued EL HARRACH car on ne peut faire un aménagement dans le cours d'eau précédant par conséquent des constructions conçues sur le lit de l'oued, pour cela nous avons proposé le chemin d'aménagement suivant :

Tableau V.7 : Variantes d'aménagement de Oued Baba Ali.

Tronçon	6671.41 à 4671.41	4671.41 à 3079.41	3079.41 à Oued EL HARRACH
Aménagement	Gabionnage	Galerie en béton armé	Gabion posé sur du géotextile

V.3.2 Oued Terro (variante étudiée):

Dans le cas précédent la dérivation de oued Baba Ali a diminué le débit ruisselé dans la partie avale du cours d'eau, donc il ne sera plus $295.15\text{m}^3/\text{s}$ mais $226.15\text{m}^3/\text{s}$. pour l'aménagement nous allons proposer 3 variantes :

Tableau V.8 : Variantes d'aménagement de Oued Terro

Tronçon Variante	Amont : De 8007.94 à 3307.94	Aval : De 3207.94 à 0
1	Gabion posé sur du géotextile.	Gabion posé sur du géotextile.
2	Canal trapézoïdal en béton	Canal trapézoïdal en béton
3	Gabion posé sur du géotextile.	Canal trapézoïdal en béton

Pour les pentes de projet nous allons choisir 2 pentes en fonction de la variation de la pente du cours d'eau naturel.

CHAPITRE V : ETUDE DES VARIANTES D'AMENAGEMENT

Tableau V.9 : Pentas de projet de Oued Terro.

Tronçon	8007.94 à 0.00
Pente (%)	0.18

V.3.2.1 Variante 1 :

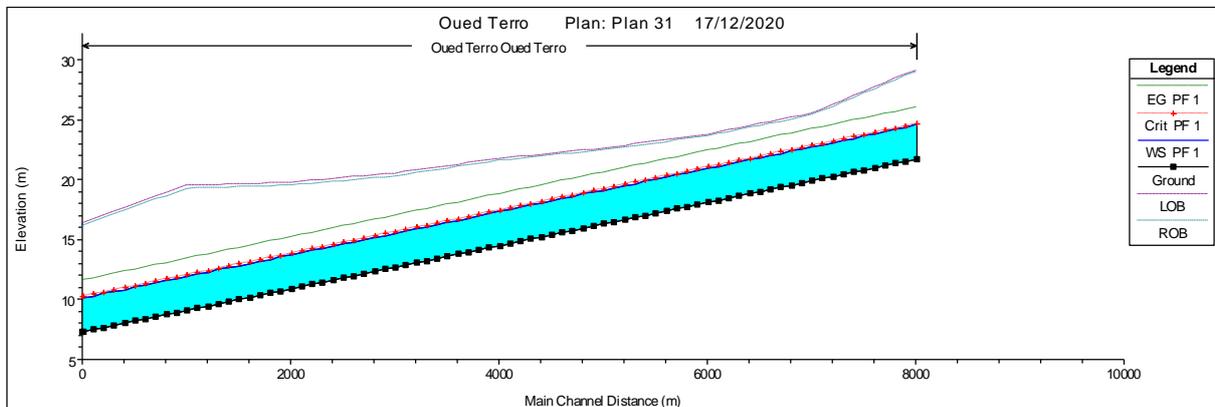
On opte pour 2 sections telles que :

Tableau V.10 : Sections d'aménagement de la variante 1

Tronçon	13007.94 à 3307.94	3207.94 à 0
Section	b=14; k=4	b=14 ; k=4

D'après la simulation on remarque que le régime d'écoulement est torrentiel et les vitesses varient entre 5.16m/s et 5.42m/s.

Figure 3 : Profil en long du cours d'eau aménagé après simulation.



CHAPITRE V : ETUDE DES VARIANTES D'AMENAGEMENT

Estimation du coût total de la variante :

Tableau V.11 : Cout total de la variante

Désignation des travaux	Volume(m ³)/Surface(m ²)	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Remblai	740920	400	296367999.9
Déblai	644278.3	600	386566956.4
Transport des remblais	96641.74	50	4832086.955
Fourniture et mise en place du géotextile	228226.3	400	91290516
Fourniture et pose de gabion posé dans des mailles en grillage galvanisé double torsion, y compris toutes sujétions.	48048	5000	240240000
Total TTC (incluant TVA 17%)			1.192.578.144,00

V.3.2.2 Variante 2 :

Dans cette variante on va opter pour 2 sections,

Tableau V.12 : Sections d'aménagement de la variante 2

Tronçon	13007.94 à 3307.94	3207.94 à 0
Dimensions	b=8 ; h=4 ; m=1/√3	b=8 ; h=4 ; m=1/√3

D'après la simulation on remarque que le régime d'écoulement est torrentiel et les vitesses varient entre 5.63m/s et 6.91m/s ce qui est admissible pour le béton.

CHAPITRE V : ETUDE DES VARIANTES D'AMENAGEMENT

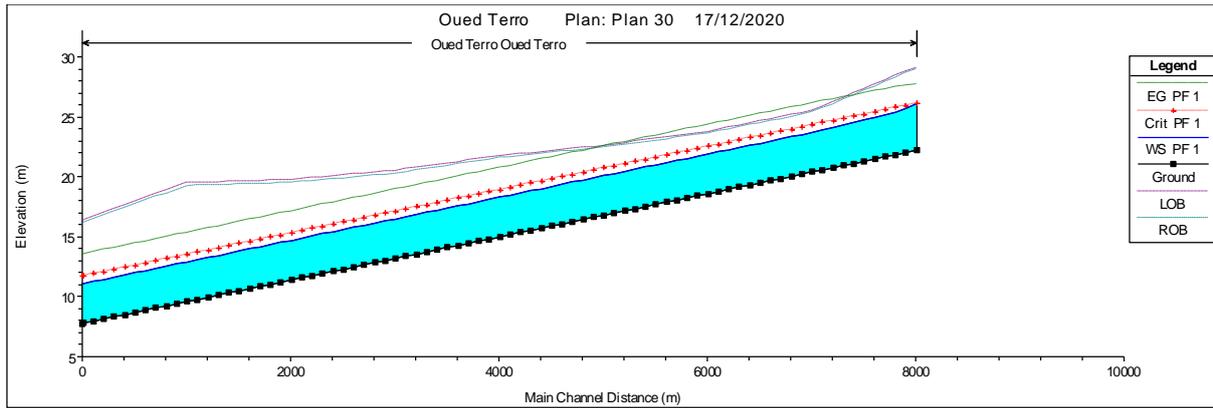


Figure 4 : Profil en long du cours d'eau aménagé après simulation.

Estimation du coût total de la variante :

Tableau V.13: Cout total de la variante

Désignation des travaux	Volume (m ³)	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Remblai	474356.2	250	118589046.3
Déblai	155.4964	450	69973.40136
Transport des remblais	474200.7	50	23710034.45
Béton armé	53243.04	32000	1703777280
Total TTC (incluant TVA 17%)			2.114.734.480,00

V.3.2.3 Variante 3 :

Pour cette variante on va faire un dimensionnement d'un canal mixte tel que :

Tableau V.14 : Sections d'aménagement de la variante 3

Tronçon	13007.94 à 3307.94	3207.94 à 0
Dimensions	b=11 ; k=5	b=11 ; h=4 ; m=1/√3

D'après la simulation on remarque que dans la partie gabionnée les vitesses varient entre 5.1m/s et 5.26m/s et le régime d'écoulement est torrentiel, et dans partie revêtue en béton les vitesses varient entre 5.32m/s et 6.64m/s et l'écoulement est aussi torrentiel.

CHAPITRE V : ETUDE DES VARIANTES D'AMENAGEMENT

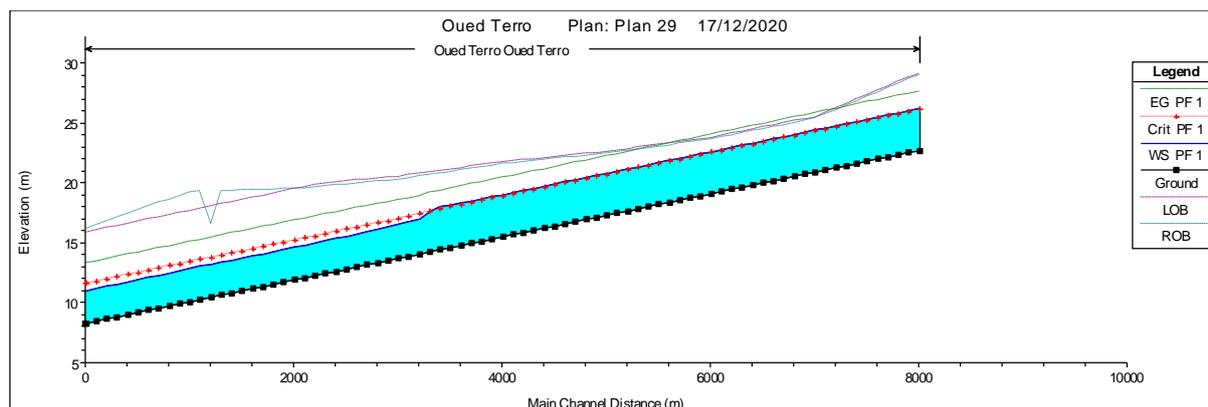


Figure 5 : Profil en long du cours d'eau aménagé après simulation.

Estimation du coût de la variante :

Tableau V.15: Cout total de la variante

Désignation des travaux	Volume(m ³)/Surface(m ²)	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Remblai	557538.2	400	223015269.5
Déblai	290601.1	600	174360636.3
Transport des remblais	266937.1	50	13346855.67
Fourniture et mise en place du géotextile	120000	400	48000000
Fourniture et pose de gabion posé dans des mailles en grillage galvanisé double torsion, y compris toutes sujétions.	24000	5000	120000000
Béton armé	18541.89	32000	593340480
Total TTC (incluant TVA 17%)			1.365.009.860,00

V.4 Choix de la variante :

D'après les calculs précédents toutes les variantes ont donné de bons résultats en point de vue hydraulique, mais dans le choix de variantes on doit tenir compte non pas seulement de l'aspect technique mais aussi l'économique, pour cela un choix technico-économique est le plus judicieux :

Tableau V.16 : Aspects techniques et économiques de chaque variante

Variante	Aspect technique	Aspect économique
Variante 1	Le gabion est solide et durable, facile à réaliser et assure la bonne stabilité des talus	1.192.578.144,00
Variante 2	Le béton est aussi facile à réaliser, assure une bonne stabilité, permet l'évacuation rapide de l'eau	2.114.734.480,00
Variante 3	Cette variante est une mixture des 2 variantes précédentes	1.365.009.860,00

La première variante est bonne sur le point de vue économique, mais dans la partie aval de l'oued elle est risquée de subir des attaques chimiques à cause des eaux provenant de la zone industrielle, quant à la deuxième hydrauliquement est la meilleure mais économiquement elle est trop chère, pour la troisième elle assure l'évacuation des rejets usées et pluviales dans la partie amont sans aucun risque d'infiltration à cause du géotextile imperméable, dans la partie aval où le débit augmente le béton reste le meilleur choix hydrauliquement, et économiquement elle reste proche à la première variante, donc on opte pour la troisième variante qui fait l'objet d'un choix technico-économique.

Les 2 ouvrages noyés doivent être redimensionnés de façon à ne pas affecter l'écoulement, pour cela on propose pour les 2 traversées de route un dalot rectangulaire à un compartiment de dimensions 16m×5.5m×8m, une étude génie civil doit se faire pour calculer les volumes de béton, les armatures... et le coût de ces 2 ouvrages doit être ajouté au coût de l'aménagement.

CONCLUSION :

Afin de trouver la variante adéquate d'aménagement, qui présente des critères techniques appropriés à l'objectif de protection dont il est question, qui serait réalisables sur le terrain sans pour autant être hors de coût. Nous avons présenté plusieurs solutions, ainsi, le choix final consiste principalement en la projection d'un canal mixte entre le gabion dans la partie amont et le béton dans la partie aval. La réalisation d'une station d'épuration reste toujours indispensable pour éviter toute attaque chimique sur le canal, et pour préserver la nappe de la Mitija des infiltrations des produits toxiques qui peuvent nuire à la santé publique.

CHAPITRE VI :

Organisation de chantier

INTRODUCTION :

L'organisation de chantier est une démarche visant à rechercher constamment, la meilleure façon d'utiliser économiquement la main d'œuvre et les autres moyens mis en œuvre pour gérer le chantier. Elle permet d'organiser les travaux et de choisir les engins nécessaires influençant sur les coûts et le délai d'exécution du projet.

VI.1 Généralités :

VI.1 Rôles et responsabilités des intervenants sur chantier :

L'équipe de réalisation d'un projet est composée principalement par :

VI.1.1.1 Maître de l'ouvrage :

C'est une personne physique ou morale pour laquelle s'exécutent les travaux, il définit le but à atteindre et assure le financement. Le maître de l'ouvrage doit assumer certaines responsabilités, par exemple :

- ◆ Gérer la réalisation du projet.
- ◆ Transmettre l'information pertinente relative au projet.
- ◆ Remplir les obligations établies par les documents contractuels.
- ◆ Assurer la coordination et la cohésion de l'équipe de projet, la bonne conduite des contrats et la réalisation des travaux.
- ◆ Prendre possession du projet.

VI.1.1.2 Maître d'œuvre :

C'est une personne physique ou morale désignée par le maître d'ouvrage pour concevoir l'ouvrage tout en assurant le contrôle de l'exécution. Le maître d'œuvre d'un chantier est celui qui détient la responsabilité réelle de l'exécution des travaux et qui exerce une autorité réelle sur le chantier.

VI.1.1.3 L'entreprise :

Personne physique ou morale, titulaire d'un marché de travaux conclu avec le maître d'ouvrage, chargé de :

- ◆ Réaliser un ouvrage de qualité par le contrôle de la qualité de son travail.

CHAPITRE VI : L'ORGANISATION DE CHANTIER

- ◆ Gérer les coûts et les travaux.
- ◆ Elaborer le planning d'exécution des travaux.
- ◆ Répondre aux obligations établies par les documents contractuels
- ◆ Réaliser les travaux définis dans son contrat.

VI.1.1.4 Définitions des engins utilisés :

Le matériel utilisé est le matériel classique des chantiers de travaux publics. L'utilisation de gros engins mécaniques va réduire considérablement le prix et le temps des terrassements

Tableau VI.1 : Engins utilisés.

Tache	Engin	Action
Travaux de préparation	Engins	Enlever les obstacles et les Chargeurs herbes
	Dozers	
	Chargeurs	
	Camions	
	Pelles	
Terrassements	Niveleuse	Donner la forme exacte du Dumpers canal
	Dumpers	
	Chargeurs	
	Camions	
	Dozers	
Compactage	Tous types de compacteurs à rouleaux lisses	Consolider les berges de l'oued pour éviter l'affaissement
	Compacteurs à pieds de mouton	
Bétonnage	Camion Cocotte	Coulage de béton

CHAPITRE VI : L'ORGANISATION DE CHANTIER

VI.2 Devis quantitatif et estimatif du projet :

Les estimations des prix des ouvrages et aménagements donnés :

- ◆ Prix unitaire des terrassements.
- ◆ Prix unitaire de fourniture et pose de (gabionnage, tout venant).
- ◆ Prix unitaire de bétonnage.

Le tableau suivant donne les montants de réalisation de la variante retenue :

Tableau VI.2 : Devis quantitatif et estimatif

Désignation des travaux	Volume(m ³)/Surface(m ²)	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Remblai	557538.2	400	223015269.5
Déblai	290601.1	600	174360636.3
Transport des remblais	266937.1	50	13346855.67
Fourniture et mise en place du géotextile	120000	400	48000000
Fourniture et pose de gabion posé dans des mailles en grillage galvanisé double torsion, y compris toutes sujétions.	24000	5000	120000000
Béton armé	18541.89	32000	593340480
Total TTC (incluant TVA 17%)			1.365.009.860,00

VI.3 Planification des travaux :

VI.3.1 Définition :

C'est l'activité qui consiste à déterminer et à ordonnancer les tâches du projet et à déterminer les profils nécessaires à leur réalisation. Autrement dit, c'est une méthode dont dispose le cadre opérationnel pour rendre son travail efficace. Les objectifs du planning sont les suivants :

- ◆ L'installation des postes de travail.
- ◆ L'observation instantanée.
- ◆ L'analyse des tâches.
- ◆ Le chronométrage.
- ◆ La simplification des méthodes.

VI.3.2 Techniques de la planification :

Il existe deux principales méthodes de planification à savoir :

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

VI.3.2.1 Méthodes basées sur le réseau :

a- Définition :

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 :

- ◆ 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.

CHAPITRE VI : L'ORGANISATION DE CHANTIER

◆ 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.

b. Construction du réseau :

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

◆ 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.

◆ 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.

◆ Construction des graphes partiels.

◆ Regroupement des graphes partiels.

◆ Détermination des tâches de début de l'ouvrage et de fin de l'ouvrage.

◆ Construction du réseau.

c- Différentes méthodes basées sur le réseau :

◆ Méthode C.P.M (Critical Path Method) : L'objectif de cette méthode est de réduire les temps de réalisation d'un ouvrage en tenant compte de trois phases.

1 ère phase : l'effectif nécessaire pour effectuer le travail considéré.

2 ème phase : analyser systématiquement le réseau, heure par heure, jour par jour, selon l'unité de temps retenu.

3 ème phase : adapter le réseau aux conditions ou contraintes fixées par l'entreprise.

◆ Méthode P.E.R.T (Program Evaluation and Review Technical): C'est-à-dire technique d'ordonnement des tâches et contrôle des programmes, c'est une méthode consistant à mettre en ordre sous forme de réseau plusieurs tâches qui grâce à leur chronologie et leur dépendance concourent toutes à l'obtention d'un produit fini.

VI.3.2.2 Méthodes basées sur le graphique :

a. Méthode linéaire (ligne of balance technic) :

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

b. Méthode à barres :

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

VI.3.3 Les étapes de la planification :

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

VI.3.3.1 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.

VI.3.3.2 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.

VI.3.3.3 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.3.4 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.3.4.1 Paramètres de calcul dans la méthode C.P.M :

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

DCP	TR
DFP	DCPP
DFPP	MT

Avec :

TR : temps de réalisation.

DCP : date de commencement au plus tôt.

DCPP : date de commencement au plus tard.

DFP : date de finition au plus tôt.

DFPP : date de finition au plus tard.

MT : marge totale, intervalle de temps nécessaire pour le déroulement de l'opération tel que :

$$\mathbf{DFP = DCP + tr}$$

$$\mathbf{DCPP = DFPP - tr}$$

VI.3.4.2 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 :

$$\mathbf{MT = 0 \text{ et } \sum tr_{cc} = DTP}$$

VI.3.5 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'oeil :

◆ Les différentes tâches à envisager.

CHAPITRE VI : L'ORGANISATION DE CHANTIER

- ◆ 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.3.6 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.3 : Liste des opérations avec leurs durées

Désignation de l'opération	Code	Durée (jr)
Installation du chantier	A	15
Travaux de terrassements sur tronçon 1	B	60
Compactage sur tronçon 1	C	20
Pose du géotextile sur tronçon 1	D	30
Pose de gabion sur tronçon 1	E	120
Travaux de terrassements sur tronçon 2	F	40
Compactage sur tronçon 2	G	15
Pose du béton de propreté sur tronçon 2	H	25
Pose de Béton sur tronçon 1	I	75
Déménagement du chantier	J	15

CHAPITRE VI : L'ORGANISATION DE CHANTIER

Dans le tableau suivant on présente chaque tache avec celles qu'elle précède dans le phasage des travaux :

Tableau VI.4 : Succession des taches

Travaux	Opération	Durée (jr)
Décapage de la terre végétale et ouverture de piste	A	15
Excavation de la tranché	B	65
Remblai en TVO	C	35
Compactage	D	35
Mise en place du géotextile	E	30
Lit de béton de propreté	F	25
Mise en oeuvre de gabion	G	120
Bétonnage	H	75

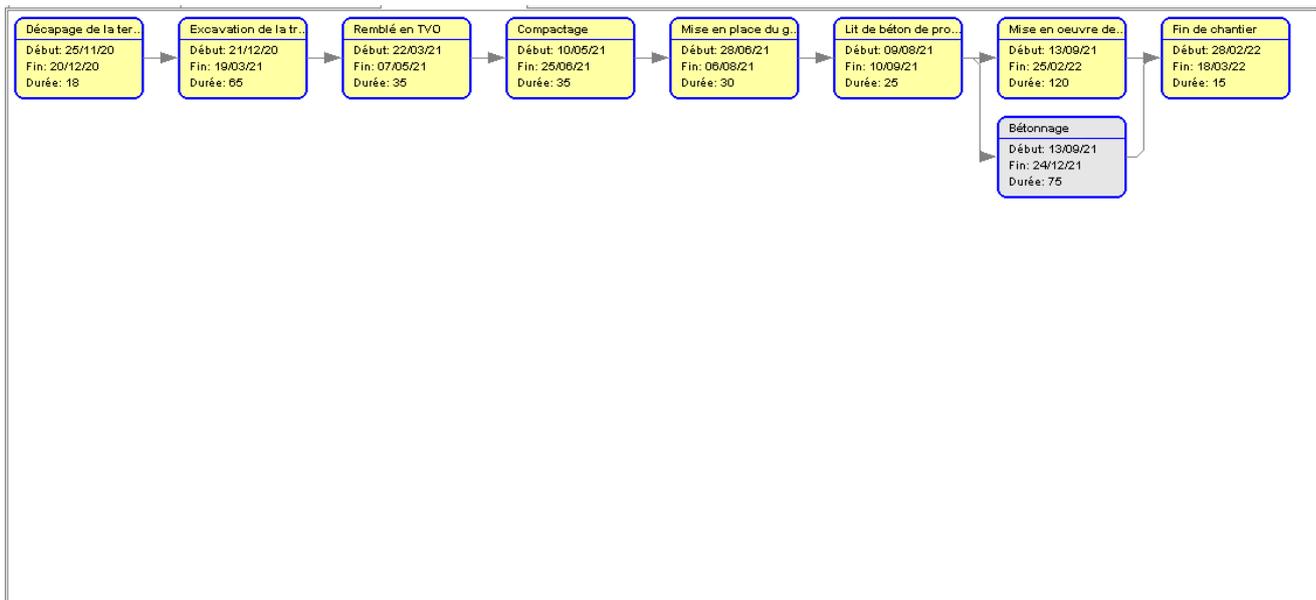


Figure 1 : Diagramme de PERT.

CHAPITRE VI : L'ORGANISATION DE CHANTIER

VI.3.7 Détermination des chemins critiques :

C'est le chemin qui donne la durée totale du projet (DTR) reliant les opérations possédant la marge totale nulle (0). Ainsi on obtient les résultats consignés dans la figure suivante :

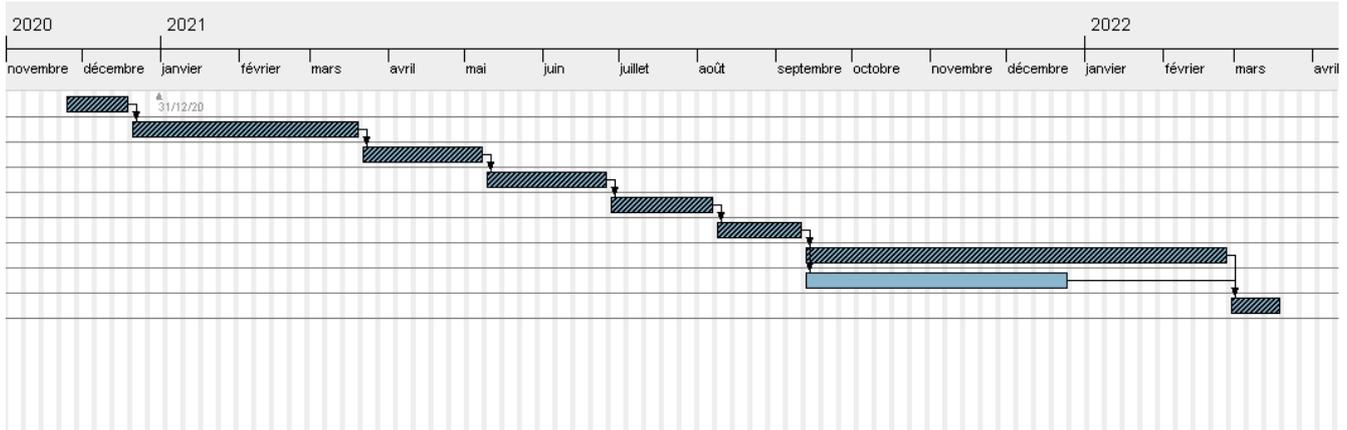


Figure 2 : Diagramme de Gant montrant le chemin critique.

CONCLUSION :

L'exécution d'un ensemble de travaux par gestion rationnelle de temps ; demande conjointement des moyens humains, techniques et matériels, afin d'aboutir à un but ultime qui est la livraison du projet dans les délais prévus, sans sortir des couts d'investissement initiaux. A l'issue de ce volet nous avons pu estimer le cout global du projet d'aménagement de Oued Terro est de 1.365.009.860,00 DA pour un délai de réalisation de 58 semaines.

CONCLUSION GENERALE

L'importance de l'eau en tant que support de vie et de facteur régulateur du développement d'un pays est universellement reconnue. La protection des sites urbains contre les crues et les inondations est une nécessité indispensable afin de réduire les risques humains, matériels et économiques. En effet, qui dit protection contre l'inondation, dit sauvegarde du patrimoine, de l'architecture et de la vie humaine. C'est pour ces multiples raisons qu'on a traité ce sujet qui, pour la moindre négligence et pour un minimum d'inattention, risque de porter atteinte à l'homme et à l'environnement dans lequel il évolue.

A travers cette étude, on a pris conscience de la nécessité d'entretenir Oued Terro qui traverse la ville de BIRTOUTA dans sa partie sud, pour mettre fin au problème d'inondation. On a scindé le travail en trois étapes essentielles. On a d'abord estimé le débit de crue maximal à évacuer par les cours d'eau à travers l'estimation de l'hydrogramme de crue. En second lieu on a déterminé les zones susceptibles d'être inondées, par la simulation de l'écoulement dans les cours d'eau non aménagés par le logiciel HEC-RAS en se basant sur le modèle de Saint-Venant monodimensionnel et à l'aide d'Autocad et Autocad Civil 3d.

Finalement on a choisi un aménagement adéquat après une analyse technico- économique pour choisir la variante finale qui répond à mon objectif d'étude. En effet, la variante choisie comprend un aménagement d'une partie de l'oued, par un canal mixte sur une longueur de 8007.94 ml pour Oued Terro. Le coût de ce projet est estimé à 1.365.009.860,00 DA, et comme tout projet celui-ci doit être suivi afin de garantir un meilleur service et une longévité acceptable.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Armando LENCASTRE (1996) ,

BACHI, MOHAMED (2011) . Problematique du risque inondation en milieu urbain; cas de l'agglomération de Sidi Bel Abbès.

BENNIS, Saad (2009) . Hydraulique et hydrologie. PUQ., 2^{ème} Edition.

BEN SIDI AHMED L'HACHIMI(2015) , Etude d'aménagement de oued reghaia et ses affluents pour la protection contre les inondations des communes de REGHAIA et OULED HEDADJ (W.ALGER). Mémoire d'ingénieur d'Etat en Hydraulique. Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique. Blida. Algérie.

CHAUDHRY, M. Hanif. (2012) Open-channel flow. Springer Science & Business Media, DEGOUTTE, Gérard. Diagnostic, aménagement et gestion des rivières: hydraulique et morphologie fluviales appliquées. Éd. Tec & doc.

DUBREUIL(1974), P. Introduction à l'analyse hydrologique, Ed., Masson et Cie.

Hydraulique Générale, 2eme édition, éditions EYROLLES.

HEC-RAS (2010) Users Manuel. US Army corps of engineers Hydrologic Engineering Center, version 4.1.

LENCASTRE, Armando (1999). Hydraulique générale, édition Eyrolles..

MEYLAN, Paul, FAVRE, Anne-Catherine, et MUSY, André (2008). Hydrologie fréquentielle: une science prédictive. PPUR presses polytechniques.

M. Hanif Chaudhry(2014) , Open-Channel Flow, Second Edition. Règles parasismiques algériennes RPA 99/ Version 2014.

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

A.1 Présentation du logiciel HEC-HMS :

HEC-HMS est un logiciel de modélisation hydrologique de la transformation de la pluie en débit, Afin de simuler le comportement hydrologique d'un Bassin Versant (BV), le logiciel HEC-HMS prend en compte les différents paramètres suivants:

- les précipitations: ces données peuvent correspondre à des relevés pluviométriques réels d'évènements pluvieux ordinaires ou exceptionnels mais aussi à des évènements pluvieux théoriques basés sur une étude statistique.
- les pertes (par infiltration, retenue ou évapotranspiration) qui permettent d'évaluer le ruissellement à partir des précipitations et des caractéristiques du BV.
- les ruissellements directs qui prennent en compte les écoulements de surface, les stockages et les pertes de charge.
- l'hydrologie fluviale, c'est à dire le comportement de l'eau lorsqu'elle se trouve dans le lit de la rivière.

Ces différents paramètres sont ensuite modélisés mathématiquement par un ensemble d'équations qui permettent d'obtenir la réponse du système hydrogéologique global à un changement de conditions hydrométéorologiques

A.2 Présentation du logiciel HEC-RAS :

HEC-RAS est un logiciel intégré pour l'analyse hydraulique qui permet de simuler les écoulements à surface libre. Il a été conçu par le Hydrologic Engineering Center du U.S Army Corps of Engineers. Il s'agit d'une nouvelle version d'un modèle hydraulique auparavant nommé HEC-2, qui comporte maintenant une interface graphique permettant d'éditer, modifier et visualiser les données d'entrée, de même qu'observer les résultats obtenus. Il est présentement utilisé dans plusieurs firmes d'ingénierie et organismes gouvernementaux. La version 4.1 de HEC-RAS permet de simuler les écoulements permanents et non permanents, le transport de sédiments et certaines fonctions facilitant la conception d'ouvrages hydrauliques.

Avec HEC-RAS, un ensemble de fichiers, que l'on nomme Projet, sont requis pour effectuer l'analyse hydraulique d'un cours d'eau. Une terminologie particulière est employée pour définir chacune de ces composantes. Les définitions sont présentées à la page suivante et la figure ci-dessous illustre la hiérarchie des fichiers d'un projet.

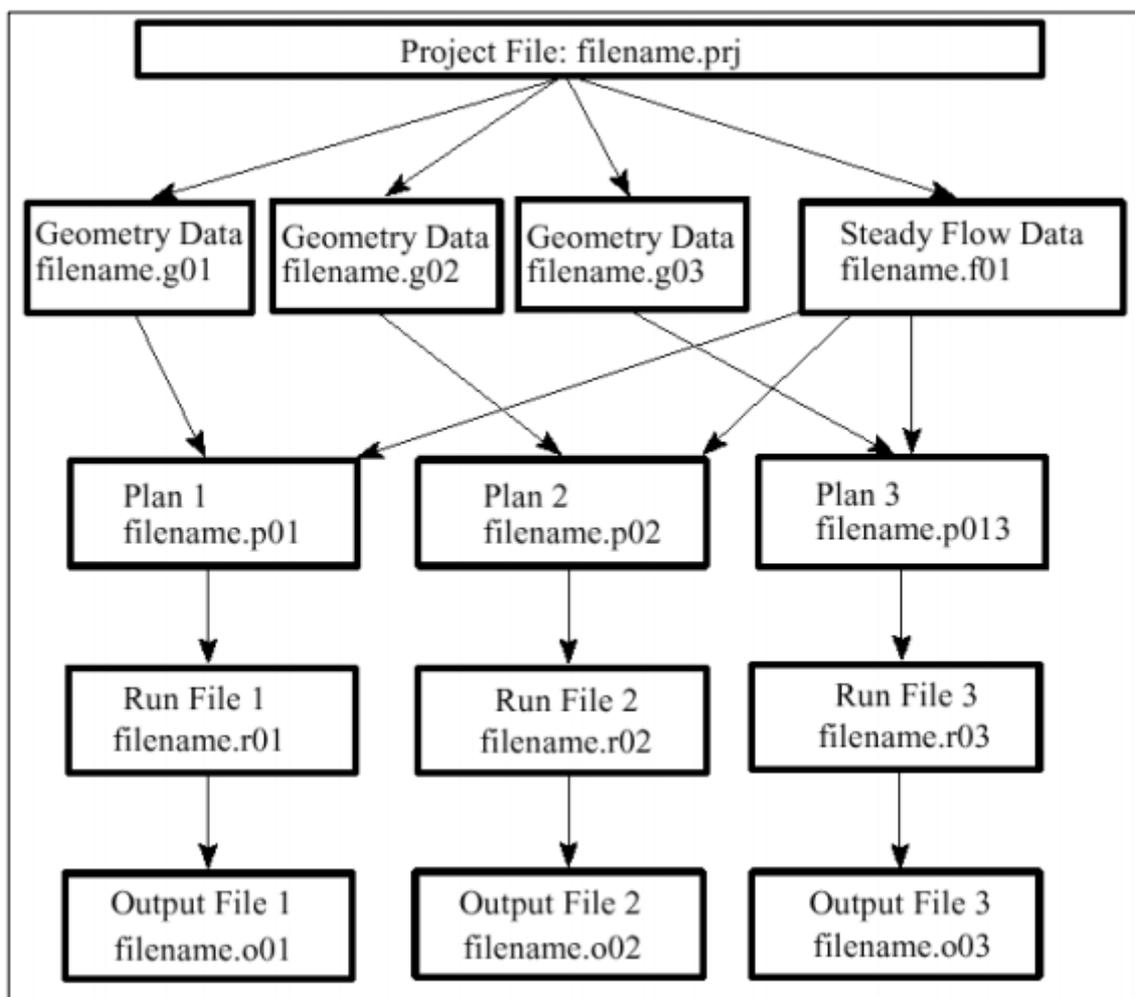


Figure A.1 Schéma des fichiers d'un projet sur HEC-RAS

A.3 Résultats de la simulation à l'état naturel sur HEC-RAS :

A.3.1 Oued Terro :

Tableau N°A.1 Oued Terro

Reac h	River Sta	Profil e	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Widht h	Froud e # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Oued Terro	8007.94	PF 1	131	27.6	31.36		31.64	0.003364	2.51	58.49	20	0.44
Oued Terro	7907.94	PF 1	131	27.24	31.04		31.31	0.003247	2.48	59.17	20	0.43
Oued Terro	7807.94	PF 1	131	26.88	30.73		30.99	0.003084	2.44	60.16	20	0.42
Oued Terro	7707.94	PF 1	131	26.51	30.44		30.69	0.002832	2.38	61.84	20	0.41

ANNEXES

Oued Terro	7607.9 4	PF 1	131	26.1 5	30.1 8		30.4 1	0.00256 4	2.31	63.87	20	0.39
Oued Terro	7507.9 4	PF 1	131	25.7 9	29.9 5		30.1 7	0.00226 4	2.22	66.5	20	0.37
Oued Terro	7407.9 4	PF 1	131	25.4 3	29.7 6		29.9 5	0.00195 3	2.12	69.77	20	0.34
Oued Terro	7307.9 4	PF 1	131	25.0 7	29.5 9		29.7 7	0.00165 3	2.02	73.66	20	0.32
Oued Terro	7207.9 4	PF 1	131	24.7 24.7	29.4 5		29.6 1	0.00136 8	1.9	78.34	20	0.29
Oued Terro	7107.9 4	PF 1	131	24.3 4	29.3 4		29.4 8	0.00113 2	1.8	83.3	20	0.27
Oued Terro	7007.9 4	PF 1	131	23.9 8	29.2 5		29.3 7	0.00093 5	1.7	88.64	20	0.25
Oued Terro	6907.9 4	PF 1	131	23.8 1	29.1 6		29.2 8	0.00088 4	1.67	90.31	20	0.24
Oued Terro	6807.9 4	PF 1	131	23.6 3	29.0 8		29.2 29.2	0.00082 7	1.64	92.26	20	0.23
Oued Terro	6707.9 4	PF 1	131	23.4 5	29 29		29.1 1	0.00077 3	1.6	94.33	20	0.23
Oued Terro	6607.9 4	PF 1	131	23.2 8	28.9 3		29.0 4	0.00072 6	1.57	96.29	20	0.22
Oued Terro	6507.9 4	PF 1	131	23.1 23.1	28.8 6		28.9 7	0.00067 6	1.54	98.56	20	0.21
Oued Terro	6407.9 4	PF 1	131	22.9 3	28.8 28.8		28.9 28.9	0.00063 3	1.51	100.7	20	0.21
Oued Terro	6307.9 4	PF 1	131	22.7 5	28.7 4		28.8 4	0.00058 8	1.48	103.1 5	20	0.2
Oued Terro	6207.9 4	PF 1	131	22.5 8	28.6 9		28.7 8	0.00054 9	1.45	105.4 6	20	0.19
Oued Terro	6107.9 4	PF 1	131	22.4 22.4	28.6 4		28.7 3	0.00051 0.00051	1.42	108.0 6	20	0.19
Oued Terro	6007.9 4	PF 1	131	22.2 3	28.5 9		28.6 8	0.00047 4	1.39	110.6 3	20	0.18
Oued Terro	5907.9 4	PF 1	131	22.1 1	28.5 5		28.6 3	0.00045 6	1.37	112.0 3	20	0.18
Oued Terro	5807.9 4	PF 1	131	21.9 9	28.5 1		28.5 8	0.00043 8	1.35	113.5 6	20	0.18
Oued Terro	5707.9 4	PF 1	131	21.8 8	28.4 6		28.5 4	0.00042 2	1.34	114.9 2	20	0.17
Oued Terro	5607.9 4	PF 1	131	21.7 6	28.4 2		28.5 28.5	0.00040 5	1.32	116.5 3	20	0.17
Oued Terro	5507.9 4	PF 1	131	21.6 5	28.3 8		28.4 6	0.00039 0.00039	1.31	117.9 6	20	0.17
Oued Terro	5407.9 4	PF 1	131	21.5 3	28.3 5		28.4 2	0.00037 4	1.29	119.6 2	20	0.16
Oued Terro	5307.9 4	PF 1	131	21.4 1	28.3 1		28.3 8	0.00035 8	1.27	121.3 1	20	0.16

ANNEXES

Oued Terro	5207.9 4	PF 1	131	21.3	28.2 8		28.3 5	0.00034 4	1.26	122.8 3	20	0.16
Oued Terro	5107.9 4	PF 1	131	21.1 8	28.2 5		28.3 1	0.00033	1.24	124.5 8	20	0.15
Oued Terro	5007.9 4	PF 1	131	21.0 7	28.2 2		28.2 8	0.00031 7	1.23	126.2 2	20	0.15
Oued Terro	4907.9 4	PF 1	131	20.9 8	28.1 8		28.2 5	0.00030 8	1.22	127.3 5	20	0.15
Oued Terro	4807.9 4	PF 1	131	20.8 9	28.1 5		28.2 2	0.0003	1.21	128.5 5	20	0.15
Oued Terro	4707.9 4	PF 1	131	20.8 1	28.1 3		28.1 9	0.00029 2	1.2	129.5 7	20	0.15
Oued Terro	4607.9 4	PF 1	131	20.7 2	28.1		28.1 6	0.00028 4	1.19	130.8 1	20	0.14
Oued Terro	4507.9 4	PF 1	131	20.6 4	28.0 7		28.1 3	0.00027 7	1.18	131.8 6	20	0.14
Oued Terro	4407.9 4	PF 1	131	20.5 5	28.0 4		28.1	0.00026 9	1.17	133.1 3	20	0.14
Oued Terro	4307.9 4	PF 1	131	20.4 6	28.0 2		28.0 8	0.00026 1	1.16	134.4 2	20	0.14
Oued Terro	4207.9 4	PF 1	131	20.3 8	27.9 9		28.0 5	0.00025 5	1.15	135.5 1	20	0.14
Oued Terro	4107.9 4	PF 1	131	20.2 9	27.9 7		28.0 2	0.00024 8	1.14	136.8 2	20	0.14
Oued Terro	4007.9 4	PF 1	131	20.2	27.9 4		28	0.00024 1	1.13	138.0 4	20	0.13
Oued Terro	3907.9 4	PF 1	131	20.0 7	27.9 2		27.9 7	0.00023 4	1.13	139.8 7	20	0.13
Oued Terro	3807.9 4	PF 1	131	19.9 4	27.9		27.9 5	0.00022 7	1.12	141.6 1	20	0.13
Oued Terro	3707.9 4	PF 1	131	19.8 1	27.8 8	22.4 1	27.9 3	0.00022 1	1.11	143.3 6	20	0.13
Oued Terro	3699.9 4		Culvert									
Oued Terro	3607.9 4	PF 1	131	19.6 8	27.8 5		27.9	0.00021 5	1.1	145.0 6	20	0.13
Oued Terro	3507.9 4	PF 1	131	19.5 5	27.8 3		27.8 8	0.00020 9	1.1	146.8 3	20	0.13
Oued Terro	3407.9 4	PF 1	131	19.4 2	27.8 1		27.8 6	0.00020 4	1.09	148.6 1	20	0.12
Oued Terro	3307.9 4	PF 1	131	19.2 8	27.8	21.9 7	27.8 4	0.00019 8	1.08	150.6	20	0.12
Oued Terro	3299.9 4		Culvert									
Oued Terro	3207.9 4	PF 1	295.15	19.1 5	27.5 8		27.8 2	0.00105 8	2.47	148.4 4	20	0.28
Oued Terro	3107.9 4	PF 1	295.15	19.0 2	27.4 7		27.7 1	0.00106 7	2.48	148.5	20	0.28

ANNEXES

Oued Terro	3007.9 4	PF 1	295.15	18.8 9	27.3 7		27.6	0.00107 6	2.48	148.5 6	20	0.28
Oued Terro	2907.9 4	PF 1	295.15	18.8 1	27.2 6		27.4 9	0.00108 9	2.49	147.9 4	20	0.28
Oued Terro	2807.9 4	PF 1	295.15	18.7 4	27.1 5		27.3 8	0.00110 8	2.5	147.0 9	20	0.28
Oued Terro	2707.9 4	PF 1	295.15	18.6 6	27.0 3		27.2 7	0.00112 3	2.51	146.4 1	20	0.29
Oued Terro	2607.9 4	PF 1	295.15	18.5 9	26.9 2		27.1 6	0.00114 4	2.53	145.4 9	20	0.29
Oued Terro	2507.9 4	PF 1	295.15	18.5 1	26.8		27.0 4	0.00116 2	2.54	144.7 3	20	0.29
Oued Terro	2407.9 4	PF 1	295.15	18.4 3	26.6 8		26.9 2	0.0012	2.61	144.0 5	20	0.3
Oued Terro	2307.9 4	PF 1	295.15	18.3 6	26.5 5		26.8	0.00121	2.57	142.7 8	20	0.3
Oued Terro	2207.9 4	PF 1	295.15	18.2 8	26.4 2		26.6 8	0.00123 3	2.58	141.8 7	20	0.3
Oued Terro	2107.9 4	PF 1	295.15	18.2 1	26.3		26.5 5	0.00126 4	2.6	140.6 9	20	0.3
Oued Terro	2007.9 4	PF 1	295.15	18.1 3	26.1 6		26.4 2	0.00129 1	2.62	139.6 5	20	0.3
Oued Terro	1907.9 4	PF 1	295.15	18.1 2	26.0		26.2 9	0.00135 4	2.65	137.4 4	20	0.31
Oued Terro	1807.9 4	PF 1	295.15	18.0 8	25.8 7		26.1 5	0.00143 2	2.7	134.8 5	20	0.32
Oued Terro	1707.9 4	PF 1	295.15	18.0 5	25.7 2		26	0.00151 6	2.74	132.2 8	20	0.33
Oued Terro	1607.9 4	PF 1	295.15	18.0 2	25.5 5		25.8 5	0.00161 5	2.79	129.5 20	20	0.34
Oued Terro	1507.9 4	PF 1	295.15	18	25.3 6		25.6 8	0.00174 2	2.86	126.2 3	20	0.35
Oued Terro	1407.9 4	PF 1	295.15	17.9 7	25.1 6		25.4 9	0.00188 8	2.93	122.8 5	20	0.36
Oued Terro	1307.9 4	PF 1	295.15	17.9 4	24.9 4		25.2 9	0.00207 2	3.01	119.0 6	20	0.38
Oued Terro	1207.9 4	PF 1	295.15	17.9 2	24.7		25.0 7	0.00232 9	3.11	114.4 8	20	0.4
Oued Terro	1107.9 4	PF 1	295.15	17.8 9	24.4 1		24.8 2	0.00267	3.24	109.3 5	20	0.42
Oued Terro	1007.9 4	PF 1	295.15	17.8 6	24.0 6		24.5 2	0.00319 9	3.42	102.9 2	20	0.46
Oued Terro	907.94	PF 1	295.15	17.5 6	23.7 4		24.2	0.00323 9	3.43	102.5	20	0.46
Oued Terro	807.94	PF 1	295.15	17.2 5	23.4 1		23.8 7	0.00327 5	3.45	102.1 1	20	0.46
Oued Terro	707.94	PF 1	295.15	16.9 4	23.0 7		23.5 4	0.00332 4	3.46	101.6 2	20	0.46

ANNEXES

Oued Terro	607.94	PF 1	295.15	16.63	22.73		23.21	0.003386	3.48	100.98	20	0.47
Oued Terro	507.94	PF 1	295.15	16.32	22.38		22.86	0.00347	3.51	100.16	20	0.47
Oued Terro	407.94	PF 1	295.15	16.01	22.01		22.51	0.003585	3.54	99.08	20	0.48
Oued Terro	307.94	PF 1	295.15	15.73	21.63		22.14	0.003746	3.59	97.64	20	0.49
Oued Terro	207.94	PF 1	295.15	15.39	21.22		21.75	0.003982	3.65	95.67	20	0.5
Oued Terro	107.94	PF 1	295.15	15.08	20.77		21.33	0.004354	3.75	92.86	20	0.52
Oued Terro	7.94	PF 1	295.15	14.77	20.25	18.69	20.86	0.005002	3.91	88.67	20	0.56
Oued Terro	0	PF 1	295.15	14.55	18.47	18.47	19.91	0.018702	5.9	57.39	20	1.01

A.3.2 Oued Baba Ali :

Tableau N°A.2 Oued Baba Ali

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Oued Baba Ali	6671.41	PF 1	69	31.33	36.91	33.59	36.95	0.000715	0.91	79.99	20	0.14
Oued Baba Ali	6571.41	PF 1	69	31.25	36.84		36.88	0.000708	0.91	80.25	20	0.14
Oued Baba Ali	6471.41	PF 1	69	31.17	36.77		36.8	0.000702	0.9	80.44	20	0.14
Oued Baba Ali	6371.41	PF 1	69	31.08	36.7		36.73	0.000691	0.9	80.85	20	0.14
Oued Baba Ali	6271.41	PF 1	69	31	36.63		36.67	0.000685	0.9	81.08	20	0.13
Oued Baba Ali	6171.41	PF 1	69	31	36.56		36.6	0.000725	0.91	79.64	20	0.14
Oued Baba Ali	6071.41	PF 1	69	30.92	36.48		36.52	0.00072	0.91	79.8	20	0.14
Oued Baba Ali	5971.41	PF 1	69	30.84	36.41		36.45	0.000715	0.91	79.97	20	0.14

ANNEXES

Oued Baba Ali	5871.41	PF 1	69	30.75	36.34		36.38	0.000705	0.9	80.35	20	0.14
Oued Baba Ali	5771.41	PF 1	69	30.67	36.27		36.31	0.000699	0.9	80.55	20	0.14
Oued Baba Ali	5671.41	PF 1	69	30.59	36.2	32.85	36.24	0.000694	0.9	80.76	20	0.14
Oued Baba Ali	5663.41		Culvert									
Oued Baba Ali	5571.41	PF 1	69	30.5	36.15		36.19	0.000673	0.89	81.54	20	0.13
Oued Baba Ali	5471.41	PF 1	69	30.37	36.08		36.12	0.000697	0.9	80.73	20	0.13
Oued Baba Ali	5371.41	PF 1	69	30.23	36.01		36.05	0.00072	0.91	80.02	20	0.14
Oued Baba Ali	5271.41	PF 1	69	30.1	35.94		35.98	0.00075	0.92	79.11	20	0.14
Oued Baba Ali	5171.41	PF 1	69	29.96	35.86		35.9	0.000781	0.92	78.23	20	0.14
Oued Baba Ali	5071.41	PF 1	69	29.82	35.78		35.82	0.000814	0.93	77.34	20	0.14
Oued Baba Ali	4971.41	PF 1	69	29.69	35.69		35.74	0.000857	0.95	76.22	20	0.14
Oued Baba Ali	4871.41	PF 1	69	29.55	35.61		35.65	0.000902	0.96	75.1	20	0.15
Oued Baba Ali	4771.41	PF 1	69	29.42	35.51		35.56	0.000959	0.97	73.78	20	0.15
Oued Baba Ali	4671.41	PF 1	69	29.28	35.41	31.78	35.46	0.001018	0.99	72.49	20	0.15
Oued Baba Ali	4663.41		Culvert									
Oued Baba Ali	4571.41	PF 1	69	29.15	35.2		35.26	0.001191	1.04	68.99	20	0.16

ANNEXES

Oued Baba Ali	4471.41	PF 1	69	29.06	35.08		35.14	0.001229	1.05	68.27	20	0.16
Oued Baba Ali	4371.41	PF 1	69	28.97	34.96		35.01	0.001269	1.06	67.54	20	0.17
Oued Baba Ali	4271.41	PF 1	69	28.87	34.83		34.88	0.001304	1.07	66.95	20	0.17
Oued Baba Ali	4171.41	PF 1	69	28.78	34.69		34.75	0.001358	1.08	66.05	20	0.17
Oued Baba Ali	4071.41	PF 1	69	28.69	34.55		34.61	0.001422	1.1	65.04	20	0.17
Oued Baba Ali	3971.41	PF 1	69	28.6	34.4		34.46	0.001502	1.12	63.87	20	0.18
Oued Baba Ali	3871.41	PF 1	69	28.51	34.24		34.31	0.001602	1.14	62.51	20	0.18
Oued Baba Ali	3771.41	PF 1	69	28.42	34.07		34.14	0.00173	1.17	60.9	20	0.19
Oued Baba Ali	3671.41	PF 1	69	28.33	33.89		33.96	0.001903	1.21	58.98	20	0.2
Oued Baba Ali	3571.41	PF 1	69	28.24	33.68		33.76	0.002151	1.25	56.56	20	0.21
Oued Baba Ali	3471.41	PF 1	69	27.89	33.48		33.55	0.001932	1.2	58.64	20	0.2
Oued Baba Ali	3371.41	PF 1	69	27.54	33.3		33.37	0.001694	1.14	61.37	20	0.18
Oued Baba Ali	3271.41	PF 1	69	27.19	33.15		33.21	0.001449	1.07	64.84	20	0.17
Oued Baba Ali	3171.41	PF 1	69	26.85	33.02	28.85	33.08	0.001225	1.01	68.89	20	0.15
Oued Baba Ali	3079.41		Culvert									
Oued Baba Ali	3071.41	PF 1	69	26.5	32.39		32.44	0.001379	1.05	65.84	14.43	0.16

ANNEXES

Oued Baba Ali	2971.41	PF 1	69	26.15	32.27		32.32	0.001124	0.97	71.17	14.46	0.14
Oued Baba Ali	2871.41	PF 1	69	26.03	32.16		32.2	0.00112	0.97	71.26	14.47	0.14
Oued Baba Ali	2771.41	PF 1	69	25.91	32.04		32.09	0.001115	0.97	71.38	14.48	0.14
Oued Baba Ali	2671.41	PF 1	69	25.79	31.93		31.98	0.00111	0.96	71.51	14.48	0.14
Oued Baba Ali	2571.41	PF 1	69	25.67	31.82		31.87	0.001103	0.96	71.67	14.49	0.14
Oued Baba Ali	2471.41	PF 1	69	25.58	31.71		31.76	0.001117	0.97	71.33	14.47	0.14
Oued Baba Ali	2371.41	PF 1	69	25.49	31.6		31.65	0.001131	0.97	71	14.45	0.14
Oued Baba Ali	2271.41	PF 1	69	25.4	31.48		31.53	0.001146	0.98	70.65	14.43	0.14
Oued Baba Ali	2171.41	PF 1	69	25.31	31.37		31.42	0.001163	0.98	70.28	14.4	0.14
Oued Baba Ali	2071.41	PF 1	69	25.22	31.25		31.3	0.001181	0.99	69.88	14.38	0.14
Oued Baba Ali	1971.41	PF 1	69	25.13	31.13		31.18	0.001201	0.99	69.45	14.35	0.14
Oued Baba Ali	1871.41	PF 1	69	25.04	31.01		31.06	0.001222	1	68.99	14.32	0.15
Oued Baba Ali	1771.41	PF 1	69	24.95	30.88		30.94	0.001246	1.01	68.5	14.29	0.15
Oued Baba Ali	1671.41	PF 1	69	24.86	30.76		30.81	0.001272	1.02	67.98	14.26	0.15
Oued Baba Ali	1571.41	PF 1	69	24.77	30.63		30.68	0.001298	1.02	67.46	14.22	0.15
Oued Baba Ali	1471.41	PF 1	69	24.44	30.51		30.56	0.001156	0.98	70.43	14.42	0.14

ANNEXES

Oued Baba Ali	1371.41	PF 1	69	24.1	30.4		30.45	0.001018	0.93	73.84	14.63	0.13
Oued Baba Ali	1271.41	PF 1	69	23.77	30.31		30.35	0.0009	0.89	77.34	14.85	0.12
Oued Baba Ali	1171.41	PF 1	69	23.44	30.23		30.27	0.000784	0.85	81.5	20	0.12
Oued Baba Ali	1071.41	PF 1	69	23.11	30.16		30.19	0.000663	0.81	86.72	20	0.11
Oued Baba Ali	971.41	PF 1	69	22.78	30.1		30.13	0.000559	0.76	92.15	20	0.1
Oued Baba Ali	871.41	PF 1	69	22.45	30.05		30.08	0.000471	0.72	97.77	20	0.09
Oued Baba Ali	771.41	PF 1	69	22.12	30.01		30.03	0.000398	0.69	103.55	20	0.09
Oued Baba Ali	671.41	PF 1	69	21.79	29.98		30	0.000338	0.65	109.45	20	0.08
Oued Baba Ali	571.41	PF 1	69	21.45	29.95		29.97	0.000287	0.62	115.58	20	0.07
Oued Baba Ali	471.41	PF 1	69	21.12	29.92	22.9	29.94	0.000245	0.59	121.75	20	0.07
Oued Baba Ali	463.41		Culvert									
Oued Baba Ali	371.41	PF 1	69	20.79	29.82		29.89	0.002177	1.26	56.57	20	0.23
Oued Baba Ali	271.41	PF 1	69	20.45	29.62		29.69	0.00186	1.2	59.45	20	0.22
Oued Baba Ali	171.41	PF 1	69	20.12	29.45	26.11	29.52	0.001568	1.14	62.74	20	0.2
Oued Baba Ali	71.41	PF 1	69	19.79	25.78	25.78	28.78	0.040539	7.68	8.98	1.5	1
Oued Baba Ali	31.41		Culvert									

ANNEXES

Oued Baba Ali	0	PF 1	69	19.45	21.23	21.23	22.06	0.061519	4.03	17.12	10.45	1.01
---------------	---	------	----	-------	-------	-------	-------	----------	------	-------	-------	------

A.4 Résultats de la simulation des variantes sur HEC-RAS :

A.4.1 Variante 1 :

Tableau N°A.3 Variante 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Oued Terro 4	8007.94	PF 1	226.15	21.7	24.63	24.63	25.99	0.001514	5.16	43.85	16	0.99
Oued Terro 4	7907.94	PF 1	226.15	21.52	24.33	24.45	25.81	0.001727	5.39	41.97	16	1.06
Oued Terro 4	7807.94	PF 1	226.15	21.34	24.19	24.27	25.63	0.001658	5.32	42.54	16	1.04
Oued Terro 4	7707.94	PF 1	226.15	21.16	23.96	24.09	25.46	0.001753	5.42	41.76	16	1.07
Oued Terro 4	7607.94	PF 1	226.15	20.98	23.8	23.91	25.27	0.001714	5.38	42.07	16	1.06
Oued Terro 4	7507.94	PF 1	226.15	20.8	23.66	23.73	25.09	0.001638	5.29	42.71	16	1.03
Oued Terro 4	7407.94	PF 1	226.15	20.62	23.43	23.55	24.91	0.001733	5.39	41.92	16	1.06
Oued Terro 4	7307.94	PF 1	226.15	20.44	23.28	23.37	24.73	0.001673	5.33	42.44	16	1.04
Oued Terro 4	7207.94	PF 1	226.15	20.26	23.06	23.19	24.56	0.001756	5.41	41.79	16	1.07
Oued Terro 4	7107.94	PF 1	226.15	20.08	22.9	23.01	24.37	0.001706	5.37	42.14	16	1.06
Oued Terro 4	7007.94	PF 1	226.15	19.9	22.77	22.83	24.19	0.001621	5.28	42.86	16	1.03
Oued Terro 4	6907.94	PF 1	226.15	19.72	22.53	22.65	24.01	0.001733	5.39	41.94	16	1.06
Oued Terro 4	6807.94	PF 1	226.15	19.54	22.39	22.47	23.83	0.001667	5.33	42.46	16	1.04
Oued Terro 4	6707.94	PF 1	226.15	19.36	22.16	22.29	23.66	0.001762	5.42	41.69	16	1.07
Oued Terro 4	6607.94	PF 1	226.15	19.18	21.99	22.11	23.48	0.001744	5.41	41.83	16	1.07
Oued Terro 4	6507.94	PF 1	226.15	19	21.83	21.99	23.29	0.001696	5.36	42.22	16	1.05
Oued Terro 4	6407.94	PF 1	226.15	18.82	21.7	21.75	23.11	0.001604	5.26	43.01	16	1.02

ANNEXES

Oued Terro	6307.9 4	PF 1	226.1 5	18.6 4	21.4 5	21.5 7	22.9 3	0.00172 8	5.39	41.9 6	16	1.06
Oued Terro	6207.9 4	PF 1	226.1 5	18.4 6	21.3 1	21.3 9	22.7 5	0.00166	5.32	42.5 2	16	1.04
Oued Terro	6107.9 4	PF 1	226.1 5	18.2 8	21.0 8	21.2 1	22.5 8	0.00175 5	5.42	41.7 5	16	1.07
Oued Terro	6007.9 4	PF 1	226.1 5	18.1	20.9 2	21.0 3	22.3 9	0.00172 1	5.38	42.0 1	16	1.06
Oued Terro	5907.9 4	PF 1	226.1 5	17.9 2	20.7 7	20.8 5	22.2 1	0.00165	5.31	42.6 1	16	1.04
Oued Terro	5807.9 4	PF 1	226.1 5	17.7 4	20.5 5	20.6 7	22.0 3	0.00174 5	5.41	41.8 3	16	1.07
Oued Terro	5707.9 4	PF 1	226.1 5	17.5 6	20.3 9	20.4 9	21.8 5	0.00169 9	5.36	42.1 9	16	1.05
Oued Terro	5607.9 4	PF 1	226.1 5	17.3 8	20.2 6	20.3 1	21.6 7	0.00160 8	5.26	42.9 8	16	1.02
Oued Terro	5507.9 4	PF 1	226.1 5	17.2	20.0 1	20.1 3	21.4 9	0.00172 7	5.39	41.9 7	16	1.06
Oued Terro	5407.9 4	PF 1	226.1 5	17.0 2	19.8 7	19.9 5	21.3 1	0.00165 9	5.32	42.5 3	16	1.04
Oued Terro	5307.9 4	PF 1	226.1 5	16.8 4	19.6 4	19.7 7	21.1 4	0.00175 3	5.42	41.7 6	16	1.07
Oued Terro	5207.9 4	PF 1	226.1 5	16.6 6	19.4 8	19.5 9	20.9 5	0.00172 1	5.38	42.0 2	16	1.06
Oued Terro	5107.9 4	PF 1	226.1 5	16.4 8	19.3 4	19.4 1	20.7 7	0.00164 6	5.3	42.6 4	16	1.04
Oued Terro	5007.9 4	PF 1	226.1 5	16.3	19.1 1	19.2 3	20.5 9	0.00174 1	5.4	41.8 5	16	1.07
Oued Terro	4907.9 4	PF 1	226.1 5	16.1 2	18.9 5	19.0 5	20.4 1	0.00168 8	5.35	42.2 9	16	1.05
Oued Terro	4807.9 4	PF 1	226.1 5	15.9 4	18.8 3	18.8 7	20.2 3	0.00159 2	5.24	43.1 2	16	1.02
Oued Terro	4707.9 4	PF 1	226.1 5	15.7 6	18.5 7	18.6 9	20.0 5	0.00172 7	5.39	41.9 7	16	1.06
Oued Terro	4607.9 4	PF 1	226.1 5	15.5 8	18.4 3	18.5 1	19.8 7	0.00165 9	5.32	42.5 3	16	1.04
Oued Terro	4507.9 4	PF 1	226.1 5	15.4	18.2	18.3 3	19.7	0.00175 4	5.42	41.7 5	16	1.07
Oued Terro	4407.9 4	PF 1	226.1 5	15.2 2	18.0 4	18.1 5	19.5 1	0.00172 1	5.38	42.0 1	16	1.06
Oued Terro	4307.9 4	PF 1	226.1 5	15.0 4	17.9	17.9 7	19.3 3	0.00164 8	5.31	42.6 2	16	1.04
Oued Terro	4207.9 4	PF 1	226.1 5	14.8 6	17.6 7	17.7 9	19.1 5	0.00174 3	5.41	41.8 4	16	1.07
Oued Terro	4107.9 4	PF 1	226.1 5	14.6 8	17.5 1	17.6 1	18.9 7	0.00169 7	5.36	42.2 2	16	1.05
Oued Terro	4007.9 4	PF 1	226.1 5	14.5	17.3 8	17.4 3	18.7 9	0.00160 3	5.26	43.0 2	16	1.02

ANNEXES

Oued Terro	3907.9 4	PF 1	226.1 5	14.3 2	17.1 4	17.2 5	18.6 1	0.00172 6	5.39	41.9 7	16	1.06
Oued Terro	3807.9 4	PF 1	226.1 5	14.1 4	16.9 9	17.0 7	18.4 3	0.00165 7	5.32	42.5 5	16	1.04
Oued Terro	3707.9 4	PF 1	226.1 5	13.9 6	16.7 6	16.8 9	18.2 6	0.00175 2	5.41	41.7 7	16	1.07
Oued Terro	3607.9 4	PF 1	226.1 5	13.7 8	16.6	16.7 1	18.0 7	0.00171 3	5.37	42.0 8	16	1.06
Oued Terro	3507.9 4	PF 1	226.1 5	13.6	16.4 6	16.5 3	17.8 9	0.00163 3	5.29	42.7 6	16	1.03
Oued Terro	3407.9 4	PF 1	226.1 5	13.4 2	16.2 2	16.3 5	17.7 2	0.00174 7	5.41	41.8 1	16	1.07
Oued Terro	3307.9 4	PF 1	226.1 5	13.2 4	16.0 7	16.1 7	17.5 3	0.00169 9	5.36	42.1 9	16	1.05
Oued Terro	3207.9 4	PF 1	226.1 5	13.0 6	15.9 4	15.9 9	17.3 5	0.00161	5.26	42.9 6	16	1.03
Oued Terro	3107.9 4	PF 1	226.1 5	12.8 8	15.6 9	15.8 1	17.1 7	0.00172 9	5.39	41.9 5	16	1.06
Oued Terro	3007.9 4	PF 1	226.1 5	12.7	15.5 5	15.6 3	16.9 9	0.00166 4	5.32	42.4 9	16	1.04
Oued Terro	2907.9 4	PF 1	226.1 5	12.5 2	15.3 2	15.4 5	16.8 2	0.00175 9	5.42	41.7 2	16	1.07
Oued Terro	2807.9 4	PF 1	226.1 5	12.3 4	15.1 5	15.2 7	16.6 3	0.00173 6	5.4	41.8 9	16	1.06
Oued Terro	2707.9 4	PF 1	226.1 5	12.1 6	15	15.0 9	16.4 5	0.00167 8	5.34	42.3 7	16	1.05
Oued Terro	2607.9 4	PF 1	226.1 5	11.9 8	14.7 8	14.9 1	16.2 8	0.00175 3	5.42	41.7 6	16	1.07
Oued Terro	2507.9 4	PF 1	226.1 5	11.8	14.6 2	14.7 3	16.0 9	0.00171 6	5.38	42.0 6	16	1.06
Oued Terro	2407.9 4	PF 1	226.1 5	11.6 2	14.4 8	14.5 5	15.9 1	0.00163 5	5.29	42.7 4	16	1.03
Oued Terro	2307.9 4	PF 1	226.1 5	11.4 4	14.2 5	14.3 7	15.7 3	0.00173	5.39	41.9 4	16	1.06
Oued Terro	2207.9 4	PF 1	226.1 5	11.2 6	14.1 1	14.1 9	15.5 5	0.00166 6	5.32	42.4 7	16	1.04
Oued Terro	2107.9 4	PF 1	226.1 5	11.0 8	13.8 8	14.0 1	15.3 8	0.00176	5.42	41.7	16	1.07
Oued Terro	2007.9 4	PF 1	226.1 5	10.9	13.7 1	13.8 3	15.1 9	0.00173 3	5.4	41.9 2	16	1.06
Oued Terro	1907.9 4	PF 1	226.1 5	10.7 2	13.5 6	13.6 5	15.0 1	0.00167 5	5.33	42.4	16	1.05
Oued Terro	1807.9 4	PF 1	226.1 5	10.5 4	13.3 4	13.4 7	14.8 4	0.00175 3	5.42	41.7 6	16	1.07
Oued Terro	1707.9 4	PF 1	226.1 5	10.3 6	13.1 8	13.2 9	14.6 5	0.00172 1	5.38	42.0 1	16	1.06
Oued Terro	1607.9 4	PF 1	226.1 5	10.1 8	13.0 4	13.1 1	14.4 7	0.00164 8	5.31	42.6 2	16	1.04

ANNEXES

Oued Terro	1507.94	PF 1	226.15	10	12.81	12.93	14.3	0.001743	5.41	41.84	16	1.07
Oued Terro	1407.94	PF 1	226.15	9.82	12.65	12.75	14.11	0.001695	5.36	42.23	16	1.05
Oued Terro	1307.94	PF 1	226.15	9.64	12.52	12.57	13.93	0.001601	5.25	43.04	16	1.02
Oued Terro	1207.94	PF 1	226.15	9.46	12.28	12.39	13.75	0.001726	5.39	41.98	16	1.06
Oued Terro	1107.94	PF 1	226.15	9.28	12.13	12.21	13.57	0.001656	5.31	42.55	16	1.04
Oued Terro	1007.94	PF 1	226.15	9.1	11.9	12.03	13.4	0.001751	5.41	41.78	16	1.07
Oued Terro	907.94	PF 1	226.15	8.92	11.74	11.85	13.21	0.001712	5.37	42.09	16	1.06
Oued Terro	807.94	PF 1	226.15	8.74	11.61	11.67	13.03	0.00163	5.29	42.78	16	1.03
Oued Terro	707.94	PF 1	226.15	8.56	11.36	11.49	12.86	0.001749	5.41	41.79	16	1.07
Oued Terro	607.94	PF 1	226.15	8.38	11.2	11.31	12.67	0.001713	5.37	42.08	16	1.06
Oued Terro	507.94	PF 1	226.15	8.2	11.07	11.13	12.49	0.00163	5.29	42.78	16	1.03
Oued Terro	407.94	PF 1	226.15	8.02	10.82	10.95	12.32	0.00175	5.41	41.78	16	1.07
Oued Terro	307.94	PF 1	226.15	7.84	10.66	10.77	12.13	0.001714	5.38	42.07	16	1.06
Oued Terro	207.94	PF 1	226.15	7.66	10.52	10.59	11.95	0.001632	5.29	42.76	16	1.03
Oued Terro	107.94	PF 1	226.15	7.48	10.29	10.41	11.78	0.001744	5.41	41.83	16	1.07
Oued Terro	7.94	PF 1	226.15	7.3	10.13	10.23	11.59	0.001695	5.36	42.23	16	1.05
Oued Terro	0	PF 1	226.15	7.29	10.12	10.22	11.58	0.001694	5.35	42.23	16	1.05

A.4.2 Variante 2 :

Tableau N°A.4 Variante 2

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
-------	-----------	---------	---------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	----------	-----------	-----------	--------------

ANNEXES

			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Oued Terro	8007.9 4	PF 1	226.1 5	22.1 9	26.1 1	26.1 1	27.7 2	0.00100 9	5.63	40.1 9	12.52	1
Oued Terro	7907.9 4	PF 1	226.1 5	22.0 1	25.6 5	25.9 3	27.5 8	0.00128 9	6.15	36.7 8	12.2	1.13
Oued Terro	7807.9 4	PF 1	226.1 5	21.8 3	25.3 8	25.7 5	27.4 3	0.00141	6.35	35.6	12.09	1.18
Oued Terro	7707.9 4	PF 1	226.1 5	21.6 5	25.1 4	25.5 7	27.2 8	0.00149 1	6.48	34.8 9	12.02	1.21
Oued Terro	7607.9 4	PF 1	226.1 5	21.4 7	24.9 2	25.3 9	27.1 2	0.00155 2	6.58	34.4	11.98	1.24
Oued Terro	7507.9 4	PF 1	226.1 5	21.2 9	24.7 1	25.2 1	26.9 6	0.0016	6.65	34.0 2	11.94	1.26
Oued Terro	7407.9 4	PF 1	226.1 5	21.1 1	24.5	25.0 3	26.7 9	0.00164	6.71	33.7 2	11.91	1.27
Oued Terro	7307.9 4	PF 1	226.1 5	20.9 3	24.3	24.8 5	26.6 2	0.00167 1	6.75	33.5	11.89	1.28
Oued Terro	7207.9 4	PF 1	226.1 5	20.7 5	24.1 1	24.6 7	26.4 5	0.00169 5	6.79	33.3 2	11.87	1.29
Oued Terro	7107.9 4	PF 1	226.1 5	20.5 7	23.9 2	24.4 9	26.2 8	0.00171 6	6.82	33.1 7	11.86	1.3
Oued Terro	7007.9 4	PF 1	226.1 5	20.3 9	23.7 3	24.3 1	26.1 1	0.00173 3	6.84	33.0 6	11.85	1.31
Oued Terro	6907.9 4	PF 1	226.1 5	20.2 1	23.5 4	24.1 3	25.9 3	0.00174 6	6.86	32.9 7	11.84	1.31
Oued Terro	6807.9 4	PF 1	226.1 5	20.0 3	23.3 5	23.9 5	25.7 6	0.00175 6	6.87	32.9	11.83	1.32
Oued Terro	6707.9 4	PF 1	226.1 5	19.8 5	23.1 7	23.7 7	25.5 8	0.00176 4	6.88	32.8 5	11.83	1.32
Oued Terro	6607.9 4	PF 1	226.1 5	19.6 7	22.9 8	23.5 9	25.4 1	0.00177 5	6.9	32.7 7	11.82	1.32
Oued Terro	6507.9 4	PF 1	226.1 5	19.4 9	22.8	23.4 1	25.2 3	0.00177 7	6.9	32.7 6	11.82	1.32
Oued Terro	6407.9 4	PF 1	226.1 5	19.3 1	22.6 2	23.2 3	25.0 5	0.00178	6.91	32.7 4	11.82	1.32
Oued Terro	6307.9 4	PF 1	226.1 5	19.1 3	22.4 4	23.0 5	24.8 7	0.00177 6	6.9	32.7 7	11.82	1.32
Oued Terro	6207.9 4	PF 1	226.1 5	18.9 5	22.2 6	22.8 7	24.6 9	0.00177 9	6.91	32.7 5	11.82	1.32
Oued Terro	6107.9 4	PF 1	226.1 5	18.7 7	22.0 8	22.6 9	24.5 1	0.00177 5	6.9	32.7 8	11.82	1.32
Oued Terro	6007.9 4	PF 1	226.1 5	18.5 9	21.9	22.5 1	24.3 3	0.00177 8	6.9	32.7 6	11.82	1.32
Oued Terro	5907.9 4	PF 1	226.1 5	18.4 1	21.7 2	22.3 3	24.1 5	0.00178	6.91	32.7 4	11.82	1.32
Oued Terro	5807.9 4	PF 1	226.1 5	18.2 3	21.5 4	22.1 5	23.9 7	0.00177 7	6.9	32.7 6	11.82	1.32

ANNEXES

Oued Terro	5707.9 4	PF 1	226.1 5	18.0 5	21.3 6	21.9 7	23.7 9	0.00178	6.91	32.7 4	11.82	1.32
Oued Terro	5607.9 4	PF 1	226.1 5	17.8 7	21.1 8	21.7 9	23.6 1	0.00177 6	6.9	32.7 7	11.82	1.32
Oued Terro	5507.9 4	PF 1	226.1 5	17.6 9	21 9	21.6 1	23.4 3	0.00177 9	6.91	32.7 5	11.82	1.32
Oued Terro	5407.9 4	PF 1	226.1 5	17.5 1	20.8 2	21.4 3	23.2 5	0.00177 5	6.9	32.7 8	11.82	1.32
Oued Terro	5307.9 4	PF 1	226.1 5	17.3 3	20.6 4	21.2 5	23.0 7	0.00177 8	6.9	32.7 6	11.82	1.32
Oued Terro	5207.9 4	PF 1	226.1 5	17.1 5	20.4 6	21.0 7	22.8 9	0.00177 4	6.9	32.7 8	11.82	1.32
Oued Terro	5107.9 4	PF 1	226.1 5	16.9 7	20.2 8	20.8 9	22.7 1	0.00177 7	6.9	32.7 6	11.82	1.32
Oued Terro	5007.9 4	PF 1	226.1 5	16.7 9	20.1 9	20.7 1	22.5 3	0.00177 9	6.91	32.7 5	11.82	1.32
Oued Terro	4907.9 4	PF 1	226.1 5	16.6 1	19.9 2	20.5 3	22.3 5	0.00177 6	6.9	32.7 7	11.82	1.32
Oued Terro	4807.9 4	PF 1	226.1 5	16.4 3	19.7 4	20.3 5	22.1 7	0.00177 8	6.9	32.7 5	11.82	1.32
Oued Terro	4707.9 4	PF 1	226.1 5	16.2 5	19.5 6	20.1 7	21.9 9	0.00177 5	6.9	32.7 8	11.82	1.32
Oued Terro	4607.9 4	PF 1	226.1 5	16.0 7	19.3 8	19.9 9	21.8 1	0.00177 7	6.9	32.7 6	11.82	1.32
Oued Terro	4507.9 4	PF 1	226.1 5	15.8 9	19.2 9	19.8 1	21.6 3	0.00177 3	6.9	32.7 9	11.82	1.32
Oued Terro	4407.9 4	PF 1	226.1 5	15.7 1	19.0 2	19.6 3	21.4 5	0.00178 3	6.91	32.7 2	11.81	1.33
Oued Terro	4307.9 4	PF 1	226.1 5	15.5 3	18.8 4	19.4 5	21.2 7	0.00178	6.91	32.7 4	11.82	1.32
Oued Terro	4207.9 4	PF 1	226.1 5	15.3 5	18.6 6	19.2 7	21.0 9	0.00177 6	6.9	32.7 7	11.82	1.32
Oued Terro	4107.9 4	PF 1	226.1 5	15.1 7	18.4 8	19.0 9	20.9 1	0.00177 9	6.91	32.7 5	11.82	1.32
Oued Terro	4007.9 4	PF 1	226.1 5	14.9 9	18.3 9	18.9 1	20.7 3	0.00177 5	6.9	32.7 7	11.82	1.32
Oued Terro	3907.9 4	PF 1	226.1 5	14.8 1	18.1 2	18.7 3	20.5 5	0.00177 8	6.9	32.7 6	11.82	1.32
Oued Terro	3807.9 4	PF 1	226.1 5	14.6 3	17.9 4	18.5 5	20.3 7	0.00177 4	6.9	32.7 8	11.82	1.32
Oued Terro	3707.9 4	PF 1	226.1 5	14.4 5	17.7 6	18.3 7	20.1 9	0.00177 7	6.9	32.7 6	11.82	1.32
Oued Terro	3607.9 4	PF 1	226.1 5	14.2 7	17.5 8	18.1 9	20.0 1	0.00177 3	6.9	32.7 9	11.82	1.32
Oued Terro	3507.9 4	PF 1	226.1 5	14.0 9	17.4 9	18.0 1	19.8 3	0.00178 3	6.91	32.7 2	11.81	1.33
Oued Terro	3407.9 4	PF 1	226.1 5	13.9 1	17.2 2	17.8 3	19.6 5	0.00177 9	6.91	32.7 5	11.82	1.32

ANNEXES

Oued Terro	3307.9 4	PF 1	226.1 5	13.7 3	17.0 4	17.6 5	19.4 7	0.00177 6	6.9	32.7 7	11.82	1.32
Oued Terro	3207.9 4	PF 1	226.1 5	13.5 5	16.8 6	17.4 7	19.2 9	0.00177 2	6.9	32.8	11.82	1.32
Oued Terro	3107.9 4	PF 1	226.1 5	13.3 7	16.6 8	17.2 9	19.1 1	0.00178 2	6.91	32.7 3	11.81	1.33
Oued Terro	3007.9 4	PF 1	226.1 5	13.1 9	16.5	17.1 1	18.9 3	0.00177 8	6.9	32.7 6	11.82	1.32
Oued Terro	2907.9 4	PF 1	226.1 5	13.0 1	16.3 2	16.9 3	18.7 5	0.00177 5	6.9	32.7 8	11.82	1.32
Oued Terro	2807.9 4	PF 1	226.1 5	12.8 3	16.1 4	16.7 5	18.5 7	0.00177 8	6.9	32.7 6	11.82	1.32
Oued Terro	2707.9 4	PF 1	226.1 5	12.6 5	15.9 6	16.5 7	18.3 9	0.00177 4	6.9	32.7 9	11.82	1.32
Oued Terro	2607.9 4	PF 1	226.1 5	12.4 7	15.7 8	16.3 9	18.2 1	0.00178 4	6.91	32.7 2	11.81	1.33
Oued Terro	2507.9 4	PF 1	226.1 5	12.2 9	15.6	16.2 1	18.0 3	0.00178 3	6.91	32.7 4	11.82	1.32
Oued Terro	2407.9 4	PF 1	226.1 5	12.1 1	15.4 2	16.0 3	17.8 5	0.00177 7	6.9	32.7 7	11.82	1.32
Oued Terro	2307.9 4	PF 1	226.1 5	11.9 3	15.2 4	15.8 5	17.6 7	0.00177 3	6.9	32.7 9	11.82	1.32
Oued Terro	2207.9 4	PF 1	226.1 5	11.7 5	15.0 6	15.6 7	17.4 9	0.00178 3	6.91	32.7 2	11.81	1.33
Oued Terro	2107.9 4	PF 1	226.1 5	11.5 7	14.8 8	15.4 9	17.3 1	0.00177 9	6.91	32.7 5	11.82	1.32
Oued Terro	2007.9 4	PF 1	226.1 5	11.3 9	14.7	15.3 1	17.1 3	0.00177 6	6.9	32.7 7	11.82	1.32
Oued Terro	1907.9 4	PF 1	226.1 5	11.2 1	14.5 2	15.1 3	16.9 5	0.00177 9	6.9	32.7 5	11.82	1.32
Oued Terro	1807.9 4	PF 1	226.1 5	11.0 3	14.3 4	14.9 5	16.7 7	0.00177 5	6.9	32.7 8	11.82	1.32
Oued Terro	1707.9 4	PF 1	226.1 5	10.8 5	14.1 6	14.7 7	16.5 9	0.00177 8	6.9	32.7 6	11.82	1.32
Oued Terro	1607.9 4	PF 1	226.1 5	10.6 7	13.9 8	14.5 9	16.4 1	0.00177 4	6.9	32.7 9	11.82	1.32
Oued Terro	1507.9 4	PF 1	226.1 5	10.4 9	13.8	14.4 1	16.2 3	0.00178 4	6.91	32.7 2	11.81	1.33
Oued Terro	1407.9 4	PF 1	226.1 5	10.3 1	13.6 2	14.2 3	16.0 5	0.00178	6.91	32.7 4	11.82	1.32
Oued Terro	1307.9 4	PF 1	226.1 5	10.1 3	13.4 4	14.0 5	15.8 7	0.00177 7	6.9	32.7 7	11.82	1.32
Oued Terro	1207.9 4	PF 1	226.1 5	9.95	13.2 6	13.8 7	15.6 9	0.00177 9	6.91	32.7 5	11.82	1.32
Oued Terro	1107.9 4	PF 1	226.1 5	9.77	13.0 8	13.6 9	15.5 1	0.00177 6	6.9	32.7 7	11.82	1.32
Oued Terro	1007.9 4	PF 1	226.1 5	9.59	12.9	13.5 1	15.3 3	0.00177 8	6.9	32.7 5	11.82	1.32

ANNEXES

Oued Terro	907.94	PF 1	226.15	9.41	12.72	13.33	15.15	0.001775	6.9	32.78	11.82	1.32
Oued Terro	807.94	PF 1	226.15	9.23	12.54	13.15	14.97	0.001777	6.9	32.76	11.82	1.32
Oued Terro	707.94	PF 1	226.15	9.05	12.36	12.97	14.79	0.001773	6.9	32.79	11.82	1.32
Oued Terro	607.94	PF 1	226.15	8.87	12.18	12.79	14.61	0.001783	6.91	32.72	11.81	1.33
Oued Terro	507.94	PF 1	226.15	8.69	12	12.61	14.43	0.00178	6.91	32.74	11.82	1.32
Oued Terro	407.94	PF 1	226.15	8.51	11.82	12.43	14.25	0.001776	6.9	32.77	11.82	1.32
Oued Terro	307.94	PF 1	226.15	8.33	11.64	12.25	14.07	0.001773	6.9	32.79	11.82	1.32
Oued Terro	207.94	PF 1	226.15	8.15	11.46	12.07	13.89	0.001783	6.91	32.72	11.81	1.33
Oued Terro	107.94	PF 1	226.15	7.97	11.28	11.89	13.71	0.001779	6.91	32.75	11.82	1.32
Oued Terro	7.94	PF 1	226.15	7.79	11.1	11.71	13.53	0.001776	6.9	32.77	11.82	1.32
Oued Terro	0	PF 1	226.15	7.78	11.09	11.7	13.51	0.001776	6.9	32.77	11.82	1.32

A.4.3 Variante 3 :

Tableau N°A.5 Variante 3

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Oued Terro	8007.94	PF 1	226.15	22.69	26.19	26.1	27.6	0.001799	5.26	42.99	14	0.96
Oued Terro	7907.94	PF 1	226.15	22.51	26.01	25.92	27.42	0.0018	5.26	42.99	14	0.96
Oued Terro	7807.94	PF 1	226.15	22.33	25.83	25.74	27.24	0.001799	5.26	42.99	14	0.96
Oued Terro	7707.94	PF 1	226.15	22.15	25.65	25.56	27.06	0.0018	5.26	42.99	14	0.96
Oued Terro	7607.94	PF 1	226.15	21.97	25.47	25.38	26.88	0.001799	5.26	42.99	14	0.96
Oued Terro	7507.94	PF 1	226.15	21.79	25.29	25.2	26.7	0.0018	5.26	42.99	14	0.96
Oued Terro	7407.94	PF 1	226.15	21.61	25.11	25.02	26.52	0.001799	5.26	42.99	14	0.96
Oued Terro	7307.94	PF 1	226.15	21.43	24.93	24.84	26.34	0.0018	5.26	42.98	14	0.96

ANNEXES

Oued Terro	7207.9 4	PF 1	226.1 5	21.2 5	24.7 5	24.6 6	26.1 6	0.0018	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	7107.9 4	PF 1	226.1 5	21.0 7	24.5 7	24.4 8	25.9 8	0.00179 9	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	7007.9 4	PF 1	226.1 5	20.8 9	24.3 9	24.3	25.8	0.0018	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	6907.9 4	PF 1	226.1 5	20.7 1	24.2 1	24.1 2	25.6 2	0.00179 9	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	6807.9 4	PF 1	226.1 5	20.5 3	24.0 3	23.9 4	25.4 4	0.0018	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	6707.9 4	PF 1	226.1 5	20.3 5	23.8 5	23.7 6	25.2 6	0.00179 9	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	6607.9 4	PF 1	226.1 5	20.1 7	23.6 7	23.5 8	25.0 8	0.0018	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	6507.9 4	PF 1	226.1 5	19.9 9	23.4 9	23.4	24.9	0.00179 9	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	6407.9 4	PF 1	226.1 5	19.8 1	23.3 1	23.2 2	24.7 2	0.0018	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	6307.9 4	PF 1	226.1 5	19.6 3	23.1 3	23.0 4	24.5 4	0.0018	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	6207.9 4	PF 1	226.1 5	19.4 5	22.9 5	22.8 6	24.3 6	0.00179 9	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	6107.9 4	PF 1	226.1 5	19.2 7	22.7 7	22.6 8	24.1 8	0.00179 9	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	6007.9 4	PF 1	226.1 5	19.0 9	22.5 9	22.5	24	0.00179 9	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	5907.9 4	PF 1	226.1 5	18.9 1	22.4 1	22.3 2	23.8 2	0.00179 9	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	5807.9 4	PF 1	226.1 5	18.7 3	22.2 3	22.1 4	23.6 4	0.00179 9	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	5707.9 4	PF 1	226.1 5	18.5 5	22.0 5	21.9 6	23.4 6	0.00179 9	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	5607.9 4	PF 1	226.1 5	18.3 7	21.8 7	21.7 8	23.2 8	0.00179 9	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	5507.9 4	PF 1	226.1 5	18.1 9	21.6 9	21.6	23.1	0.00179 9	5.26	42.9 9	14	0.96
Oued Terro	5407.9 4	PF 1	226.1 5	18.0 1	21.5 1	21.4 2	22.9 2	0.00179 8	5.26	43	14	0.96
Oued Terro	5307.9 4	PF 1	226.1 5	17.8 3	21.3 3	21.2 4	22.7 4	0.00179 8	5.26	43	14	0.96
Oued Terro	5207.9 4	PF 1	226.1 5	17.6 5	21.1 5	21.0 6	22.5 6	0.00179 8	5.26	43	14	0.96
Oued Terro	5107.9 4	PF 1	226.1 5	17.4 7	20.9 7	20.8 8	22.3 8	0.00179 7	5.26	43.0 1	14	0.96
Oued Terro	5007.9 4	PF 1	226.1 5	17.2 9	20.7 9	20.7	22.2	0.00179 6	5.26	43.0 1	14	0.96
Oued Terro	4907.9 4	PF 1	226.1 5	17.1 1	20.6 2	20.5 2	22.0 2	0.00179 6	5.26	43.0 2	14	0.96

ANNEXES

Oued Terro	4807.9 4	PF 1	226.1 5	16.9 3	20.4 4	20.3 4	21.8 4	0.00179 5	5.26	43.0 2	14	0.96
Oued Terro	4707.9 4	PF 1	226.1 5	16.7 5	20.2 6	20.1 6	21.6 6	0.00179 4	5.26	43.0 3	14	0.96
Oued Terro	4607.9 4	PF 1	226.1 5	16.5 7	20.0 8	19.9 8	21.4 8	0.00179 2	5.25	43.0 4	14	0.96
Oued Terro	4507.9 4	PF 1	226.1 5	16.3 9	19.9	19.8	21.3	0.00179 1	5.25	43.0 6	14	0.96
Oued Terro	4407.9 4	PF 1	226.1 5	16.2 1	19.7 2	19.6 2	21.1 2	0.00178 9	5.25	43.0 7	14	0.96
Oued Terro	4307.9 4	PF 1	226.1 5	16.0 3	19.5 4	19.4 4	20.9 4	0.00178 7	5.25	43.0 9	14	0.95
Oued Terro	4207.9 4	PF 1	226.1 5	15.8 5	19.3 6	19.2 6	20.7 6	0.00178 4	5.25	43.1 1	14	0.95
Oued Terro	4107.9 4	PF 1	226.1 5	15.6 7	19.1 8	19.0 8	20.5 8	0.00178 1	5.24	43.1 4	14	0.95
Oued Terro	4007.9 4	PF 1	226.1 5	15.4 9	19.0 1	18.9	20.4	0.00177 7	5.24	43.1 7	14	0.95
Oued Terro	3907.9 4	PF 1	226.1 5	15.3 1	18.8 3	18.7 2	20.2 2	0.00177 2	5.23	43.2 1	14	0.95
Oued Terro	3807.9 4	PF 1	226.1 5	15.1 3	18.6 5	18.5 4	20.0 4	0.00176 3	5.22	43.2 8	14	0.95
Oued Terro	3707.9 4	PF 1	226.1 5	14.9 5	18.4 8	18.3 6	19.8 7	0.00175	5.21	43.3 9	14	0.94
Oued Terro	3607.9 4	PF 1	226.1 5	14.7 7	18.3 2	18.1 8	19.6 9	0.00172 9	5.19	43.5 8	14	0.94
Oued Terro	3507.9 4	PF 1	226.1 5	14.5 9	18.1 6	18	19.5 1	0.00169 2	5.15	43.8 9	14	0.93
Oued Terro	3407.9 4	PF 1	226.1 5	14.4 1	18.0 1	17.8 2	19.3 4	0.00164 1	5.1	44.3 6	14	0.91
Oued Terro	3307.9 4	PF 1	226.1 5	14.2 3	17.6 5	17.6 5	19.1 4	0.00195 8	5.41	41.7 7	14	1
Oued Terro	3207.9 4	PF 1	226.1 5	14.0 5	16.9 6	17.3 5	18.8 8	0.00239 9	6.14	36.8 4	14.36	1.22
Oued Terro	3107.9 4	PF 1	226.1 5	13.8 7	16.7 8	17.1 7	18.7	0.00142	6.14	36.8 4	14.36	1.22
Oued Terro	3007.9 4	PF 1	226.1 5	13.6 9	16.5 5	16.9 9	18.5 5	0.0015	6.26	36.1 4	14.3	1.26
Oued Terro	2907.9 4	PF 1	226.1 5	13.5 1	16.3 4	16.8 1	18.3 9	0.00156 2	6.35	35.6 4	14.26	1.28
Oued Terro	2807.9 4	PF 1	226.1 5	13.3 3	16.1 3	16.6 3	18.2 3	0.00161 2	6.42	35.2 5	14.23	1.3
Oued Terro	2707.9 4	PF 1	226.1 5	13.1 5	15.9 3	16.4 5	18.0 6	0.00164 4	6.46	35.0 1	14.21	1.31
Oued Terro	2607.9 4	PF 1	226.1 5	12.9 7	15.7 4	16.2 7	17.8 9	0.00167 2	6.5	34.8 1	14.19	1.32
Oued Terro	2507.9 4	PF 1	226.1 5	12.7 9	15.5 5	16.0 9	17.7 2	0.00169 6	6.53	34.6 4	14.18	1.33

ANNEXES

Oued Terro	2407.94	PF 1	226.15	12.61	15.36	15.91	17.54	0.001715	6.55	34.51	14.17	1.34
Oued Terro	2307.94	PF 1	226.15	12.43	15.17	15.73	17.37	0.001728	6.57	34.42	14.16	1.35
Oued Terro	2207.94	PF 1	226.15	12.25	14.98	15.55	17.25	0.001746	6.59	34.3	14.15	1.35
Oued Terro	2107.94	PF 1	226.15	12.07	14.81	15.37	17.02	0.001742	6.59	34.33	14.16	1.35
Oued Terro	2007.94	PF 1	226.15	11.89	14.62	15.19	16.84	0.001749	6.6	34.28	14.15	1.35
Oued Terro	1907.94	PF 1	226.15	11.71	14.44	15.01	16.66	0.001753	6.6	34.25	14.15	1.35
Oued Terro	1807.94	PF 1	226.15	11.53	14.26	14.83	16.48	0.001757	6.61	34.23	14.15	1.36
Oued Terro	1707.94	PF 1	226.15	11.35	14.08	14.65	16.31	0.001764	6.62	34.17	14.14	1.36
Oued Terro	1607.94	PF 1	226.15	11.17	13.9	14.47	16.13	0.001764	6.61	34.19	14.12	1.36
Oued Terro	1507.94	PF 1	226.15	10.99	13.72	14.29	15.95	0.001758	6.61	34.2	14.09	1.35
Oued Terro	1407.94	PF 1	226.15	10.81	13.54	14.11	15.77	0.001758	6.61	34.22	14.07	1.35
Oued Terro	1307.94	PF 1	226.15	10.63	13.36	13.93	15.59	0.001758	6.61	34.19	14.05	1.35
Oued Terro	1207.94	PF 1	226.15	10.45	13.18	13.75	15.42	0.001788	6.65	34.02	14.13	1.37
Oued Terro	1107.94	PF 1	226.15	10.27	13.0	13.57	15.24	0.001706	6.55	34.53	14.03	1.33
Oued Terro	1007.94	PF 1	226.15	10.09	12.82	13.39	15.06	0.001718	6.57	34.44	14	1.34
Oued Terro	907.94	PF 1	226.15	9.91	12.64	13.21	14.88	0.001738	6.59	34.31	14.01	1.34
Oued Terro	807.94	PF 1	226.15	9.73	12.46	13.03	14.71	0.001751	6.61	34.23	14.02	1.35
Oued Terro	707.94	PF 1	226.15	9.55	12.28	12.85	14.53	0.001763	6.62	34.16	14.03	1.35
Oued Terro	607.94	PF 1	226.15	9.37	12.1	12.67	14.35	0.00177	6.63	34.11	14.05	1.36
Oued Terro	507.94	PF 1	226.15	9.19	11.92	12.49	14.17	0.001781	6.64	34.05	14.06	1.36
Oued Terro	407.94	PF 1	226.15	9.01	11.74	12.31	13.99	0.001785	6.65	34.02	14.08	1.36
Oued Terro	307.94	PF 1	226.15	8.83	11.56	12.13	13.82	0.001787	6.65	34.01	14.1	1.37
Oued Terro	207.94	PF 1	226.15	8.65	11.38	11.95	13.64	0.00179	6.65	34	14.12	1.37
Oued Terro	107.94	PF 1	226.15	8.47	11.2	11.77	13.46	0.001786	6.65	34.03	14.13	1.37

ANNEXES

Oued Terro	7.94	PF 1	226.15	8.29	11.01	11.59	13.26	0.001783	6.64	34.05	14.13	1.37
Oued Terro	0	PF 1	226.15	8.28	10.99	11.57	13.24	0.001783	6.64	34.05	14.13	1.37