



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

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

Option : AMENAGEMENT ET OUVRAGES HYDROTECHNIQUES

THEME :

**PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS DE LA
VILLE DE TAOUZIANET (W. KHENCHELA)**

Présenté par :

NEGHICHE Lina

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms

Grade

Qualité

HADJ SADOK Ahmed

M.C.A

Président

ZEROUAL Ayoub

M.C.A

Examineur

BOUZIANE Mamar

M.M.A

Examineur

MIHOUBI Mustapha Kamel

Professeur

Examineur

Session Novembre 2020

ملخص

يهدف العمل الحالي لدراسة الحماية من فيضانات مدينة تاوزيانة ولاية خنشلة عقب فيضانات 2013 من خلال انحراف وادي مزدور نحو وادي مليح للسماح بمرور السيول مع ضمان سلامة الأشخاص.

للقيام بذلك، كان من الضروري أولاً تحديد كل المعلومات، الجيومورفولوجية، ومناخ مستجمعات المياه، متابعة بدراسة هيدرولوجية لموقع المشروع. مما سمح لنا بتحديد معدل التدفق لتصميم قنوات الصرف. وأخيراً انتهينا بدراسة تقنية اقتصادية لتحديد تكلفة المشروع.

الكلمات الدالة: الحماية من الفيضانات، جرادكس، الهيدرولوجيا، دراسة الأثر البيئي.

Résumé

Le présent travail vise à étudier la protection contre les inondations de la ville de Taouzianet suite aux inondations de l'année 2013, par la déviation de oued Mazdour vers oued Mlliyeh dans le but de permettre le passage des crues en assurant la sécurité des personnes et des biens. Pour ce faire, il faut d'abord définir l'ensemble des paramètres, géomorphologiques, et climatiques du bassin versant, suivi d'une étude hydrologique du site du projet. Ceci nous a permis de déterminer le débit de dimensionnement des canaux d'évacuation. Enfin, nous terminons par une étude technico-économique pour déterminer le cout du projet.

Mot clés : protection contre les inondations, Gradex, hydrologie, étude d'impact sur l'environnement.

Abstract

The present work aims to study the protection against flooding of the city of Taouzianet following the 2013 floods, by the deviation of wadi Mazdour towards wadi Mlliyeh in order to allow the passage of floods while ensuring the safety of people and goods. To do this, at first it is necessary to define all the parameters, geomorphology and climate of the watershed, followed by a hydrological study of the project site. This allowed us to determine the designing flow rate of the discharge channels. Finally, we end with a technical-economic study to determine the cost of the project.

Key words: flood protection, Gradex, hydrology, environmental impact study.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect :

- ✓ *A mes chers parents, pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard ;*
- ✓ *A mon frère et mes sœurs ;*
- ✓ *Mes collègues, ingénieurs du bureau d'étude MATHÉ notamment widad, Yazid, ainsi que tout le staff du bureau, pour leur disposition, patience et encouragement ;*
- ✓ *A mes amis ;*
- ✓ *En un mot, à tous les gens qui ont contribué de près ou de loin à ma réussite.*

Neghiche Lina

Remerciements

Tout d'abord, Je remercie Allah, tout puissant de m'avoir guidé durant ma formation et de m'avoir permis de réaliser ce modeste travail.

Je voudrais exprimer mes sincères remerciements à mes encadrateurs Professeur Mustapha Kamel Mihoubi et MR, Neghiche Kamel pour l'aide qu'ils m'ont offert, leur disponibilité permanente, leurs commentaires et bien sûr leurs Critiques constructives ainsi qu'à l'ensemble des enseignants de l'E.N.S.H qui ont assuré ma formation.

Je remercie évidemment le Président et les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail.

Enfin ma reconnaissance à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce document.

Neghiche Lina

TABLE DES MATIERES

Introduction générale	01
Chapitre I : présentation du site	
Introduction.....	03
I.1. Présentation de la wilaya de Khenchela.....	03
I.2. Présentation de la commune de Taouzianet.....	04
I.3. Historique des inondations.....	05
I.4. Description de la problématique.....	05
I.5. Solutions préconisées.....	08
Conclusion.....	08
Chapitre II : Etude géologique	
Introduction.....	10
II.1. Géologie régionale.....	10
II.1.1. Géologie de l'Atlas Saharien.....	10
II.1.1.1. L'accident Nord Atlasique.....	10
II.1.1.2. L'accident Sud Atlasique.....	10
II.1.2. Géologie de l'Aurès.....	11
II.2. Géologie du secteur d'étude.....	15
II.2.1. Description lithostratigraphique.....	15
II.3. Couverture végétale.....	16
Conclusion	16
Chapitre III : Etude hydrologique	
Introduction.....	18
III.1. Le bassin versant	18
III.2. Délimitation des bassins versants	19
III.3. Caractéristiques morphométriques.....	21
III.4. Réseau hydrographique.....	32
III.5. Résultats de calcul des caractéristiques du bassin versant	37
III.6. Caractéristiques climatologiques	38
III.7. Etude des apports solides	49
III.8. Etude des crues.....	50

III.9. Hydrogramme de crues (Sokolovski).....	57
III.10. Choix de la crue de projet.....	60
Conclusion.....	61
Chapitre IV : Etude de conception Des ouvrages	
Introduction.....	63
IV.1. Implantation des axes.....	64
IV.2. Choix de la section type pour les différents canaux de l'aménagement projeté...67	
IV.3. Profil en long.....	68
IV.4. Calcul hydraulique et dimensionnement des sections types des canaux projetés69	
IV.5. Vue en plan de l'aménagement	80
Conclusion.....	80
Chapitre V : Etude technico-Économique	
Introduction.....	82
V.1. Travaux de terrassement.....	82
V.2. Estimation du volume de béton de propreté et de béton armé.....	83
V.3. Evaluation du cout du projet.....	86
V.2. Variante N°01.....	83
V.2.1. Badigeonnage en flintkote	83
V.2.2 Evaluation du cout du projet	84
V3. Variante N°02.....	86
V.3.1. Estimation du cout du projet.....	86
Conclusion.....	88
Chapitre VI : Etude d'impact sur l'environnement	
Introduction.....	90
VI.1. Textes régissant les études d'impact sur l'environnement.....	90
VI.2. Contenu de l'étude d'impact	91
VI.3. Impacts de la phase chantier, mesures et suivi	92
VI.4. Etude d'impact sur l'environnement du projet de protection contre les inondations de la ville de Taouzianet.....	93
Chapitre VII : Organisation de Chantier et sécurité de travail	
Introduction.....	96

VII.1 Organisation de chantier	97
VII.2 Sécurité de travail	107
Conclusion générale	121

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau.III.1.** Récapitulatif des valeurs de surfaces des bassins versants.
- Tableau.III.2.** Récapitulatif des valeurs de périmètre des bassins versants.
- Tableau.III.3.** Récapitulatif des valeurs de l'indice de compacité de Gravelius.
- Tableau.III.4.** Récapitulatif des valeurs de coefficient d'allongement des bassins versants.
- Tableau.III.5.** Récapitulatif des valeurs du rectangle équivalent.
- Tableau.III.6.** Récapitulatif des valeurs de l'altitude médiane.
- Tableau.III.7.** Récapitulatif des différentes valeurs d'altitudes.
- Tableau.III.8.** Récapitulatif des valeurs de la pente moyenne du bassin versant.
- Tableau.III.9.** Récapitulatif des valeurs de l'indice de pente de M ROCHE.
- Tableau.III.10.** Récapitulatif des valeurs de l'indice de pente moyenne.
- Tableau.III.11.** Classification Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer ORSTOM (Ig).
- Tableau.III.12.** Récapitulatif des valeurs de l'indice de pente globale.
- Tableau.III.13.** Classification Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer ORSTOM (Ds).
- Tableau.III.14.** Récapitulatif des valeurs de dénivelée spécifique.
- Tableau.III.15.** Récapitulatif des valeurs de longueur du thalweg principal.
- Tableau.III.16.** Récapitulatif des valeurs de pente du thalweg principal.
- Tableau.III.17.** Récapitulatif des valeurs de densité de drainage.
- Tableau.III.18.** Récapitulatif des valeurs de longueur moyenne des versants.
- Tableau.III.19.** Récapitulatif des valeurs du temps de concentration.
- Tableau.III.20.** Récapitulatif des valeurs de vitesse de ruissèlement.
- Tableau.III.21.** Récapitulatif des caractéristiques de bassin versant.
- Tableau. III.22.** Répartition mensuelle des températures moyennes, maximales et minimales (1982-2012)
- Tableau. III.23.** Vitesse de vent mensuelle moyenne (1987-2018)
- Tableau. III.24.** Pluies maximales journalières (1988-2018)
- Tableau. III.25.** Statistiques de base (Hyfran)
- Tableau. III.26.** Résultats de test d'adéquations Khi 2 des lois d'ajustement.
- Tableau. III.27.** Résultats d'ajustement à la loi log-normale (Galton)

Tableau. III.28. Pluies de courtes durées au temps de concentration pour différentes périodes de retour.

Tableau. III.29. Intensités de pluies de courtes durées au temps de concentration pour différentes périodes de retour.

Tableau. III.30. Apport liquide moyen annuel par différentes formules.

Tableau. III.31. Variable de Gauss pour différentes périodes de retour.

Tableau. III.32. Apport fréquentiel pour le bassin versant BV₂.

Tableau. III.33. Apport fréquentiel pour le bassin versant BV₃.

Tableau. III.34. Apport fréquentiel pour le bassin versant BV₄.

Tableau. III.35. Le transport solide pour les trois bassins versants.

Tableau. III.36. Conditions sur la valeur de γ .

Tableau. III.37. Valeurs de coefficient de ruissellement pour différentes périodes de retour.

Tableau. III.38. Variable de Gauss pour différentes périodes de retour.

Tableau. III.39. Temps de base pour les bassins versants selon leur temps de concentration.

Tableau. III.40. Résultats d'ajustement de la série des P_{jmax} à la loi de Gumbel (Hyfran)

Tableau. III.41. Résultats d'application de la méthode de Gradex.

Tableau. III.42. Résultats de débit moyen journalier de crue pour différentes périodes de retour par la méthode de Gradex.

Tableau. III.43. Résultats de débits de pointes par la méthode de Gradex.

Tableau. III.44. Valeurs de débit de crue pour le bassin versant BV₂ par différentes méthodes de calcul.

Tableau. III.45. Valeurs de débit de crue pour le bassin versant BV₃ par différentes méthodes de calcul.

Tableau. III.46. Valeurs de débit de crue pour le bassin versant BV₄ par différentes méthodes de calcul.

Tableau. III.47. Valeurs de débits choisies.

Tableau. III.48. Coefficient de forme de l'hydrogramme de crue.

Tableau. III.49. Caractéristiques de l'hydrogramme de crue du bassin versant BV₂.

Tableau. III.50. Caractéristiques de l'hydrogramme de crue du bassin versant BV₃.

Tableau. III.51. Caractéristiques de l'hydrogramme de crue du bassin versant BV₄.

Tableau. III.52. Crue de projet recommandée.

Tableau IV.1. Valeurs de débit de crue de différentes périodes de retour des bassins versants.

Tableau IV.2. Coordonnées de points de changement de direction du canal A.

Tableau IV.3. Coordonnées de points de changement de direction du canal B.

Tableau IV.4. Coordonnées de points de changement de direction du canal C.

Tableau IV.5. Caractéristiques du profil en long du fond projeté du canal A.

Tableau IV.6. Caractéristiques du profil en long du fond projeté du canal B.

Tableau IV.7. Caractéristiques du profil en long du fond projeté du canal C.

Tableau IV.8. Types d'aménagements pour le canal A.

Tableau IV.9. Calcul hydraulique du canal A1 (crue de dimensionnement)

Tableau IV.10. Calcul hydraulique du canal A1 (crue de vérification)

Tableau IV.11. Calcul hydraulique du canal A2 (crue de dimensionnement)

Tableau IV.12. Calcul hydraulique du canal A2 (crue de vérification)

Tableau IV.13. Calcul hydraulique du canal A3 (crue de dimensionnement)

Tableau IV.14. Calcul hydraulique du canal A3 (crue de vérification)

Tableau IV.15. Calcul hydraulique du canal B (crue de dimensionnement)

Tableau IV.16. Calcul hydraulique du canal B (crue de vérification)

Tableau IV.17. Calcul hydraulique du canal C (crue de dimensionnement)

Tableau IV.18. Calcul hydraulique du canal C (crue de vérification)

Tableau V.1. Estimation des volumes de remblais et de déblais pour le canal A

Tableau V.2. Estimation des volumes de remblais et de déblais pour le canal B.

Tableau V.3. Estimation des volumes de remblais et de déblais pour le canal C.

Tableau V.4. Estimation des volumes de béton de propreté et de béton armé du projet.

Tableau V.5. Calcul de la surface concernée par le badigeonnage en flintkote.

Tableau V.6. Estimation du cout du canal A.

Tableau V. 7. Estimation du cout du canal B.

Tableau V.8. Estimation du cout du canal C.

Tableau V.9. Cout total du projet pour la variante N°01.

Tableau V.10. Estimation du cout du canal A1.

Tableau V.11. Estimation du cout du canal A2.

Tableau V.12. Estimation du cout du canal A3.

Tableau V.13. Estimation du cout du canal B.

Tableau V.14. Estimation du cout du projet pour la variante N°02.

Tableau VII.1. Etapes de réalisation du projet.

Tableau VII.2. Succession des tâches pour la réalisation du projet.

Tableau VII.3. Liste des travaux impliquant des risques spéciaux

Tableau VII.4. Liste des matériaux impliquant des risques spéciaux

Tableau VII.5. Signification et application des couleurs de sécurité

Tableau VII.6. Identification de Risques pour Choix d'EPI

Tableau VII.7. Engins et matériels

Tableau VII.8. Panneaux d'Interdiction

Tableau VII.9. Panneaux d'Avertissement.

Tableau VII.10. Panneaux d'Obligation.

Tableau VII.11. Panneaux de Sauvetage et de Secours.

Tableau VII.12. Panneaux de Matériel ou Equipement de Lutte contre l'Incendie.

Tableau VII.13. Panneaux d'Information.

LISTE DES FIGURES

- Figure.I.1.** Localisation géographique de la commune de Taouzianet.
- Figure.I.2.** Informations générales sur Taouzianet.
- Figure.I.3.** Photo d'une maison inondée
- Figure.I.4.** Photo de la mosquée de la commune inondée.
- Figure.I.5.** Position des oueds par rapport à Taouzianet.
- Figure.I.6.** Le sens des inondations.
- Figure.I.7.** Les bassins versants existants à l'amont de Taouzianet
- Figure.II.1.** Carte géologique de l'Aurès (R. Laffite, 1939)
- Figure.II.2.** Carte géologique de Touffana (feuille N°202) édition Sonatrach 1973 – 1/50.000
- Figure III.1.** Schématisation d'un bassin versant.
- Figure III.2.** Les bassins versants existants à l'amont de Taouzianet à l'état actuel.
- Figure III.3.** Bassins versant pour l'aménagement projeté.
- Figure III.4.** Courbe hypsométrique du bassin versant 2.
- Figure III.5.** Courbe hypsométrique du bassin versant 3.
- Figure III.6.** Courbe hypsométrique du bassin versant 4.
- Figure III.7.** Profil de dénivelé du thalweg principal 2 (BV₂).
- Figure III.8.** Profil de dénivelé du thalweg principal 3 (BV₃).
- Figure III.9.** Profil de dénivelé du thalweg principal 4 (BV₄).
- Figure III.10.** Courbe de température mensuelle de Yabous.
- Figure III.11.** Histogramme de vitesse moyenne mensuelle de vent.
- Figure III.12.** Graphe de variation de la P_{jmax}
- Figure III.13.** Graphe d'ajustement de la série des P_{jmax} à la loi de Gumbel
- Figure III.14.** Graphe d'ajustement de la série des P_{jmax} à la loi log-normale (Galton)
- Figure III.15.** Hydrogramme de crue du bassin versant BV₂.
- Figure III.16.** Hydrogramme de crue du bassin versant BV₃.
- Figure III.17.** Hydrogramme de crue du bassin versant BV₄.
- Figure IV.1.** Bassins versants pour l'aménagement projeté (Google-earth, 2020)
- Figure IV.2.** Section hydraulique canal A1 tronçon 1
- Figure IV.3.** Section hydraulique canal A1 tronçon 2

- Figure IV.4.** Section hydraulique canal A2 tronçon 3
- Figure IV.5.** Section hydraulique canal A2 tronçon 4
- Figure IV.6.** Section hydraulique canal A3 tronçon 5
- Figure IV.7.** Section hydraulique canal A3 tronçon 5
- Figure IV.8.** Profil de la ligne d'eau canal A
- Figure IV.9.** Section hydraulique canal B tronçon 1
- Figure IV.10.** Section hydraulique canal B tronçon 2
- Figure IV.11.** Section hydraulique canal B tronçon 3
- Figure IV.12.** Section hydraulique canal B tronçon 4
- Figure IV.13.** Profil de la ligne d'eau canal B
- Figure IV.14.** Section hydraulique canal C tronçon 1
- Figure IV.15.** Section hydraulique canal C tronçon 2
- Figure IV.16.** Section hydraulique canal C tronçon 3
- Figure IV.17.** Section hydraulique canal C tronçon 4
- Figure IV.18.** Section hydraulique canal B tronçon 5
- Figure IV.19.** Section hydraulique canal B tronçon 5
- Figure IV.20.** Profil de la ligne d'eau canal C.
- Figure VII.1.** Planification des taches par la méthode CPM.
- Figure VII.2.** Chronogramme du projet par le logiciel GANTT Project.

LISTE DES PLANS

Plan d'implantation des axes échelle 1/3000.

Profil en long canal 'A' échelle H 1/1000 V 1/100

Profil en long canal 'B' échelle H 1/1000 V 1/100

Profil en long canal 'C' échelle H 1/1000 V 1/100

Sections types du canal échelle 1/100

Plan d'aménagement échelle 1/3000

Introduction générale

Introduction générale

La Conférence mondiale sur la réduction des catastrophes qui s'est tenue en janvier 2005 a reconnu que « les sinistres occasionnés par les catastrophes sont en augmentation, avec de graves conséquences sur les conditions de survie, la dignité et la subsistance des populations, particulièrement les plus défavorisées ». Ils remettent ainsi en question les acquis des politiques de développement.

L'intérêt général est plus que jamais menacé par le risque de catastrophe si l'on considère que ses conséquences et les actions menées dans une région peuvent avoir des répercussions dans les autres. Il a aussi été admis que le changement climatique est l'un des facteurs clés favorisant les catastrophes naturelles dans le monde. Lorsque celles-ci se produisent dans des environnements physiquement, socialement et économiquement vulnérables, les risques de sinistre et leurs conséquences peuvent être sévères (Nations unies, 2005).

Les populations défavorisées ont été, et seront toujours, les premières victimes des conséquences néfastes du changement climatique. (Qazi Kholiquzzaman Ahmad, 2006)

Parmi ces catastrophes, les inondations sont les plus destructrices, particulièrement dans les régions à faibles et moyens revenus. Aussi, 77% des décès causés par les inondations survenues dans le monde entre 1975-2001 ont eu lieu au sein des populations les plus démunies.

Les inondations ont aussi de graves conséquences économiques, endommageant et détruisant récoltes, entreprises industrielles et commerciales et de communication.

Dans le cadre de l'étude de protection contre les inondations de la commune de Taouzianet, l'objectif principal de ce mémoire est d'établir des solutions efficaces et durables, en effectuant des études approfondies sur les conditions climatiques, topographiques, géologiques, hydrologique, ainsi que le dimensionnement des ouvrages d'évacuation des eaux pluviales et assurer leur stabilité pour les meilleurs coûts.

Chapitre I : Présentation du site

Introduction

L'étude de protection contre les inondations est une étude qui repose sur une large base de données qui comporte les caractéristiques de chaque site de projet.

Ces informations, fondamentales sont les éléments indispensables pour la réalisation de toute étude de protection contre les inondations.

L'objectif de ce chapitre est de collecter le maximum d'information sur notre région d'étude, et de connaître la problématique qui se pose afin d'élaborer des solutions qui seront développées dans les prochains chapitres.

I.1. Présentation de la wilaya de Khenchela

La wilaya de Khenchela est située à l'Est du pays, au sud-est de Constantine. Elle est délimitée :

- Au nord, par la wilaya d'Oum El Bouaghi ;
- Au sud, par la wilaya d'El Oued ;
- A l'ouest, par les wilayas de Batna et de Biskra ;
- À l'est, par la wilaya de Tébessa. (Wikipédia, 2020)

I.2. Présentation de la commune de Taouzianet

(Daïra de Kaïs, wilaya de Khenchela, code postal 40011).

La commune de Taouzient (n°10) est l'une des communes de la daïra de Kaïs willaya de Khenchela. Elle se situe à l'ouest de la willaya, limitée au nord par Remila et Ouled Fadhel, au sud par la commune de Chelia, à l'ouest par Boulefreis et Yabous et à l'est par Kais.

La commune de Taouzient est composée de six mechtas ; Aïth si Zouidh (Ouled si Zouid), Aïth amar (Ouled Amor), Aïth emir (Ouled Amir), Aïth Lgharbi (Ouled Lghrabi), Aïth Maâch, Chorfa. (Taouzianet infos, 2014).

Chapitre I : Présentation du site

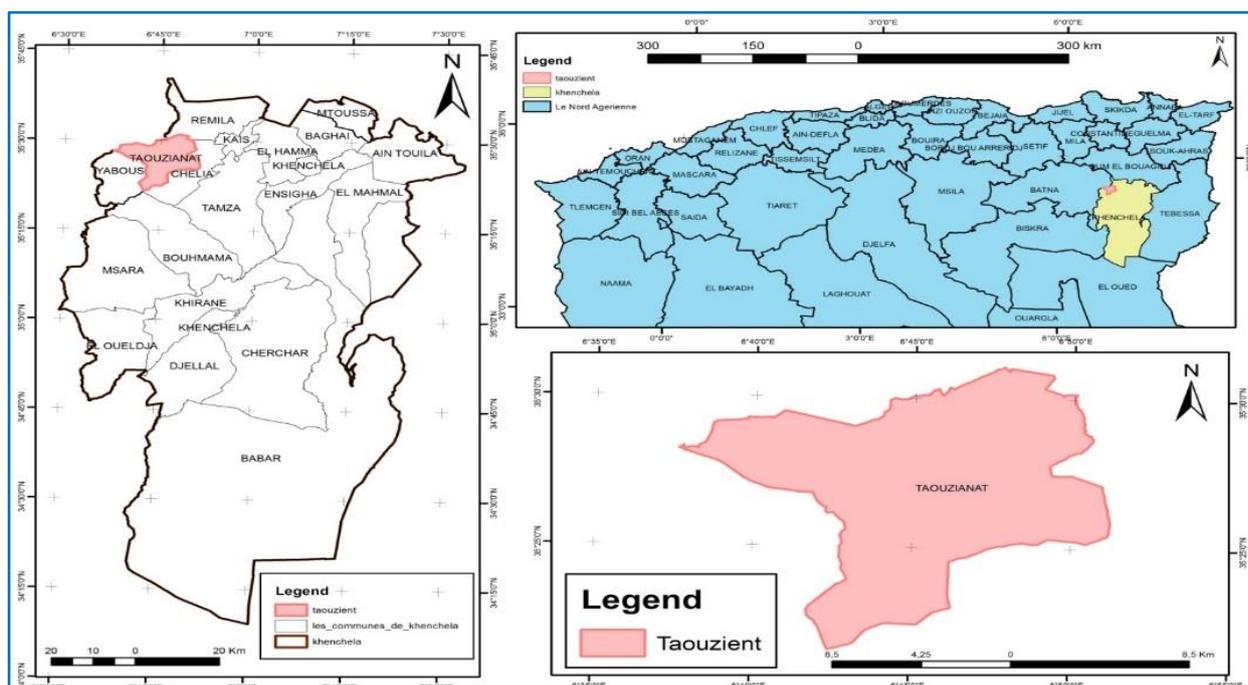


Figure.I.1 : Localisation géographique de la commune de Taouzianet (Arcgis, 2020)

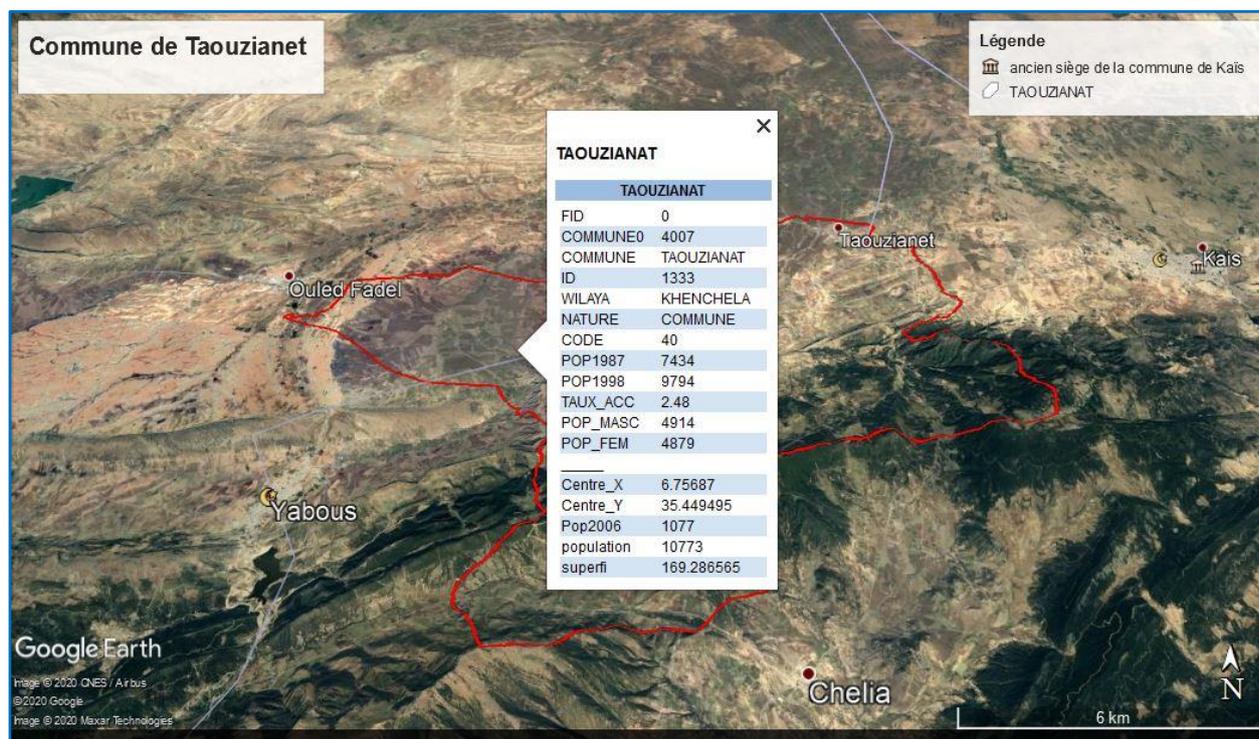


Figure.I.2. Informations générales sur Taouzianet (Google Earth, SHP, 2020)

I.3. Historique des inondations

Presque sept ans après les inondations de 2013 qui ont frappé le petit village de Taouzianet (34 km de Khenchela), les habitants vivent avec l'angoisse d'une nouvelle catastrophe.

Dans la journée du 31 août de 2013, suite à des pluies torrentielles, les crues ont débordé les lits des oueds Mlliyeh et Mazdour.

La ville est alors envahie par des torrents chargés de boue plus haute d'un mètre. Le bilan est très lourd, deux enfants morts et des dégâts matériels très importants dans les édifices publics, écoles, administration, routes ...etc. plusieurs familles ont dû quitter leurs domiciles.

Une digue de protection réalisée en amont du village ne semble pas jouer son rôle, vu son mauvais emplacement et sa conception.

Les photos ci- dessous montrent l'ampleur de la catastrophe :



Figure.I.3. Photo d'une maison inondée



Figure.I.4. Photo de la mosquée de la ville inondée

I.4. Description de la problématique

Suite à une étude approfondie des images satellitaires sur Google Earth de la région de Taouzianet on peut conclure ce qui suit :

- Le réseau hydrographique de Taouzianet est constitué par deux grands Oueds (oued Mlliyeh et oued Mazdour). Ces Oueds possèdent un régime temporaire important.
- L'écoulement des eaux se favorise par un relief, dont le bassin versant se caractérise par une forte pente en amont, et une faible pente en aval, juste à l'amont du village.
- Ce régime d'écoulement à forte vitesse, et un amortissement de la crue en amont du village, l'énergie potentielle des eaux fait déborder les crues en dehors de la section naturelle des cours d'eau.

Chapitre I : Présentation du site

I.4.1. Description des oueds Mlliyeh et Mazdour

La ville de Taouzianet subie des inondations torrentielles chaque année en laissant derrière des dégâts matériels et humains énormes.

Les sources de ces inondations sont créées principalement par deux oueds qui se trouvent en amont immédiat de la ville.

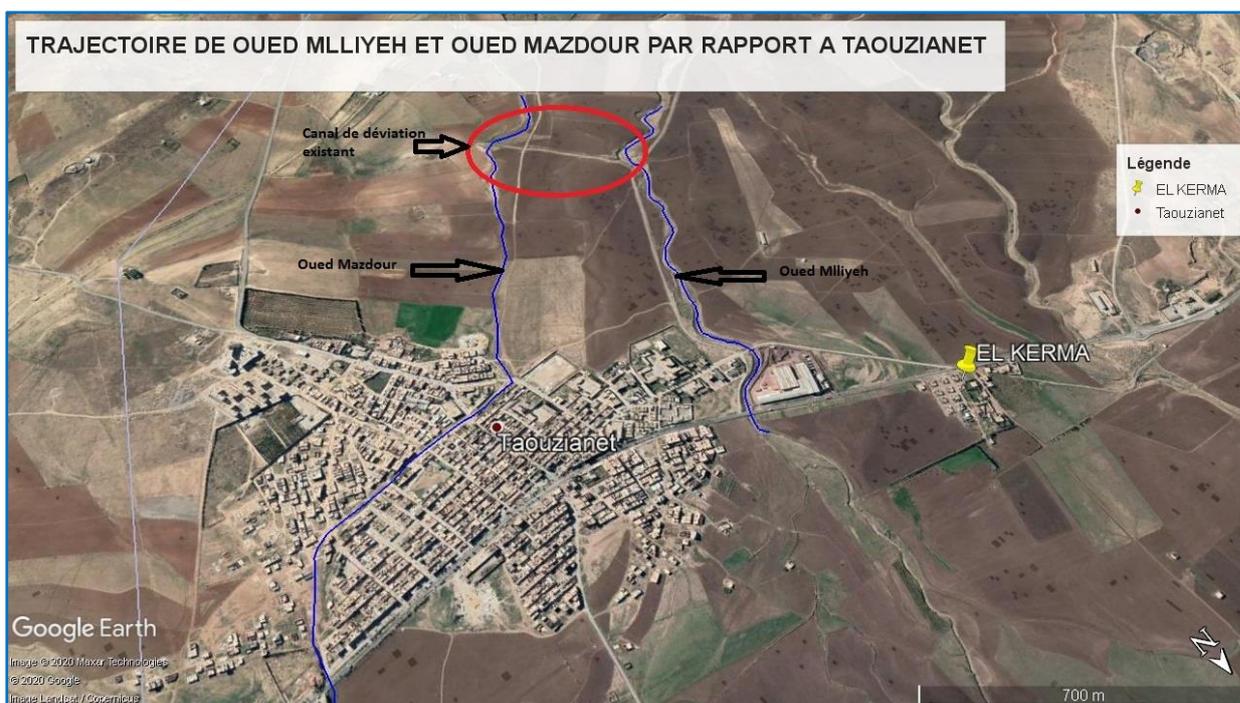


Figure.I.5. Oued Mazdour et Oued Mlliyeh (Google Earth, 2020)

- **Oued Mlliyeh** : un cours d'eau très important, véhicule un grand débit. Vu la faible pente en amont du village les eaux débordent la section naturelle et envahissent l'urbanisation de la commune de Taouzianet ainsi que de la mechta d'El kerma.
- **Oued Mazdour** : cours d'eau moins important que l'oued Mlliyeh. Le tracé de son cours d'eau passe par le centre de la ville de Taouzianet. Une digue de protection mal conçue a été réalisée dans le but de dévier les eaux vers l'oued Mlliyeh, malheureusement ne semble pas jouer son rôle, les eaux débordent et rejoignent les eaux en provenance de l'oued Mlliyeh.

Chapitre I : Présentation du site

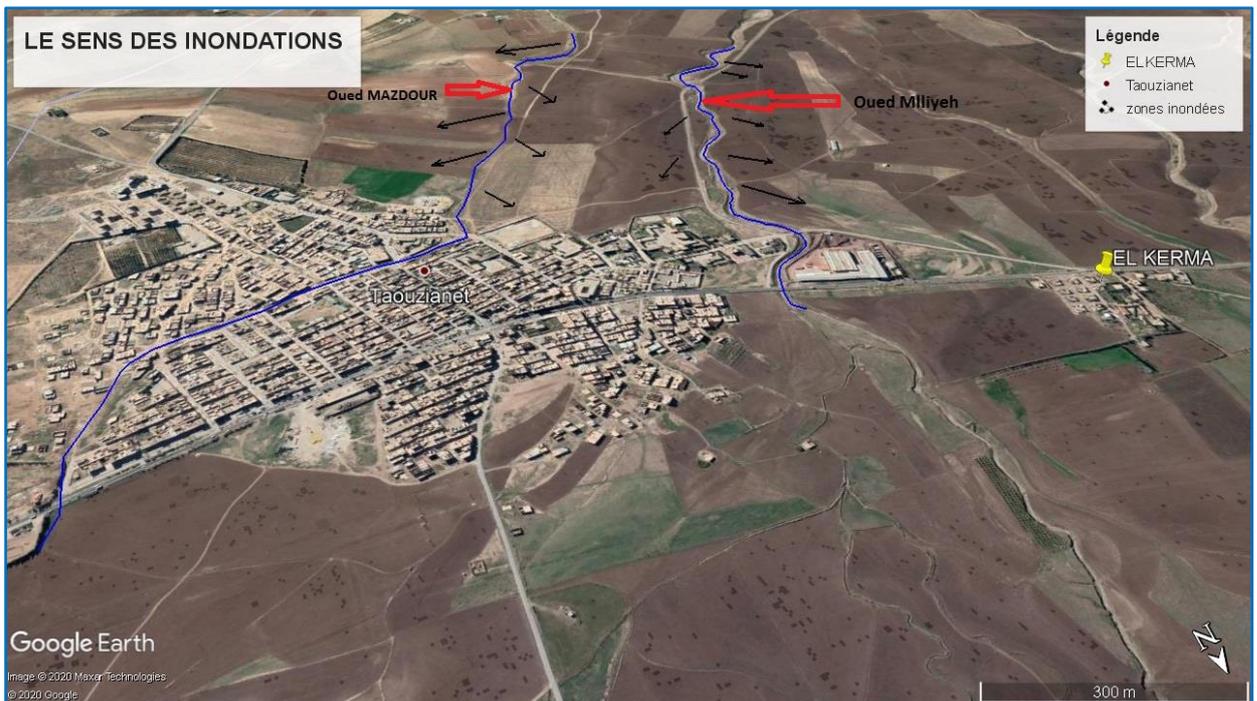


Figure.I.6. Direction des inondations (Google Earth, 2020)

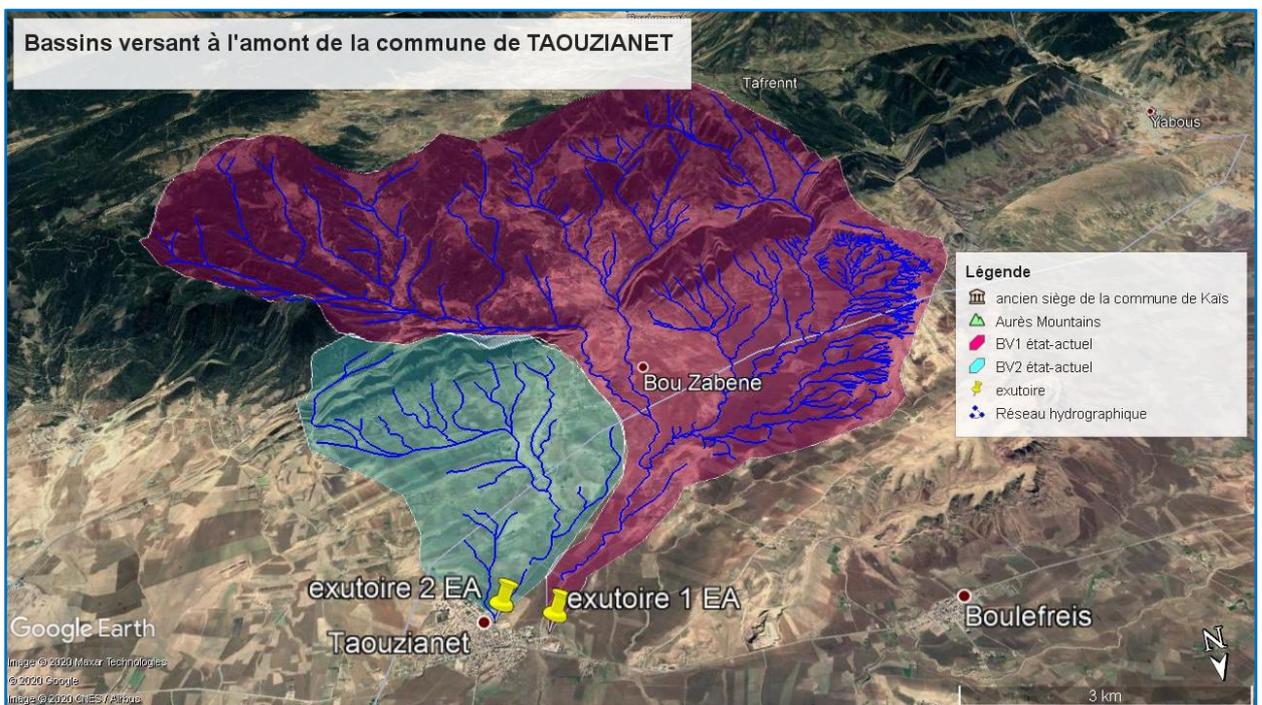


Figure.I.7 : Les bassins versants existants à l'amont de Taouzianet (google earth, 2020)

- Le bassin versant 1 qui s'étend sur une superficie de 74.2 km² évacue toutes ses eaux dans oued Mlliyeh qui passe par la périphérie de la commune de Taouzianet.
- Le bassin versant 2 qui s'étend sur une superficie de 14.3 km² évacue toutes ses eaux dans oued Mazdour qui passe par le centre de la commune de Taouzianet.

I.5. Solutions préconisées

Suite à une analyse approfondie de la zone, on propose ce qui suit :

- Concevoir un nouveau canal de déviation de l'oued Mazdour vers oued Mlliyeh.
- Recalibrage du canal de déviation pour contenir les eaux de l'oued Mazdour BV₂.
- Recalibrage de l'oued Mlliyeh en aval pour pouvoir drainer les eaux en provenance des deux bassins versants BV₁ et BV₂, ce qui conduit à la naissance d'un nouveau bassin versant BV₃.
- Recalibrage de la partie de l'oued Mazdour situé à l'aval du canal de déviation et qui passe par le centre de la commune pour contenir les eaux d'un nouveau bassin versant BV₄.

Conclusion

L'étude de la configuration morphologique du site est une phase primordiale et importante pour dégager une analyse adéquate pour une étude de protection.

Les solutions décrites seront développées dans le chapitre hydrologique et le chapitre de conception hydraulique.

Chapitre II : Etude géologique

Introduction

L'étude géologique permet de définir les formations géologiques régionales et les formations géologiques des bassins versants étudiés. La connaissance d'une formation géologique d'une part, et la couverture végétale d'autre part nous donne la possibilité d'estimer le taux de dégradations spécifique des sols. Ce paramètre permet essentiellement de proposer des aménagements au niveau des versants des bassins versants pour minimiser le transport solide et même de quantifier un volume pour le dimensionnement d'un bassin de décantation à l'amont de notre aménagement.

L'étude géotechnique obtenue à partir d'un échantillonnage des sols et les analyses en laboratoire sert également à calculer la stabilité des ouvrages conçus dans les aménagements.

II.1. Géologie régionale

II.1.1. Géologie de l'Atlas saharien

L'Atlas Saharien est un sillon mésozoïque qui s'est formé à la périphérie sud de la plateforme épi hercynienne (Wildi, 1983), sa structure tectonique actuelle est due au plissement alpin.

L'Atlas Saharien est composé de trois faisceaux de plis organisés en échelons et formant du SW vers le NE ; les Monts des Ksour, le Djebel Amour, les Monts de Ouled Nail, les Aurès et les Monts de Mellegue et à fond plat (Flamand, 1911). L'orientation de ces plis est ENE-WSW dans la région des Nemenchas et dans les Monts de Mellegue.

L'Atlas saharien est bordé par deux accidents majeurs ; l'accident Nord Atlasique et l'accident Sud Atlasique.

II.1.1.1. L'accident Nord Atlasique

Il s'agit d'une suite d'anticlinaux et de synclinaux coffrés à flanc sud très redressée

Cet accident de socle se manifeste d'une manière irrégulière en affleurement. Il apparaît localement au niveau des Monts des Ksour sous forme de relais de direction NE-SW (Cornet, 1952) et sous forme d'un accident E-W dans la région de Boussaâda. Laffite (1939), l'interprète comme une faille bordière qui sépare les Hauts Plateaux de l'Atlas Saharien. Cornet (1952) puis Guiraud (1973, 1990) subdivisent l'Atlas Saharien en deux zones : préatlasique et atlasique sensu stricto.

Cet accident a fonctionné à plusieurs reprises pendant l'histoire de la chaîne alpine ; au Jurassique, au Crétacé et à l'Éocène moyen et même postérieurement (N. Kazi-Tani, 1986).

II.1.1.2. L'accident Sud Atlasique

Il court d'Agadir au Maroc jusqu'à Gabès en Tunisie. Il sépare l'Atlas Saharien de la Plateforme saharienne, et est constitué de plusieurs tronçons organisés en relais et de significations différentes. Laffite (1939) définit la nature de cet accident comme étant une bande formée d'une série de flexures se relayant d'Ouest en Est.

Chapitre II : Etude géologique

Selon Kazi-Tani (1986), cet accident aurait fonctionné au moins depuis l'Ordovicien, jusqu'à l'actuel. La manifestation des derniers jeux tectoniques est très récente : elle est post- villafranchienne en Tunisie et post-pliocène sur la bordure aurésienne (Rolland, 1890).

II.1.2. Géologie de l'Aurès

Les séries les plus anciennes connues actuellement dans la région sont datées du Trias, qui n'existe jamais en stratigraphie normale et n'affleurent qu'à la faveur des diapirs.

Les dépôts les plus récents (dépôts quaternaires) comblent les vallées contemporaines, forment des éboulements d'éluviaux sur les pentes et les cônes de déjection dans les embouchures de plusieurs Oueds.

Entre ses termes limites se place une série concordante du jurassique supérieur à l'Éocène qui constitue l'essentiel du matériel rocheux des Aurès, formé par des calcaires et des terrigènes. Après la phase Lutétienne majeure, les dépôts deviennent surtout continentaux à l'exception de ceux du Miocène (Guiraud, 1973).

Dans la région des Aurès se succèdent du N-O au S-E les plis suivants :

1. L'anticlinal du Dj. Amrane.
2. Le synclinal de Touffana correspondant au bassin miocène de Timgad et qui borde notre zone d'étude à l'ouest.
3. L'anticlinal du Dj. Chelia.
4. Le synclinal du Dj. Aurès.
5. L'anticlinal du Dj. Khenchela situé au S-E de notre région d'étude.

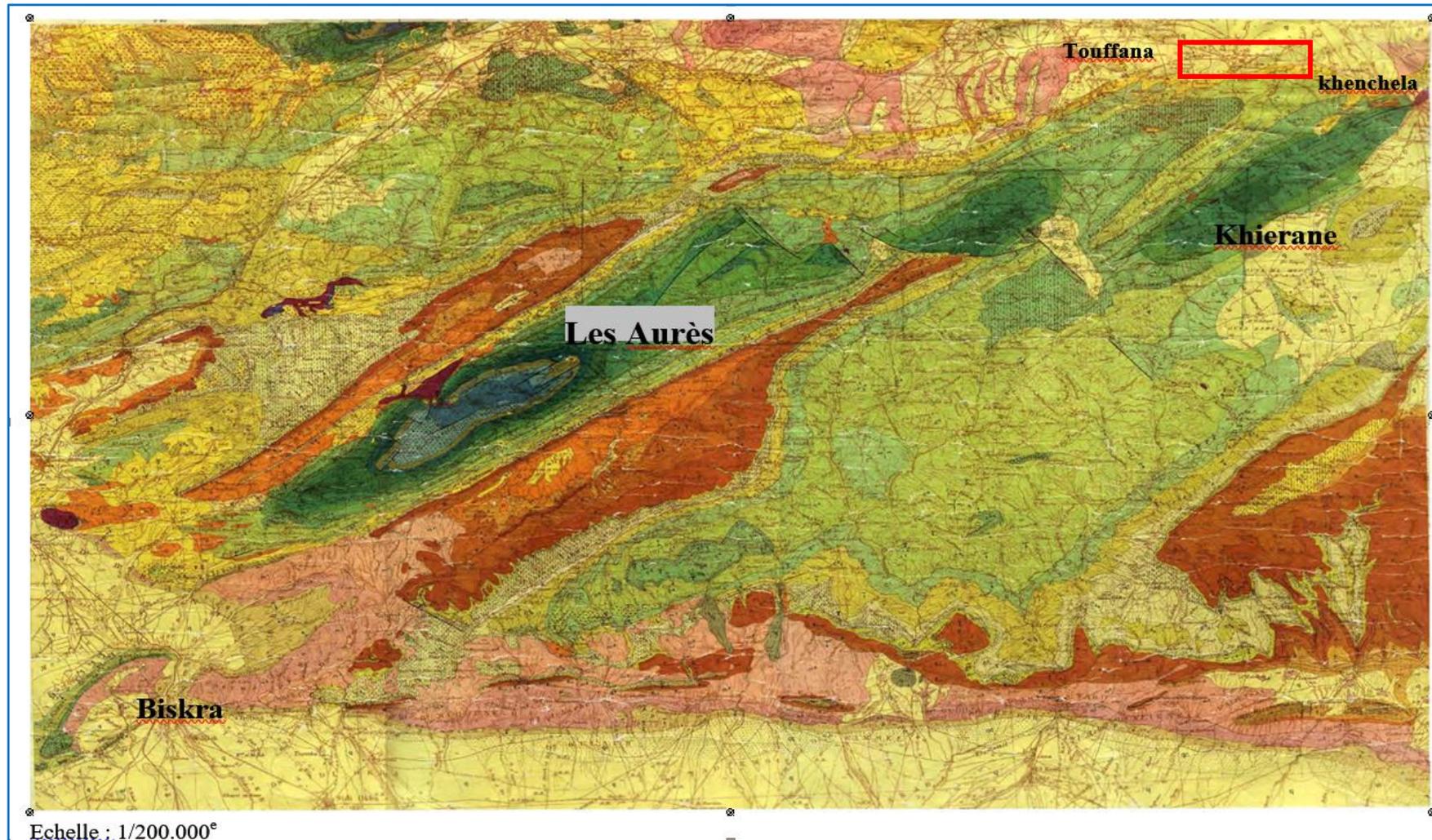


Figure.II.1. Carte géologique de l'Aurès (LAFFITE, 1939)

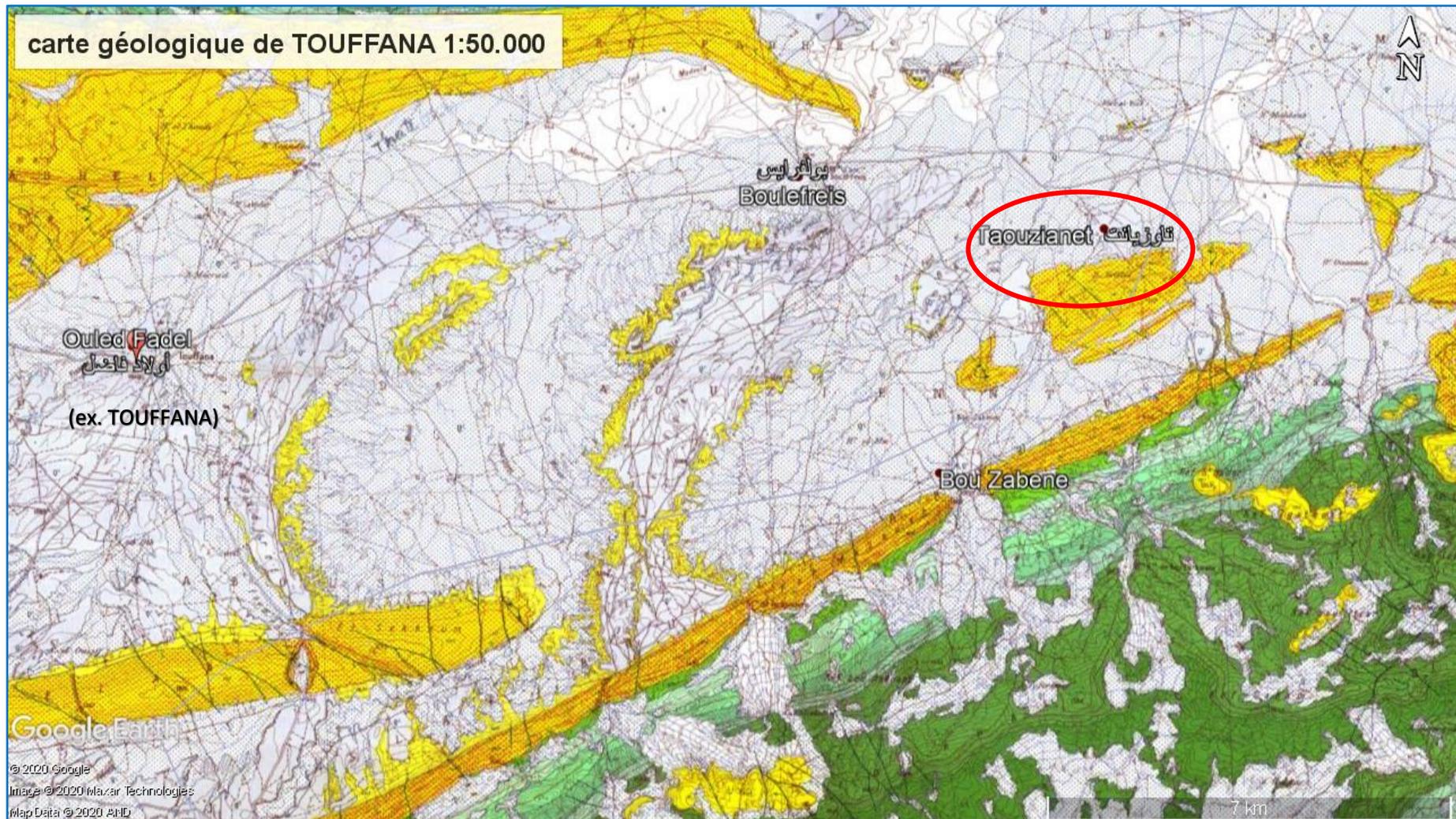


Figure.II.2. Carte géologique de Touffana (feuille N°202) édition Sonatrach 1973 – 1/50.000

TERRAINS SÉDIMENTAIRES

QUATERNAIRE



Eboulis à blocs.



Alluvions récentes ou actuelles.



Terres arables et alluvions anciennes.



Glaciaires polygéniques nappant les reliefs.



Villafranchien probable : croûtes calcaires.

MIOCÈNE



Tortonien supérieur continental : argiles silteuses beiges et rouges, grès.



Tortonien gréseux blanc et grossier.



Langhien-Serravalien : marnes, biomicrites, biomicrosparites et grès blancs.



Aquitano-Burdigalien : argiles, argiles silteuses rouges et poudingues.

CRÉTACÉ



Campanien : marnes noires à *Globotruncana*.



Santonien : marnes gris-bleu et calcaires à Inocérames à la base.



Coniacien : alternances de marnes grises et de marno-calcaires à Inocérames.



Turonien "moyen et supérieur" : alternances de marnes beiges et de calcaires zoogènes noduleux.



Turonien basal : marno-calcaires bitumineux en plaquettes et alternances de marnes bleues et de petits bancs marno-calcaires fins.



Cénomaniens supérieur : calcaires marneux gris-bleu à cassure noirâtre en bancs métriques.



Cénomaniens moyen : marnes grises.

II.2. Géologie du secteur d'étude

Notre zone d'étude (Taouzianet) se situe à la bordure Est de la structure synclinale de Touffana, la lithostratigraphie, ainsi que la tectonique de cette unité ont été établies à partir de la carte géologique de Touffana au 1/50.000, et sa notice explicative par J.M. Vila, édition Sonatrach.

II.2.1. Description lithostratigraphique

A. Quaternaire

Le quaternaire recouvre la majeure partie de la plaine de Touffana et par extension celle de Remila située plus à l'est et où se trouve la ville de Taouzient. Le bassin étant fermé, il a recueilli tous les produits de l'érosion des reliefs environnants. La sédimentation est en majeure partie argileuse et marneuse ; avec une proportion importante de gypse. On y trouve également des intercalations de : graviers, sables et poudingues peu épais.

Enfin notons au sud de la plaine et bordure du massif du Chelia, une croûte calcaire blanche recouvre les différentes formations.

B. Miocène

Le Tortonien supérieur continental : Il est constitué d'argiles silteuses beiges et rouges et de grés. Ces formations sont visibles dans les ravinements dans les alentours de Touffana. L'ensemble argilo gréseux épais de 300 à 400m.

Le Tortonien gréseux blanc et grossier : Cette formation est discordante et peut reposer directement sur le crétacé supérieur, notamment à la terminaison nord de l'anticlinal du Chelia. Elle est composée de grés blancs grossiers. Cette formation a une puissance d'environ 300m.

Le Langhien-Serravalien : Il s'agit de marnes, biomicrites et grés blancs. Cet ensemble est fortement discordant sur le crétacé moyen et supérieur.

L'Aquitano-Burdigalien : C'est un ensemble constitué d'argiles, d'argiles silteuses rouges et de grés.

C. Crétacé

Le Campanien : Il est constitué de marnes noires. Sur le flanc nord de l'anticlinal du Chelia 170m de marnes noires sont bien visibles, elles contiennent quelques intercalations de calcaires ocre légèrement phosphatés.

Le Santonien : Il s'agit de marnes gris-bleu et calcaires à inocérames. Cet étage affleure sur le flanc nord de l'anticlinal du Chelia. L'épaisseur de l'étage atteint 250m.

Le Coniacien : Constitué d'alternances de marnes grises et de marno-calcaires à inocérames. Sa répartition est analogue à celle du Santonien et son épaisseur est de 150 m.

Le Turonien « moyen et supérieur » : Constitué d'alternances de marnes beiges et de calcaires zoogènes noduleux. Il constitue une des barres de la terminaison de l'anticlinal du djebel Chelia. Son épaisseur est de 150m de calcaires noduleux riches en débris de mollusques et de marnes beiges.

Le Turonien basal : Il s'agit de marno-calcaires bitumineux en plaquettes et alternances de marnes bleues. Son épaisseur atteint 200m.

Le Cénomaniens supérieur : Il est constitué de calcaires marneux gris-bleu à cassure noirâtre. Dans l'anticlinal du Chelia, le sommet de cette série est franchement calcaire.

Le Cénomaniens moyen : Constitué de « 150m » de marnes grises avec de petites intercalations calcaires. Il est présent dans l'anticlinal du Chelia.

II.3. Couverture végétale

L'effet de la couverture végétale sur l'érosion hydrique de surface a pu être mis en évidence par comparaison entre des terrains diversement végétalisés. Il est souvent admis que, sur un versant partiellement végétalisé, les zones dénudées peuvent être soumises à l'érosion, alors que les zones végétalisées sont protégées (K.D. Reid et *al.* 1999). Des études menées à l'échelle du bassin versant ont montré qu'en général l'érosion diminue quand la couverture végétale augmente (M.C Battany, 2000) (Rey, 2004).

Les bassins versants étudiés dans notre cas, la couverture végétale ne représente qu'un faible pourcentage, donc le taux d'érosion des sols sera élevé.

D'une part, le bassin versant BV1 a un pourcentage de couvert végétal de 54.58%, tandis que le pourcentage du sol dénudé est de 45.42% donc on peut dire que le transport solide dans ce bassin versant sera important.

D'autre part le bassin versant BV2 possède un couvert végétal très faible par rapport à la surface totale du bassin versant (5.31%), donc 94.69% du bassin est un sol dénudé, par conséquent le taux d'érosion pour ce bassin est énorme.

Conclusion

En se basant sur les données traitées dans ce chapitre, on peut conclure que notre site se caractérise par un taux d'érosion important, ce qui favorise le transport solide, donc notre terrain exige la réalisation d'un bassin de décantation à l'amont de notre aménagement afin d'atténuer les apports en sédiments.

Chapitre III : Etude hydrologique

Introduction

L'hydrologie est la science de la terre qui s'intéresse au cycle de l'eau, c'est-à-dire aux échanges entre l'atmosphère, la surface terrestre et son sous-sol.

Au titre des échanges entre l'atmosphère et la surface terrestre, l'hydrologie s'intéresse aux précipitations (pluie et neige), à la transpiration des végétaux et à l'évaporation directe de la couche terrestre superficielle.

L'hydrologie de surface étudie le ruissellement, les phénomènes d'érosion, les écoulements des cours d'eau et les inondations.

L'objectif de notre étude est de définir les paramètres morphométriques et hydrologiques des bassins versants décrits dans le chapitre I.5. Pour pouvoir évaluer les crues fréquentielles nécessaires au dimensionnement des canaux de protection de la commune de Taouzianet.

III.1. Le bassin versant

III.1.1. Définition

La transformation de la pluie en écoulement (aussi bien superficiel que souterrain) passe par l'intermédiaire du bassin versant. Ce dernier est défini comme «la région qui reçoit les précipitations et, suite aux processus hydrologiques entraînant pertes et retards, les achemine jusqu'à un exutoire" (OMM, 1996).

Outre les conditions climatiques qui gouvernent le fonctionnement du bassin versant, ses caractéristiques physiques influencent le volume (en termes de bilan) et la répartition temporelle (en terme d'hydrogramme) des écoulements (Roche, 1963). Par caractéristiques physiques il faut entendre la topographie, la géologie, la nature et l'occupation du sol, mais aussi la forme du bassin versant dont on conçoit bien qu'elle influence les caractéristiques de l'écoulement résultant d'une pluie donnée (Roche, 1963 ; Strahler, 1964). Les hydrologues ont ainsi été tentés de caractériser cette morphologie par des indices simples calculables avec le seul concours des cartes topographiques. (P., 2002)

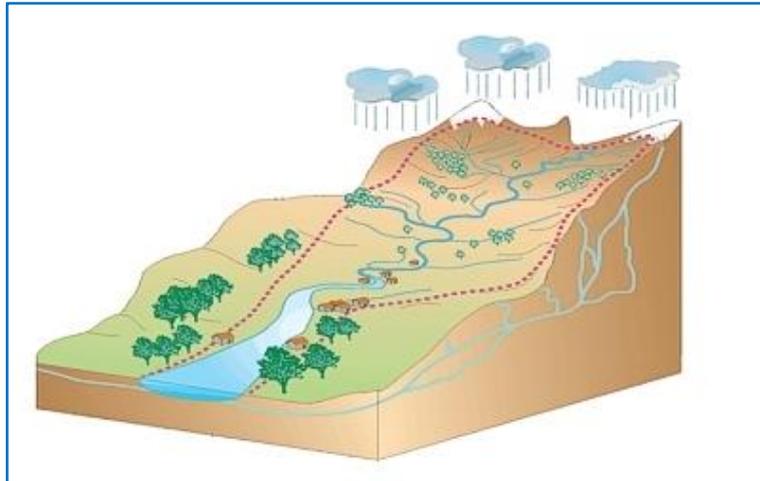


Figure. III.1. Schématisation d'un bassin versant (www.semnon.fr,2020)

III.2. Délimitation des bassins versants

Les caractéristiques morphologiques des bassins versants ont été obtenus à partir d'une image SRTM, exploitée par le biais des logiciels Arcgis et Google Earth.

III.2.1. Description de l'état actuel de la zone d'étude :

- Le réseau hydrographique de Taouzient est constitué par deux grands Oueds. Ces Oueds ont un régime temporaire important.
- L'écoulement des eaux est favorisé par de fortes pentes.

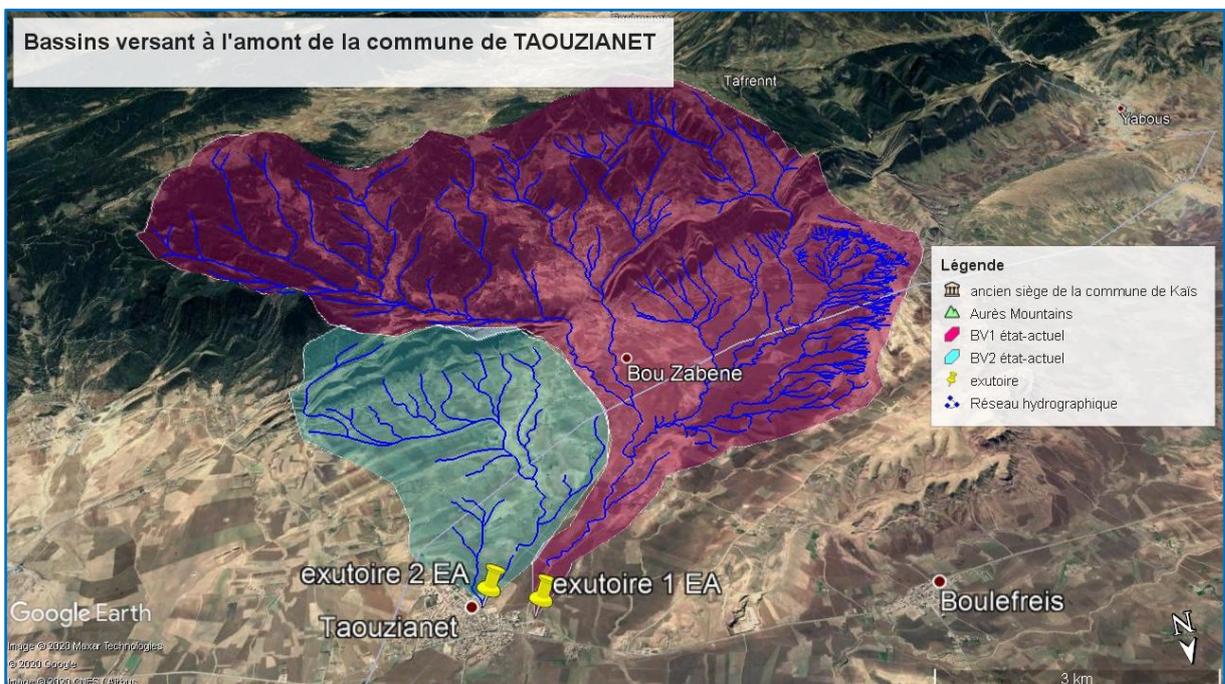


Figure.III.2. Description hydrographique des bassins versants existant à l'amont de Taouzianet.(Google earth,2020)

Chapitre III : Etude hydrologique

- Bassin versant 1 drainé par oued Mliiyeh, il s'étend sur une superficie de 74.2 km².
- Bassin versant 2 drainé par oued Mazdour, il s'étend sur une superficie de 14.3 km².

III.2.2. Description des bassins versants projetés pour l'aménagement

L'étude cartographique de notre zone d'étude a permis de subdiviser Taouzient en trois (03) sous-bassins versants, comme montré sur la figure en dessous. Les paramètres physiographiques de chaque sous bassin ont été estimés en se basant sur les données obtenues sur Arcgis.

La superficie, le périmètre et la longueur des thalwegs de chaque bassin versant ont été déterminés à l'aide des logiciels Arcgis et Google Earth.

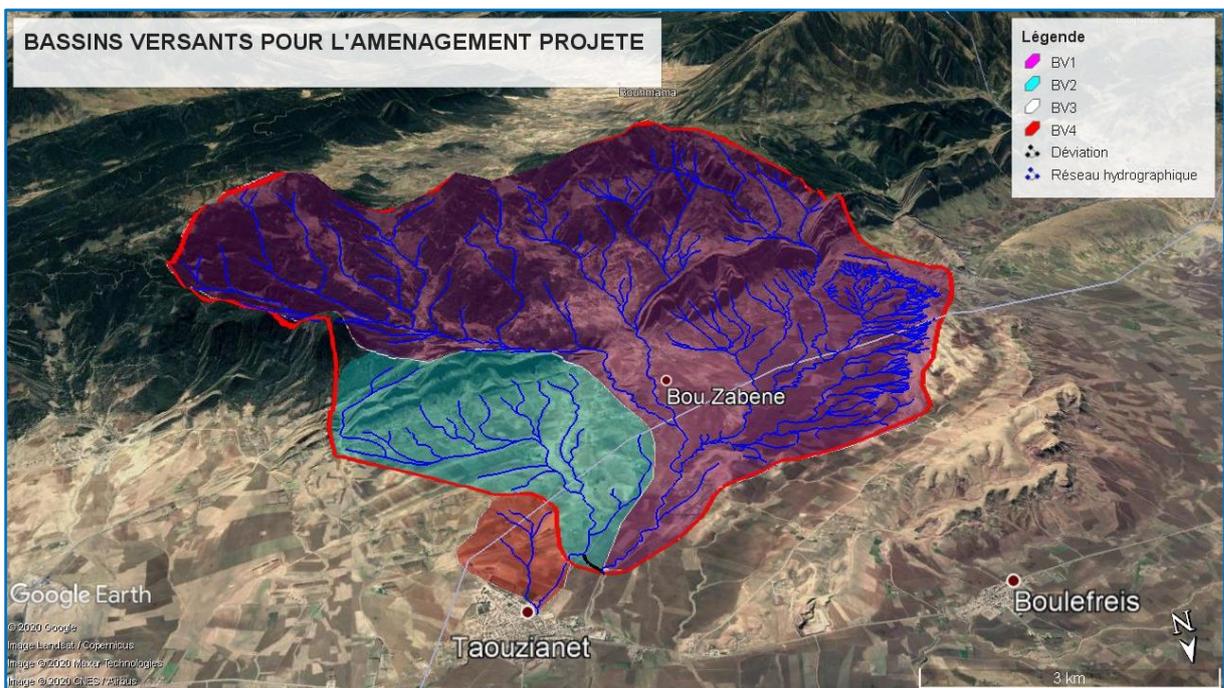


Figure.III.3. Bassins versants pour l'aménagement projeté (Google earth, 2020)

- Le bassin versant BV₂ qui s'étend une superficie de 11.58 km² pour le dimensionnement du nouveau canal de déviation.
- Le bassin versant BV₃ qui s'étend sur une superficie de 86.34 km² pour le dimensionnement de l'aménagement d'Oued Mliiyeh en aval, constitué par le bassin versant BV₁ et le bassin versant BV₂.
- Le bassin versant BV₄ qui s'étend une superficie de 1.79 km², situé à l'aval du canal de déviation, pour le dimensionnement de l'aménagement du canal de protection qui traverse la ville.

III.3. Caractéristiques morphométriques

Les paramètres physiographiques étudiés du bassin versant sont définis comme suit :

III.3.1. Surfaces des bassins versants :

La surface topographique est le paramètre le plus important, il permet de contrôler l'intensité de plusieurs phénomènes hydrologiques (apports, volumes de précipitations ou infiltrations...).

Les surfaces des bassins étudiés est estimée à :

Tableau.III.1. Récapitulatif des valeurs de surfaces des bassins versants.

Bassin versant	Superficie (km ²)
BV ₂	11.58
BV ₃	86.34
BV ₄	1.79

III.3.2. Périmètre

Le périmètre correspond à la limite extérieure du bassin. Chaque bassin réagit d'une façon propre aux précipitations qu'il reçoit. Ces caractéristiques hydrologiques sont fonctions d'une part du climat qu'il subit et d'autre part de son propre milieu physique.

Le périmètre est estimé à :

Tableau.III.2. Récapitulatif des valeurs de périmètres des bassins versants.

Bassin versant	Périmètre (km)
BV ₂	15.4
BV ₃	38.5
BV ₄	5.36

III. 3.3. Indice de compacité de Gravelius

Cet indice caractérise la forme du bassin versant. Il est égal au rapport du périmètre du bassin versant considéré à celui d'un cercle qui aurait la même surface, il est calculé comme suit :

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}} \quad (\text{III.1})$$

Chapitre III : Etude hydrologique

Avec :

Kc : indice de Gravelius.

P : Périmètre du bassin versant (Km)

S : surface du bassin versant (Km²)

Plus ce coefficient s'approche de 1, plus la forme du bassin versant sera ramassée et plus le temps de concentration des eaux seront courts. Sa forme devient allongée dans le cas contraire.

- si $Kc = 1 \Rightarrow$ bassin parfaitement circulaire.

- si $Kc = 1.128 \Rightarrow$ bassin ramassé.

- si $Kc > 1.128 \Rightarrow$ bassin allongé

Tableau.III.3. Récapitulatif des valeurs de l'indice de compacité de Gravelius.

Bassin versant	Indice de compacité	Observation
BV ₂	1.26	Bassin allongé
BV ₃	1.16	Bassin allongé
BV ₄	1.12	Bassin allongé

III.3.4. Coefficient d'allongement (Al)

Ce coefficient est obtenu par la relation :

$$Al=L^2/S \quad (III.2)$$

Où

L : la longueur du talweg principal (km)

S : la superficie du bassin versant (km²)

Tableau.III.4. Récapitulatif des valeurs de Coefficient d'allongement du bassin versant.

Bassin versant	Coefficient d'allongement
BV ₂	5.21
BV ₃	2.60
BV ₄	2.23

Plus Al est grand, plus le bassin versant est allongé, plus le temps de concentration (le temps que met une goutte d'eau tombée sur le point le plus loin en amont du bassin versant pour arriver à l'exutoire) est grand et plus la crue est moins violente.

III.3.5. Rectangle équivalent

Est un rectangle qui a la même surface que le bassin, le même indice de compacité et de distribution hypsométrique identique.

Il s'agit d'une transformation purement géométrique du bassin dans un rectangle de même périmètre, en transformant les courbes de niveau dans des droites parallèles au plus petit côté.

Le rectangle équivalent est caractérisé par la longueur « L » et la largeur « l » définies respectivement par les formules suivantes :

La longueur du rectangle équivalent L (km) :

$$L = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right) \quad (\text{III.3})$$

La largeur du rectangle équivalent l (km) :

$$l = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right) \quad (\text{III.4})$$

Tableau.III.5. Récapitulatif des valeurs du rectangle équivalent.

Bassin versant	Longueur L	Largeur l
BV ₂	5.65	2.04
BV ₃	11.79	7.32
BV ₄	1.41	1.26

III.3.6. Le relief

Le relief est un facteur essentiel, il détermine en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains, l'infiltration et l'évaporation, il régit donc la forme de l'écoulement. C'est un élément capital dans le comportement hydrologique d'un bassin. Le but recherché dans ce volet, est la détermination de la classe de relief, la hauteur moyenne et le pourcentage des aires partielles entre les différentes courbes de niveau. La courbe hypsométrique est tracée après avoir estimé par planimètrage les surfaces partielles comprises entre les courbes de niveau successives.

- Caractéristiques du relief

Le relief joue un rôle essentiel sur le régime de l'écoulement. Il est indiqué par les courbes de niveau et est caractérisé par la courbe hypsométrique.

Une pente plus forte provoque un écoulement rapide, donc un temps de concentration plus court et une montée plus rapide des crues.

Il est caractérisé par :

- La courbe hypsométrique.
- L'altitude moyenne « Hmoy ».
- L'altitude médiane
- 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 ».
- 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. Elle exprime ainsi la superficie du bassin ou le pourcentage de superficie, au-delà d'une certaine altitude.

- Altitude moyenne

L'altitude moyenne est calculée par la méthode pondérale, par la formule suivante :

$$H_{moy} = \frac{\sum(H_i * S_i)}{S_{BV}} \quad (III.5)$$

Où :

Si : Surface partielle entre deux courbes de niveau (Km²).

Hi : Altitude moyenne entre deux courbes de niveau successive (m).

S : Superficie du bassin versant (Km²).

- Bassin versant 2 (voir **Annexe.III.1.** Coordonnées de la courbe hypsométrique du bassin versant BV₂).

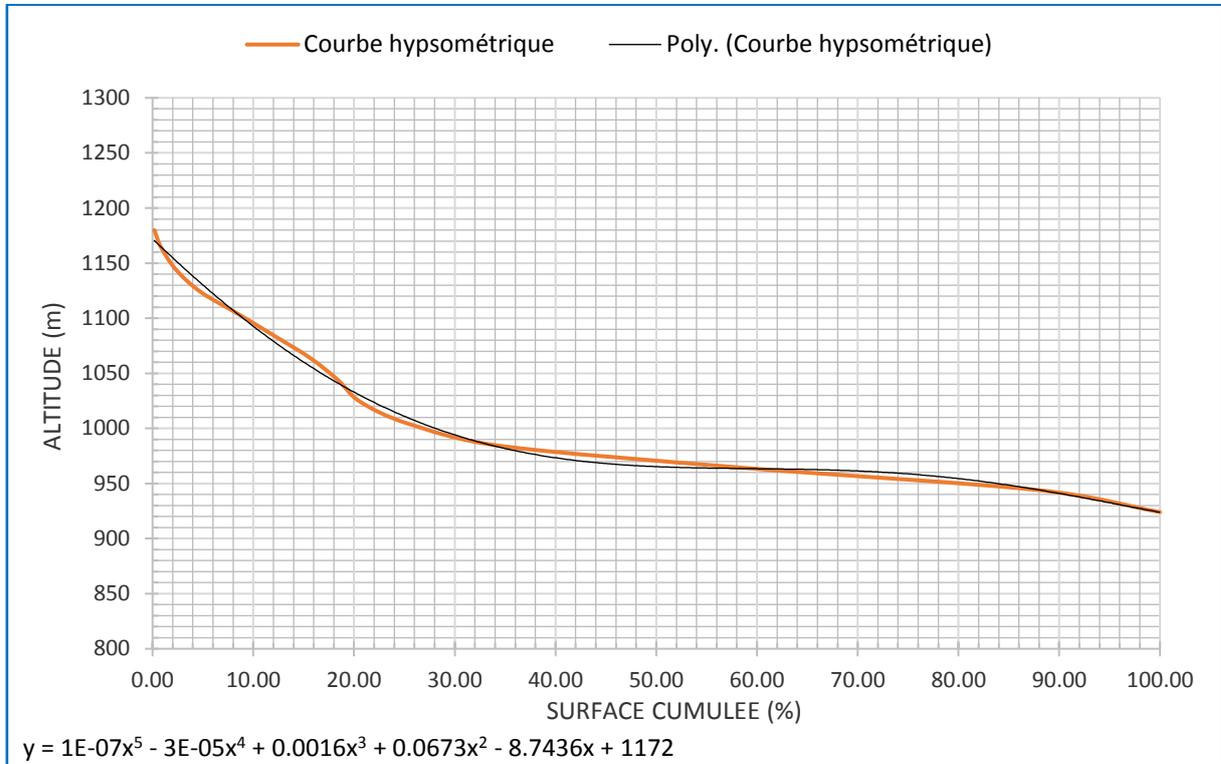


Figure.III.6. Courbe hypsométrique du bassin versant 2

- Bassin versant 3 : (voir **Annexe.III.2.** Coordonnées de la courbe hypsométrique du bassin versant BV₃).

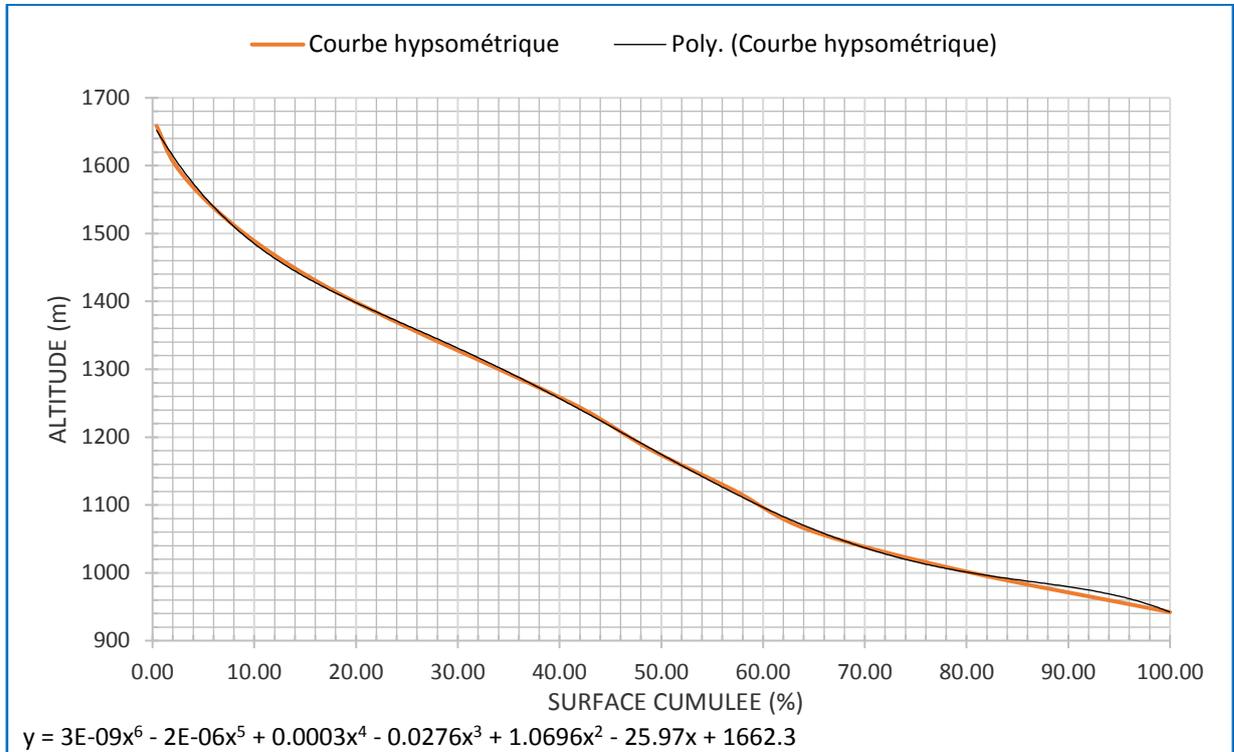


Figure.III.6. Courbe hypsométrique du bassin versant 3

- Bassin versant 4 (voir **Annexe.III.3**. Coordonnées de la courbe hypsométrique du bassin versant BV₄).

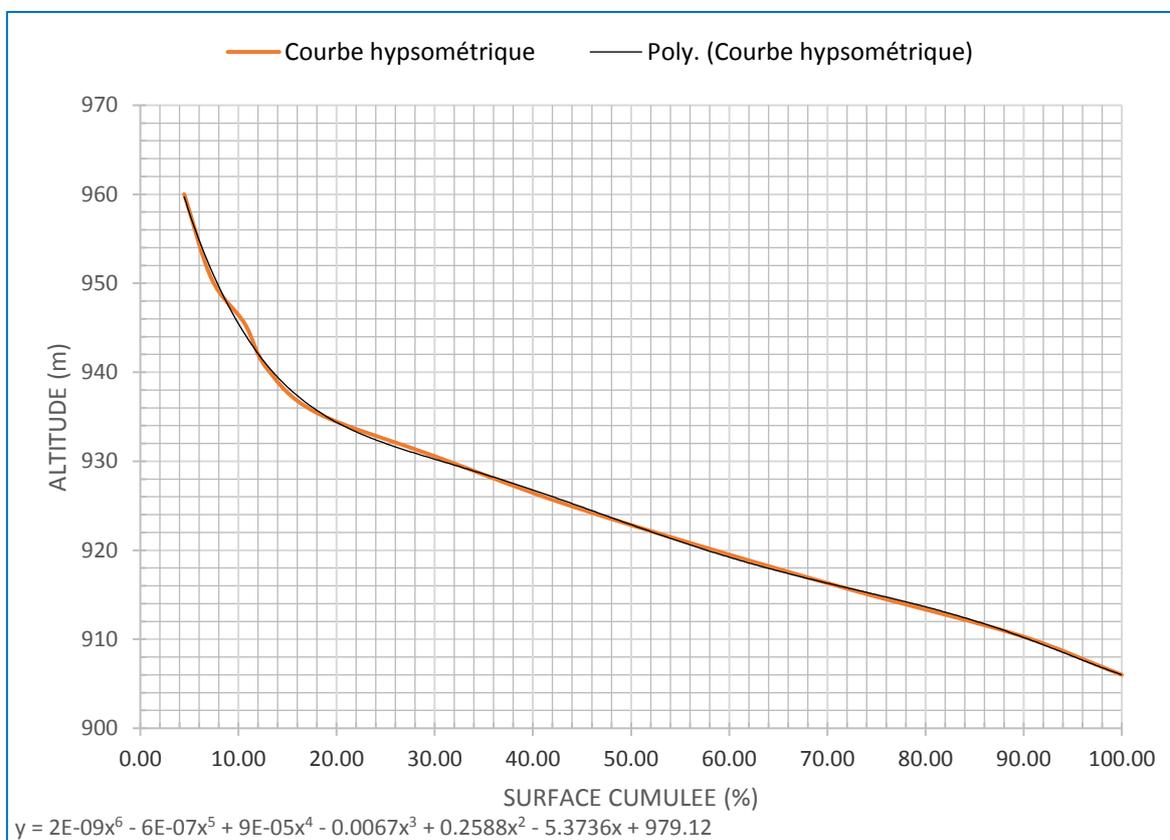


Figure.III.5. Courbe hypsométrique du bassin versant 4

- Altitude médiane

L'altitude médiane correspond à celle lue au point de l'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.

Tableau.III.6. Récapitulatif des valeurs de l'altitude médiane.

Bassin versant	H _{50%}
BV ₂	970
BV ₃	1178
BV ₄	945

D'après les courbes hypsométriques des bassins, nous pouvons tirer et calculer les différentes altitudes. Le tableau suivant récapitule les altitudes déterminées :

Tableau.III.7. Récapitulatif des différentes valeurs d'altitudes.

Altitudes	BV₂	BV₃	BV₄
Hmoy	982.05	1174.52	922.98
H _{50%}	970	1178	945
H _{95%}	935	955	908
H _{5%}	1125	1550	957.93
Hmax	1186	1685	967
Hmin	914	912	904

- Pente moyenne du bassin versant (I_m)

Paramètre important pour la détermination du temps de parcours de ruissellement, c'est à dire le temps de concentration, la pente moyenne du bassin versant a été déterminée par la relation suivante :

$$I_m = \frac{DL}{A} \quad \text{(III.6)}$$

Avec :

L, longueur totale de courbes de niveau (km)

D, équidistance entre deux courbes de niveau (m)

A, surface du bassin versant (km²)

Tableau.III.8. Récapitulatif des valeurs de la pente moyenne du bassin versant.

Bassin versant	I_m
BV ₂	0.194
BV ₃	0.291
BV ₄	0.095

- Les indices de pentes

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

- Indice de pente de Roche

L'indice de pente de Roche (Roche, 1963) sert à déterminer la pente moyenne avec les données réelles du bassin versant. Il est déterminé par la formule suivante :

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_i^n \sqrt{S_i(H_i - H_{i-1})} \quad (\text{III.7})$$

Où

L : la longueur de rectangle équivalent (m)

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

Tableau.III.9. Récapitulatif des valeurs de l'indice de pente de M ROCHE.

Bassin versant	Ip M ROCHE
BV ₂	3.371
BV ₃	2.414
BV ₄	0.0897

- Indice de pente moyenne I_{pm}

L'indice de pente moyenne est le rapport entre la dénivelée et la longueur du rectangle Équivalent. Il est donné par la formule suivante :

$$I_{pm} = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L_R} \quad (\text{III.8})$$

Tableau.III.10. Récapitulatif des valeurs de l'indice de pente moyenne.

Bassin versant	Ipm
BV ₂	0.0481
BV ₃	0.0655
BV ₄	0.0445

- Indice de pente globale (I_g)

Le relief joue un rôle capital dans la plus ou moins grande aptitude au ruissellement des terrains ; Son appréciation peut être faite à l'aide de l'indice de pente globale I_g qui est calculé comme suit :

$$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L_R} \quad (\text{III.9})$$

Chapitre III : Etude hydrologique

H 5% : Altitude de fréquence correspondante au 5% de la surface total.

H 95% : Altitude de fréquence correspondante au 95% de la surface total.

Lr : longueur de rectangle équivalent en m

Ce paramètre peut donner un aperçu sur le relief du bassin en utilisant la classification du l'ORSTOM.

Tableau.III.11. Classification Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer ORSTOM (I_g).

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	0.1 < I _g

Tableau.III.12. Récapitulatif des valeurs de l'indice de pente globale.

Bassin versant	I _g	Observation
BV ₂	0.0164	Modéré
BV ₃	0.0689	Fort
BV ₄	0.035	Assez modéré

- Dénivelée spécifique D_s

La dénivelée spécifique « D_s » permet d'utiliser la classification de l'O.R.S.T.O.M. qui permet de définir les différents types de relief des bassins versants quelque soient leurs superficies. La dénivelée spécifique est définie comme suit est données par la formule suivante :

$$D_s = I_g * \sqrt{S_{BV}} \quad (\text{III.10})$$

Tableau.III.13. Classification Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer ORSTOM (Ds).

R1	Ds < 10 m	Relief très faible
R2	10 m < Ds < 25 m	Relief faible
R3	25 m < Ds < 50 m	Relief assez faible
R4	50 m < Ds < 100 m	Relief modéré
R5	100 m < Ds < 250 m	Relief assez fort
R6	250 m < Ds < 500 m	Relief fort
R7	500 m < Ds	Relief très fort

Tableau.III.14. Récapitulatif des valeurs de dénivelée spécifique.

Bassin versant	Ds	Observation
BV ₂	5.58	Relief très faible
BV ₃	64.02	Relief modéré
BV ₄	4.68	Relief très faible

III.4. Réseau hydrographique

III.4.1. Longueur du thalweg principal

La longueur du thalweg principal a pour valeur :

Tableau.III.15. Récapitulatif des valeurs de longueur du thalweg principal.

Bassin versant	Longueur du thalweg principal (km)
BV ₂	7.77
BV ₃	15
BV ₄	2

III.4.2. Pente du thalweg principal

La valeur de la pente du thalweg principal a été obtenue à partir du profil en long simulé par le logiciel Google earth :

Tableau.III.16. Récapitulatif des valeurs de pente du thalweg principal.

Bassin versant	Pente du thalweg principal (km)
BV ₂	0.03
BV ₃	0.05
BV ₄	0.028

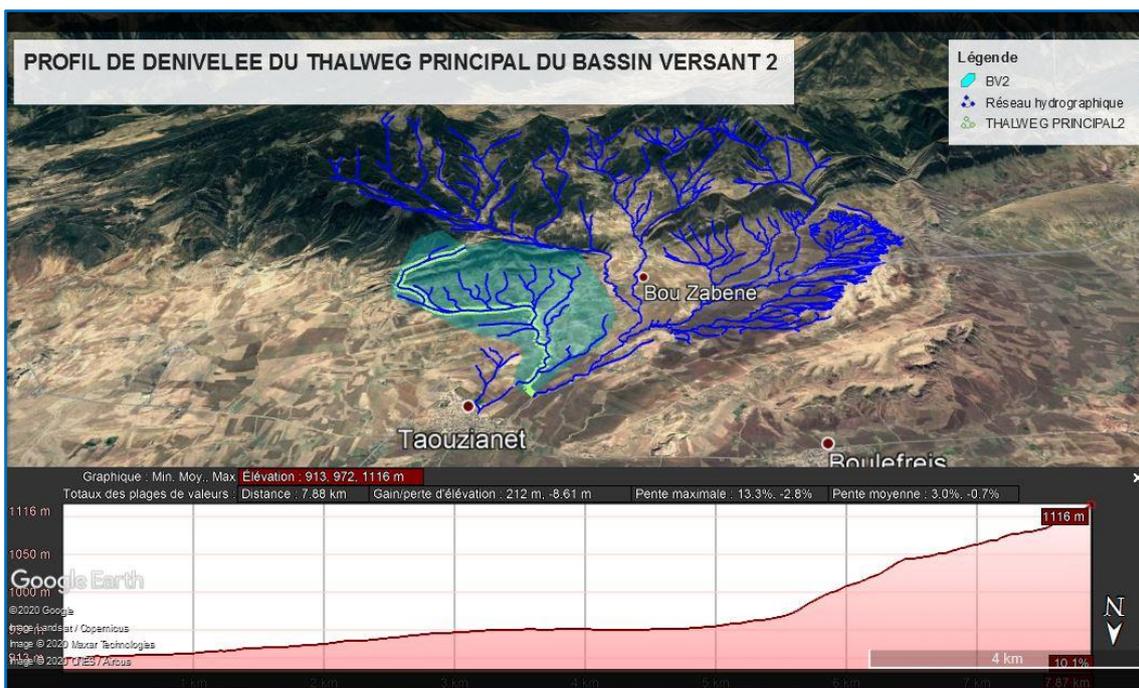


Figure.III.7. Profil de dénivelé du thalweg principal 2 (BV₂) (Google earth, 2020)

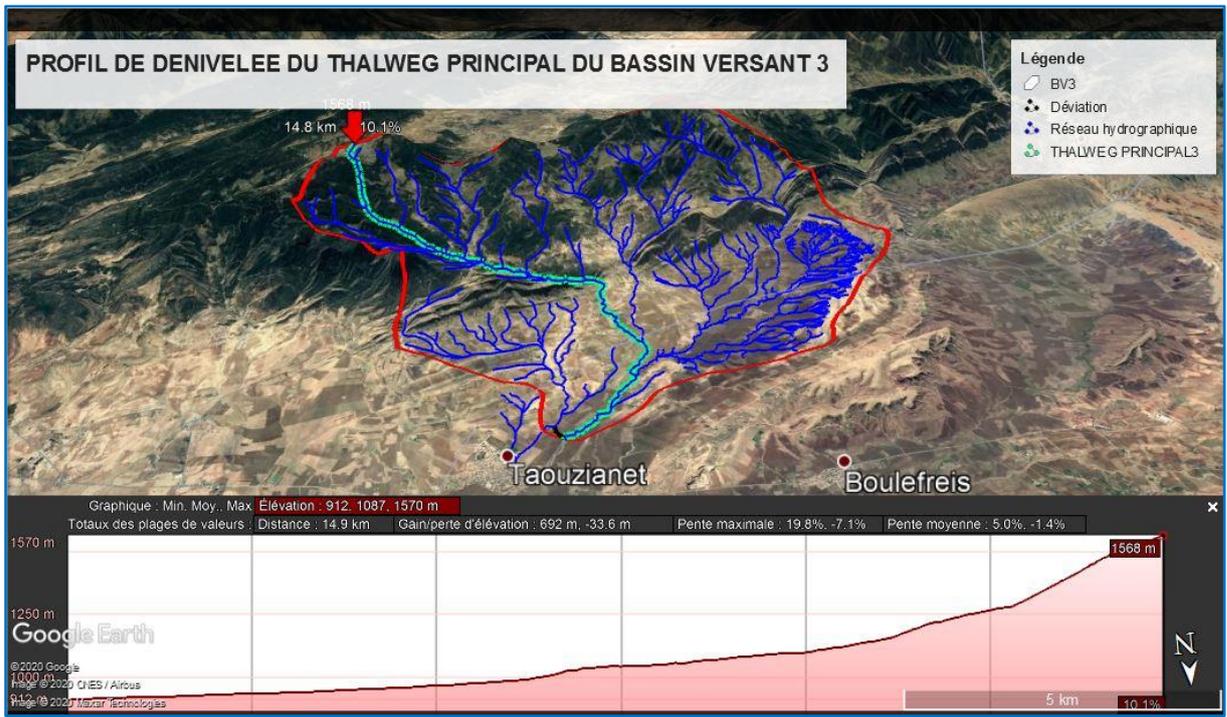


Figure.III.8. Profil de dénivelé du thalweg principal 3 (BV₃) (Google earth, 2020).

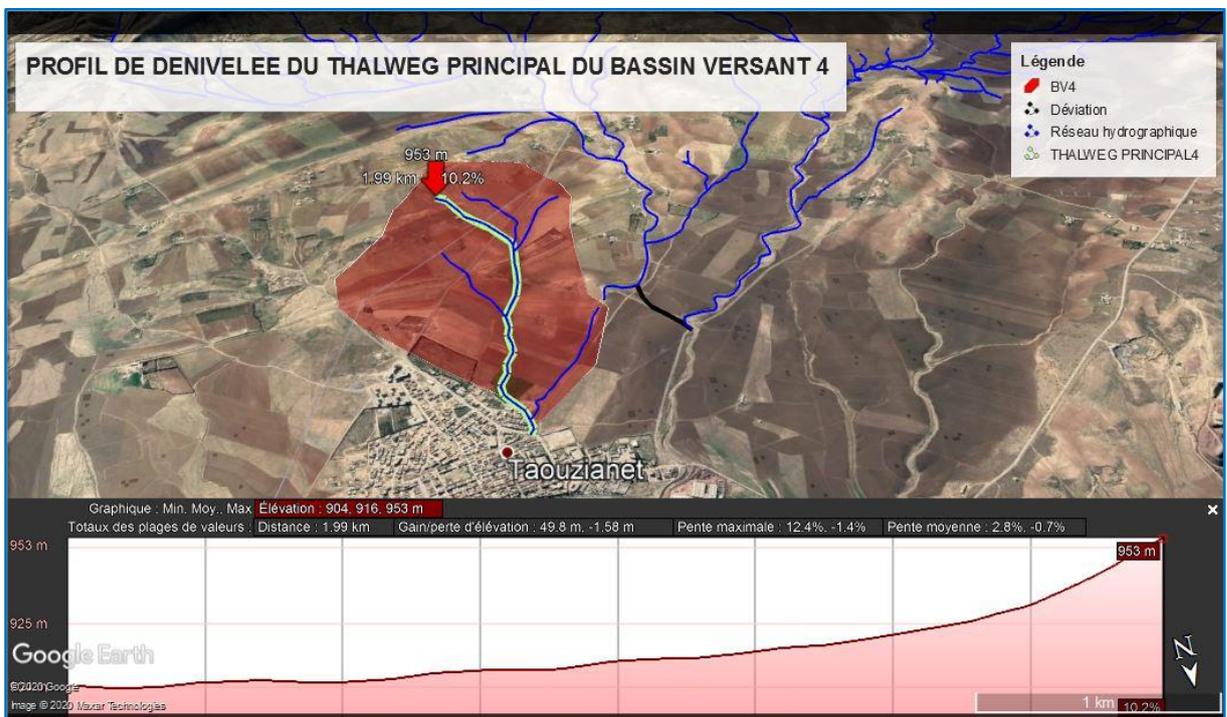


Figure.III.9. Profil de dénivelé du thalweg principal 4 (BV₄) (Google earth, 2020).

III.4.3. Densité de drainage

C'est le rapport entre la longueur totale de tous les cours d'eau et la superficie du bassin versant ; est donnée par la formule suivante :

$$D_d = \frac{\sum L_i}{S_{BV}} \quad (\text{III.11})$$

Tableau.III.17. Récapitulatif des valeurs de densité de drainage.

Bassin versant	Dd
BV ₂	1.73
BV ₃	1.34
BV ₄	2.55

III.3.4. Longueur moyenne des versants

$$L_V = \frac{L}{2 * D_d} \quad (\text{III.12})$$

Dd : densité de drainage en Km/Km²

L : longueur de rectangle équivalent en Km

Tableau.III.18. Récapitulatif des valeurs de longueur moyenne des versants.

Bassin versant	L _V (km)
BV ₂	4.89
BV ₃	7.93
BV ₄	1.8

III.4.5. Temps de concentration T_c

Il est défini comme étant le temps nécessaire pour la goutte de pluie qui tombe, au point le plus éloigné dans le Bassin Versant pour atteindre l'exutoire du bassin versant ; pour le calculer nous avons utilisé :

- Formule de Kirpich

$$T_c = 0.6615(L_{cp})^{0.77} * (I_g)^{-0.385} \quad (\text{III.13})$$

Avec :

I_g : Indice de pente globale en (%)

L_{cp} : Longueur du cours d'eau principal (Km)

- La Formule de Giandotti (Sud Italie 1937)

$$T_c = \frac{4\sqrt{S_{BV}+1.5L_{cp}}}{0.8\sqrt{H_{moy}-H_{min}}} \quad (III.14)$$

Avec :

L_{cp} : Longueur du cours d'eau principal (Km)

S : La superficie du bassin versant (Km²)

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

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

- Formule de SCS

$$T_c = ((0,87L^3) / (H_{moy} - H_{min}))^{0,385} \quad (III.15)$$

Avec,

L = longueur de l'oued principal en km.

- Formule de Venturra

$$T_c = 0.1275 \left(\frac{\sqrt{S_{BV}}}{\sqrt{I_{BV}}} \right) \quad (III.16)$$

Avec :

I : La pente du bassin versant.

- La Formule de L'ANRH : (SOGREAH 1986/1989)

Une formule a été développée par SOGREAH (l'ANRH), elle est vérifiée et recommandée pour les petits bassins versants de l'Algérie :

$$T_c = 3 \left(\frac{S_{BV} * L_{cp}}{3} \right)^{\frac{1}{4}} \frac{1}{(10I_{BV})^{\frac{1}{2}}} \quad (III.17)$$

Avec,

I : La pente du bassin versant en (%)

Tableau.III.19. Récapitulatif des valeurs du temps de concentration.

Formule	BV ₂	BV ₃	BV ₄
Kirpich	3.62	4.94	1.31
Giandotti	3.82	4.60	2.39
SCS	1.99	2.53	0.67
Venturra	0.94	2.1	0.53
ANRH	7.2	12.05	4.2

Conclusion

Les valeurs du temps de concentration choisies sont celles de la formule Giandotti, car c'est la formule qui tient en compte plusieurs paramètres en relation avec la morphologie du site.

III.4.6. Vitesse de ruissellement

Cette vitesse est donnée par la formule suivante :

$$V_r = \frac{L}{T_c} \quad (\text{III.18})$$

L : Longueur du thalweg principal (Km).

T_c : Temps de concentration (h).

Tableau.III.20. Récapitulatif des valeurs de vitesse de ruissèlement.

Bassin versant	BV ₂	BV ₃	BV ₄
Vitesse de ruissèlement (km/h)	2.02	3.25	0.83

III.5. Résultats de calcul des caractéristiques du bassin versant

Tableau.III.21. Récapitulatif des caractéristiques du bassin versant

		Symbole	Unité	BV₂	BV₃	BV₄
Surface		S	km ²	11.58	86.34	1.79
Périmètre		P	Km	15.4	38.5	5.36
Longueur du Thalweg Principal		L	Km	7.77	15	2
Pente du Thalweg principal		P _{th}	%	0.03	0.05	0.028
Indice de compacité		Kc		1.267	1.160	1.121
Coefficient d'allongement		Al		5.213	2.605	2.234
Rectangle équivalent	Longueur	Lr	Km	5.650	11.790	1.414
	Largeur	Lr	Km	2.049	7.322	1.265
Altitude	Max	Hmax	m	1186	1685	967
	Moy	Hmoy	m	982.05	1174.52	922.98
	Médiane	Hmed	m	970	1178	945
	Min	Hmin	m	914	912	904
Pente moyenne me BV		Pm	%	0.194	0.291	0.095
Indice de pente globale		Ig		0.0164	0.0689	0.035
Dénivelée spécifique		Ds		5.58	64.02	4.68
Indice de pente moyenne		Ipm		0.0481	0.0655	0.0445
Indice de pente de M Roche		Im Roche		3.371	2.414	0.0897
Densité de drainage		Dd	Km/km ²	1.731	1.346	2.553
Longueur moyenne des versants		Lv	Km	4.891	7.937	1.806
Temps de concentration		Tc	h	3.82	4.60	2.39
Vitesse de ruissèlement		Vr	Km/h	2.02	3.25	0.83

III.6. Caractéristiques climatologiques

III.6.1. Température

La connaissance des températures dans une région ainsi que la maîtrise de leurs variations sont autant d'éléments fondamentaux qui conditionnent les potentialités hydriques, particulièrement par l'effet de l'évapotranspiration en matière de bilan de l'eau. Les observations climatiques sont généralement irrégulièrement effectuées, surtout en ce qui concerne la température à l'échelle horaire ou journalière. Mais, d'une manière grossière et conformément au but de notre projet, les données ont aisément été réajustées à l'échelle mensuelle ou annuelle, chose qui nous a permis d'affiner notamment ce paramètre en termes de connaissance des caractéristiques climatiques de la région.

La région de Taouzianet possède un climat similaire à celui de Yabous qui est une commune à proximité de notre zone d'étude.

Le climat de Yabous est chaud et tempéré. L'hiver à Yabous se caractérise par des précipitations bien plus importantes qu'en été. D'après Köppen et Geiger, le climat y est classé Csa. Sur l'année, la température moyenne à Yabous est de 12.9 °C.

Tableau III.22. Répartition mensuelle des températures moyennes, maximales et minimales (1982 - 2012)

T (°C)	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Tmoy	4.5	5.6	8	11.4	14.4	19.6	22	21.6	18.8	13.9	9.3	5.4
T min moy	-0.2	0.5	2.2	4.7	7.3	12.1	13.6	13.6	11.8	7.9	4.1	0.7
Tmax moy	9.3	10.8	13.9	18.1	21.5	27.2	30.5	29.7	25.8	19.9	14.5	10.2

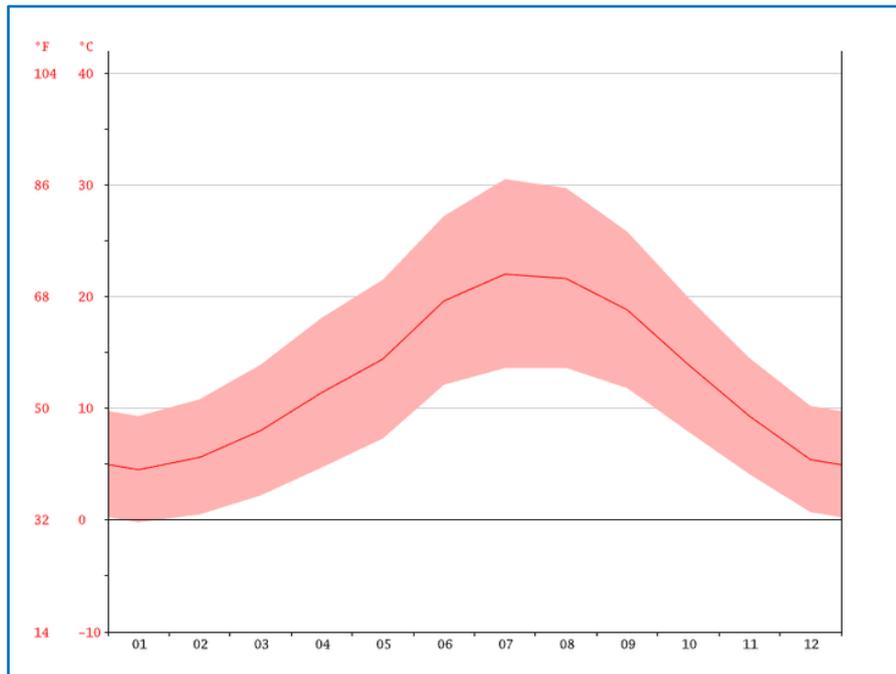


Figure III.10. Courbe de température mensuelle de Yabous.

III.6.2. Vitesse de vent

Les vents sont caractérisés par leur direction, leur vitesse et leur intensité, dans notre région les vents prédominants sont de direction Nord-Ouest qui soufflent surtout en hiver apportant des pluies, et Sud-ouest (sirocco) c'est le vent chaud et sec qui engendre de fortes évapotranspirations.

Tableau III.23. Vitesse de vent mensuelle moyenne (1987-2018).

Vitesse de vent (1987-2018)												
Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Vitesse de vent (m/s)	2.76	3	3.55	3.68	3.62	3.49	3.12	3.08	2.86	2.81	2.84	2.84

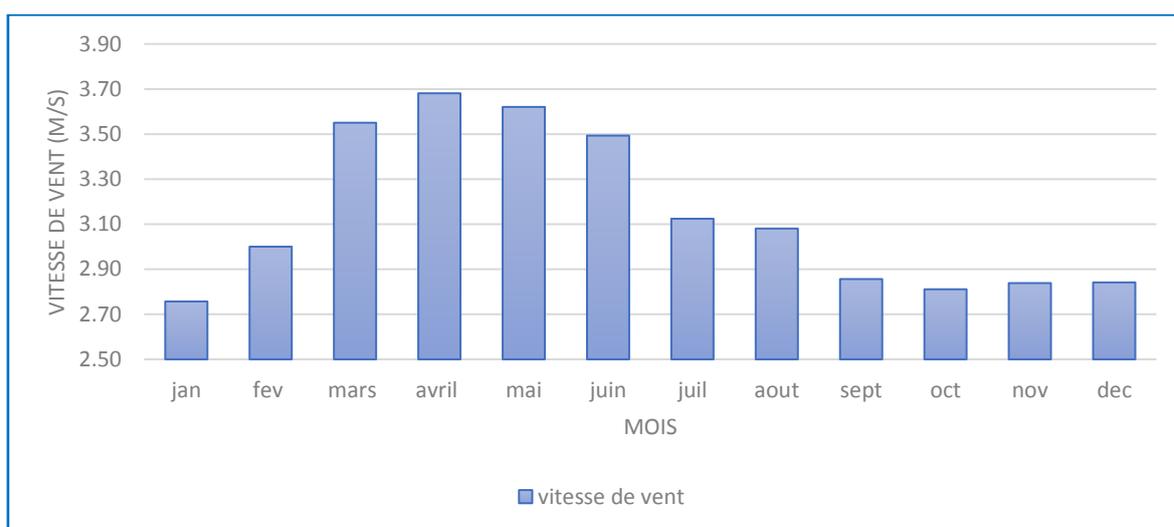


Figure III.11. Histogramme de vitesse mensuelle moyenne de vent

III.6.3. Etude des précipitations

L'étude des précipitations est primordiale dans toute analyse hydrologique, puisqu'elle permet de caractériser le régime pluviométrique et son influence sur les crues, ce qui permet de mieux estimer le débit et le volume de crue pour un bon dimensionnement des ouvrages.

Station pluviométrique de référence

La station pluviométrique choisie est la station Yabous qui porte le code 070604, qui se trouve à proximité de la zone d'étude, et qui dispose des données complètes et fiables concernant la pluviométrie de la région.

Pluies

Afin de calculer les caractéristiques climatiques de notre zone d'études nous avons utilisé une série de données pluviométriques de 30 ans (1988 – 2018). (Voir **Annexe. III.4.** Données pluviométriques moyennes mensuelles (1988-2018)).

Tableau. III.24. Pluie maximales journalière (1988-2018)

Année	Pjmax
1988/89	54.8
1989/90	82.1
1990/91	37.4
1991/92	40.4
1992/93	34.2
1993/94	36
1994/95	29.6
1995/96	52.8
1996/97	27.8
1997/98	44
1998/99	22.4
1999/00	27.6
2000/01	15.2
2001/2	19.6
2002/3	30.6
2003/4	39.5
2004/5	29.5
2005/6	61.3
2006/7	29.6
2007/8	40.7
2008/09	33.6
2009/10	26.9
2010/11	50
2011/12	91.4
2012/13	62.9
2013/14	81
2014/15	134.2
2015/16	50.9
2016/17	44.1
2017/18	83.4
Moyenne	48.74

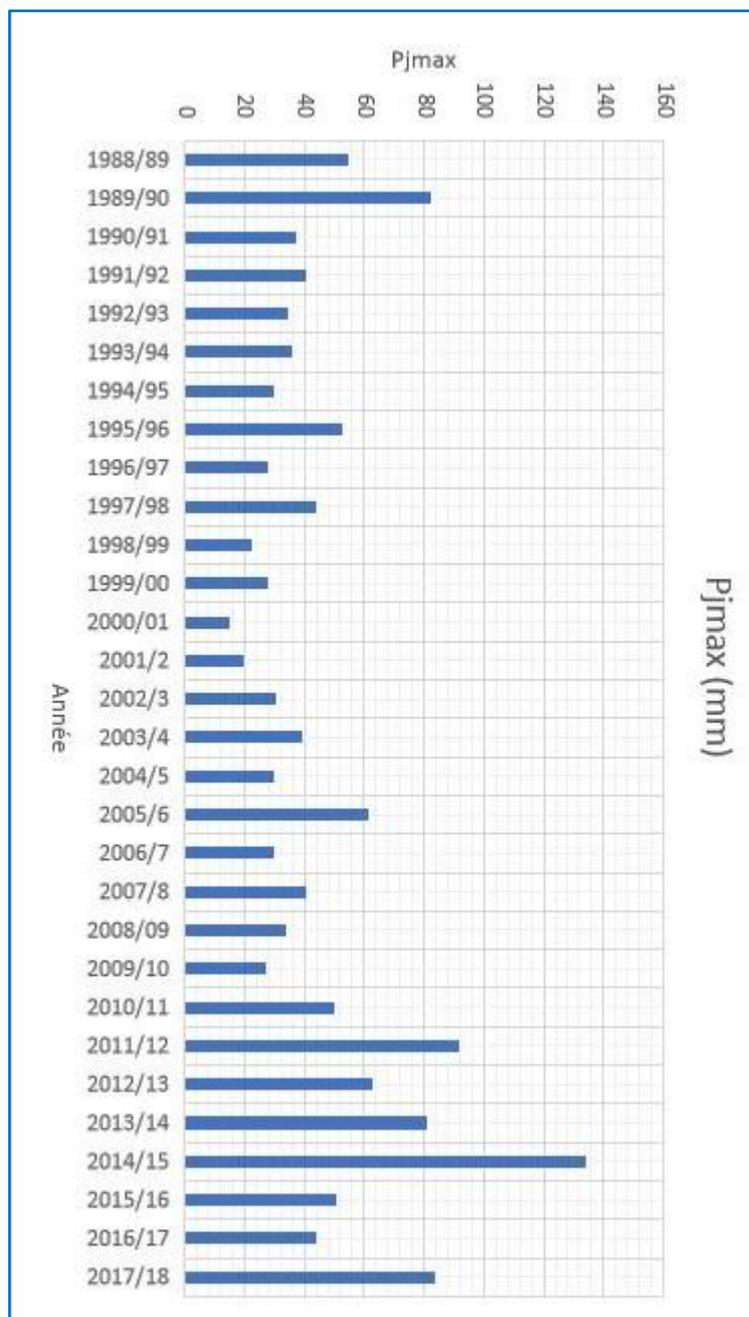


Figure III.12. Graphe de variation de la Pjmax

III.6.3.1. Ajustement de la série pluviométrique

En hydrologie fréquentielle, il existe plusieurs méthodes d'ajustement des séries pluviométriques, l'efficacité d'une méthode d'estimation dépend de la loi de probabilité, de la taille de l'échantillon et de certaines caractéristiques de l'échantillon.

Les lois d'ajustement choisies pour les pluies maximales journalières sont :

- 1) La loi log-normale.
- 2) La loi de GUMBEL.

L'ajustement des pluies maximales journalières sera effectué à l'aide du logiciel « HYFRAN »

Tableau III.25. Statistiques de base (Hyfran)

Statistique de base	Nombre de données n=30
Minimum	15.2
Maximum	134
Moyenne	47.1
Ecart type	25.8
Médiane	40
Coefficient de variation Cv	0.547
Coefficient d'asymétrie Cs	1.65
Coefficient d'aplatissement Ck	5.2

Ajustement des pluies maximales à la loi de Gumbel

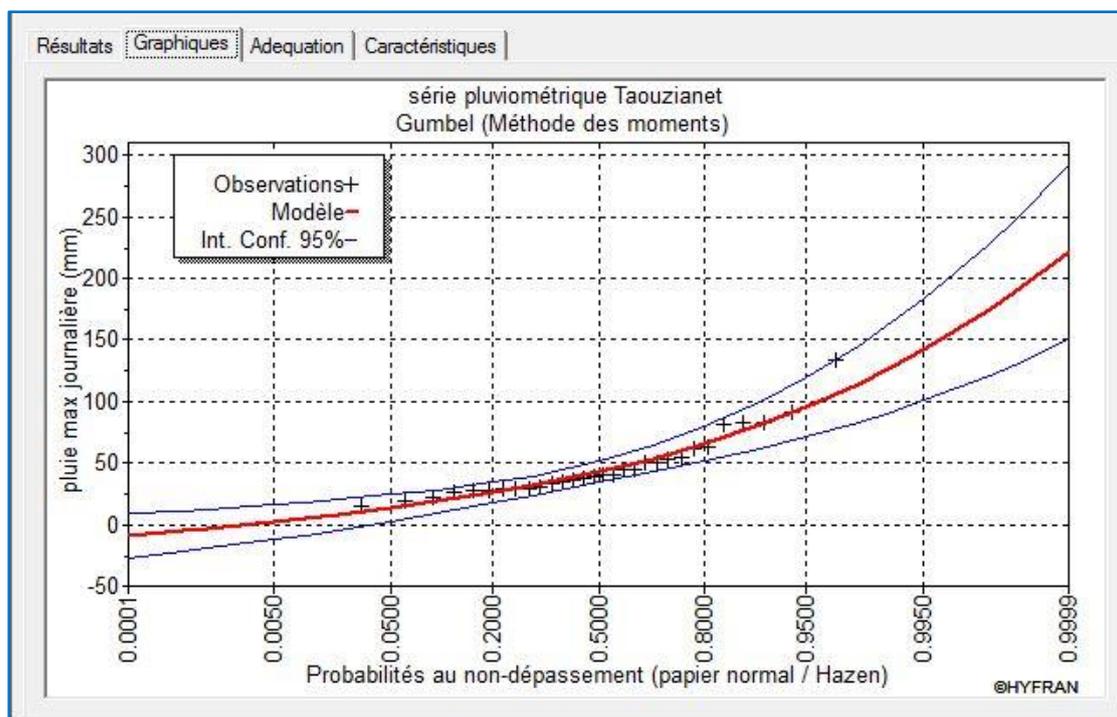


Figure.III.13. Graphe d’ajustement de la série des pluies maximales journalière à la loi de Gumbel

Ajustement des pluies maximales journalières à la loi log-normale (Galton)

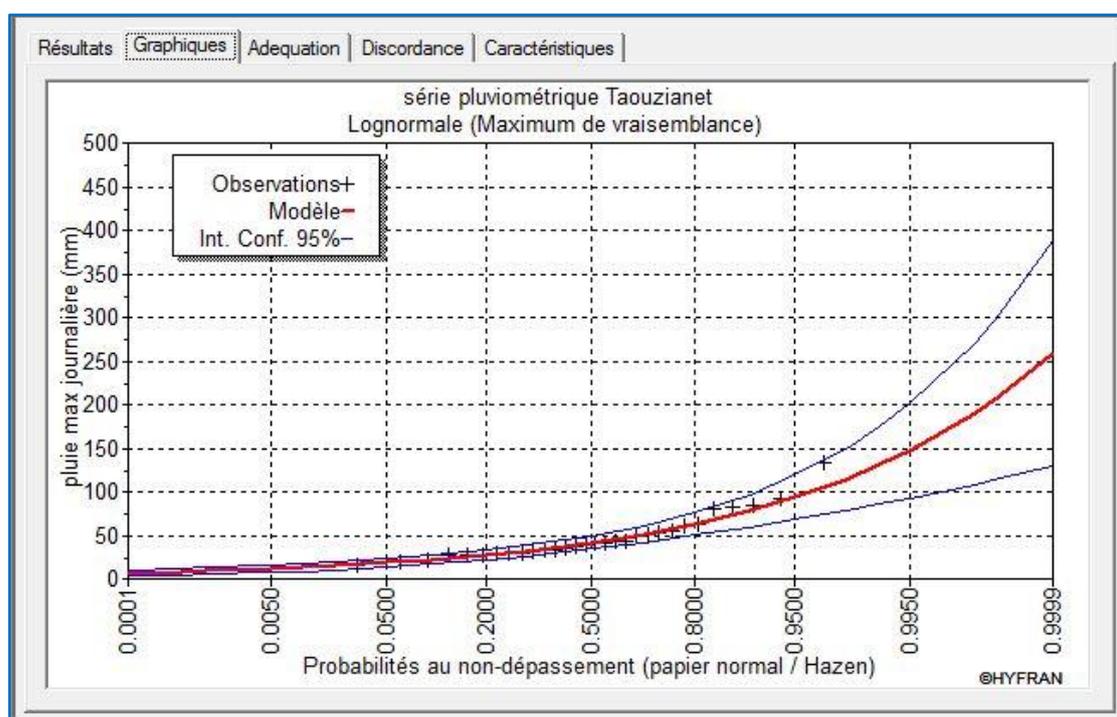


Figure. III.14. Graphe d’ajustement de la série des pluies maximales journalières à la loi log-normale (Galton)

Test de validité de l'ajustement

Le test d'adéquation (ou d'ajustement) consiste à vérifier la compatibilité des données avec une distribution choisie a priori. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du Khi carré (χ^2).

Les résultats du test de χ^2 ont été obtenus par le logiciel Hyfran :

Tableau III.26. Résultats de test d'adéquation khi 2 des lois d'ajustement.

Loi de distribution	5%	Khi 2
Gumbel	0.20	5.93
Log-normal	0.46	3.60

Conclusion

La loi d'ajustement adoptée est la loi log-normale.

Tableau .III.27. Résultats d'ajustement à la loi log-normale (Galton)

T	q	Pjmax%	Ecart-type	Intervalle de confiance
1000	0.999	190	41.4	109 - 271
100	0.99	131	22.8	85.9 - 175
50	0.98	114	18.2	78.5 - 150
10	0.9	78.2	9.52	59.5 - 96.9

III.5.3.2. Etude des pluies de courtes durées P_{tc} et leurs intensités

$$P_{max,p\%} = P_{max,j} * \left(\frac{t}{24}\right)^b \quad (\text{III.19})$$

Où :

- $P_{max, p\%}$: pluie de courte durée de même fréquence que $P_{max, j, p\%}$ (mm)
- $P_{max, j}$: pluie maximale journalière pour une fréquence donnée (mm).
- t : temps [heure].
- b : Exposant climatique, pour notre région il est de 0.33

(voir **Annexe.III.5.** Pluies de courtes durées pour différentes périodes de retour ; **Annexe.III.6.** Intensités de pluies de courte durée pour différentes périodes de retour.)

Tableau III.28. Pluies de courtes durées au temps de concentration pour différentes périodes de retour.

Pluie de courtes durées au temps de concentration					
	Tc	10	50	100	1000
BV ₂	3.828	42.6695222	62.2036513	71.4796344	103.672752
BV ₃	4.603	45.3461651	66.1056627	75.9635247	110.176104
BV ₄	2.396	36.5567595	53.2924627	61.2395844	88.8207712

Tableau III.29. Intensités des pluies de courtes durées au temps de concentration pour différentes périodes de retour

Intensité de pluies de courte durée au temps de concentration					
	tc	10	50	100	1000
BV ₂	3.828	11.1466881	16.2496477	18.6728408	27.0827461
BV ₃	4.603	9.85143713	14.3614301	16.5030469	23.9357168
BV ₄	2.396	15.2574122	22.2422632	25.559092	37.0704387

III. 5.3.3. Etude des apports liquides

Apports moyens annuels :

Vu l'absence des données observées sur l'oued à aménager on fait appel aux formules empiriques pour l'estimation des apports liquides moyens annuels.

Formule de SAMIE

$$L_e = P^2 * (293 - 2.2\sqrt{S}) \quad (\text{III.20})$$

Où :

Le : la lame d'eau écoulee, en mm

P : Précipitation moyenne annuelle, en m

S : Superficie du bassin versant, en Km²

$$A_0 = L_e * S * 1000 \quad (\text{III.21})$$

A₀ : Apport moyen annuel en m³

Chapitre III : Etude hydrologique

Formule de DERI (I)

$$A_0 = 0.915 * P^{2.684} * S^{0.842} \quad (III.22)$$

S : surface du bassin versant (Km²)

P : pluie moyenne annuelle (mm)

A₀ : Apport moyen annuel (Hm³)

Formule de L'A.N.R.H (DERI 2, 1977)

$$A_0 = M_0 * S * K \quad (III.23)$$

Avec : $M_0 = 11.8 * P^{2.82} \quad (III.24)$

Où

M₀ : Le module spécifique moyen en l/s.km²

P : Pluviométrie moyenne annuelle en m

A₀ : Apport moyen annuel en m³

S : Superficie du bassin versant en km²

K : Constante (k=31,54.10³)

Tableau III.30. Apport liquide moyen annuel par différentes formules.

Apport liquide (Hm ³)				
		BV ₂	BV ₃	BV ₄
SAMIE	Le (mm)	58.073738	55.4385188	58.9978026
	A0	0.67249389	4.78656172	0.10560607
ANRH	Mo	1.2492802	1.2492802	1.2492802
	Ao	0.4562786	3.40199436	0.07053011
DERI I	A0	0.84893324	4.60809553	0.17625165
	Le (mm)	73.3102972	53.3715025	98.4646074

Conclusion

Les résultats des valeurs obtenus sont proches entre elles, Les valeurs adoptées sont celles obtenues par la formule DERI (I).

Apport liquide fréquentiel

On le calcule à partir de la loi d'ajustement statistique de Galton. En supposant une distribution d'une loi log Normale des apports :

$$A_{80\%} = \frac{A_0}{\sqrt{1+Cv^2}} e^{\mu\sqrt{\ln(Cv^2+1)}} \quad (\text{III.25})$$

Avec :

A% : L'apport annuel pour une fréquence 80 %.

A₀ : Apport moyen annuel.

Cv : Coefficient de variation qui est déterminé en fonction du module moyen spécifique ou débit unitaire M₀

μ : Variable réduite de Gauss.

Tableau III.31. Variable de Gauss pour différentes périodes de retour.

Période de retour (année)	Variable de Gauss
10	1,28
20	1,64
50	2,06
100	2,33
200	2,55
1000	3,10

III.6.3.4. Débit unitaire M₀

Formule de DERI :

$$M_0 = 11,8 * P^{2.82} \quad (\text{III.26})$$

Avec :

P : Précipitation annuelle moyenne en m

M₀ : Débit unitaire en l/s.km²

Coefficient de variation de l'apport

Formule d'Ykrguipodkhz :

$$Cv = \frac{0.7}{M_0^{0.125}} \quad (\text{III.27})$$

Avec :

M₀ : Débit unitaire moyen en l/s.km²

Cv : Coefficient de variation de l'apport

Tableau III.32. Apport fréquentiel pour le bassin versant BV₂.

Apport fréquentiel BV₂				
T	10	50	100	1000
u	1.28	2.06	2.33	3.1
M0	1.249			
Cv	0.680			
A0	0.848			
A%	1.544	2.499	2.952	4.748

Tableau III.33. Apport fréquentiel pour le bassin versant BV₃.

Apport fréquentiel BV₃				
T	10	50	100	1000
U	1.28	2.06	2.33	3.1
M0	1.249			
Cv	0.680			
A0	4.608			
A%	6.198	8.337	9.238	12.378

Tableau III.34. Apport fréquentiel pour le bassin versant BV₄.

Apport fréquentiel BV₄				
T	10	50	100	1000
U	1.28	2.06	2.33	3.1
M0	1.249			
Cv	0.680			
A0	0.176			
A%	0.320	0.518	0.612	0.983

III.7. Etude des apports solides :

Formule de Tixeront

Cette formule usuelle est appliquée pour estimer l'envasement annuel des retenues hydrauliques.

$$A_{ss} = 350 * Le^{0.15} \quad (III.28)$$

A_{ss} : Apport solide spécifique (t/km²/an)

Le : Ecoulement annuel en (mm)

Tableau III.35. Le transport solide pour les trois bassins versants.

	BV₂	BV₃	BV₄
Tixeront	666.565438	635.571565	696.722871

III.8. Etude des crues

- Formule de Mallet –Gauthier

Le débit de crue est calculé comme suit :

$$Q_{\max,p\%} = 2. K. \log(1 + 20P) \frac{S}{\sqrt{L}} \sqrt{1 + 4\log T - \log S} \quad (\text{III.30})$$

P : précipitation moyenne interannuelle

S : surface du bassin versant

L : longueur du talweg principal

K : constant dépend des caractéristiques du basin (1÷3) on prend K=3

A : paramètre du bassin =20

T : période de retour en années.

- Formule de Giandotti

$$Q_{\max} = \frac{166 * S * P_{tc} \sqrt{H_{\text{moy}} - H_{\text{min}}}}{4\sqrt{S} + 1.5L} \quad (\text{III.31})$$

S : superficie du bassin versant

H_{moy} : Altitude moyenne du bassin versant

H_{min} : Altitude minimale

L : longueur du thalweg principal

P_{Tc} : pluie pour un temps égal au temps de concentration d'une fréquence donnée

III.7.3. Formule de Sokolovski

$$Q_{\max,f\%} = 0.28 \frac{(P_{tc\%} - H_0) * \alpha_{p\%} * S_{bv} * f}{T_c} \quad (\text{III.32})$$

$$f = \frac{12}{4 + 3\gamma} \quad (\text{III.33})$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{P_{tc\%}} - \sqrt{H_0}}{\sqrt{P_{tc\%}} + \sqrt{H_0}} \quad (\text{III.34})$$

0.28 : Coefficient de changement d'unité

P_{tc} ; p% : Précipitation en mm, de probabilité p% correspondante à un temps T_c.

H₀ : Pertes initiales (H₀= 7 mm) ;

α_{p%}: coefficient de ruissellement pour la crue probable

S : superficie du bassin versant en Km².

f : coefficient de forme de la crue.

T_c : temps de concentration du bassin versant en heures.

Tableau III.36. Conditions sur la valeur de γ .

Condition	γ
Surface du B.V compris entre 1 et 50 km ²	$\gamma = 2$
Pour un bassin boisé avec un sol peut perméable	$2 \leq \gamma \leq 2.5$
Pour un bassin boisé	$3 \leq \gamma \leq 4$
Pour les grands bassins	$4 \leq \gamma \leq 7$

- Formule de Turazza

$$Q_{\max} = \frac{C \cdot P_{tc}}{3.6 \cdot T_c} \cdot S \quad (\text{III.35})$$

Où :

Q est le débit de crue (m³/s)

P_{tc} : est la pluie correspondant au temps de concentration (mm)

S : Superficie du BV (km²)

C : coefficient de ruissellement pour différentes périodes retour présenté dans le tableau suivant :

Tableau III.37. Valeurs du coefficient de ruissellement pour différentes périodes de retour.

T (ans)	10	50	100	1000
C	0.65	0.75	0.8	0.85

- Méthode fréquentielle Taibi - ANRH

Elle a été établie par Taibi. (ANRH) pour les cours d'eau d'Algérie. Cette méthode est donnée par la relation suivante :

$$Q_{pt} = e^{0.95u} * Q_p \quad (\text{III.36})$$

$$Q_p = 0.000781 * S^{0.688} * P^{1.275} \quad (\text{III.37})$$

Q_{pt} : Débit de pointe fréquentiel (m³/s).

Q_p : Débit de pointe annuel (m³/s)

P : Pluie moyenne annuelle reçue par le bassin versant (mm).

u : Variable réduite de Gauss.

Tableau III.38. Variable de Gauss pour différentes périodes de retour.

Période de retour (an)	Variable de Gauss
10	1,28
20	1,64
50	2,06
100	2,33
200	2,55
1000	3,10

- Méthode Gradex (CIGB, 1994), (Meddi & Belhadj, 2010)

La méthode du Gradex est une approche hydro-pluviométrique probabiliste du calcul des débits de crues extrêmes d'une rivière pour des périodes de retour allant de 100 à 10000 ans, elle est développée par Guillot et Duband (1967).

Elle s'applique à des bassins versants de quelques dizaines à plusieurs milliers de km² (jusqu'à 5000 km²), recevant des pluies relativement homogènes du point de vue spatial.

La méthode est basée sur le processus physique global :

Pluies brutes → Pluies efficaces → Fonction de transfert → volume, point et forme de la crue.

Hypothèses de la méthode

Cette méthode s'appuie sur les hypothèses suivantes :

- Les débits maximums recherchés sont provoqués uniquement par des pluies maximales, uniformément réparties sur le bassin. Il n'y a donc pas diverses origines de formation des crues.
- Les pluies maximales et les débits correspondants suivent une même loi de distribution statistique, dite des extrême en raison de la nature du phénomène étudié (crues rares). Ceci exprime surtout le fait que le comportement asymptotique des lois de distribution des pluies et des débits est identique.
- La loi de Gumbel (Gumbel, 1958) est souvent utilisée dans ce but et dans ce cas uniquement, le caractère exponentiel de cette distribution est décrit par la pente de la droite d'ajustement des pluies observées, mesurées sur un diagramme de probabilité adéquat. La pente de cette droite est le gradient de cette distribution exponentielle.

On admet que la rétention moyenne du bassin versant atteint sa valeur maximale pour une crue décennale $Q_{10 \text{ ans}}$.

Remarque :

Chapitre III : Etude hydrologique

- Ces trois hypothèses sont vérifiées.
- Dans notre cas on n'a pas d'enregistrements de crues dans les bassins étudiés, on estime le débit décennal par conversion de la pluie journalière maximale décennale en débit, en se basant sur la première hypothèse de la méthode.

Etapas de la méthode

Choisir le pas de temps n heures (généralement égale à la moyenne des temps de base des hydrogrammes de crues disponibles, Pour la commodité des calculs on retiendra une valeur très arrondie, par exemple 2, 4, 6 ... 48 heures.). Le résultat final, débits de pointe, dépendent peu de h : il suffit de ne pas commettre d'erreur d'ordre de grandeur sur h)

Tableau III.39. Temps de base pour les bassins versants selon leur temps de concentration.

Bassin versant	BV ₂	BV ₃	BV ₄
Temps de base (h)	15	23	7

Ajuster par la loi de Gumbel des pluies maximales journalières. Calculer le Gradex des précipitations a (pente de la droite de Gumbel).

$$P \text{ (mm)} = a \cdot \mu + b \quad \text{(III.38)}$$

(μ : variable réduite de Gumbel).

Avec
$$a = \hat{\mu} - b \cdot \gamma \quad \text{(III.39)}$$

D'où,

$\hat{\mu}$: La moyenne de l'échantillon

$$\gamma = 0.5772$$

$$b = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot \sigma$$

σ : la variance de l'échantillon

$$P = 44.81 \mu + 3.96 \quad \text{(III.40)}$$

Tableau III.40. Résultats d'ajustement de la série des Pjmax à la loi de Gumbel (Hyfran)

T (ans)	F	Pjmax%	Ecart-type	Intervalle de confiance
1000	0.999	174	27.2	121 - 228
100	0.99	128	18.5	91.8 - 164
50	0.98	114	15.9	82.9 - 145
10	0.9	80.7	9.83	61.5 - 100

Chapitre III : Etude hydrologique

Convertir la lame d'eau (mm) de période de retour de 10 ans en débit (m^3/s) (Point pivot de l'extrapolation des débits) par la formule suivante

$$Q(m^3/s) = \frac{R(mm) \cdot S_{BV}}{3.6 \cdot n} \quad (\text{III.41})$$

Extrapoler de la distribution des débits au-delà de 0.9 (T=10 ans) par une droite de pente exprimée par la formule suivante :

$$\dot{a} = a * \left(\frac{T_c}{24}\right)^{0.33} \quad (\text{III.42})$$

T_c : Temps de concentration en heures

a : Gradex de la droite des pluies maximales journalière

$$Q_{\mu\%} = \dot{a} \cdot \mu + b' \quad (\text{III.43})$$

Avec :

a : le Gradex de la droite de débits

μ : variable réduite de Gumbel ($\mu = -\ln(-\ln(F))$). (III.44)

$b' = Q_{10 \text{ ans}} - a \cdot \mu$ (T=10 ans). (III.45)

Tableau III.41. Résultats d'application de la méthode de Gradex.

	BV₂	BV₃	BV₄
Temps de concentration	3.82	4.603	2.396
Débit décennal	17.3	84.15	5.73
Gradex de pluie	44.81		
Gradex de débit a'	24.43	25.98	20.94
b'	-37.66	25.69	-41.38

On obtient les droites suivantes :

- Droite de débit du bassin versant BV₂ : $Q\% = 24.43\mu - 37.66$ (III.46)

- Droite de débit du bassin versant BV₃ : $Q\% = 25.98\mu + 25.69$ (III.47)

- Droite de débit du bassin versant BV₄ : $Q\% = 20.94\mu - 41.38$ (III.48)

Tableau III.42. Résultats de débit moyen journalier pour différentes périodes de retour par la méthode de Gradex.

T (ans)	10	50	100	1000
BV ₂	17.3	57.66	74.71	131.08
BV ₃	84.15	127.06	145.2	205.14
BV ₄	5.73	40.32	54.94	103.25

III.7.6.3. Calcul des débits de pointe

$$P : \text{coefficient de pointe} = Q_{\max} / Q_{\text{moy}} \quad (\text{III.49})$$

$$Q_p \text{ (m}^3\text{/s)} = Q \text{ (m}^3\text{/s)} * P \quad (\text{III.50})$$

P=1.5 pour les régions atlasiques.

Tableau III.43. Résultats de débits de pointe par la méthode de Gradex.

Débit de pointe (m³/s)				
T (ans)	10	50	100	1000
BV ₂	25.95	86.49	112.07	196.62
BV ₃	126.22	190.60	217.81	307.71
BV ₄	8.59	60.48	82.41	154.88

Tableau III.44. Valeurs de débit de crue (m³/s) pour le bassin versant BV₂ par différentes méthodes de calcul.

Méthode	10	50	100	1000
Mallet-Gauthier	49.49	64.72	70.28	83.79
Giandotti	26.77	39.03	44.86	65.06
Sokolovski	20.93	36.51	44.21	71.81
Turazza	23.30	33.97	39.04	56.62
ANRH	34.46	71.61	92.56	192.35
Gradex	25.95	86.49	112.07	196.62

Tableau III.45. Valeurs de débit de crue (m^3/s) pour le bassin versant BV₃ par différentes méthodes de calcul.

Méthode	10	50	100	1000
Mallet-Gauthier	234.44	324.22	355.98	445.51
Giandotti	175.80	256.29	294.51	427.15
Sokolovski	89.13	154	185.97	300.38
Turazza	153.57	223.88	257.26	373.13
ANRH	137.28	285.31	368.73	766.30
Gradex	126.22	190.60	217.81	307.71

Tableau III.46. Valeurs de débit de crue (m^3/s) pour le bassin versant BV₄ par différentes méthodes de calcul.

Méthode	10	50	100	1000
Mallet Gauthier	16.56	20.88	22.49	27.15
Giandotti	5.53	8.06	9.26	13.44
Sokolovski	4.02	7.23	8.82	14.55
Turazza	4.93	7.18	8.26	11.98
ANRH	9.53	19.82	25.61	53.23
Gradex	8.59	153.88	175.81	248.28

Conclusion

La méthode adoptée est la méthode de Turazza car la formule tient en compte la morphologie des bassins versants, ainsi qu'aux précipitations reçues par les bassins.

Tableau III.47. Valeurs de débit de crue choisies

T (ans)	10	50	100	1000
BV ₂	23.30	33.97	39.04	56.62
BV ₃	153.57	223.88	257.26	373.13
BV ₄	4.93	7.18	8.26	11.98

III.9. Hydrogramme de crues (Sokolovsky)

La Méthode de Sokolovski assimile l'hydrogramme de crues à deux équations paraboliques, l'une pour la montée et l'autre pour la décrue.

- Pour la montée de la crue

$$Q_m = Q_{max} \left(\frac{t}{t_m} \right)^x \quad (\text{III.51})$$

- Pour la décrue :

$$Q_d = Q_{max} \left(\frac{t_d - t}{t_d} \right)^y \quad (\text{III.52})$$

Avec :

Q_m : débit instantané de la montée (m^3/s)

Q_d : débit instantané de la décrue (m^3/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 (m^3/s) ;

x, y : Puissance des courbes ;

$x=2$ pour la montée de la crue.

$Y=3$ pour la décrue.

Pour les crues d'averses, c'est à dire les crues engendrées par la pluie, cette méthode prend :

- $t_m = t_c$ (pour les petits bassins versants), avec t_c est le temps de concentration du bassin versant (heures).
- $t_d = \delta t_m$

Où

δ : coefficient de forme de l'hydrogramme de crue (δ : voir le Tableau III.48)

Tableau III.48. Coefficient de forme de l'hydrogramme de crue

Description du cours d'eau	Valeur de δ
Petits cours d'eau et vallons dans des bassins versants dénudés et faiblement perméables.	2,0 – 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.	3,0 – 4,0
Grands et moyens cours d'eau avec des terrasses de débordements étendues.	4,0 – 7,0

Tableau III.49. Caractéristiques de l'hydrogramme de crue du bassin versant BV₂

Période de retour	10	50	100	1000
Q_{max}	23.3	33.97	39.04	56.62
T_m	3.82	3.82	3.82	3.82
T_d	11.46	11.46	11.46	11.46
T_b	15	15	15	15

Tableau III.50. Caractéristiques de l'hydrogramme de crue du bassin versant BV₃

Période de retour	10	50	100	1000
Q_{max}	231.41	349.41	399.3	564.13
T_m	4.6	4.6	4.6	4.6
T_d	18.4	18.4	18.4	18.4
T_b	23	23	23	23

Tableau III.51. Caractéristiques de l'hydrogramme de crue du bassin versant BV₄

Période de retour	10	50	100	1000
Q_{max}	4.93	7.18	8.26	11.98
T_m	2.39	2.39	2.39	2.39
T_d	4.78	4.78	4.78	4.78
T_b	4.93	7	7	7

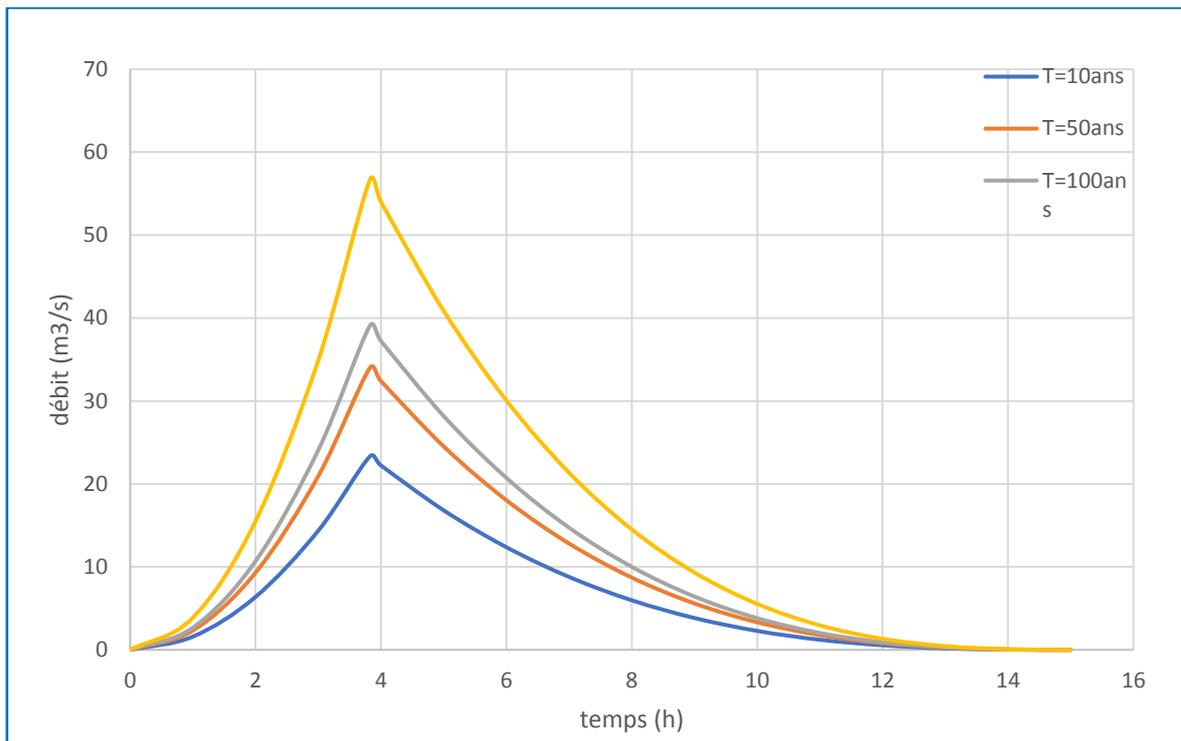


Figure III.15. Hydrogramme de crue du bassin versant BV₂

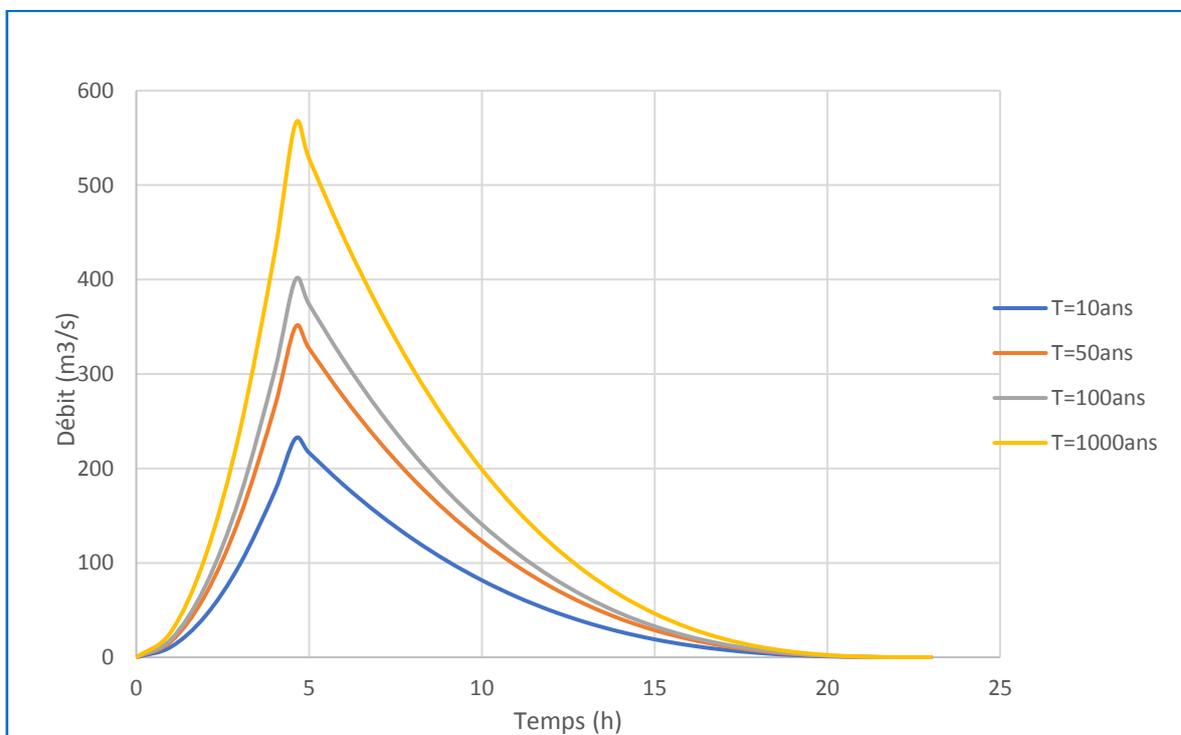


Figure III.16. Hydrogramme de crue du bassin versant BV₃

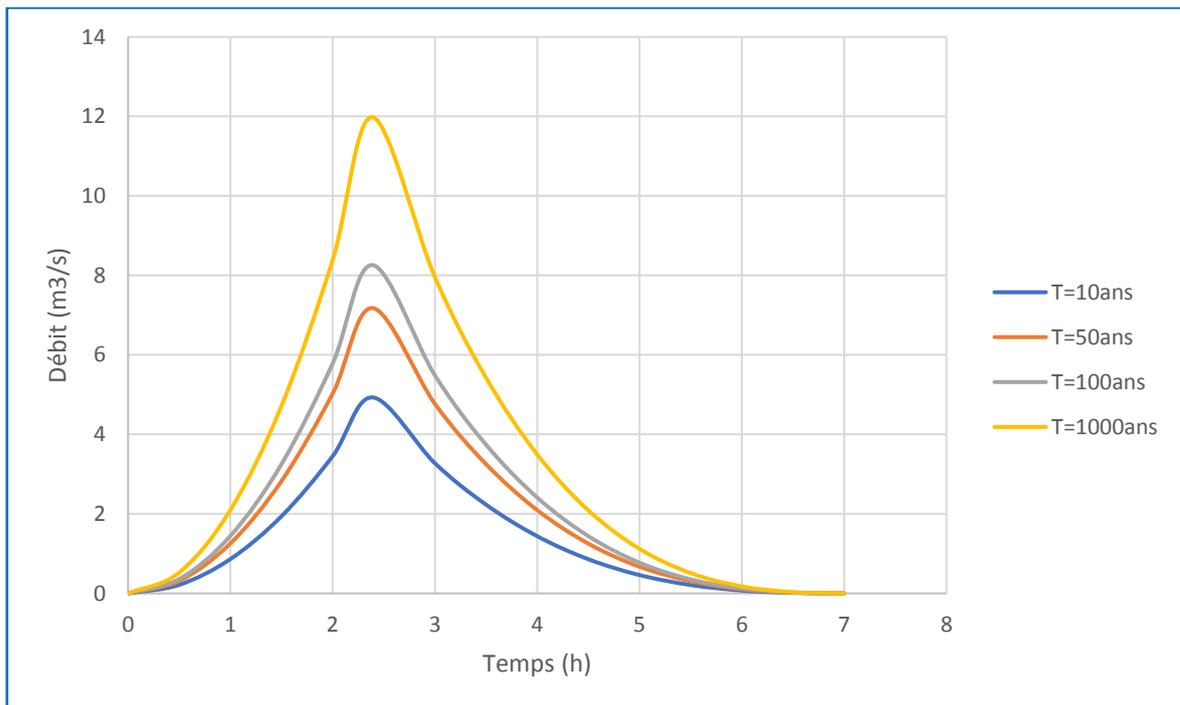


Figure III.17. Hydrogramme de crue du bassin versant BV₄.

III.10. Choix de la crue de projet :

La crue de projet est la crue maximale que l'ouvrage doit être capable d'évacuer pour une probabilité donnée. Alors que le choix de la crue de ce projet dépend, essentiellement, de l'importance de l'ouvrage à réaliser, des conséquences qui peuvent se produire à l'aval et des considérations technico-économiques liées à l'aménagement et à l'environnement.

Rappelons, que pour la détermination de la crue de projet, deux approches sont à notre disposition :

- L'approche déterministe qui est basée sur l'observation et l'historique.
- L'approche probabiliste qui est basée sur la statique.
- La précision entre le débit et la fréquence dépend essentiellement de la qualité et la quantité des données.
- La précision.
- La bonne estimation.

Autrement dit, il s'agit de chercher un compromis optimum entre l'aspect économique de la construction et les risques des crues à l'aval. Alors, pour son estimation, nous nous reportons aux recommandations du Comité Australien des Grands Barrages.

Tableau III.52. Crue de projet recommandée par le Comité Australien des Grands Barrages.

Catégories des dommages	Crue de projet recommandé de probabilité de dépassement annuelle
Elevés : - Perte de vie - Dommage considérable	1/100000 à 1/10000
Importants : - Pas de perte de vie - Dommages importants	1/10000 à 1/1000
Faibles ; - Pas de perte de vie - Dommages légers	1/1000 à 1/100

D'après le tableau III.52.

- Pour les bassins versant BV₂ et BV₃ : La crue de projet choisie est la crue centennale, la vérification des dimensions de l'ouvrage se fait par la crue millénaire (risque majeur).
- Pour le bassin versant BV₄, la crue de dimensionnement est la crue décennale, la vérification se fait par la crue cinquanteannales, (risque mineur).

Conclusion

L'étude des crues pour les fréquences de dimensionnement et de vérification, nous permet le dimensionnement de la section en travers de chaque canal, selon la forme géométrique choisie.

Chapitre IV : Etude de conception Des ouvrages

Introduction :

La conception de l'aménagement hydraulique nécessaire pour la protection de la ville de Taouzianet, consiste au choix des tracés en plan des canaux pour l'évacuation des débits fréquentiels des bassins versants. Le choix de la section en travers capable d'évacuer les débits de crue de différentes fréquences choisies.

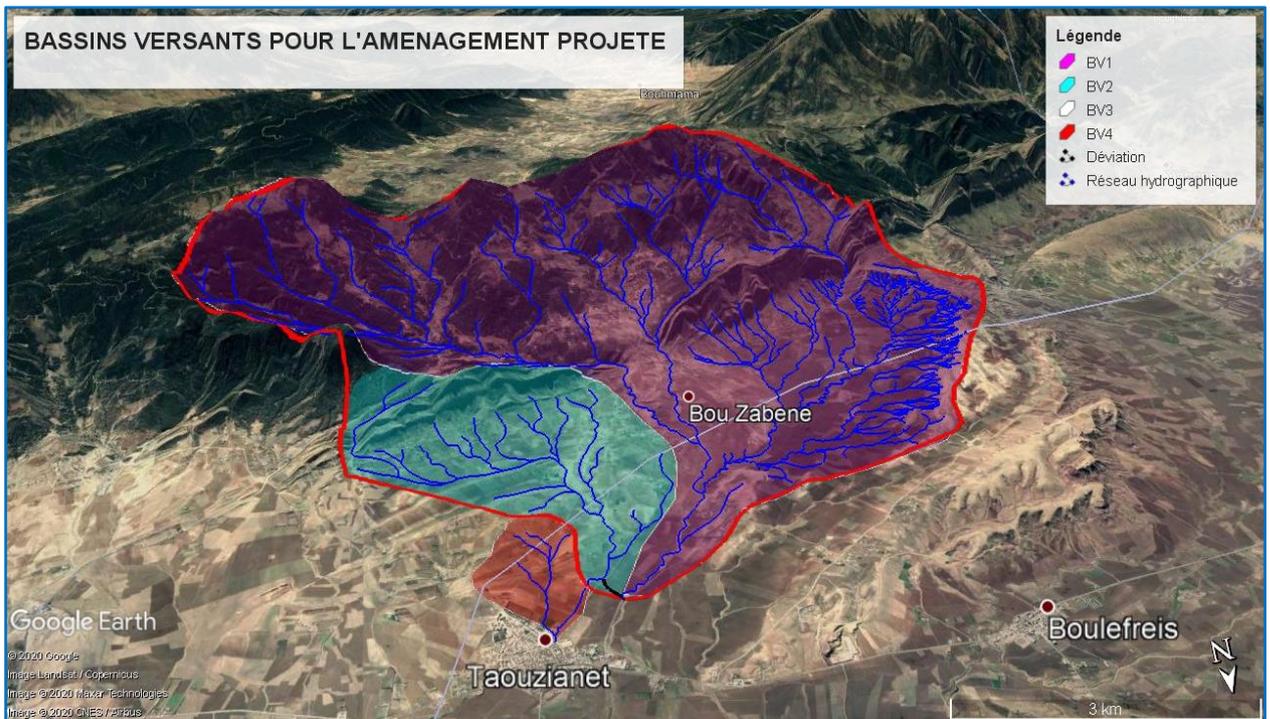


Figure IV.1 Bassins versants pour l'aménagement projeté (Google earth, 2020)

Le partage des bassins versants (voir chapitre hydrologique) dénommer BV₁, BV₂, BV₃, BV₄ sont drainés par des canaux comme suite :

- Le bassin versant BV₂, qui s'étend sur une superficie de 11.58 km² pour le dimensionnement du canal de drainage, dénommé canal B.
- Le bassin versant BV₃, qui s'étend sur une superficie de 86.34 km² pour le dimensionnement du canal C, de recalibrage de l'Oued Mlliyeh, constitué par le bassin versant BV₁ et le bassin versant BV₂.
- Le bassin versant BV₄, qui s'étend sur une superficie de 1.79 km², pour le dimensionnement du canal A, qui traverse la ville de Taouzié.

Débits des bassins versants

Tableau IV.1 Valeurs des débits de crue fréquentiels des bassins versants.

T (ans)	10	50	100	1000
BV ₂	23.30	33.97	39.04	56.62
BV ₃	153.57	223.88	257.26	373.13
BV ₄	4.93	7.18	8.26	11.98

IV.1. Implantation des axes

Sur la base du fond topographique établis pour le besoin de l'étude le long des tronçons des oueds à aménager, sur une bande de largeur moyenne de 50 m.

On réalise l'implantation des axes, pour la conception du cheminement des cours d'eau.

L'implantation des axes est définie par :

- Les coordonnées de points de changement de direction ;
- Les rayons de courbures ;
- Le kilométrage de l'axe de l'aménagement.

Tableau IV.2. Coordonnées des points de changement de direction du canal A.

N°	X	Y	Rayon de courbure (m)
0	300695.22	3930713.69	0
1	300942.33	3931197.11	160
2	301135.52	3931361.28	160
3	301190.19	3931452.70	0
4	301265.00	3931602.73	80
5	301582.67	3931647.35	0
6	301805.48	3931708.63	100
7	301983.08	3931934.01	50
8	302019.25	3932057.06	0
9	302043.91	3932140.53	50
10	302192.37	3932135.41	50
11	302264.59	3932227.36	0
12	302353.07	3932296.50	0
13	302483.71	3932343.12	100
14	302550.05	3932466.83	120
15	302644.12	3932544.76	0
F	302688.93	3932600.54	0

Tableau IV.3. Coordonnées de points de changement de direction du canal B

N°	X	Y	Rayon de courbure (m)
0	300531.40	3929330.93	0
1	300503.24	3929066.42	0
2	300496.04	3929078.98	0
3	300487.28	3929085.55	0
4	300465.86	3929119.19	80
5	300468.07	3929261.08	100
6	300511.29	3929395.91	80
7	300425.96	3929502.63	120
8	300297.17	3929556.13	40
9	300320.45	3929686.01	85
10	300200.92	3930909.94	60
11	300338.76	3930025.76	90
12	300270.16	3930188.66	90
13	300369.29	3930297.82	160
14	300412.21	3930490.03	160
15	300452.81	3930601.03	0
16	300557.97	3930828.13	160
F	300384.79	3931042.89	0

Tableau IV.4. Coordonnées de points de changement de direction du canal C.

N°	X	Y	Rayon de courbure (m)
0	300195.12	3930934.75	0
1	300199.73	3930997.87	55
2	300308.46	3930976.15	100
3	300374.67	3931020.67	50
4	300351.65	3931114.69	35
5	300715.54	3931788.70	60
6	300609.15	3931925.43	60
7	300756.94	3931984.41	120
8	300821.09	3932094.60	90
9	300739.21	3932337.73	140
F	300813.69	3932425.14	0

IV.2. Choix de la section type pour les différents canaux de l'aménagement projeté

Les différentes sections choisies pour la réalisation des canaux projetés, à savoir « canal A », « canal B », « canal C » se définissent comme suite :

- Canal A : les sections du tronçon du canal sont définies comme suit :
 - Tronçon A-1 : PK 00 ml -PK 844.53ml (l'entrée de la ville) : section trapézoïdale à ciel ouvert en béton armé.
 - Tronçon A-2 : PK 844.53 ml – PK 2244.46 ml : section rectangulaire fermée en béton armé.
 - Tronçon A-3 : PK 2244.46 ml – PK 2945.38 ml : section trapézoïdale à ciel ouvert en béton armé.
- Canal B : section trapézoïdale à ciel ouvert en béton armé protégée sur les rives par des sacs en gabion de dimension 1x1m.
- Canal C : section trapézoïdale à ciel ouvert en béton armé, sur les rives droite et gauche un parcours, protégé par des gardes corps de hauteur de 1m, qui sont nécessaires pour augmenter la sécurité contre le débordement en cas de crue exceptionnelle.

IV.3. Profil en long

Le profil en long dessiné selon l'axe du canal projeté (canal A, canal B, canal C), ou sera représenté la configuration longitudinale du terrain naturel en axe, rive droite et rive gauche, nous aide à dessiner le fond projeté pour le recalibrage de l'oued.

Canal A

Tableau IV.5. Caractéristiques du profil en long du canal A.

Canal	N°	Cote de début (m)	Cote de fin (m)	Longueur (m)	Pente (m/m)
A1	1	912.83	906.06	450	0.015
	2	906.06	902.56	394.53	0.0089
A2	3	902.56	896.24	1162.11	0.0054
	4	896.24	894.63	237.82	0.0067
A3	5	894.63	890.01	700.92	0.0066

Canal B

Tableau IV.6. Caractéristiques du profil en long du canal B.

N°	Cote de début (m)	Cote de fin (m)	Longueur (m)	Pente (m/m)
1	936.10	932.87	116.04	0.0278
2	932.87	923.49	483.96	0.0194
3	923.49	914.47	1342.63	0.0067
4	914.47	910.25	367.24	0.0115

Canal C

Tableau IV.7. Caractéristiques du profil en long du canal C.

N°	Cote de début (m)	Cote de fin (m)	Longueur (m)	Pente (m/m)
1	911.77	909.04	271.06	0.0094
2	909.04	905.13	378.90	0.0109
3	905.13	900.46	551.42	0.0081
4	900.46	898.58	232.98	0.0081
5	898.58	897.55	387.98	0.0032

IV.4. Calcul hydraulique et dimensionnement des sections types des canaux projetés

Le calcul hydraulique pour le dimensionnement de la section en travers choisies se base sur les paramètres suivants :

1. Débit de crue fréquentiel

Canal A :

- Le débit de dimensionnement $Q_{10\text{ans}} = 4.93 \text{ m}^3/\text{s}$,
- Débit de vérification $Q_{50\text{ans}} = 7.18 \text{ m}^3/\text{s}$

Canal B :

- Le débit de dimensionnement $Q_{100\text{ans}} = 39.04 \text{ m}^3/\text{s}$,
- Débit de vérification $Q_{1000\text{ans}} = 56.62 \text{ m}^3/\text{s}$

Canal C :

- Le débit de dimensionnement $Q_{100\text{ans}} = 257.26 \text{ m}^3/\text{s}$,
- Débit de vérification $Q_{1000\text{ans}} = 373.13 \text{ m}^3/\text{s}$

2. Pente longitudinale pour les différents tronçons des canaux (voir les tableaux IV.5, IV.6, IV.7)

IV.4.2. Dimensionnement des canaux :

La formule de calcul pour un écoulement permanent uniforme à surface libre.

Formule de Manning-Strickler:

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

Où :

K_s : coefficient de rugosité de Strickler

S : surface de la section du canal

R_h : le rayon hydraulique (m). $R_h = \frac{S}{P}$.

P : périmètre de la section du canal.

I : la pente du radier.

Chapitre IV : Etude de conception des ouvrages

Calcul hydraulique canal A :

Tableau IV.8. Types d'aménagement pour le canal A.

Canal A: (PK 00.00 ML-PK 2945.38 ML)		
Canal A1	PK 0.00 ML-PK 844.53 ML	Section de forme Trapézoïdale.
Canal A2	PK 844.53 ML-PK 2244.46ML	Section de forme rectangulaire fermée
Canal A3	PK 2244.46 ML-PK 2945.38 ML	Section de forme Trapézoïdale.

Canal A1 (PK 0.00 ML-PK 844.53 ML):

- Section de forme Trapézoïdale.
- Débit de dimensionnement $Q \% = 4.93 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Débit de vérification $Q \% = 7.18 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Base du canal $b = 1.5 \text{ m}$, $h=1\text{m}$ et $m=1/1$.
- Coefficient de Manning $n= 0.013$

Tableau IV.9. Calcul hydraulique du canal A1 pour différents tronçons (crue de dimensionnement).

Données						Résultats de calculs							
						Géométrique				Hydraulique			
$Q_{10\text{ans}}$	m	K_s	b	h	Pente	L_m	P_m	S_m	R_h	V	F_r	H_c	H_n
4.93	1	75	1.5	1	0.015	3.5	4.32	2.5	0.57	1.97	0.74	0.84	0.52
	1	75	1.5	1	0.0089	3.5	4.32	2.5	0.57	1.97	0.74	0.84	0.60

Tableau IV.10. Calcul hydraulique du canal A1 pour différents tronçons (crue de vérification).

Données						Résultats							
						Géométrique				Hydraulique			
$Q_{50\text{ans}}$	m	K_s	b	h	Pente	L_m	P_m	S_m	R_h	V	F_r	H_c	H_n
7.18	1	75	1.5	1	0.015	3.5	4.32	2.5	0.57	2.87	1.08	1.04	0.85
	1	75	1.5	1	0.0089	3.5	4.32	2.5	0.57	2.87	1.08	1.04	0.75

Chapitre IV : Etude de conception des ouvrages

Canal A2 (PK 844.53 ML-PK 2244.46ML):

- Section de forme Rectangulaire fermée.
- Débit de dimensionnement $Q = 4.93 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Débit de vérification $Q = 7.18 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Base du canal $b = 1.5 \text{ m}$, $h = 1.5 \text{ m}$.
- Coefficient de Manning $n = 0.013$

Tableau IV.11. Calcul hydraulique du canal A2 pour différents tronçons (crue de dimensionnement).

Données					Résultats de calculs							
					Géométrique				Hydraulique			
$Q_{10\text{ans}}$	K_s	b	h	Pente	L_m	P_m	S_m	R_h	V	F_r	H_c	H_n
4.93	75	1.5	1.5	0.0054	1.5	4.5	2.25	0.5	2.19	0.57	1.03	1.03
	75	1.5	1.5	0.0067	1.5	4.5	2.25	0.5	2.19	0.57	1.03	0.95

Tableau IV.12. Calcul hydraulique du canal A2 pour différents tronçons (crue de vérification).

Données					Résultats de calculs							
					Géométrique				Hydraulique			
$Q_{50\text{ans}}$	K_s	b	h	Pente	L_m	P_m	S_m	R_h	V	F_r	H_c	H_n
7.18	75	1.5	1.5	0.0054	1.5	4.5	2.25	0.5	3.19	0.83	1.32	1.40
	75	1.5	1.5	0.0067	1.5	4.5	2.25	0.5	3.19	0.83	1.32	1.28

Canal A3 (PK 2244.46 ML-PK 2945.38 ML):

- Section de forme Trapézoïdale.
- Débit de dimensionnement $Q \% = 4.93 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Débit de vérification $Q \% = 7.18 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Base du canal $b = 1.5 \text{ m}$, $h=1\text{m}$ et $m=1/1$.
- Coefficient de Manning $n = 0.013$.

Chapitre IV : Etude de conception des ouvrages

Tableau IV.13. Calcul hydraulique du canal A3 pour différents tronçons (crue de dimensionnement).

Données						Résultats de calculs							
						Géométrique				Hydraulique			
Q _{10ans}	m	Ks	b	h	Pente	L _m	P _m	S _m	R _h	V	F _r	H _c	H _n
4.93	1	75	1.5	1	0.0066	3.5	4.32	2.5	0.57	1.97	0.74	0.84	0.66

Tableau IV.14. Calcul hydraulique du canal A3 pour différents tronçons (crue de vérification).

Données						Résultats de calculs							
						Géométrique				Hydraulique			
Q _{50ans}	m	Ks	b	h	Pente	L _m	P _m	S _m	R _h	V	F _r	H _c	H _n
7.18	1	75	1.5	1	0.0066	3.5	4.32	2.5	0.57	2.87	1.08	1.04	0.81

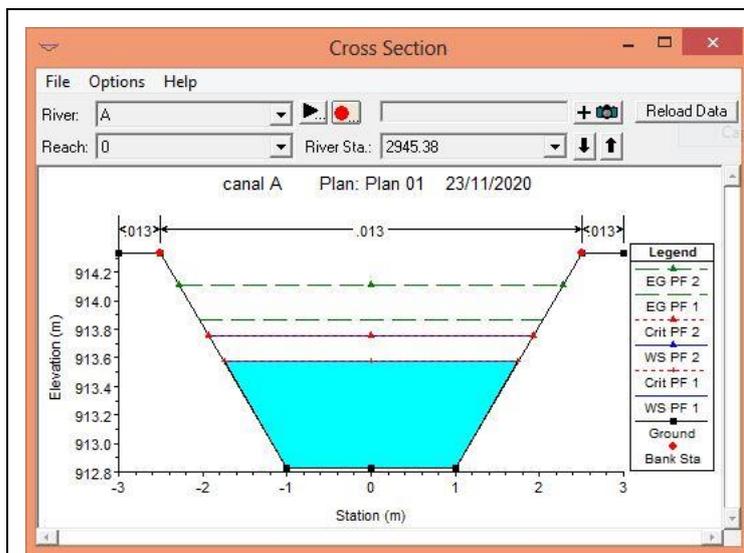


Figure IV.2. Section hydraulique canal A1 tronçon 1

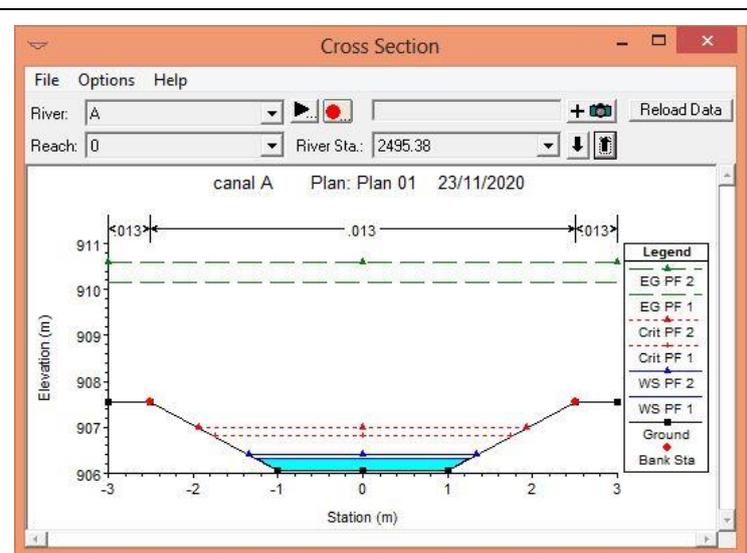


Figure IV.3. Section hydraulique canal A1 tronçon 2

Chapitre IV : Etude de conception des ouvrages

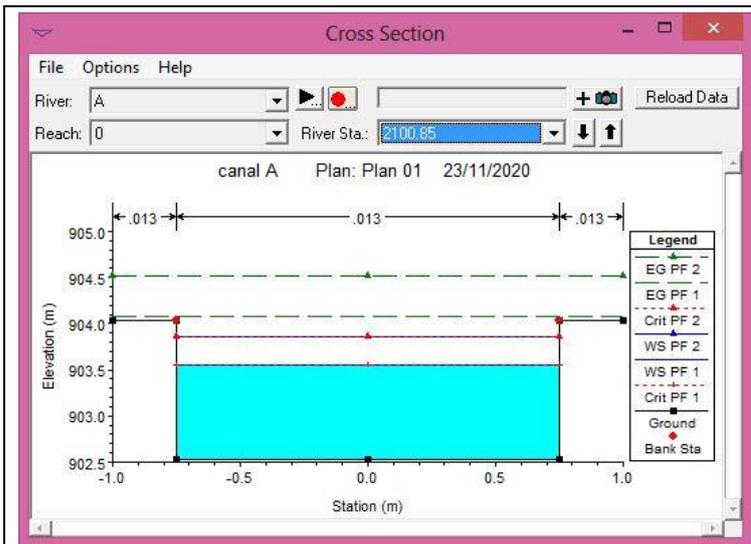


Figure IV.4. Section hydraulique canal A2 tronçon 3

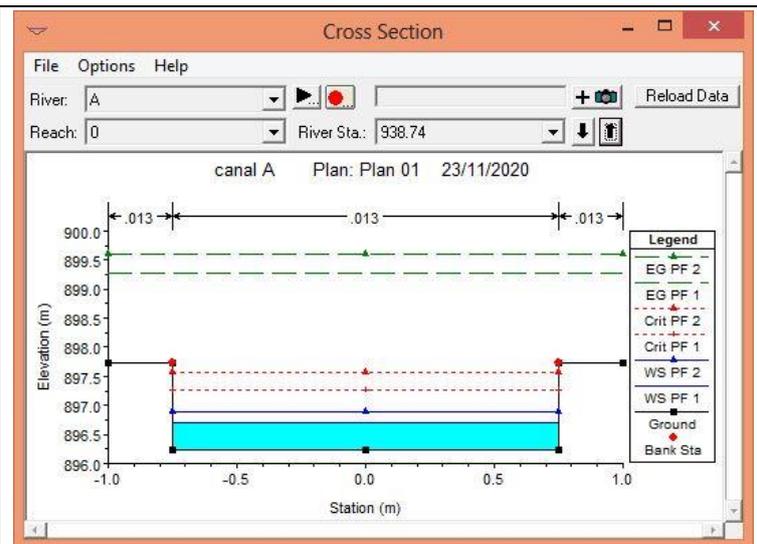


Figure IV.5. Section hydraulique canal A2 tronçon 4

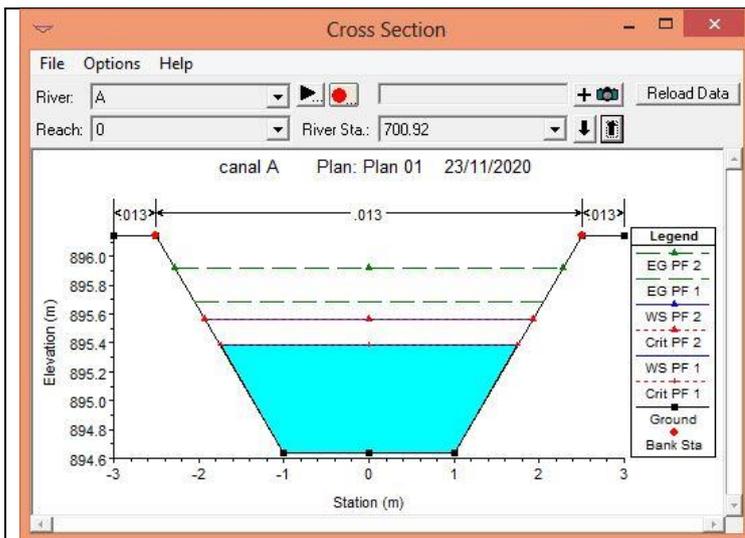


Figure IV.6. Section hydraulique canal A3 tronçon 5

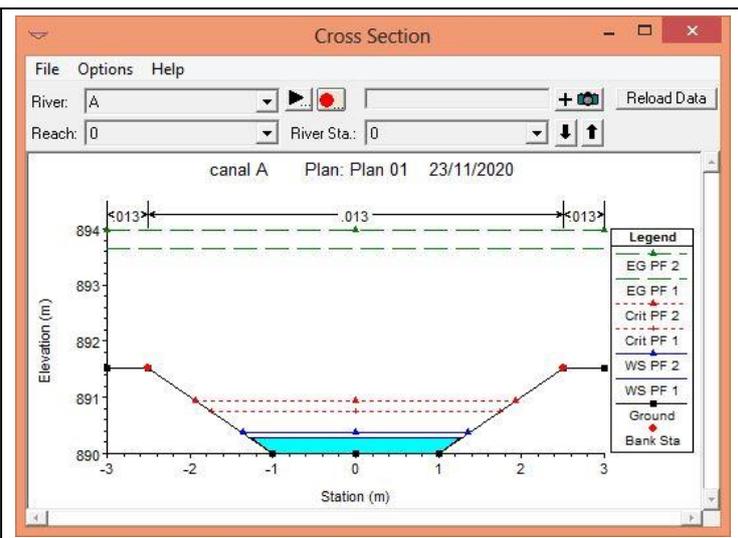


Figure IV.7. Section hydraulique canal A3 tronçon 5

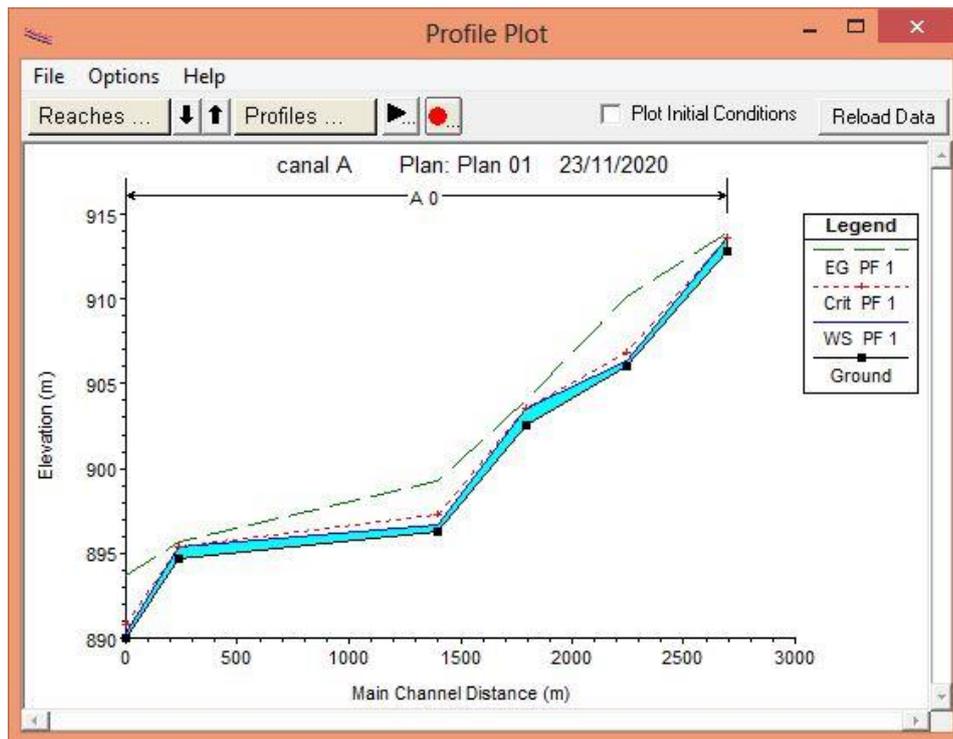


Figure IV.8. Profil de la ligne d'eau canal A

IV.4.4. Calcul hydraulique canal B

- Section de forme trapézoïdale.
- Débit centennale $Q_{100} = 39.04 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Débit millénaire $Q_{1000} = 56.62 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Base du canal $b = 4 \text{ m}$, $h = 1.5 \text{ m}$ et $m = 1/1$

Tableau IV.15. Calcul hydraulique canal B pour le débit de dimensionnement.

Données						Résultats de calculs							
						Géométrique				Hydraulique			
$Q_{100\text{ans}}$	m	Ks	b	h	Pente	L_m	P_m	S_m	R_h	V	F_r	H_c	H_n
39.04	1	75	4	1.5	0.0278	7	8.24	8.25	1	4.73	1.39	1.81	0.85
	1	75	4	1.5	0.0194	7	8.24	8.25	1	4.73	1.39	1.81	0.95
	1	75	4	1.5	0.0067	7	8.24	8.25	1	4.73	1.39	1.81	1.29
	1	75	4	1.5	0.0115	7	8.24	8.25	1	4.73	1.39	1.81	1.10

Chapitre IV : Etude de conception des ouvrages

Tableau IV.16. Calcul hydraulique canal B pour le débit de vérification.

Données						Résultats de calculs							
						Géométrique				Hydraulique			
Q _{1000ans}	m	Ks	b	h	Pente	L _m	P _m	S _m	R _h	V	F _r	H _c	H _n
56.62	1	75	4	1.5	0.0278	7	8.24	8.25	1	6.86	2.01	2.24	1.06
	1	75	4	1.5	0.0194	7	8.24	8.25	1	6.86	2.01	2.24	1.18
	1	75	4	1.5	0.0067	7	8.24	8.25	1	6.86	2.01	2.24	1.59
	1	75	4	1.5	0.0115	7	8.24	8.25	1	6.86	2.01	2.24	1.37

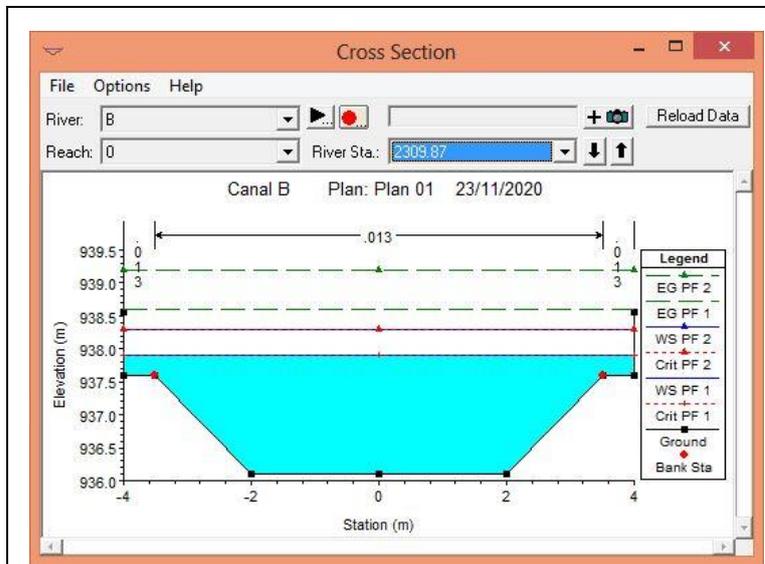


Figure IV.9. Section hydraulique canal B tronçon 1

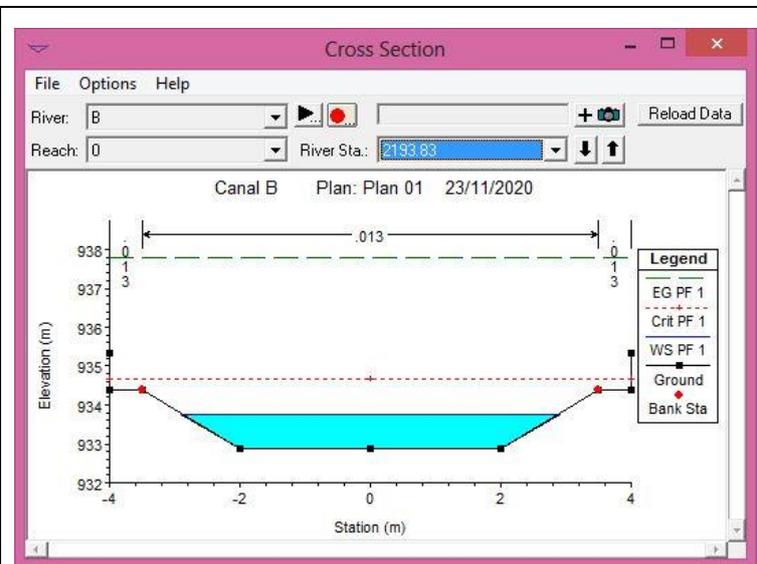


Figure IV.10. Section hydraulique canal B tronçon 2

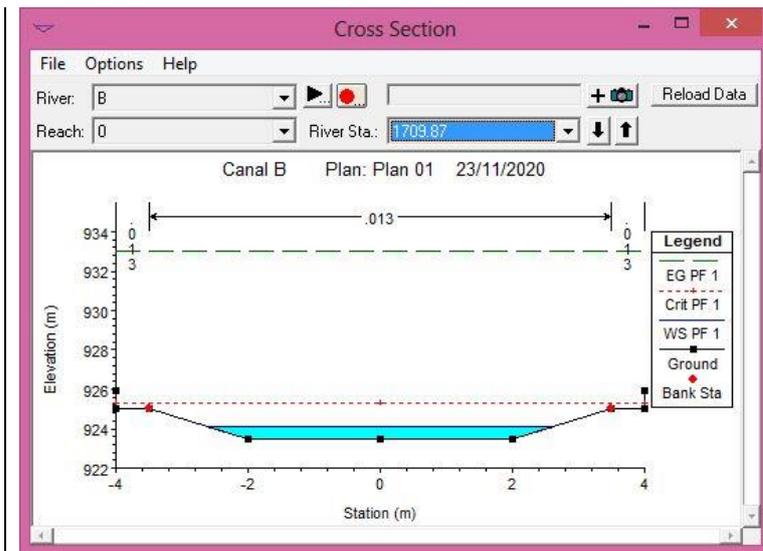


Figure IV.11. Section hydraulique canal B tronçon 3

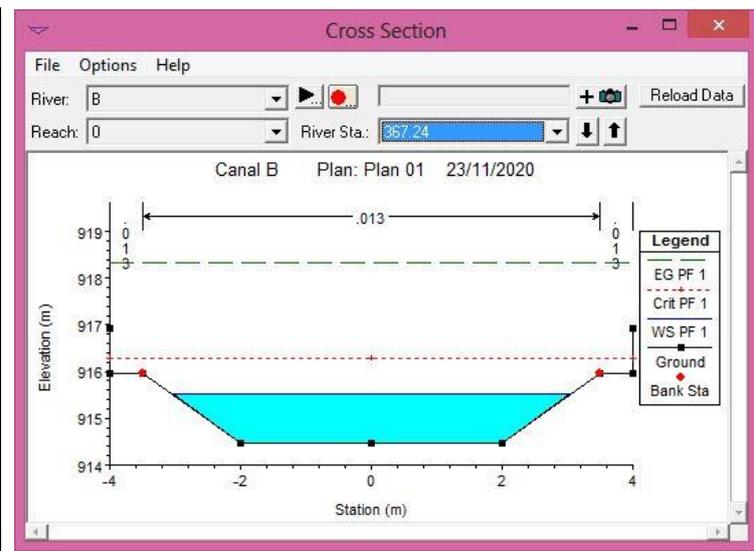


Figure IV.12. Section hydraulique canal B tronçon 4

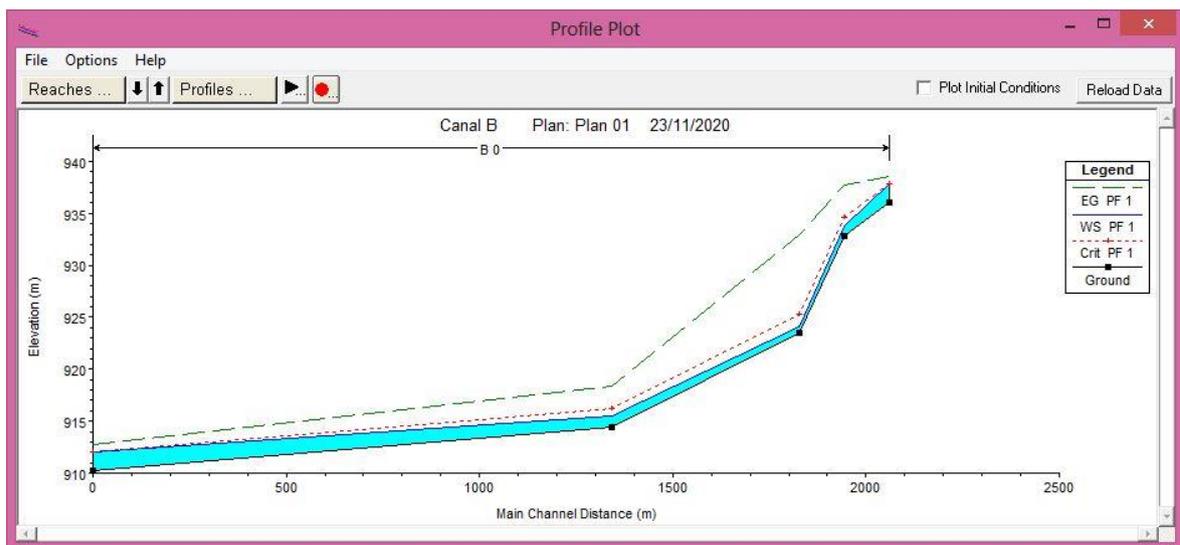


Figure IV.13. Profil de la ligne d'eau canal B

IV.4.6. Calcul hydraulique canal C

- Section de forme trapézoïdale.
- Débit centennale $Q = 257.26 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Débit milléniale $Q = 373.13 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Base du canal $b = 4 \text{ m}$, $h = 1.5 \text{ m}$ et $m = 1/1$
- Coefficient de Manning $n = 0.013$

Tableau IV.17. Calcul hydraulique canal C pour le débit de dimensionnement.

Données						Résultats de calculs							
						Géométrique				Hydraulique			
Q _{100ans}	m	Ks	b	h	Pente	L _m	P _m	S _m	R _h	V	Fr	H _c	H _n
257.26	1	75	8	3.5	0.0094	15	17.89	40.25	2.24	6.39	1.24	3.97	2.39
	1	75	8	3.5	0.0109	15	17.89	40.25	2.24	6.39	1.24	3.97	2.30
	1	75	8	3.5	0.0081	15	17.89	40.25	2.24	6.39	1.24	3.97	2.50
	1	75	8	3.5	0.0081	15	17.89	40.25	2.24	6.39	1.24	3.97	2.50
	1	75	8	3.5	0.0032	15	17.89	40.25	2.24	6.39	1.24	3.97	3.25

Tableau IV.18. Calcul hydraulique canal C pour le débit de vérification.

Données						Résultats de calculs							
						Géométrique				Hydraulique			
Q _{1000ans}	m	Ks	b	h	Pente	L _m	P _m	S _m	R _h	V	Fr	H _c	H _n
373.13	1	75	8	3.5	0.0094	15	17.89	40.25	2.24	9.27	1.80	4.90	2.96
	1	75	8	3.5	0.0109	15	17.89	40.25	2.24	9.27	1.80	4.90	2.84
	1	75	8	3.5	0.0081	15	17.89	40.25	2.24	9.27	1.80	4.90	3.09
	1	75	8	3.5	0.0081	15	17.89	40.25	2.24	9.27	1.80	4.90	3.09
	1	75	8	3.5	0.0032	15	17.89	40.25	2.24	9.27	1.80	4.90	3.99

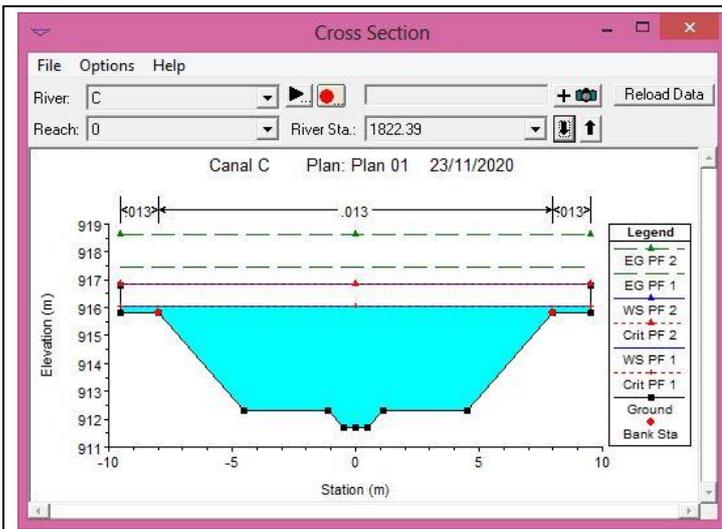


Figure IV.14. Section hydraulique canal C tronçon 1

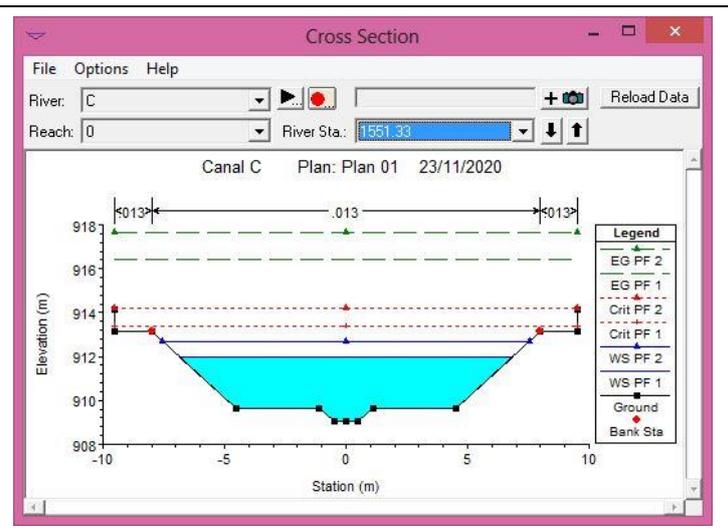


Figure IV.15. Section hydraulique canal C tronçon 2

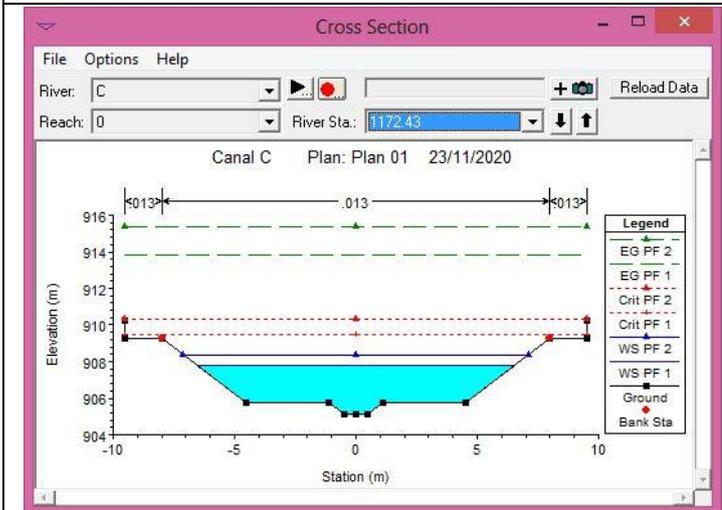


Figure IV.16. Section hydraulique canal C tronçon 3

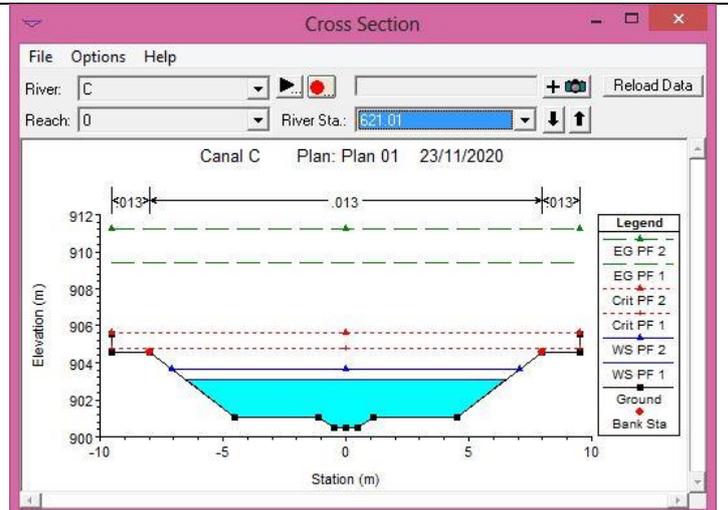


Figure IV.17. Section hydraulique canal C tronçon 4

Chapitre IV : Etude de conception des ouvrages

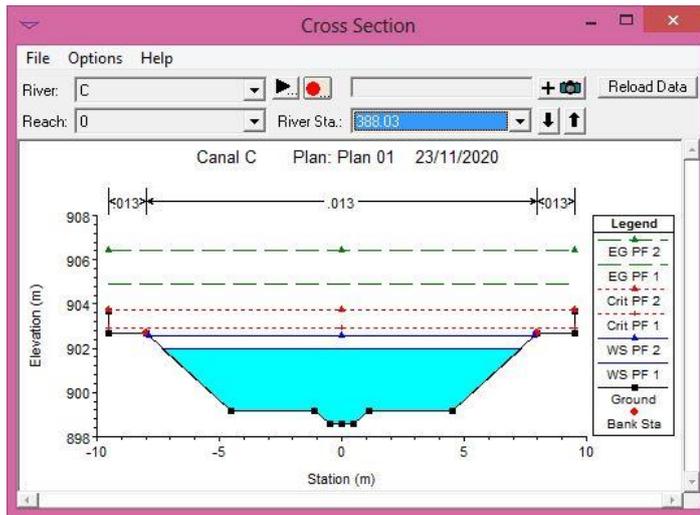


Figure IV.18. Section hydraulique canal B tronçon 5

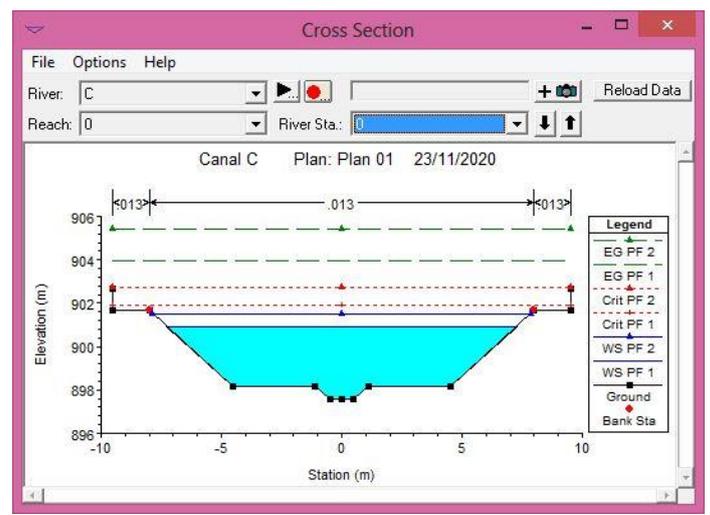


Figure IV.19. Section hydraulique canal B tronçon 5

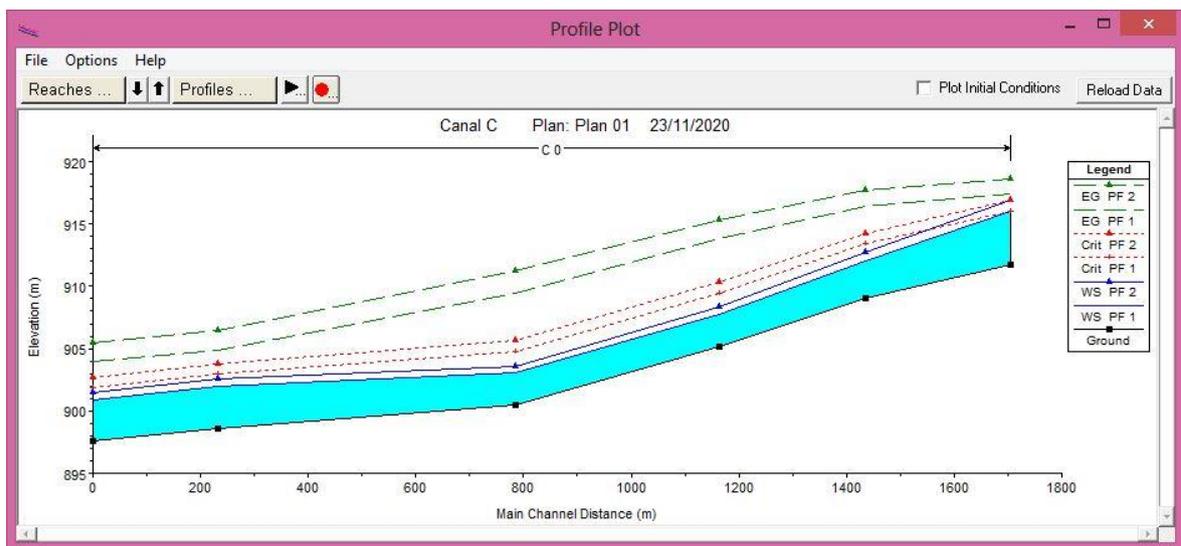


Figure IV.20. Profil de la ligne d'eau canal C

IV.5. Vue en plan de l'aménagement

IV.5.1. Localisation des ouvrages en ligne

Canal A

- Changement de section (trapézoïdale à ciel ouvert en section rectangulaire fermée) au point PK 844.53 ML.
- Changement de section (rectangulaire fermée en section trapézoïdale à ciel ouvert) au point PK 2244.46 ML
- Fin d'aménagement du canal A au point PK 2945.38 ML.

Canal B

- Réalisation d'un dalot au point PK 1942.63 ML de cote de fond $\nabla = 914.47$ m

Canal C

- Pont Bahlouli (existant) situé au point PK 271.19 ML, cote de fond $\nabla = 909.04$ m
- Pont SEROEST (existant) se situe au point PK 1201.42 ML, cote de fond $\nabla = 900.46$ m
- Pont en travers la route nationale RN88 (existant) se situe au point PK 1434.40 ML, Cote de fond $\nabla = 898.58$ m

Conclusion

Dans ce chapitre on a pu dimensionner à l'aide des débits d'écoulement déterminés par les calculs hydrologiques, et de concevoir les ouvrages d'évacuation nécessaires à la protection contre le risque des inondations.

À la lumière des calculs hydrauliques effectués, l'aménagement proposé s'avère opportun et pouvant évacuer en toute sécurité les eaux qui proviennent des bassins versants existants situés à l'amont de la ville de Taouzient.

Cependant, une évaluation par un devis estimatif des travaux de l'aménagement s'avère nécessaire. Cette évaluation permet aussi de définir le quantitatif des matériaux et travaux pour réaliser cet aménagement et de mesurer l'aspect technico-économique du projet en question.

Chapitre V : Etude technico- Économique

Introduction

Ce chapitre consiste à l'évaluation du cout de l'aménagement proposé, pour la protection de la ville de Taouzianet.

V.1. Travaux de terrassement

Les travaux de terrassements, sont les travaux des déblais et les travaux de remblais, à réaliser le long du canal, en fonction des dimensions de la section en travers calculée.

- Canal A

Tableau V.1. Estimation des volumes de remblais et de déblais pour le canal A

	L (m)	S déblais (m ²)	V déblais (m ³)	S remblais (m ²)	V remblais (m ³)
A1	844.56	5.76	4864.66	1.01	853
A2	1399.92	20.74	29034.34	17.03	23840.63
A3	700.89	5.76	4037.12	1.01	707.89

Total déblais = 37936.12 m³

Total remblais = 25401.52 m³

- Canal B

Tableau V.2. Estimation des volumes de remblais et de déblais pour le canal B.

	L (m)	S déblais (m ²)	V déblais (m ³)	S remblais (m ²)	V remblais (m ³)
B	2309.87	18.32	42316.81	1.82	4203.96

- Canal C

Tableau V.3. Estimation des volumes de remblais et de déblais pour le canal C.

	L (m)	S déblais (m ²)	V déblais (m ³)	S remblais (m ²)	V remblais (m ³)
C	1822.39	58.39	106409.35	3.73	6797.51

V.2. Variante N°01

Les différentes sections choisies pour la réalisation des canaux projetés, à savoir « canal A », « canal B », « canal C » se définissent comme suite :

- Canal A : les sections du tronçon du canal sont définies comme suit :
 - Tronçon A-1 : PK 00 ml -PK 844.53ml (l'entrée de la ville) : section trapézoïdale à ciel ouvert en béton armé.
 - Tronçon A-2 : PK 844.53 ml – PK 2244.46 ml : section rectangulaire fermée en béton armé.
 - Tronçon A-3 : PK 2244.46 ml – PK 2945.38 ml : section trapézoïdale à ciel ouvert en béton armé.
- Canal B : section trapézoïdale à ciel ouvert en béton armé protégée sur les rives par des sacs en gabion de dimension 1x1m.
- Canal C : section trapézoïdale à ciel ouvert en béton armé, sur les rives droite et gauche un parcours, protégé par des gardes corps de hauteur de 1m, qui sont nécessaires pour augmenter la sécurité contre le débordement en cas de crue exceptionnelle.

Tableau V.4. Estimation des volumes de béton de propreté et de béton armé du projet.

Canal	L (m)	Béton de propreté		Béton armé	
		S propreté	V propreté (m ³)	S BA	V BA (m ³)
A1	844.56	0.2761	233.183	0.8293	700.393
A2	1399.92	0.105	146.991	1.4224	1991.246
A3	700.89	0.2761	193.515	0.8293	581.248
B	2309.87	0.5721	1321.47	1.8064	4172.549
C	1822.39	2.4636	4489.64	7.333	13363.585

V.2.1. Badigeonnage en flintkote :

Cette opération se réalise sur les parois extérieures de la section rectangulaire fermée en contact avec le sol.

Tableau V.5. Calcul de la surface concernée par le badigeonnage en flintkote.

	L (m)	Périmètre extérieur (m)	Surface à badigeonner (m ²)
A2	1399.92	5.7	7979.54

Chapitre V : Etude de technico-économique

V.2.2 Evaluation du cout du projet :

Evaluation du cout du projet, après le calcul quantitatif des différents travaux à réaliser, l'estimation financière du projet de réalisation à partir des prix unitaires proposés.

Canal A

Tableau V.6. Estimation du cout du canal A.

Canal A			
Opération	Quantité	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)
Déblais (m³)	37936.12	250	9 484 030
Remblai (m³)	25401.52	450	11 430 684
Béton de propreté (m³)	573.689	8000	4 589 512
Béton armé (m³)	3272.887	45000	147 279 915
Badigeonnage en flintkote (m²)	7979.54	150	1 196 931
Total hors taxes- DA-			173 981 072
Taux de taxe (19%) - DA-			33 056 403.7
Total toutes taxes comprises- DA-			207 037 476

Canal B

Tableau V. 7. Estimation du cout du canal B.

Canal B			
Opération	Quantité	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)
Déblais (m³)	42316.81	250	10 579 202.5
Remblai (m³)	4203.96	450	1 891 782
Béton de propreté (m³)	1321.47	8000	10 571 760
Béton armé (m³)	4172.549	45000	187 764 705
Gabionnage (m³)	4620	150	693 000
Total hors taxes -DA-			211 500 449.5
Taux de taxe (19%) -DA-			40 185 085.41
Total toutes taxes comprises -DA-			251 685 534.9

Canal C

Tableau V.8. Estimation du cout du canal C.

Canal C			
Opération	Quantité	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)
Déblais (m³)	106409.35	250	26 602 337.5
Remblai (m³)	6797.51	450	3 058 879.5
Béton de propreté (m³)	4489.64	8000	35 917 120
Béton armé (m³)	13363.585	45000	601 361 325
Total hors taxes -DA-			666 939 662
Taux de taxe (19%) -DA-			126 718 536
Total toutes taxes comprises -DA-			793 658 198

Tableau V.9. Cout total du projet pour la variante N°01.

Désignation	Cout en TTC (DA)
Canal A	207 037 476
Canal B	251 685 534.9
Canal C	793 658 198
Total projet en TTC (DA)	1 252 381 208

Le cout du projet en chiffre pour la variante N°01 : 1 252 381 208 dinars algériens.

Le cout du projet en lettres : un milliard, deux cent cinquante-deux millions, trois cent quatre-vingt et un mille et deux cent huit dinars algériens.

V3. Variante N°02

Les différentes sections choisies pour la réalisation des canaux projetés, à savoir « canal A », « canal B », « canal C » se définissent comme suite :

- Canal A : les sections du tronçon du canal sont définies comme suit :
 - Tronçon A-1 : PK 00 ml -PK 844.53ml (l'entrée de la ville) : section trapézoïdale à ciel ouvert en matelas Reno.
 - Tronçon A-2 : PK 844.53 ml – PK 2244.46 ml : section rectangulaire fermée en béton armé.
 - Tronçon A-3 : PK 2244.46 ml – PK 2945.38 ml : section trapézoïdale à ciel ouvert en matelas Reno.
- Canal B : section trapézoïdale à ciel ouvert en Matelas Reno protégée sur les rives par des sacs en gabion de dimension 1x1m.
- Canal C : section trapézoïdale à ciel ouvert en béton armé, sur les rives droite et gauche un parcours, protégé par des gardes corps de hauteur de 1m, qui sont nécessaires pour augmenter la sécurité contre le débordement en cas de crue exceptionnelle.

V.3.1. Estimation du cout du projet

Tableau V.10. Estimation du cout du canal A1.

Canal A1			
Désignation	Quantité (m³)	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)
Déblais	4864.66	250	1 216 165
Remblais	853	450	383 850
Gravier	500.65	1600	801 040
Matelas Reno	1502.04	8500	12 767 340
Total hors taxes -DA-			15 168 395
Taux de taxe (19%) -DA-			2 881 995.05
Total toutes taxes comprises -DA-			18 050 390.05

Chapitre V : Etude de technico-économique

Tableau V.11. Estimation du cout du canal A2.

Canal A2			
Désignation	Quantité (m³)	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)
Déblais	29034.34	250	7 258 585
Remblais	23840.63	450	10 728 283.5
Béton de propreté	146.991	8000	1 175 928
Béton armé	1991.246	45000	89 606 070
Badigeonnage en flintkote	7979.54	150	1 196 931
Total hors taxes -DA-			109 965 798
Taux de taxe (19%) -DA-			20 893 501.5
Total toutes taxes comprises -DA-			130 859 299

Tableau V.12. Estimation du cout du canal A3.

Canal A3			
Désignation	Quantité (m³)	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)
Déblais	4037.12	250	1 009 280
Remblais	707.89	450	318 550.5
Gravier	415.48	1600	664 768
Matelas Reno	1246.53	8500	10 595 505
Total hors taxes -DA-			12 588 103.5
Taux de taxe (19%) -DA-			2 391 739.67
Total toutes taxes comprises -DA-			14 979 843.2

Tableau V.13. Estimation du cout du canal B.

Canal B			
Désignation	Quantité (m³)	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)
Déblais	42316.81	250	10 579 202.5
Remblais	4203.96	450	1 891 782
Gravier	2735.34	1600	4 376 544
Matelas Reno	6820.35	8500	57 972 975
Gabion	4620	150	693 000
Total hors taxes -DA-			75 513 503.5
Taux de taxe (19%) -DA-			14 347 565.7
Total toutes taxes comprises -DA-			89 861 069.2

Cout du canal C (**Tableau V.8**)

Tableau V.14. Estimation du cout du projet pour la variante N°02.

Canal	Prix total (DA)
A1	18050390.1
A2	130859299
A3	14979843.2
B	89861069.2
C	793658198
Total projet TTC (DA)	1 047 408 799

Le cout du projet en chiffre pour la variante N°02 : 1 047 408 799 dinars algériens.

Le cout du projet en lettres : un milliard, quarante-sept millions, quatre cent huit mille et sept cent quatre-vingt-dix neuf dinars algériens.

Conclusion

Suite à l'étude technico-économique des variantes, on opte pour la variante N°01, car le béton assure plus de sécurité et de propreté en comparaison au matelas Reno.

Chapitre VI : Etude d'Impact sur l'Environnement (EIE)

Introduction

L'étude d'impact sur l'environnement est un document scientifique et une procédure juridique d'évaluation des effets dus à certaines activités et projets de l'homme sur l'environnement. Elle est aussi une politique et un instrument de gestion dans le cadre des projets et des prises de décisions.

En tant qu'instrument scientifique, elle permet d'identifier, de prévoir et d'évaluer les conséquences dommageables sur l'environnement des projets de développement, et de construction.

L'étude d'impact désigne à la fois une démarche et un dossier réglementaire. D'une part, c'est une réflexion approfondie sur l'impact d'un projet sur l'environnement conduite par le maître d'ouvrage au même titre qu'il étudie la faisabilité technique et économique dedit projet. D'autre part, c'est un document qui s'expose notamment à l'intention de l'autorité qui délivre l'autorisation de l'exécution du projet.

La présente étude d'impact du projet d'aménagement des oueds Mazdour et Mllyeh au niveau du tissu urbain de la commune de Taouzianet, l'étude d'impact de ce projet répond aux exigences réglementaires prévues par le décret relatif aux études d'impact et le décret relatif aux installations classées et fixant leur nomenclature.

Outre la conformité réglementaire nationale, le promoteur souhaite se doter d'outils de gestion de l'environnement répondant aux critères internationaux dès le démarrage des travaux.

Le contexte de réalisation de cette étude :

- La mise en place d'un dispositif de sécurité et de minimisation des risques technologiques.
- Le respect strict de consignes de sécurité des personnes et des biens.

VI.1. Textes régissant les études d'impact sur l'environnement

Les textes régissant les études d'impacts sur l'environnement, ne sont pas spécifiques à l'aménagement des oueds au niveau du tissu urbain. Il faut les rechercher dans différents textes qui ont des rapports aussi bien sur les impacts, les effets, temporaires ou permanents de chantiers avec les modifications apportées, ou les nuisances. Ainsi le projet de l'aménagement des oueds Mazdour et Mllyeh au niveau du tissu urbain se compose de plusieurs projets imbriqués pouvant entraîner : la modification des terrains, la modification des paysages,

- Les nuisances temporaires sur le voisinage,
- Les nuisances permanentes, relatives à la circulation routière une fois les voies ouvertes à la circulation.

VI.2. Contenu de l'étude d'impact

L'étude d'impact, conformément au contenu réglementaire, est composée des chapitres suivants :

- Analyse de l'état initial du site et de son environnement (historique du site, géologie, hydrogéologie, hydrologie, climatologie, faune et flore, environnement du site, occupation et utilisation des sols etc).
- Nature et raisons pour lesquelles le projet est retenu.
- Description du projet : analyse des composantes du projet, étapes de mise en œuvre, identification des sources de pollution, des nuisances occasionnées, identification des impacts potentiels.
- Analyse des effets du projet sur l'environnement : sites et paysages, flore et faune, milieu naturel, équilibre biologique, commodité du voisinage, (bruit, vibration, odeurs, fumées, émissions lumineuses), hygiène et salubrité publique.
- Les mesures envisagées par le pétitionnaire pour supprimer, réduire ou compenser les dommages du projet sur l'environnement.

VI.2.1. Objectifs du projet et raisons pour lesquelles il est retenu

Au cours de l'histoire, l'être humain a toujours, choisi de s'établir à proximité des sources d'eau ou en bordure des cours d'eau, afin d'assurer plusieurs besoins (Approvisionnement en eau, l'irrigation des cultures, le transport...etc.).

Ce choix avait beaucoup d'avantages. Cependant, en s'installant près des rivières, il s'exposait indubitablement aux effets néfastes des crues des cours d'eau et aux inondations qui en résultaient avec leurs conséquences destructrices sur l'homme et son environnement.

La ville de Taouzianet, établie en bordure des oueds Mazdour et Mlliyeh, a subi plusieurs fois durant son histoire, les conséquences des crues de ces oueds.

L'étude d'aménagement des oueds Mazdour et Mlliyeh est, donc, une nécessité afin de protéger la ville des effets néfastes que pourraient avoir les crues des oueds en améliorant les conditions d'écoulement du cours d'eau par la correction de son lit et ses berges.

VI.2.2. Cadre réglementaire du projet

Le décret exécutif n°2007 -145 du 19 mai 2007, déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement, l'étude d'impact d'aménagement d'oueds Mazdour et Mlliyeh, étant assimilés à ce type de projets sont soumis aux obligations de ce décret. Cependant ne s'agissant pas d'un établissement classé, il ne figure pas dans la nomenclature.

VI.3. Impacts de la phase chantier, mesures et suivi

Pendant la réalisation du projet plusieurs perturbations peuvent être engendrées, mais la majorité de ces impacts restent temporaires et disparaîtront avec la fin des travaux.

- Impacts sur la population :
 - Dérangement de la population locale, et surtout des gens ayant des problèmes respiratoires par les poussières résultantes de l'excavation et des mouvements de terres
 - Bruits résultants des engins des travaux
 - Transport des déblais excédentaires ou les approvisionnements en matériaux de construction des équipements provoquent des perturbations de la circulation.

- Impacts des travaux sur la qualité de l'eau, du sol et de l'air :

L'aménagement des oueds Mazdour et Mlliyeh nécessite l'emploi d'engins de chantiers potentiellement sources de pollution et entraîne des modifications des composantes du milieu physique. Notamment du sol, lors de l'aménagement.

- Changement du terrain caractérisé au préalable par la végétation, et compactage du sol :

Le milieu le plus sensible est le milieu aquatique qui risque d'être dégradé par le déversement accidentel de produits toxiques (huile, hydrocarbure) et de matières en suspension entraînées par le passage des engins et la mise à nu de surfaces végétalisées. Le sol est également sensible à la circulation des engins. Compte tenu des utilisations faites par les populations des ressources en eau et en sol, des impacts indirects sont prévisibles.

- Pollution de l'eau : L'aménagement au niveau du tissu urbain ne nécessite pas l'utilisation de produits toxiques et polluants en quantité particulièrement importante. La pression polluante liée aux chantiers devrait donc être limitée.
- Dégradation de la qualité de l'air et bruit : Destruction de la qualité de l'air par les gaz dégagés, les poussières, et hydrocarbures des engins.
- Le projet constitue une nuisance en raison du bruit et de la poussière générée.

- Mesures de suppression et d'atténuation des impacts :

Les mesures correctrices relatives au risque d'impact environnemental en phase chantier consistent en l'application des mesures préventives usuelles pour ce type de travaux, prescrites par les différents textes de lois.

Les principales mesures à mettre en œuvre sont l'arrosage des aires de circulation pour limiter la poussière, l'aménagement d'aires étanches pour le stockage des produits toxiques et hydrocarbures et l'entretien des véhicules, la collecte des déchets générés par le chantier pour préserver les paysages. Ces mesures s'accompagneront d'une sensibilisation du personnel de chantier et de la population locale. Les horaires des chantiers devront être

Chapitre VI : Etude d'impact sur l'environnement

déterminés afin de limiter les nuisances sonores et la qualité de l'air sera préservée par l'arrosage des aires susceptibles de produire de la poussière.

- Impacts de l'ouverture des milieux sur la faune et la flore :

Le milieu compte de flore et de faune remarquable ou rare à préserver. Les mesures correctrices envisagées consistent à contrôler la circulation des ouvriers sur les chantiers, à en interdire l'accès à toute personne étrangère. Un certain nombre de règlements et d'actions de sensibilisation seront également mis en place.

Dans l'hypothèse où l'ensemble des mesures correctrices sont mises en œuvre de manière satisfaisante, aucun impact significatif n'est attendu.

- Destruction d'espèces menacées, endémiques et perte de biodiversité :

Il est peu probable que l'aménagement dans le milieu se traduit par la disparition d'espèces menacées recensées sur la zone, compte tenu des surfaces touchées. De plus, la zone d'étude joue un rôle limité pour la conservation de ces espèces.

- Le milieu humain :

- Le projet d'aménagement des oueds Mazdour et Mlliyeh bénéficiera en priorité aux populations.
- Selon la position de la parcelle par rapport au projet, la perte de la jouissance des parcelles cultivées est très limitée.

- Mesures d'atténuation des impacts

L'atténuation des impacts vise la meilleure intégration possible du projet dans le milieu. A cet égard, l'étude précise les actions, les ouvrages, les correctifs ou les ajouts prévus aux différentes phases de réalisation, pour éliminer ces impacts négatifs associés à chacune des variantes ou pour réduire leur intensité y compris les actions ou les ajouts prévus pour favoriser ou maximiser les impacts positifs. L'étude présente une évaluation de l'efficacité des mesures d'atténuation proposées.

VI.4. EIE du projet de protection contre les inondations de la ville de Taouzianet

Le choix des engins doit respecter le règlement du chantier, afin d'éviter le dégagement des polluants atmosphériques trop nuisibles. Pour minimiser les bruits, il est primordial de donner des consignes aux chauffeurs pour qu'ils limitent au maximum l'avertisseur sonore et qu'ils arrêtent le moteur de leurs véhicules si ce n'est pas nécessaire.

- Assurer l'arrosage du chantier pour limiter les émissions de poussières.
- Afin de minimiser l'intensité de la perturbation de la circulation lors de construction de l'aménagement, il est recommandé de signaler les travaux pour la sécurité.

Chapitre VI : Etude d'impact sur l'environnement

- Vaccination du personnel et mettre à sa disposition tous les équipements de protections nécessaires.
- Mesures compensatoires pour réduire les effets sur l'environnement et les risques d'accidents technologiques :

Toutes les mesures compensatoires pour réduire les effets de la pollution et des nuisances seront prises aussi bien au cours de la réalisation de l'installation que par la suite pour sa gestion.

- La réduction des nuisances sur Les activités riveraines : bruit, trépidation, nuisance olfactive :
- La protection des eaux de surface :
- La protection de l'atmosphère.

L'atmosphère ne subira aucune pollution de quelque nature que ce soit,

- La protection de la faune, la flore et l'équilibre biologique.

Aucun effet n'est prévisible sur la faune ou la flore sur et autour du site, ces éléments écologiques sont absents.

- La protection des sites et monuments d'intérêt historique et archéologique.
- Aucun site ou monument d'intérêt historique ou archéologique n'est signalé dans la zone.

Chapitre VII : Organisation de Chantier et sécurité de travail

Introduction

Construire en sécurité c'est construire avec qualité, avec la main-d'œuvre la mieux préparée, avec les matériels les plus évolués et les mieux contrôlés, avec les procédés constructifs les plus efficaces, avec la meilleure capacité de prévision et, par conséquent, avec le meilleur rendement, avec les plus grands bénéfices et avec la plus grande qualité de vie.

C'est dans ce but que nous élaborons un plan de sécurité et santé. Cependant, ce n'est pas un objectif en soi, c'est fondamentalement un catalyseur de pratique de prévention d'accidents et c'est pourquoi il est constitué comme étant un document base.

L'application pratique du plan de sécurité, hygiène et santé repose sur une structure d'hygiène, sécurité et santé sur le chantier, constituée par le directeur technique du marché (nommé par l'entrepreneur) et par un responsable de la sécurité (nommé par l'entrepreneur). Il sera de la compétence du directeur technique du marché de :

- Procéder aux visites communes sur les sites des travaux avec les autres éléments de l'équipe, fréquemment et systématiquement, dans le but d'assurer le respect des dispositions légales et réglementaires relatives aux matières d'hygiène et sécurité au travail ;
- Exiger aux sous-traitants présents sur le chantier, l'adoption des mesures spécifiques qu'il considère nécessaires ainsi que contrôler leur efficacité ;
- Promouvoir la sensibilisation des travailleurs aux problèmes d'hygiène et sécurité, afin de promouvoir l'esprit de prévention ;
- Elaborer des règlements internes de sécurité ;
- Supervision et coordination de l'application du plan de sécurité, hygiène et santé du chantier / ouvrage et des dispositions légales ;
- Assurer que les vérifications de sécurité soient effectuées de manière adéquate et en temps utile, tout en pouvant interdire l'utilisation de matériels et produits qui n'offrent pas les conditions de sécurité nécessaires ;
- Promouvoir des réunions de sécurité, hygiène et santé au travail.

Quant au responsable de sécurité, ses responsabilités sont :

Respecter et faire respecter toute la législation existante dans le domaine de la sécurité et hygiène au travail ;

- Faire respecter les recommandations élaborées par le coordonnateur de sécurité ;
- Promouvoir la sensibilisation des travailleurs aux problèmes d'hygiène et sécurité, afin de développer l'esprit de prévention ;
- Être présent dans les réunions de sécurité, en collaborant à la recherche de meilleures solutions pour la réalisation du travail dans les meilleures conditions de Sécurité.

VII.1 Organisation de chantier

VII.1.1. Organisation technique et données préparatoires

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

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

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

VII.1.2. Travaux préparatoires et installation de l'entreprise

L'implantation d'un chantier nécessite un terrain de larges espaces, afin de ménager les diverses aires de stockages et des pistes de circulation d'engins, suivie de leur occupation progressive par les locaux, engins, poste fixes de travail. On peut distinguer les installations suivantes :

- Installations destinées au personnel

En générale, sont les dortoirs ; les réfectoires, les installations sanitaires et les bureaux de chantier...etc.

- Installations destinées au stockage des matériaux

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

VII.1.3. Installations destinées à la réparation des engins

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

VII.1.4. Installation destinée pour la préfabrication

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

VII.1.5. Travaux de réalisation

- Travaux de terrassements

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

- Travaux d'excavations

Les différentes opérations d'excavation devront être faites selon les données avancées dans le dossier des plans et le programme général des travaux, ces derniers comprennent le décapage, décapage de la terre végétale sur la trajectoire de l'aménagement, et l'évacuer dans la décharge des déchets inertes.

VII.1.6. Les moyens de chantier

En ce qui concerne les moyens en personnel, l'entreprise devra indiquer nommément la personne physique responsable du chantier et son intérimaire en précisant leurs titres, références et compétence. Les mêmes indications devront être fournies pour les techniciens spécialisés tels que géotechnicien, qui aurait à intervenir sur le chantier.

L'aménagement pour la protection contre les inondations nécessite l'utilisation de nombreux engins mécaniques destiné à scarifier, excaver, transporter, niveler et compacté les matériaux. On peut distinguer le matériel de compactage, la fonction les caractéristiques principales et le rendement des différents engins de terrassement et de compactage susceptible d'être utilisés lors de la réalisation du barrage.

A- Les moyens humains

En ce qui concerne les moyens humains pour la réalisation des ouvrages, on doit justifier la mise en œuvre du personnel compétent pour la réalisation des études préalables et pour la construction en précisant leurs titres et leurs compétences. Le personnel nécessaire pour le projet d'aménagement est :

- Conducteur des travaux : pour le suivi de chantier et le suivi d'ouvriers,
- Contre maître.
- Chauffeurs pour les engins et les camions.
- Ouvriers.
- Ferrailleurs.
- Soudeurs.
- Coffreurs.
- Topographes

Chapitre VII : Organisation de chantier et sécurité de travail

B - Les engins de terrassement

Le matériel général de terrassement comprend les engins traditionnels mis en œuvre pour la réalisation des ouvrages, l'extraction et le transport des matériaux de construction, les bétonnages et la réalisation des finitions (remblai— enrochement ...) se fait appel aux engins suivants :

- Bulldozer : pour les terrassements de masse et les voies d'accès.
- Chargeur (à pneus et à chenilles) : pour le chargement des déblais.
- Camion benne : pour le transport des déblais et les matériaux de construction.
- Pelle hydraulique : pour le creusement des fouilles.
- Décapeuse.
- Pompe immergée : pour l'évacuation des eaux de chantiers en période hivernale.
- Camion-citerne : pour le transport de carburant aux engins et transport de l'eau pour la confection de béton.
- Compacteur : pour le compactage des matériaux de remblais.
- Grue à portique : pour la mise en place de béton et pour placer le coffrage ainsi les aciers.
- Camion malaxeur : pour le transport de béton.

C - Le matériel des bétonnages

On utilise le plus souvent des bétonnières pour la fabrication du béton nécessaire pour la construction des ouvrages en béton.

VII.1.7. Planification

La planification des travaux est un moyen qui permet de chercher constamment la meilleure façon d'utiliser avec économie la main d'œuvre et les autres moyens de mise en œuvre pour assurer l'efficacité de l'action à entreprendre. Son objectif est de s'assurer que les travaux se font dans un ordre correct a temps, aussi économique que possible. Elle consiste en (Benlaoukli,2004) :

- L'installation des postes de travail.
- L'observation instantanée.
- L'analyse des tâches.
- Le chronométrage.
- Il existe deux principales méthodes de planification à savoir :
- Méthodes basées sur le réseau.

- Méthodes basées sur le graphique.

VII.1.7.1. Méthodes basées sur le réseau :

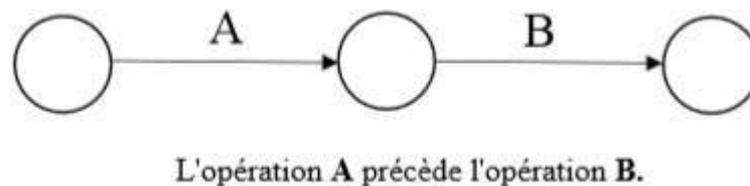
Le réseau est une représentation graphique d'un projet qui permet d'indiquer la relation entre les

Différentes opérations qui peuvent être successives, simultanées, convergentes et la durée de réalisation.

On distingue deux types de réseaux :

- Réseau à flèches :

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



- 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.

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.

Chapitre VII : Organisation de chantier et sécurité de travail

Différentes méthodes basées sur le réseau (Benlaoukli,2004) :

- Méthode C.P.M (Méthode française) :

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

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

2ème 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'ordonnancement des tâches et contrôle des programmes, c'est une méthode consistant à mettre en ordre sous forme de réseau plusieurs tâches qui grâce à leur chronologie et leur dépendance concourent toutes à l'obtention d'un produit fini.

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 son répétitifs.

- b. Méthode à barres :

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

Les étapes de la planification :

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

Collection des informations :

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

Décomposition du projet :

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

Relations entre les tâches :

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

Chapitre VII : Organisation de chantier et sécurité de travail

Choix de la méthode de calcul (Benlaoukli,2004)

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.

Les paramètres de calcul dans la méthode C.P.M

Les paramètres indispensables dans l'exécution de cette méthode sont les suivants : DCP, tr, DFP, DCP, DFPP et MT.

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 :

$$DFP = DCP + tr \quad DCPP = DFPP - tr$$

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 :

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

Diagramme de Gantt

Le diagramme de Gantt, couramment utilisé en gestion de projet, est l'un des outils les plus efficaces pour représenter visuellement l'état d'avancement des différentes activités (tâches) qui constituent un projet. La colonne de gauche du diagramme énumère toutes les tâches à effectuer, tandis que la ligne d'en-tête représente les unités de temps les plus adaptées au projet (jours, semaines, mois etc.). Chaque tâche est matérialisée par une barre horizontale, dont la position et la longueur représentent la date de début, la durée et la date de fin. Ce diagramme permet donc de visualiser d'un seul coup d'œil :

- Les différentes tâches à envisager.
- La date de début et la date de fin de chaque tâche.

Chapitre VII : Organisation de chantier et sécurité de travail

- 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).

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 VII.1. Etapes de réalisation du projet.

Désignation d'opération	Code	Durée (Jours)
Installation du chantier	A	15
Travaux de terrassement canal A	B	45
Travaux de terrassement sur Canal B	C	45
Travaux de terrassement sur Canal C	D	45
Bassin de décantation	E	60
Lit du béton de propreté canal A	F	30
Lit du béton de propreté canal B	I	40
Lit du béton de propreté canal C	J	90
Béton armé canal A	K	180
Béton armé canal B	L	180
Béton armé canal C	M	300
Déménagement du chantier	N	15

Chapitre VII : Organisation de chantier et sécurité de travail

Dans le tableau suivant on présente chaque tache avec celles qu'elle précède :

Tableau VII.2. Succession des taches pour la réalisation du projet.

Opération	Précède	Durée (Jours)
A	B, C, D, E	15
B	F	45
C	I	45
D	J	45
E	N	60
F	K	30
I	L	40
J	M	90
K	N	180
L	N	180
M	N	300
N	-	15

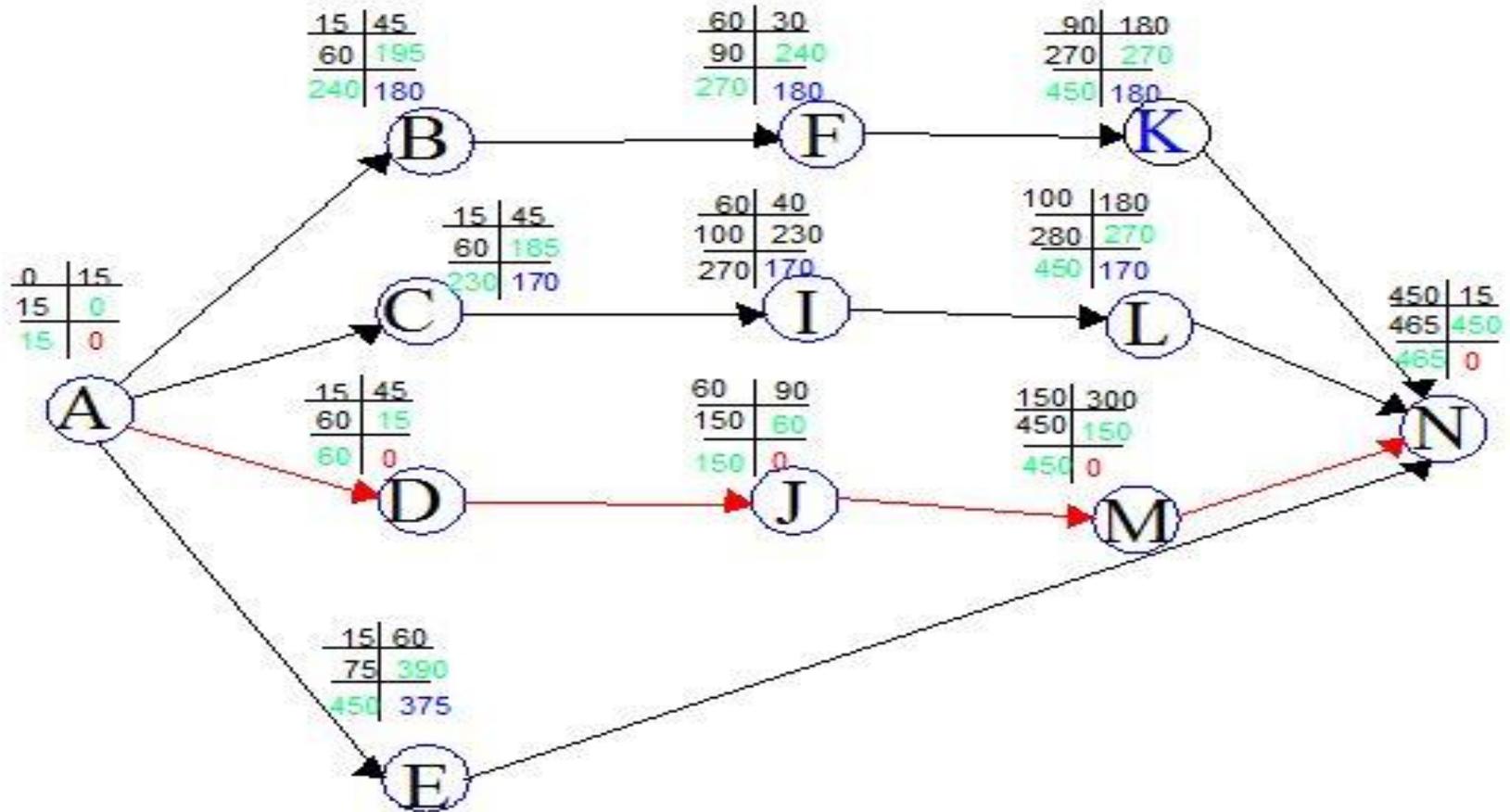


Figure VII.1. Planification des taches par la méthode CPM.

Chapitre VII : Organisation de chantier et sécurité de travail

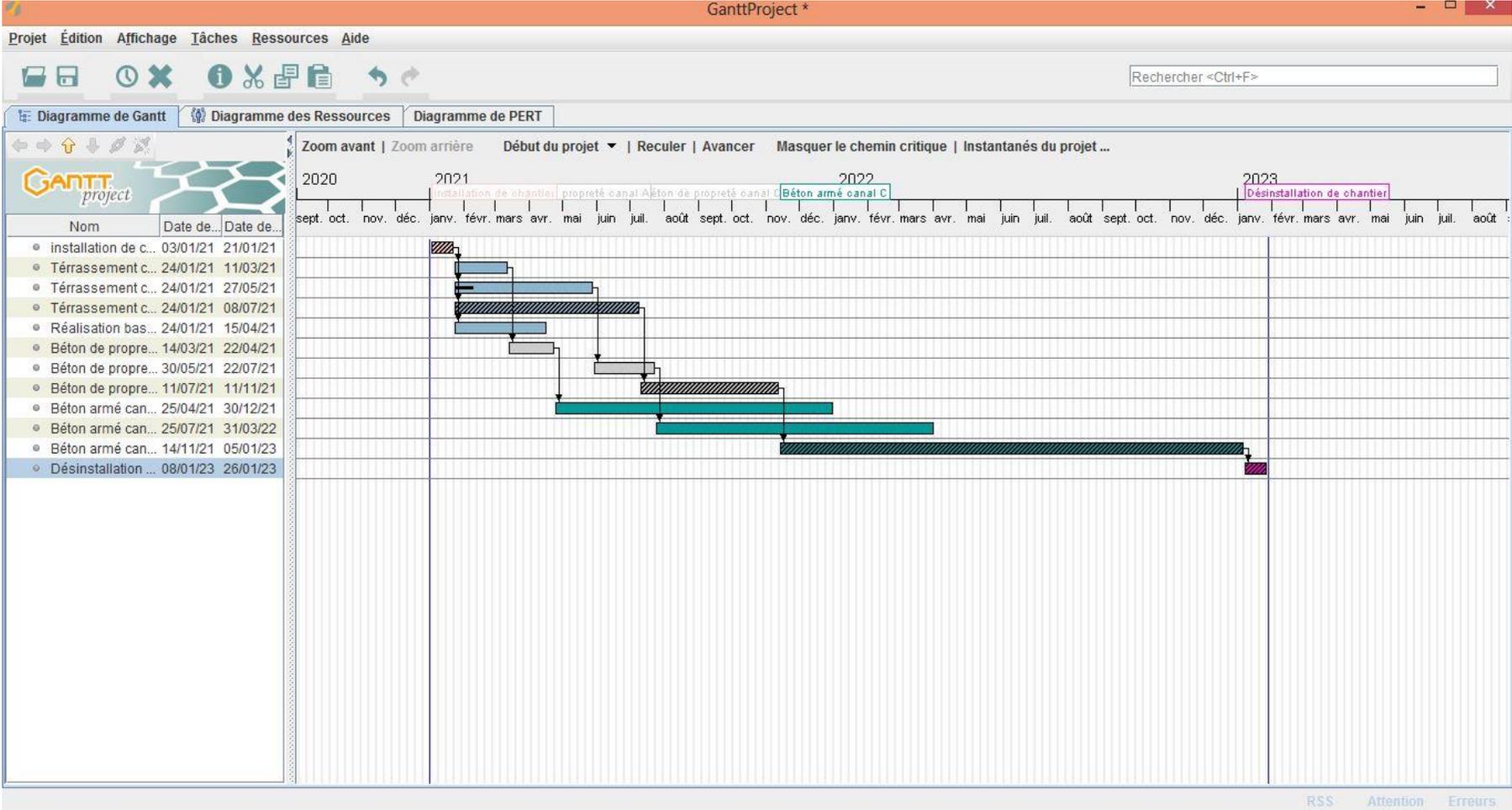


Figure VII.2. Chronogramme du projet par le logiciel GANTT Project

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 temps de réalisation du projet d'aménagement Des oueds Mazdour et Mlliyeh pour un délai d'environ 16 mois.

VII.2. Sécurité de travail

VII.2.1. Identification et élimination des risques

- Évaluer les risques professionnels, moyennant les items suivants :
 - Combattre les risques à l'origine ;
 - Organiser le travail ;
 - Remplacer ce qui est dangereux par ce qui ne représente pas de dangers ou représente moins de dangers ;
 - Répondre à l'état d'évolution technique ;
 - Donner la priorité à la protection collective par rapport à la protection individuelle.
- Planification de la prévention : créer un système de prévention cohérent qui contienne la composante technique, l'organisation du travail, les relations sociales ainsi que les facteurs matériels inhérents au travail ;
- Surveillance médicale : en fonction des risques auxquels les travailleurs sont exposés sur leur local de travail ;
- Limiter l'accès aux zones à risque grave : ne permettre l'entrée aux zones à risque élevé qu'aux personnes possédant les aptitudes et la formation adéquates, et, seulement pendant le temps nécessaire ;
- Formation et information : fournir la formation et information sur tous les risques professionnels ainsi que sur leur prévention.

VII.2.2. Conditions d'accueil du personnel sur chantier et formation en matière de sécurité du travail.

L'accueil des travailleurs sur le chantier est l'une des phases les plus importantes, sinon la plus importante du procédé de mise en place de la sécurité sur le chantier.

C'est pour cette raison que l'entreprise devra privilégier la formation de tous ses travailleurs lors de l'accueil sur le chantier, ainsi que le respect de son plan de protections individuelles, à travers la remise et l'enregistrement des équipements de protection individuelle essentiels à chaque travailleur.

Chapitre VII : Organisation de chantier et sécurité de travail

Tableau VII.3. Liste des travaux impliquant des risques spéciaux

N°	Travaux	Risques Potentiels	Evaluation 1		
			F	M	E
1	Montage Chantier	Incendie		X	
		Accidents divers		X	
		Electrocution			X
		Renversement		X	
		Poussières			X
		Brulures		X	
		Inondation		X	
		Infections/Intoxications		X	
		Chute de plain-pied		X	
		Blessures diverses		X	
		Insalubrité			X
		Problèmes de posture		X	
2	Coupe, façonnage et application d'armatures	Chute au sol		X	
		Electrocution		X	
		Lésions corporelles		X	
		Chute en hauteur			X
		Chute d'objets		X	
3	Bétonnages en général	Chute en hauteur			X
		Lésions corporelles	X		
		Chute de la structure		X	
		Lancement de matériaux			X
		Chute de matériaux			
		Renversement		X	
		Accident routier		X	
		Dermatoses			X
4	Montage de structures préfabriquées	Chute en hauteur			X
		Chute au sol		X	
		Lésions corporelles		X	
		Chute d'objets			X
5	Terrassement	Accident routier			X
		Renversement			X
		Electrocution			X
		Poussières		X	
		Autre blessures	X		
		Ensevelissement		X	

Chapitre VII : Organisation de chantier et sécurité de travail

6	Murs en gabions	Détachement de terres		X	
		Interférence avec des voies publiques			X
		Effondrement du couronnement de l'excavation		X	
		Chute en hauteur			X
		Chute de matériaux			X
		Choc entre objets		X	
		Lésions corporelles		X	
7	Signalisation horizontale	Accident routier			X
		Renversement	X		
		Autres blessures		X	
		Inhalation des produits toxiques			X
		Dermatoses			X
		Incendie/explosion		X	
		Problèmes dorsolombaires	X		
		Poussières	X		
		Brulures		X	
		Fuites des liquides dangereux			X

Tableau VII.4. Liste des matériaux impliquant des risques spéciaux

N°	Travaux	Risques Potentiels	Evaluation 1		
			F	M	E
2	Carburants	Intoxication			X
		Pollution			X
		Dermatoses			X
		Incendie			X
		Explosion			X
3	Béton	Intoxication		X	
		Pollution		X	
		Dermatoses			X
5	Peintures	Intoxication			X
		Pollution			X
		Dermatoses			X
		Incendie		X	
		Explosion	X		

Evaluation des risques : Faible ; Moyen ; Elevé.

Le chantier devra avoir les fiches des données de sécurité de chacune des substances utilisées, et devra fournir la formation nécessaire aux travailleurs pour la manipulation de ces produits, afin de garantir la formation et l'information à la population cible relativement aux risques qu'ils encourent lors de la manipulation des substances. Simultanément, l'entreprise devra aussi distribuer l'équipement de protection individuel adéquat à la manipulation de chacun des produits.

VII.2.3 Signalisation de sécurité

Ce chapitre a pour but de définir les lignes d'harmonisation de la signalisation de sécurité et de santé à utiliser sur les lieux des travaux, afin de prévenir les risques professionnels et ainsi protéger la sécurité et la santé des travailleurs.

Dès lors que les risques ne puissent pas être éliminés ou suffisamment diminués par des moyens techniques de protection collective ou par des méthodes / procédés d'organisation du travail, alors il sera nécessaire d'avoir recours à la signalisation de sécurité et de santé.

Cette signalisation est liée à un objet / activité qui fournit une indication ou une prescription relative à la sécurité et/ou santé au travail, par l'intermédiaire d'un panneau, d'une couleur, d'un signal (lumineux ou acoustique) ou une communication (verbale ou gestuelle).

Chapitre VII : Organisation de chantier et sécurité de travail

Le tableau suivant illustre la signification des couleurs de sécurité :

Tableau VII.5. Signification et application des couleurs de sécurité

Couleur	Signification ou Finalité	Indications ou Prescriptions
Rouge	Panneau d'interdiction	Attitudes dangereuses
	Danger – Alarme	Stop, pause, dispositifs de coupure de secours, évacuation
	Matériau et matériel de lutte contre l'incendie	Identification et localisation
Jaune	Panneau d'avertissement	Attention, précaution, vérification
Bleu	Panneau d'obligation	Comportement ou action spécifiques – Obligation d'utiliser les équipements de protection individuelle
Vert	Panneau de sauvetage ou de secours	Portes, sorties, voies, matériel, postes, locaux spécifiques
	Situation sûre	Retour à la normalité

- Règles pour une Bonne Signalisation de Sécurité
 - Accessible ;
 - Message clair et objectif ;
 - Eviter la fixation d'un nombre excessif de panneaux à proximité les uns des autres ;
 - Ne pas utiliser en simultané deux signaux lumineux qui puissent être confondus ;
 - Ne pas utiliser un signal lumineux à proximité d'une autre source lumineuse peu nette ;
 - Ne pas utiliser deux signaux sonores en même temps ;
 - Ne pas utiliser un signal sonore lorsque le bruit ambiant est trop fort ;
 - Informer et consulter les travailleurs sur les mesures relatives à la signalisation de sécurité et de santé au travail qui sont utilisés ;
 - Former les travailleurs à la signalisation de sécurité et de santé adéquate aux caractéristiques des locaux de travail, à leur signification et aux comportements généraux et spécifiques qu'ils devront adopter.

Chapitre VII : Organisation de chantier et sécurité de travail

- Mise en place de la signalisation de sécurité sur le chantier

Sur le chantier, il sera nécessaire de mettre en place la signalisation de sécurité suivante :

- Aux entrées du chantier :
 - Obligation du port de bottes de sécurité ;
 - Obligation du port du casque de protection ;
 - Obligation du port de gants de protection ;
 - Interdiction d'entrée de personnes non autorisées ;
- Sur les tableaux électriques :
 - Danger d'électrocution ;
- Sur les lieux d'entreposage de produits inflammables :
 - Interdiction de fumer ou de flamme nue ;
- Aux endroits susceptibles aux chutes d'objets :
 - Danger de chute d'objets ;
- Sur tout le chantier :
 - Signalisation de la localisation des moyens de combat aux
- Incendies ;
 - Signalisation des voies et sorties de secours ;
 - Localisation et signalisation des installations du chantier.

VII.2.4. Plan de protections individuelles

Nous entendons par équipement de protection individuelle tout équipement, ainsi que tout accessoire, destiné à être utilisé par le travailleur pour se protéger des risques, pour sa sécurité et sa santé. Ceux-ci doivent être utilisés lorsque les risques existants ne peuvent pas être évités ni suffisamment limités à l'aide de moyens techniques de protection collective ou par des méthodes/procédures d'organisation du travail.

Chapitre VII : Organisation de chantier et sécurité de travail

Tableau VII.6. Identification de Risques pour Choix d'EPI

Risques	Equipment de Protection Individuelle 1
Mécaniques	
Chutes en hauteur	- Ceinture de sécurité ou harnais
Chute de plein pied	- Bottes antidérapantes
Chute d'objets	- Casque de protection
Projection d'objets	- Casque de protection - Lunettes de protection - Masques et casques pour soudure
Ecrasement du pied	- Bottes à semelle et embout d'acier
Objets pointus/coupants	- Bottes à semelle et embout d'acier - Gants contre les agressions mécaniques
Vibrations	- Chaussures/bottes de protection contre les vibrations
Coups sur la tête	- Casque de protection
Coupures	- Gants contre les agressions mécaniques - Manchettes
Débris	- Couvertures de protection - Vêtements contre les agressions mécaniques
Perforations	- Bottes à semelle et embout d'acier - Gants contre les agressions mécaniques - Manchettes
Electriques	
Chocs électriques	- Chaussures/bottes de protection anti statiques - Gants pour électriciens et antithermiques
Bruit	
Exposition au bruit	- Tampons pour oreilles - Casques intégraux - Protectors auriculaires
Chimiques	
Poussières	- Masques à filtres physiques
Fumées	- Masque à filtres physiques /chimiques
Gaz ou vapeurs	- Masque à filtres chimiques - Gants contre les agressions chimiques
Produits toxiques ou corrosifs	- Masques à filtres chimiques - Gants contre les agressions chimiques
Acides	- Masques à filtres chimiques - Gants contre les agressions chimiques
Solvants	- Masques à filtres chimiques - Gants contre les agressions chimiques
Dérivés de pétrole	- Masques à filtres chimiques - Gants contre les agressions chimiques
Autres Risques	
Intempéries	- Vêtements contre les intempéries
Environnement de circulation	- Vêtements et accessoires fluorescents de signalisation

Chapitre VII : Organisation de chantier et sécurité de travail

VII.2.5. Mesures de prévention

- Engins

L'engin est l'ensemble de pièces ou d'organes reliés entre eux, dans lequel au moins un est mobile. Un engin est sûr lorsqu'il exerce sa fonction, lorsqu'il est transporté, installé, réglé, lorsque sa maintenance est effectuée, lorsqu'il est démantelé et accompagné jusqu'à sa mise en décharge ; ne cause pas de lésions ou de dommages sur la santé. Etant donné qu'il existe une grande quantité et diversité d'engins sur le chantier, nous analyserons en suivant les risques et les mesures de prévention à prendre pour chaque type d'engin utilisé tout au long du chantier.

Les engins, matériels, décrits en suivant, avec leurs risques et les mesures de prévention à adopter sont :

Tableau VII.7. Engins et matériels

ENGINS/MATERIELS	
Chargeuse pelleuse	Niveleuse
Camion de Transport	Camion Malaxeur
Grue mobile	Grue à tour
Groups électrogène	Compacteur
Bulldozer	Chargeuse
Multifonctions de type Manitou	Camion grue
Camion-citerne d'arrosage d'émulsion bitumineux	Echelles

- Plan de santé des travailleurs

Les activités de Sécurité, Hygiène et Santé au Travail constituent, au niveau de l'entreprise, un élément déterminant de la prévention des risques professionnels et de la promotion et vigilance de la santé des travailleurs.

Le chantier effectue avec ses moyens (médecin / infirmier de chantier) des consultations de détection aux différents travailleurs, afin d'essayer de garantir la prévention de l'incidence de maladies professionnelles et autres de ses travailleurs.

Cette méthodologie permet aussi de déterminer l'aptitude physique de chaque travailleur, et de le diriger vers le poste de travail le plus adéquat.

Au cours de l'examen secondaire de la victime, le secouriste doit identifier les situations qui n'affectent pas les fonctions vitales.

Tableau VII.8. Panneaux d'Interdiction

		
Défense de fumer	Flamme nue interdite	Interdit aux piétons
		
Défense d'éteindre avec de l'eau	Eau non potable	Accès interdit aux personnes non autorisées
		
Interdit aux véhicules de manutention		

Tableau VII.9. Panneaux d'Avertissement.

			
Matières inflammables à haute température	Matières explosives Risque d'explosion	Matières toxiques	Matières corrosives
			
Matières radioactives Radiations ionisantes	Charges suspendues	Véhicules de manutention	Danger électrique
			
Danger général	Rayonnement laser	Chute avec dénivellation	Chute d'objets
			
Matières comburantes	Radiations non ionisantes	Champ magnétique important	Matières nocives ou irritantes

Tableau VII.10. Panneaux d'Obligation.

		
Protection obligatoire de la vue	Protection obligatoire de la tête	Protection obligatoire de l'ouïe
		
Protection obligatoire des voies respiratoires	Protection obligatoire des pieds	Protection obligatoire des mains
		
Protection obligatoire de la figure	Passage obligatoire pour piétons	Protection individuelle obligatoire contre les chutes

Tableau VII.11. Panneaux de Sauvetage et de Secours.

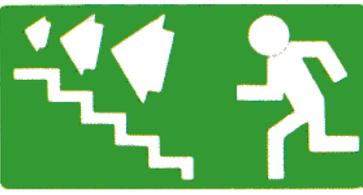
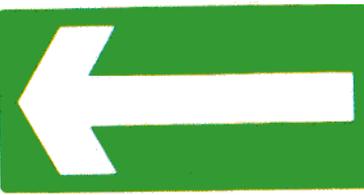
		
Sortie/issue de secours	Sortie/issue de secours	Sortie/issue de secours
		
Premiers secours	Sortie/issue de secours	Douche de sécurité

Tableau VII.12. Panneaux de Matériel ou Equipement de Lutte contre l'Incendie.

		
Lance à incendie	Extincteur	Téléphone pour la lutte contre l'incendie
		
Direction à suivre		

Tableau VII.13. Panneaux d'Information.

		
Cafétéria	Sanitaires	Sortie

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail sur la protection contre les inondations de la ville de Taouzient (W. Khenchela), on peut conclure ce qui suit :

- La région de Taouzianet se caractérise par un relief de fortes pentes en amont.
- D'après l'étude géologique, le site de l'étude se caractérise par un taux d'érosion important, ce qui favorise le transport solide.
- Par l'étude hydrologique, nous sommes arrivées à déterminer les débits de crues fréquentiels qui sont relativement des valeurs très élevés, ce qui mets en évidence le risque que rencontre la ville de Taouzianet.
- Dans le but d'évacuer les débits de crues exceptionnelles, on a mis en place les ouvrages suivants :
 - 1) Canal A : pour le drainage du bassin versant BV₄, constitué de trois parties de sections différentes (A1 section trapézoïdale en béton armé, A2 section rectangulaire fermé en béton armé, A3 section trapézoïdale en béton armé).
 - 2) Canal B : pour le drainage du bassin versant BV₂, section trapézoïdale à ciel ouvert en béton armé protégée sur les rives par des sacs en gabion de dimension 1x1m.
 - 3) Canal C : pour le drainage du bassin versant BV₃, : section trapézoïdale à ciel ouvert en béton armé, sur les rives droite et gauche un parcours, protégé par des gardes corps de hauteur de 1m, qui sont nécessaires pour augmenter la sécurité contre le débordement en cas de crue exceptionnelle.
- Suite à l'estimation des volumes de terrassement et les matériaux nécessaires à la réalisation du projet, on est arrivé au cout optimal de ce projet qui a pour valeur d'un milliard, deux cent cinquante-deux millions, trois cent quatre-vingt et un mille et deux cent huit dinars algériens.
- Pour le bon déroulement de la réalisation du projet, on a mis en évidence un ensemble de règle, normes et des lois de l'organisation du chantier et sécurité de travail.

Bibliographie

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- NATIONS UNIES, Guidelines for Reducing Flood Losses, Department of Economic and Social Affairs (DESA), 2e édition, New York, Avril 2004, « Programme Outcome Document, Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters: Hyogo Framework for Action 2005-2015 », World Conference on Disaster Reduction (WCDR), Kobe, Hyogo, Japon, janvier 2005.
- Qazi Kholiquzzaman Ahmad, Président-directeur général du Bangladesh Unnayan Parishad (BUP), président de l'Association économique du Bangladesh (BEA), Dhaka, Bangladesh. Article traduit de l'anglais par Audrey Cudel et Rozenn Couëdic, Mis en ligne sur Cairn.info le 01/06/2006, Dans Hérodote 2006/2 (no 121), pages 73 à 94.<https://doi.org/10.3917/her.121.0073>
- K.D. Reid, B.P. Wilcox, D.D. Breshears, L. MacDonald, (1999) 1869–1879.
- Runoff and erosion in a Pinon-Juniper woodland: influence of vegetation patches, Soil Sci. Soc. Am. J. 63.
- M.C Battany, M.E Grismer. 2000. [En ligne] 2000. Rainfall runoff and erosion in Napa Valley vineyards: effects of slope cover and surface roughness Hydrol. Processes, 14, pp. 1289-1304
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1631071304001506?token=C2A9EBBF596203E403CA16601053E4A897E0DD59D1F9F0496BF8EC701162AC46C3FA69287F61092F37D53A3E57C10E0C>.
- Rey, F. et al. 2004. [En ligne] 2004,
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1631071304001506?token=C2A9EBBF596203E403CA16601053E4A897E0DD59D1F9F0496BF8EC701162AC46C3FA69287F61092F37D53A3E57C10E0C>.
- OMM (1996), guide des pratiques hydrologiques : acquisition et traitement des données, analyse, prévisions et autres applications. Publication OMM n° 168. OMM (world meteorological organization), organisation météorologique mondiale, Genève Suisse.
- Roche, M. (1963) Hydrologie de surface. Gauthier-villars et ORSTOM, Paris, France.
- Strahler, A.N. (1964) Quantitative geomorphology, in: Handbook of applied hydrology (ed. by V.T Chow), section 4-11 McGraw-Hill, New York, USA
- Bendjoudi, H. & Hubert, P. (2002) Le coefficient de compacité de Gravelius : analyse critique d'un indice de forme des bassins versants, Hydrological Sciences, Journal, 47:6, 921-930, DOI: 10.1080/02626660209493000, le lien de l'article : <https://doi.org/10.1080/02626660209493000>.

Annexes

LISTE DES ANNEXES

- Annexe.III.1.** Coordonnées de la courbe hypsométrique du bassin versant BV2.
- Annexe.III.2.** Coordonnées de la courbe hypsométrique du bassin versant BV3.
- Annexe.III.3.** Coordonnées de la courbe hypsométrique du bassin versant BV4.
- Annexe. III.4.** Données pluviométriques moyennes mensuelles (1988-2018).
- Annexe.III.5.** Pluies de courtes durées pour différentes périodes de retour.
- Annexe.III.6.** Intensités de pluies de courte durée pour différentes périodes de retour.
- Annexe.III.7.** Calcul de l'hydrogramme de crue pour le bassin versant BV2.
- Annexe.III.8.** Calcul de l'hydrogramme de crue pour le bassin versant BV3
- Annexe.III.9.** Calcul de l'hydrogramme de crue pour le bassin versant BV4
- Annexe IV.1.** Calcul de la ligne d'eau du canal A pour la période de retour de 10ans.
- Annexe IV.2.** Calcul de la ligne d'eau canal A pour la période de retour 50ans.
- Annexe IV.3.** Calcul de la ligne d'eau canal B pour période de retour 100ans
- Annexe IV.4.** Calcul de la ligne d'eau canal B pour la période de retour de 1000 ans.
- Annexe IV.5.** Calcul de la ligne d'eau canal C pour la période de retour de 100 ans.
- Annexe IV.6.** Calcul de la ligne d'eau canal C pour la période de retour 1000ans.

Annexe.III.1. Coordonnées de la courbe hypsométrique du bassin versant BV2.

Altitudes	Surfaces partielles (Km ²)	Surfaces partielles (%)	Surface cumulée (%)	hmoy	(hi*si)/S _{BV}
1186-1174	0.02	0.17	0.17	1180	2.03799655
1174-1154	0.08	0.69	0.86	1164	8.04145078
1154-1134	0.17	1.47	2.33	1144	16.7944732
1134-1114	0.28	2.42	4.75	1124	27.1778929
1114-1094	0.43	3.71	8.46	1104	40.9948187
1094-1074	0.42	3.63	12.09	1084	39.3160622
1074-1054	0.41	3.54	15.63	1064	37.671848
1054-1034	0.32	2.76	18.39	1044	28.8497409
1034-1014	0.26	2.25	20.64	1024	22.9913644
1014-994	0.56	4.84	25.47	1004	48.552677
994-974	1.06	9.15	34.63	984	90.0725389
974-954	2.82	24.35	58.98	964	234.756477
954-934	3.35	28.93	87.91	944	273.091537
934-914	1.40	12.09	100.00	924	111.709845
				h moy	982.058722

Annexe.III.2. Coordonnées de la courbe hypsométrique du bassin versant BV3.

Altitudes	Surfaces partielles (Km ²)	Surfaces partielles (%)	Surface cumulée (%)	hmoy	(hi*si)/S _{BV}
1685-1632	0.35	0.41	0.41	1658.5	6.72312949
1632-1572	1.54	1.78	2.19	1602	28.5740097
1572-1512	3.05	3.53	5.72	1542	54.4718555
1512-1452	4.25	4.92	10.64	1482	72.9499653
1452-1392	5.52	6.39	17.04	1422	90.9131341
1392-1332	6.89	7.98	25.02	1362	108.688673
1332-1272	7.54	8.73	33.75	1302	113.702571
1272-1212	7.31	8.47	42.22	1242	105.154274
1212-1152	5.77	6.68	48.90	1182	78.9916609
1152-1092	7.06	8.18	57.08	1122	91.7456567
1092-1032	6.60	7.64	64.72	1062	81.181376
1032-972	13.10	15.17	79.89	1002	152.029187
972-912	17.36	20.11	100.00	942	189.403753
				hmoy	1174.52924

Annexe.III.3. Coordonnées de la courbe hypsométrique du bassin versant BV4.

Altitudes	Surfaces partielles (Km ²)	Surfaces partielles (%)	Surface cumulée (%)	hmoy	(hi*si)/S _{BV}
967-953	0.08	4.47	4.47	960	42.9050279
953-948	0.05	2.79	7.26	950.5	26.5502793
948-943	0.06	3.35	10.61	945.5	31.6927374
943-938	0.04	2.23	12.85	940.5	21.0167598
938-933	0.09	5.03	17.88	935.5	47.0363128
933-928	0.22	12.29	30.17	930.5	114.363128
928-923	0.22	12.29	42.46	925.5	113.748603
923-918	0.26	14.53	56.98	920.5	133.703911
918-913	0.28	15.64	72.63	915.5	143.206704
908-913	0.30	16.76	89.39	910.5	152.597765
904-908	0.19	10.61	100.00	906	96.1675978
				h moy	922.988827

Annexe. III.4. Données pluviométriques moyennes mensuelles (1988-2018).

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1988/89	4	10.2	42.8	16.9	6.7	18.4	24.5	27.9	31.7	43.9	12.8	104.1	343.9
1989/90	35	7	12.2	23.9	167.6	0	70.2	69.4	106.9	11	2.6	23	528.8
1990/91	9.9	11.4	66.8	40	5.8	19.3	91.8	55.1	29.9	5.8	33.3	14.3	383.4
1991/92	16.2	45.5	32	17.2	64.9	23.1	56.7	33	84.7	5.9	23.3	14.6	417.1
1992/93	45.2	11.9	49.3	52.5	10.5	22.6	48	7.2	20.8	4.4	0	5.4	277.8
1993/94	15.2	1.8	10.1	31.4	45.9	8.8	48.1	24.6	1.8	1.5	8.6	38.1	235.9
1994/95	42.4	38.7	5.7	15.8	62.5	1.5	69.9	15	2.8	18.7	23.6	10.8	307.4
1995/96	42.6	38.3	9.8	19.4	71	154.1	75	48.7	5.5	24	16.7	5	510.1
1996/97	23.7	0	2.5	13.7	18.2	3.9	8.6	25.5	11.4	2.4	0	28.9	138.8
1997/98	47.4	56.3	77.7	61.6	6.8	36.8	48.5	17.5	47.7	24.4	0.5	2.6	427.8
1998/99	15.5	26.6	40.1	25.6	78.5	24.6	11.3	2.8	18.3	9.4	0	0.2	252.9
1999/00	16.4	6.5	80.3	95.9	12.2	4.4	10	2.5	46.6	23.5	0	5	303.3
2000/01	31.5	11.3	6.4	5.2	36.7	0	3.2	5.8	29.4	0	2.6	15.5	147.6
2001/2	69.6	30.8	18.7	13.4	14.1	22.7	34.1	14	31.6	21	12	41.1	323.1
2002/3	10.4	15.3	88.3	29.6	83.3	45.9	29.1	91.3	16.7	56.7	2.8	0	469.4
2003/4	86	47.1	22.4	29.7	16.2	8.5	42.8	42	138.3	51	13.1	37.4	534.5
2004/5	30.4	5.1	87.7	103.3	15.7	26	15.6	39.6	7.6	55.2	25.9	1.6	413.7
2005/6	35.3	12.7	36.9	48.1	67.9	40.3	4.6	45	117.9	47.6	37.4	16.1	509.8
2006/7	41.5	21.6	22.3	65	6.2	26.3	72.2	63.6	27.6	3.3	0.6	43.7	393.9
2007/8	96.6	27.2	8.6	46.3	2.8	3.9	12.4	10	89.8	5.6	77.8	62.5	443.5
2008/09	66.4	41.3	9.1	29	85.9	12.9	55.8	78.5	27.2	1.8	10	21.9	439.8
2009/10	65.3	9.9	3.6	12	42.9	24.7	19.9	23.8	32.3	30.5	34	9.1	308
2010/11	42.5	26.6	55.9	9.1	18.3	71.3	111.6	52.1	127.2	22.5	24.7	48.2	610
2011/12	36.9	130.7	19.7	19.5	17.1	43.1	41.2	47.5	17.7	5.1	25.1	37.4	441
2012/13	55.2	21.8	27.9	8.9	40.8	18.3	21.3	41.5	35.2	8	77.3	115.2	471.4
2013/14	68.6	76.1	81.6	66.8	159.3	60.8	234.6	11.1	57.6	78.3	0	25.7	920.5
2014/15	26.2	32.2	47.2	111.9	72	130.5	92.5	6.6	56.8	55.7	8.3	231.7	871.6
2015/16	78	81	56.5	0	25	15	26.9	126.4	69	6.1	2.5	9.9	496.3
2016/17	87.7	46.5	80.7	55.7	78.3	33.3	10.5	59.2	70.4	61.7	5	45.7	634.7
2017/18	19.9	68.2	72.1	53.1	11.2	109.6	60.9	75.9	153.3	77.9	12.5	276.5	991.1

Annexe.III.5. Pluies de courtes durées pour différentes périodes de retour.

Pluies de courte durée (mm)				
T (ans) T (h)	10	50	100	1000
1	27.3991471	39.9424906	45.8988269	66.5708177
2	34.4410943	50.2082449	57.6954393	83.6804081
3	39.371962	57.3964664	65.9555885	95.6607773
4	43.2929162	63.1124353	72.5239388	105.187392
5	46.6012048	67.9352602	78.0659569	113.225434
6	49.4910828	72.1481259	82.9070569	120.246876
7	52.0738151	75.9132343	87.2336288	126.522057
8	54.4197746	79.3331753	91.1635611	132.221959
9	56.5766295	82.4774395	94.7767068	137.462399
10	58.5783377	85.3955306	98.1299519	142.325884
11	60.4500451	88.1241067	101.265421	146.873511
12	62.210953	90.6911591	104.215279	151.151932
13	63.8760937	93.1186021	107.004709	155.19767
14	65.457482	95.4239508	109.653838	159.039918
15	66.9648898	97.6214507	112.179035	162.702418
16	68.4063846	99.7228624	114.593816	166.204771
17	69.7887127	101.738021	116.90948	169.563368
18	71.11758	103.675245	119.135588	172.792074
19	72.3978604	105.541638	121.280303	175.90273
20	73.6337539	107.343324	123.350662	178.90554
21	74.8289085	109.085621	125.352775	181.809369
22	75.9865152	110.773181	127.291988	184.621968
23	77.1093832	112.410098	129.173008	187.350164
24	78.2	114	131	190

Annexe.III.6. Intensités de pluies de courte durée pour différentes périodes de retour.

Intensité des pluies de courte durée (mm/h)				
T (ans) T (h)	10	50	100	1000
1	27.3991471	39.9424906	45.8988269	66.5708177
2	17.2205471	25.1041224	28.8477196	41.8402041
3	13.1239873	19.1321555	21.9851962	31.8869258
4	10.823229	15.7781088	18.1309847	26.2968481
5	9.32024096	13.587052	15.6131914	22.6450867
6	8.2485138	12.0246876	13.8178428	20.0411461
7	7.43911644	10.8447478	12.461947	18.0745796
8	6.80247183	9.91664691	11.3954451	16.5277449
9	6.28629217	9.16415994	10.5307452	15.2735999
10	5.85783377	8.53955306	9.81299519	14.2325884
11	5.49545865	8.01128243	9.20594735	13.3521374
12	5.18424609	7.5575966	8.68460661	12.5959943
13	4.91354567	7.16296939	8.2311315	11.9382823
14	4.67553443	6.81599648	7.83241701	11.3599941
15	4.46432599	6.50809671	7.47860236	10.8468279
16	4.27539904	6.2326789	7.16211347	10.3877982
17	4.10521839	5.98458947	6.87702825	9.97431579
18	3.95097667	5.75973581	6.61864378	9.59955968
19	3.81041371	5.55482305	6.38317386	9.25803842
20	3.6816877	5.36716621	6.1675331	8.94527701
21	3.56328136	5.19455339	5.96917977	8.65758898
22	3.45393251	5.03514458	5.78599947	8.39190763
23	3.35258188	4.88739558	5.61621772	8.14565929
24	3.25833333	4.75	5.45833333	7.91666667

Annexe.III.7. Calcul de l'hydrogramme de crue pour le bassin versant BV2.

Temps (h)	10	50	100	1000
0	0	0	0	0
1	1.59672158	2.32792412	2.67536526	3.88010197
2	6.38688632	9.3116965	10.701461	15.5204079
3	14.3704942	20.9513171	24.0782873	34.9209177
3.82	23.3	33.97	39.04	56.62
4	22.2192485	32.3943293	37.2291615	53.9937276
5	16.8182736	24.5200323	28.1796309	40.8691265
6	12.3721734	18.0378854	20.7300278	30.0649123
7	8.78806132	12.8124654	14.7247173	21.3553662
8	5.97305077	8.70834912	10.0080645	14.5147697
9	3.83425506	5.59011349	6.42443423	9.31740436
10	2.27878754	3.32233531	3.81819165	5.53755152
11	1.21376155	1.76959141	2.03370175	2.94949266
12	0.54629044	0.79645863	0.91532956	1.32750921
13	0.18348755	0.26751383	0.30744009	0.44588263
14	0.03246624	0.04733383	0.05439837	0.07889435
15	0.00033984	0.00049547	0.00056942	0.00082583

Annexe.III.8. Calcul de l'hydrogramme de crue pour le bassin versant BV3

Temps	10	50	100	1000
0	0	0	0	0
1	10.9362004	16.5127599	18.8705104	26.6602079
2	43.7448015	66.0510397	75.4820416	106.640832
3	98.4258034	148.614839	169.834594	239.941871
4	174.979206	264.204159	301.928166	426.563327
4.6	231.41	349.41	399.3	564.13
5	216.643752	327.114184	373.820709	528.132924
6	182.505273	275.567899	314.914462	444.910332
7	152.155831	229.742747	262.546232	370.924632
8	125.372542	189.30219	216.331429	305.632479
9	101.93252	153.909692	175.885464	248.490525
10	81.6128812	123.228715	140.823748	198.955424
11	64.1907413	96.9227213	110.761691	156.483829
12	49.4432157	74.6551748	85.3147056	120.532394
13	37.1474198	56.0895378	64.0982011	90.5577715
14	27.080469	40.889273	46.7275886	66.0166154
15	19.0194789	28.7178433	32.818279	46.365579
16	12.741565	19.2387115	21.985683	31.0613156
17	8.02384267	12.1153402	13.8452114	19.5604787
18	4.64342747	7.01119222	8.01227513	11.3197214
19	2.37743486	3.58973042	4.10228487	5.79569738
20	1.00298033	1.51441752	1.73065143	2.44505983
21	0.29717936	0.4487163	0.51278561	0.72446217
22	0.03714742	0.05608954	0.0640982	0.09055777
23	0	0	0	0

Annexe.III.9. Calcul de l'hydrogramme de crue pour le bassin versant BV4

Temps	10	50	100	1000
0	0	0	0	0
0.5	0.21577003	0.3142452	0.36151328	0.52432555
1	0.86308013	1.2569808	1.44605312	2.09730222
1.5	1.94193029	2.82820679	3.25361951	4.71892999
2	3.45232051	5.02792318	5.78421246	8.38920887
2.39	4.93	7.18	8.26	11.98
3	3.27319135	4.76704135	5.48408936	7.95392137
3.5	2.23131776	3.24966765	3.7384756	5.42214742
4	1.43794083	2.09420186	2.40920715	3.49422539
4.5	0.85920543	1.25133773	1.43956123	2.08788663
5	0.46125643	0.671769	0.77281503	1.12086247
5.5	0.21023869	0.30618941	0.35224576	0.51088428
6	0.07229709	0.10529272	0.12113062	0.17568339
6.5	0.01357649	0.01977266	0.02274682	0.03299116
7	0.00022177	0.00032299	0.00037157	0.00053891

Annexes

Annexe IV.1. Calcul de la ligne d'eau du canal A pour la période de retour de 10 ans.

Pas	Tronçon	X	Z _{fond}	Y	V	J	H	H _s	F	Régime	P _m	S	L _m	I	dy/dx	Y _c	I-J	Z
.		m	m	m	m/s	m/m	m	m	.	.	m	m ²	m	m/m	m/m	m	m/m	m
0	1	0	912.83	0.526	4.622	0.015	914.445	1.615	2.283	tor	2.989	1.067	2.553	0.015	0	0.849	0	913.35
20		118.42	911.054	0.526	4.622	0.015	912.669	1.615	2.283	tor	2.989	1.067	2.553		0	0.849	0	911.58
40		236.84	909.277	0.526	4.622	0.015	910.892	1.615	2.283	tor	2.989	1.067	2.553		0	0.849	0	909.80
60		355.26	907.501	0.526	4.622	0.015	909.116	1.615	2.283	tor	2.989	1.067	2.553		0	0.849	0	908.02
72		426.32	906.435	0.526	4.622	0.015	908.05	1.615	2.283	tor	2.989	1.067	2.553		0	0.849	0	906.96
73		432.24	906.346	0.526	4.622	0.015	907.962	1.615	2.283	tor	2.989	1.067	2.553		0	0.849	0	906.87
74		438.16	906.258	0.526	4.622	0.015	907.873	1.615	2.283	tor	2.989	1.067	2.553		0	0.849	0	906.78
75		444.08	906.169	0.526	4.622	0.015	907.784	1.615	2.283	tor	2.989	1.067	2.553		0	0.849	0	906.69
76		450	906.08	0.526	4.622	0.015	907.695	1.615	2.283	tor	2.989	1.067	2.553		0	0.849	0	906.60
77	2	450	906.08	0.526	4.622	0.015	907.695	1.615	2.283	tor	2.989	1.067	2.553	0.009	0.001	0.849	-0.006	906.60
80		467.93	905.92	0.549	4.378	0.0129	907.447	1.526	2.123	tor	3.054	1.126	2.599		0.001	0.849	-0.004	906.47
100		587.49	904.856	0.605	3.87	0.0091	906.225	1.368	1.802	tor	3.212	1.274	2.71		0	0.849	0	905.46
120		707.04	903.792	0.609	3.836	0.0089	905.152	1.359	1.781	tor	3.223	1.285	2.719		0	0.849	0	904.40
134		790.73	903.048	0.61	3.834	0.0089	904.406	1.359	1.78	tor	3.224	1.286	2.719		0	0.849	0	903.65
139		820.62	902.782	1.391	1.226	0.0004	904.249	1.468	0.404	flu	5.435	4.022	4.282		0.01	0.849	0.009	904.17
140		826.6	902.728	1.451	1.151	0.0003	904.247	1.519	0.373	flu	5.604	4.282	4.402		0.01	0.849	0.009	904.17
141		832.57	902.675	1.51	1.085	0.0003	904.245	1.57	0.345	flu	5.771	4.545	4.52		0.01	0.849	0.009	904.18
142		838.55	902.622	1.568	1.025	0.0002	904.244	1.622	0.321	flu	5.935	4.811	4.636		0.01	0.849	0.009	904.19
143	844.53	902.569	1.625	0.97	0.0002	904.242	1.673	0.3	flu	6.097	5.08	4.751	0.01	0.849	0.009	904.19		
144		844.53	902.569	1.033	3.183	0.0055	904.117	1.549	1	flu	3.565	1.549	1.5		-14.476	1.033	0	903.60
160		938.91	902.059	1.033	3.183	0.0055	903.608	1.549	1	flu	3.565	1.549	1.5		-14.476	1.033	0	903.09
180		1056.9	901.422	1.033	3.183	0.0055	902.971	1.549	1	flu	3.565	1.549	1.5		-14.476	1.033	0	902.45
200		1174.88	900.785	1.033	3.183	0.0055	902.334	1.549	1	flu	3.565	1.549	1.5		-14.476	1.033	0	901.81

Annexes

220	3	1292.86	900.148	1.033	3.183	0.0055	901.696	1.549	1	flu	3.565	1.549	1.5	0.005	-14.476	1.033	0	901.18
240		1410.84	899.511	1.033	3.183	0.0055	901.059	1.549	1	flu	3.565	1.549	1.5		-14.476	1.033	0	900.54
260		1528.82	898.874	1.033	3.183	0.0055	900.422	1.549	1	flu	3.565	1.549	1.5		-14.476	1.033	0	899.90
280		1646.8	898.236	1.033	3.183	0.0055	899.785	1.549	1	flu	3.565	1.549	1.5		-14.476	1.033	0	899.26
300		1764.78	897.599	1.033	3.183	0.0055	899.148	1.549	1	flu	3.565	1.549	1.5		-14.476	1.033	0	898.63
320		1882.76	896.962	1.033	3.183	0.0055	898.511	1.549	1	flu	3.565	1.549	1.5		-14.476	1.033	0	897.99
337		1983.04	896.421	1.033	3.183	0.0055	897.969	1.549	1	flu	3.565	1.549	1.5		-14.476	1.033	0	897.45
338		1988.94	896.389	1.033	3.183	0.0055	897.938	1.549	1	flu	3.565	1.549	1.5		-14.476	1.033	0	897.42
339		1994.84	896.357	1.033	3.183	0.0055	897.906	1.549	1	flu	3.565	1.549	1.5		-14.476	1.033	0	897.39
340		2000.74	896.325	1.033	3.183	0.0055	897.874	1.549	1	flu	3.565	1.549	1.5		-14.476	1.033	0	897.35
341		2006.64	896.293	1.033	3.183	0.0055	897.842	1.549	1	flu	3.565	1.549	1.5		-14.476	1.033	0	897.32
342	4	2006.64	896.293	1.033	3.183	0.0055	897.842	1.549	1	tor	3.565	1.549	1.5	0.007	-3.759	1.033	0.001	897.32
360		2116.4	895.558	0.955	3.443	0.0067	897.117	1.559	1.125	tor	3.409	1.432	1.5		0	1.033	0	896.51
377		2220.07	894.863	0.955	3.443	0.0067	896.422	1.559	1.125	tor	3.409	1.432	1.5		0	1.033	0	895.81
378		2226.17	894.822	0.955	3.443	0.0067	896.381	1.559	1.125	tor	3.409	1.432	1.5		0	1.033	0	895.77
379		2232.26	894.782	0.955	3.443	0.0067	896.34	1.559	1.125	tor	3.409	1.432	1.5		0	1.033	0	895.73
380		2238.36	894.741	0.955	3.443	0.0067	896.3	1.559	1.125	tor	3.409	1.432	1.5		0	1.033	0	895.69
381		2244.46	894.7	0.955	3.443	0.0067	896.259	1.559	1.125	tor	3.409	1.432	1.5		0	1.033	0	895.65
382	5	2244.46	894.7	0.541	4.47	0.0137	896.259	1.559	2.183	tor	3.029	1.103	2.581	0.007	0.002	0.849	-0.007	895.24
400		2351.38	893.994	0.648	3.539	0.0071	895.281	1.287	1.601	tor	3.334	1.393	2.797		0	0.849	-0.001	894.643
420		2470.18	893.21	0.662	3.447	0.0066	894.477	1.267	1.546	tor	3.372	1.43	2.823		0	0.849	0	893.872
440		2588.98	892.426	0.662	3.442	0.0066	893.692	1.266	1.543	tor	3.373	1.432	2.825		0	0.849	0	893.088
460		2707.78	891.642	0.662	3.442	0.0066	892.908	1.266	1.543	tor	3.373	1.432	2.825		0	0.849	0	892.304
480		2826.58	890.858	0.662	3.442	0.0066	892.124	1.266	1.543	tor	3.373	1.432	2.825		0	0.849	0	891.52
500		2945.38	890.074	0.662	3.442	0.0066	891.34	1.266	1.543	tor	3.373	1.432	2.825		0	0.849	0	890.736

Annexes

Annexe IV.2. Calcul de la ligne d'eau canal A pour la période de retour 50 ans.

Pas	Tronçon	X	Z _{fond}	Y	V	J	H	H _s	F	Régime	P _m	S	L _m	I	dy/dx	Y _c	I-J	Z
.	.	m	m	m	m/s	m/m	m	m	.	.	m	m ²	m	m/m	m/m	m	m/m	m
0	1	0	912.83	0.65	5.139	0.015	914.82	1.996	2.323	tor	3.338	1.397	2.8	0.015	0	1.046	0	913.48
20		118.42	911.054	0.65	5.139	0.015	913.05	1.996	2.323	tor	3.338	1.397	2.8		0	1.046	0	911.70
40		236.84	909.277	0.65	5.139	0.015	911.27	1.996	2.323	tor	3.338	1.397	2.8		0	1.046	0	909.92
60		355.26	907.501	0.65	5.139	0.015	909.49	1.996	2.323	tor	3.338	1.397	2.8		0	1.046	0	908.15
72		426.32	906.435	0.65	5.139	0.015	908.43	1.996	2.323	tor	3.338	1.397	2.8		0	1.046	0	907.08
73		432.24	906.346	0.65	5.139	0.015	908.34	1.996	2.323	tor	3.338	1.397	2.8		0	1.046	0	906.99
74		438.16	906.258	0.65	5.139	0.015	908.25	1.996	2.323	tor	3.338	1.397	2.8		0	1.046	0	906.90
75		444.08	906.169	0.65	5.139	0.015	908.16	1.996	2.323	tor	3.338	1.397	2.8		0	1.046	0	906.81
76		450	906.08	0.65	5.139	0.015	908.07	1.996	2.323	tor	3.338	1.397	2.8		0	1.046	0	906.73
77		450	906.08	0.65	5.139	0.015	908.07	1.996	2.323	tor	3.338	1.397	2.8		0.009	0.001	1.046	-0.006
80	467.93	905.92	0.672	4.915	0.0133	907.82	1.904	2.19	tor	3.402	1.461	2.845	0.001	1.046		-0.004	906.59	
100	587.49	904.856	0.74	4.332	0.0094	906.55	1.696	1.855	tor	3.593	1.657	2.98	0	1.046		0	905.59	
120	707.04	903.792	0.749	4.262	0.0089	905.46	1.675	1.815	tor	3.619	1.685	2.998	0	1.046		0	904.54	
130	766.82	903.26	0.75	4.256	0.0089	904.93	1.673	1.812	tor	3.621	1.687	3	0	1.046		0	904.01	
139	820.62	902.782	1.878	1.131	0.0003	904.72	1.944	0.329	flu	6.813	6.346	5.257	0.01	1.046		0.009	904.66	
140	826.6	902.728	1.936	1.079	0.0002	904.72	1.995	0.31	flu	6.976	6.652	5.372	0.01	1.046		0.009	904.66	
141	832.57	902.675	1.993	1.031	0.0002	904.72	2.047	0.292	flu	7.138	6.963	5.486	0.01	1.046		0.009	904.66	
142	838.55	902.622	2.05	0.987	0.0002	904.72	2.099	0.276	flu	7.298	7.277	5.6	0.009	1.046		0.009	904.67	
143	844.53	902.569	2.106	0.945	0.0002	904.72	2.152	0.262	flu	7.457	7.595	5.712	0.009	1.046		0.009	904.675	
144	2	844.53	902.569	1.4	3.418	0.0054	904.56	1.996	0.922	flu	4.301	2.101	1.5	0.009	0	1.327	0	903.969
160		938.91	902.059	1.4	3.418	0.0054	904.05	1.996	0.922	flu	4.301	2.101	1.5		0	1.327	0	903.459
180		1056.9	901.422	1.4	3.418	0.0054	903.41	1.996	0.922	flu	4.301	2.101	1.5		0	1.327	0	902.822
200		1174.88	900.785	1.4	3.418	0.0054	902.78	1.996	0.922	flu	4.301	2.101	1.5		0	1.327	0	902.185
220		1292.86	900.148	1.4	3.418	0.0054	902.14	1.996	0.922	flu	4.301	2.101	1.5		0	1.327	0	901.548

Annexes

240	3	1410.84	899.511	1.4	3.418	0.0054	901.50	1.996	0.922	flu	4.301	2.101	1.5	0.005	0	1.327	0	900.911
260		1528.82	898.874	1.4	3.418	0.0054	900.86	1.996	0.922	flu	4.301	2.101	1.5		0	1.327	0	900.274
280		1646.8	898.236	1.4	3.418	0.0054	900.23	1.996	0.922	flu	4.301	2.101	1.5		0	1.327	0	899.637
300		1764.78	897.599	1.4	3.418	0.0054	899.59	1.996	0.922	flu	4.301	2.101	1.5		0	1.327	0	899
320		1882.76	896.962	1.4	3.418	0.0054	898.95	1.996	0.922	flu	4.301	2.101	1.5		0	1.327	0	898.363
337		1983.04	896.421	1.394	3.435	0.0055	898.41	1.995	0.929	flu	4.287	2.09	1.5		0	1.327	0	897.814
338		1988.94	896.389	1.39	3.443	0.0055	898.38	1.994	0.932	flu	4.281	2.085	1.5		-0.001	1.327	0	897.779
339		1994.84	896.357	1.385	3.457	0.0056	898.35	1.994	0.938	flu	4.27	2.077	1.5		-0.001	1.327	0	897.742
340		2000.74	896.325	1.375	3.481	0.0056	898.31	1.993	0.948	flu	4.25	2.062	1.5		-0.002	1.327	0	897.7
341		2006.64	896.293	1.327	3.608	0.0062	898.28	1.99	1	flu	4.154	1.99	1.5		-196.618	1.327	-0.001	897.62
342	4	2006.64	896.293	1.327	3.608	0.0062	898.28	1.99	1	tor	4.153	1.99	1.5	0.007	-1.82	1.327	0.001	897.62
360		2116.4	895.558	1.284	3.729	0.0067	897.55	1.992	1.051	tor	4.067	1.925	1.5		0	1.327	0	896.842
377		2220.07	894.863	1.284	3.729	0.0067	896.85	1.992	1.051	tor	4.067	1.925	1.5		0	1.327	0	896.147
378		2226.17	894.822	1.284	3.729	0.0067	896.81	1.992	1.051	tor	4.067	1.925	1.5		0	1.327	0	896.106
379		2232.26	894.782	1.284	3.729	0.0067	896.77	1.992	1.051	tor	4.067	1.925	1.5		0	1.327	0	896.065
380		2238.36	894.741	1.284	3.729	0.0067	896.73	1.992	1.051	tor	4.067	1.925	1.5		0	1.327	0	896.024
381		2244.46	894.7	1.284	3.729	0.0067	896.69	1.992	1.051	tor	4.067	1.925	1.5		0	1.327	0	895.984
382	5	2244.46	894.7	0.651	5.131	0.0149	896.69	1.992	2.318	tor	3.34	1.399	2.801	0.007	0.002	1.046	-0.008	895.351
400		2351.38	893.994	0.781	4.034	0.0077	895.60	1.61	1.689	tor	3.708	1.78	3.061		0.001	1.046	-0.001	894.775
420		2470.18	893.21	0.81	3.835	0.0067	894.77	1.56	1.581	tor	3.792	1.872	3.121		0	1.046	0	894.02
440		2588.98	892.426	0.813	3.816	0.0066	893.98	1.555	1.57	tor	3.801	1.882	3.127		0	1.046	0	893.239
460		2707.78	891.642	0.814	3.814	0.0066	893.19	1.555	1.57	tor	3.801	1.882	3.127		0	1.046	0	892.456
480		2826.58	890.858	0.814	3.814	0.0066	892.41	1.555	1.569	tor	3.801	1.883	3.127		0	1.046	0	891.672
500		2945.38	890.074	0.814	3.814	0.0066	891.62	1.555	1.569	tor	3.801	1.883	3.127		0	1.046	0	890.888

Annexes

Annexe IV.3. Calcul de la ligne d'eau canal B pour période de retour 100 ans

Pas	Tronçon	X	Z _{fond}	Y	V	J	H	H _s	F	Régime	P _m	S	L _m	I	dy/dx	Y _c	I-J	Z
.	.	m	m	m	m/s	m/m	m	m	.	.	m	m ²	m	m/m	m/m	m	m/m	m
0	1	0	936.1	0.858	9.369	0.0278	941.431	5.331	3.503	tor	6.426	4.167	5.716	0.028	0	1.819	0	936.95
20		96.7	933.412	0.858	9.369	0.0278	938.743	5.331	3.503	tor	6.426	4.167	5.716		0	1.819	0	934.27
21		101.54	933.277	0.858	9.369	0.0278	938.609	5.331	3.503	tor	6.426	4.167	5.716		0	1.819	0	934.13
22		106.37	933.143	0.858	9.369	0.0278	938.474	5.331	3.503	tor	6.426	4.167	5.716		0	1.819	0	934.00
23		111.21	933.008	0.858	9.369	0.0278	938.34	5.331	3.503	tor	6.426	4.167	5.716		0	1.819	0	933.86
24		116.04	932.874	0.858	9.369	0.0278	938.205	5.331	3.503	tor	6.426	4.167	5.716		0	1.819	0	933.73
25	2	116.04	932.874	0.858	9.369	0.0278	938.205	5.331	3.503	tor	6.426	4.167	5.716	0.019	0.001	1.819	-0.008	933.73
40		185.84	931.52	0.899	8.866	0.0237	936.425	4.905	3.248	tor	6.542	4.403	5.798		0	1.819	-0.004	932.41
60		278.91	929.714	0.928	8.532	0.0212	934.353	4.639	3.082	tor	6.626	4.576	5.857		0	1.819	-0.002	930.64
80		371.98	927.909	0.942	8.386	0.0202	932.435	4.526	3.01	tor	6.664	4.656	5.884		0	1.819	-0.001	928.85
100		465.05	926.103	0.948	8.322	0.0197	930.581	4.478	2.979	tor	6.682	4.691	5.896		0	1.819	0	927.05
120		558.12	924.298	0.951	8.294	0.0195	928.755	4.457	2.965	tor	6.689	4.707	5.901		0	1.819	0	925.24
125		581.39	923.846	0.951	8.29	0.0195	928.301	4.454	2.963	tor	6.69	4.709	5.902		0	1.819	0	924.79
126		586.04	923.756	0.951	8.29	0.0195	928.21	4.454	2.963	tor	6.69	4.709	5.902		0	1.819	0	924.70
127		590.69	923.666	0.951	8.289	0.0195	928.119	4.453	2.963	tor	6.691	4.71	5.902		0	1.819	0	924.61
128		595.35	923.576	0.951	8.288	0.0195	928.028	4.453	2.962	tor	6.691	4.71	5.903		0	1.819	0	924.52
129	600	923.485	0.951	8.288	0.0195	927.937	4.452	2.962	tor	6.691	4.711	5.903	0	1.819	0	924.43		
130	2	600	923.485	0.951	8.288	0.0195	927.937	4.452	2.962	tor	6.691	4.711	5.903	0.002	0.002	1.819	-0.013	924.43
140		646.3	923.175	1.023	7.6	0.0152	927.142	3.967	2.633	tor	6.893	5.137	6.045		0.001	1.819	-0.008	924.19
160		738.89	922.555	1.135	6.699	0.0106	925.977	3.422	2.218	tor	7.21	5.828	6.27		0.001	1.819	-0.004	923.69
180		831.49	921.934	1.208	6.204	0.0085	925.104	3.17	2	tor	7.417	6.293	6.417		0.001	1.819	-0.002	923.14
200		924.08	921.314	1.251	5.945	0.0076	924.366	3.052	1.888	tor	7.538	6.567	6.501		0	1.819	-0.001	922.56
220		1016.68	920.693	1.273	5.816	0.0071	923.69	2.997	1.834	tor	7.601	6.713	6.546		0	1.819	0	921.96

Annexes

240	3	1109.27	920.073	1.284	5.754	0.0069	923.044	2.971	1.807	tor	7.632	6.785	6.568	0.007	0	1.819	0	921.35
260		1201.87	919.453	1.289	5.724	0.0068	922.412	2.959	1.795	tor	7.647	6.82	6.579		0	1.819	0	920.74
280		1294.46	918.832	1.292	5.71	0.0067	921.786	2.954	1.789	tor	7.654	6.837	6.584		0	1.819	0	920.12
300		1387.06	918.212	1.293	5.704	0.0067	921.163	2.951	1.787	tor	7.657	6.844	6.586		0	1.819	0	919.50
320		1479.65	917.592	1.294	5.701	0.0067	920.542	2.95	1.785	tor	7.659	6.848	6.587		0	1.819	0	918.88
340		1572.25	916.971	1.294	5.7	0.0067	919.921	2.95	1.785	tor	7.66	6.849	6.588		0	1.819	0	918.26
360		1664.84	916.351	1.294	5.699	0.0067	919.3	2.949	1.784	tor	7.66	6.85	6.588		0	1.819	0	917.64
380		1757.44	915.73	1.294	5.699	0.0067	918.68	2.949	1.784	tor	7.66	6.85	6.588		0	1.819	0	917.02
400		1850.03	915.11	1.294	5.699	0.0067	918.059	2.949	1.784	tor	7.66	6.851	6.588		0	1.819	0	916.40
416		1924.11	914.614	1.294	5.699	0.0067	917.563	2.949	1.784	tor	7.66	6.851	6.588		0	1.819	0	915.90
417		1928.74	914.583	1.294	5.699	0.0067	917.532	2.949	1.784	tor	7.66	6.851	6.588		0	1.819	0	915.87
418		1933.37	914.552	1.294	5.699	0.0067	917.501	2.949	1.784	tor	7.66	6.851	6.588		0	1.819	0	915.84
419		1938	914.521	1.294	5.699	0.0067	917.47	2.949	1.784	tor	7.66	6.851	6.588		0	1.819	0	915.81
420		1942.63	914.49	1.294	5.699	0.0067	917.439	2.949	1.784	tor	7.66	6.851	6.588		0	1.819	0	915.78
421	4	1942.63	914.49	1.294	5.699	0.0067	917.439	2.949	1.784	tor	7.66	6.851	6.588	0.012	-0.002	1.819	0.005	915.78
440		2030.95	913.474	1.183	6.369	0.0092	916.724	3.25	2.072	tor	7.345	6.13	6.365		-0.001	1.819	0.002	914.65
460		2123.93	912.405	1.14	6.66	0.0104	915.806	3.401	2.201	tor	7.225	5.862	6.281		0	1.819	0.001	913.54
480		2216.9	911.336	1.123	6.788	0.011	914.807	3.471	2.258	tor	7.176	5.752	6.246		0	1.819	0	912.45
500		2309.87	910.266	1.115	6.845	0.0113	913.77	3.503	2.284	tor	7.154	5.703	6.23		0	1.819	0	911.38

Annexes

Annexe IV.4. Calcul de la ligne d'eau canal B pour la période de retour de 1000 ans.

Pas	Tronçon	X	Z _{fond}	Y	V	J	H	H _s	F	Régime	P _m	S	L _m	I	dy/dx	Y _c	I-J	Z
.	.	m	m	m	m/s	m/m	m	m	.	.	m	m ²	m	m/m	m/m	m	m/m	m
0	1	0	936.1	1.065	10.498	0.0278	942.782	6.682	3.573	tor	7.012	5.393	6.13	0.028	0	2.249	0	937.16
20		96.7	933.412	1.065	10.498	0.0278	940.094	6.682	3.573	tor	7.012	5.393	6.13		0	2.249	0	934.47
21		101.54	933.277	1.065	10.498	0.0278	939.959	6.682	3.573	tor	7.012	5.393	6.13		0	2.249	0	934.34
22		106.37	933.143	1.065	10.498	0.0278	939.825	6.682	3.573	tor	7.012	5.393	6.13		0	2.249	0	934.20
23		111.21	933.008	1.065	10.498	0.0278	939.69	6.682	3.573	tor	7.012	5.393	6.13		0	2.249	0	934.07
24		116.04	932.874	1.065	10.498	0.0278	939.556	6.682	3.573	tor	7.012	5.393	6.13		0	2.249	0	933.93
25	2	116.04	932.874	1.065	10.498	0.0278	939.556	6.682	3.573	tor	7.012	5.393	6.13	0.019	0.001	2.249	-0.008	933.93
40		185.84	931.52	1.106	10.023	0.0244	937.747	6.227	3.356	tor	7.129	5.649	6.213		0	2.249	-0.005	932.62
60		278.91	929.714	1.141	9.656	0.0219	935.607	5.893	3.191	tor	7.226	5.864	6.281		0	2.249	-0.003	930.85
80		371.98	927.909	1.16	9.463	0.0207	933.632	5.724	3.105	tor	7.28	5.983	6.319		0	2.249	-0.001	929.06
100		465.05	926.103	1.17	9.362	0.0201	931.74	5.637	3.06	tor	7.309	6.048	6.34		0	2.249	-0.001	927.27
120		558.12	924.298	1.175	9.309	0.0197	929.89	5.592	3.037	tor	7.324	6.082	6.35		0	2.249	0	925.47
125		581.39	923.846	1.176	9.301	0.0197	929.431	5.585	3.033	tor	7.327	6.088	6.352		0	2.249	0	925.02
126		586.04	923.756	1.176	9.299	0.0197	929.34	5.584	3.033	tor	7.327	6.089	6.353		0	2.249	0	924.93
127		590.69	923.666	1.176	9.298	0.0197	929.248	5.582	3.032	tor	7.327	6.09	6.353		0	2.249	0	924.84
128		595.35	923.576	1.177	9.296	0.0197	929.157	5.581	3.031	tor	7.328	6.091	6.353		0	2.249	0	924.75
129	600	923.485	1.177	9.295	0.0197	929.065	5.58	3.031	tor	7.328	6.092	6.353	0	2.249	0	924.66		
130	2	600	923.485	1.177	9.295	0.0197	929.065	5.58	3.031	tor	7.328	6.092	6.353	0.002	0.002	2.249	-0.013	924.66
140		646.3	923.175	1.246	8.659	0.0161	928.243	5.068	2.755	tor	7.525	6.539	6.493		0.001	2.249	-0.009	924.42
160		738.89	922.555	1.363	7.748	0.0117	926.977	4.422	2.373	tor	7.854	7.308	6.725		0.001	2.249	-0.005	923.91
180		831.49	921.934	1.449	7.174	0.0095	926.006	4.071	2.141	tor	8.097	7.893	6.897		0.001	2.249	-0.003	923.38
200		924.08	921.314	1.507	6.821	0.0082	925.193	3.879	2.002	tor	8.263	8.301	7.014		0.001	2.249	-0.002	922.82

Annexes

220	3	1016.68	920.693	1.545	6.612	0.0075	924.466	3.773	1.921	tor	8.369	8.563	7.089	0.007	0	2.249	-0.001	922.23
240		1109.27	920.073	1.567	6.491	0.0072	923.787	3.714	1.874	tor	8.432	8.723	7.134		0	2.249	0	921.64
260		1201.87	919.453	1.58	6.423	0.007	923.135	3.682	1.848	tor	8.469	8.815	7.16		0	2.249	0	921.03
280		1294.46	918.832	1.587	6.385	0.0068	922.497	3.665	1.834	tor	8.489	8.868	7.174		0	2.249	0	920.42
300		1387.06	918.212	1.591	6.364	0.0068	921.867	3.655	1.826	tor	8.501	8.897	7.183		0	2.249	0	919.80
320		1479.65	917.592	1.594	6.352	0.0067	921.242	3.65	1.821	tor	8.507	8.913	7.187		0	2.249	0	919.18
340		1572.25	916.971	1.595	6.346	0.0067	920.618	3.647	1.819	tor	8.511	8.922	7.189		0	2.249	0	918.56
360		1664.84	916.351	1.595	6.343	0.0067	919.997	3.646	1.817	tor	8.513	8.927	7.191		0	2.249	0	917.94
380		1757.44	915.73	1.596	6.341	0.0067	919.375	3.645	1.817	tor	8.514	8.93	7.192		0	2.249	0	917.32
400		1850.03	915.11	1.596	6.34	0.0067	918.754	3.644	1.816	tor	8.514	8.931	7.192		0	2.249	0	916.70
416		1924.11	914.614	1.596	6.339	0.0067	918.258	3.644	1.816	tor	8.514	8.932	7.192		0	2.249	0	916.21
417		1928.74	914.583	1.596	6.339	0.0067	918.227	3.644	1.816	tor	8.514	8.932	7.192		0	2.249	0	916.17
418		1933.37	914.552	1.596	6.339	0.0067	918.196	3.644	1.816	tor	8.514	8.932	7.192		0	2.249	0	916.14
419		1938	914.521	1.596	6.339	0.0067	918.165	3.644	1.816	tor	8.514	8.932	7.192		0	2.249	0	916.11
420		1942.63	914.49	1.596	6.339	0.0067	918.134	3.644	1.816	tor	8.514	8.932	7.192		0	2.249	0	916.08
421	4	1942.63	914.49	1.596	6.339	0.0067	918.134	3.644	1.816	tor	8.514	8.932	7.192	0.012	-0.002	2.249	0.005	916.08
440		2030.95	913.474	1.479	6.986	0.0088	917.441	3.967	2.067	tor	8.184	8.105	6.958		-0.001	2.249	0.003	914.95
460		2123.93	912.405	1.426	7.319	0.01	916.561	4.156	2.199	tor	8.033	7.736	6.852		0	2.249	0.001	913.83
480		2216.9	911.336	1.4	7.491	0.0107	915.595	4.26	2.268	tor	7.959	7.558	6.8		0	2.249	0.001	912.73
500		2309.87	910.266	1.386	7.582	0.0111	914.583	4.317	2.305	tor	7.921	7.467	6.773		0	2.249	0	911.65

Annexes

Annexe IV.5. Calcul de la ligne d'eau canal C pour la période de retour de 100 ans.

Pas	Tronçon	X	Zf	Y	V	J	H	Hs	F	Régime	Pm	S	Lm	I	dy/dx	Yc	I-J	Z
.	.	m	m	m	m/s	m/m	m	m	.	.	m	m ²	m	m/m	m/m	m	m/m	m
0	1	0	911.77	2.4	10.308	0.0094	919.585	7.815	2.357	tor	14.788	24.958	12.8	0.009	0	3.972	0	914.17
20		73.26	911.081	2.4	10.308	0.0094	918.897	7.815	2.357	tor	14.788	24.958	12.8		0	3.972	0	913.48
40		146.52	910.393	2.4	10.308	0.0094	918.208	7.815	2.357	tor	14.788	24.958	12.8		0	3.972	0	912.79
60		219.78	909.704	2.4	10.308	0.0094	917.519	7.815	2.357	tor	14.788	24.958	12.8		0	3.972	0	912.10
70		256.41	909.36	2.4	10.308	0.0094	917.175	7.815	2.357	tor	14.788	24.958	12.8		0	3.972	0	911.76
71		260.07	909.325	2.4	10.308	0.0094	917.141	7.815	2.357	tor	14.788	24.958	12.8		0	3.972	0	911.72
72		263.73	909.291	2.4	10.308	0.0094	917.106	7.815	2.357	tor	14.788	24.958	12.8		0	3.972	0	911.69
73		267.4	909.256	2.4	10.308	0.0094	917.072	7.815	2.357	tor	14.788	24.958	12.8		0	3.972	0	911.65
74		271.06	909.222	2.4	10.308	0.0094	917.037	7.815	2.357	tor	14.788	24.958	12.8		0	3.972	0	911.62
75		271.06	909.222	2.4	10.308	0.0094	917.037	7.815	2.357	tor	14.788	24.958	12.8		0.011	0	3.972	0.002
80	289.45	909.022	2.394	10.339	0.0095	916.864	7.842	2.366	tor	14.771	24.883	12.788	0	3.972		0.001	911.41	
100	363.03	908.22	2.374	10.446	0.0098	916.155	7.936	2.4	tor	14.715	24.627	12.748	0	3.972		0.001	910.59	
120	436.6	907.418	2.358	10.531	0.01	915.428	8.011	2.426	tor	14.671	24.429	12.717	0	3.972		0.001	909.77	
140	510.17	906.616	2.346	10.598	0.0102	914.687	8.071	2.447	tor	14.636	24.274	12.692	0	3.972		0.001	908.96	
160	583.74	905.814	2.337	10.651	0.0103	913.933	8.119	2.463	tor	14.609	24.153	12.673	0	3.972		0.001	908.15	
174	635.25	905.252	2.331	10.682	0.0104	913.399	8.147	2.473	tor	14.594	24.084	12.662	0	3.972		0	907.58	
175	638.92	905.212	2.331	10.684	0.0104	913.361	8.149	2.474	tor	14.593	24.079	12.662	0	3.972		0	907.54	
176	642.6	905.172	2.33	10.686	0.0104	913.323	8.15	2.474	tor	14.592	24.075	12.661	0	3.972		0	907.50	
177	646.28	905.132	2.33	10.688	0.0104	913.284	8.152	2.475	tor	14.591	24.071	12.66	0	3.972		0	907.46	
178	649.96	905.092	2.33	10.69	0.0104	913.246	8.154	2.475	tor	14.59	24.066	12.66	0	3.972	0	907.42		
179	649.96	905.092	2.33	10.69	0.0104	913.246	8.154	2.475	tor	14.59	24.066	12.66	0	3.972	-0.002	907.42		
180	653.64	905.062	2.331	10.68	0.0104	913.208	8.145	2.472	tor	14.594	24.087	12.663		0	3.972	-0.002	907.39	

Annexes

200	3	727.16	904.467	2.362	10.512	0.0099	912.461	7.994	2.42	tor	14.68	24.473	12.724	0.008	0	3.972	-0.002	906.82
220		800.68	903.871	2.387	10.374	0.0096	911.744	7.873	2.377	tor	14.752	24.798	12.775		0	3.972	-0.001	906.25
240		874.2	903.276	2.409	10.262	0.0093	911.051	7.776	2.343	tor	14.813	25.07	12.817		0	3.972	-0.001	905.68
260		947.73	902.68	2.426	10.17	0.009	910.378	7.698	2.314	tor	14.862	25.296	12.852		0	3.972	-0.001	905.10
280		1021.25	902.085	2.441	10.095	0.0089	909.72	7.635	2.292	tor	14.904	25.483	12.882		0	3.972	-0.001	904.52
300		1094.77	901.489	2.453	10.035	0.0087	909.074	7.585	2.273	tor	14.937	25.637	12.905		0	3.972	-0.001	903.94
320		1168.29	900.894	2.462	9.985	0.0086	908.438	7.545	2.258	tor	14.965	25.763	12.925		0	3.972	0	903.35
325		1186.68	900.745	2.465	9.975	0.0086	908.28	7.536	2.255	tor	14.971	25.791	12.929		0	3.972	0	903.20
326		1190.35	900.715	2.465	9.973	0.0086	908.249	7.534	2.254	tor	14.972	25.797	12.93		0	3.972	0	903.18
327		1194.03	900.685	2.465	9.971	0.0086	908.217	7.532	2.254	tor	14.973	25.802	12.931		0	3.972	0	903.15
328		1197.7	900.655	2.466	9.969	0.0085	908.186	7.531	2.253	tor	14.974	25.807	12.932		0	3.972	0	903.12
329		1201.38	900.626	2.466	9.967	0.0085	908.155	7.529	2.252	tor	14.976	25.812	12.932		0	3.972	0	903.09
330		4	1201.38	900.626	2.466	9.967	0.0085	908.155	7.529	2.252	tor	14.976	25.812		12.932	0.008	0	3.972
340	1238.36		900.326	2.47	9.947	0.0085	907.839	7.513	2.247	tor	14.986	25.862	12.94	0	3.972		0	902.79
360	1312.32		899.727	2.477	9.915	0.0084	907.214	7.487	2.237	tor	15.005	25.947	12.953	0	3.972		0	902.20
380	1386.28		899.128	2.482	9.888	0.0084	906.594	7.466	2.229	tor	15.02	26.016	12.964	0	3.972		0	901.61
389	1419.57		898.858	2.484	9.878	0.0083	906.316	7.458	2.226	tor	15.026	26.043	12.968	0	3.972		0	901.34
390	1423.27		898.828	2.484	9.877	0.0083	906.285	7.457	2.225	tor	15.027	26.046	12.969	0	3.972		0	901.31
391	1426.96		898.798	2.484	9.876	0.0083	906.254	7.456	2.225	tor	15.027	26.048	12.969	0	3.972		0	901.28
392	1430.66		898.768	2.485	9.875	0.0083	906.223	7.455	2.225	tor	15.028	26.051	12.969	0	3.972		0	901.25
393	1434.36		898.738	2.485	9.874	0.0083	906.193	7.454	2.224	tor	15.028	26.054	12.97	0	3.972		0	901.22
394	1434.36		898.738	2.485	9.874	0.0083	906.193	7.454	2.224	tor	15.028	26.054	12.97	0.003	0.001		3.972	-0.005
400	1456.32	898.668	2.513	9.737	0.008	906.013	7.345	2.183	tor	15.108	26.421	13.026	0.001		3.972	-0.005	901.18	
420	1529.52	898.434	2.604	9.318	0.0071	905.463	7.029	2.058	tor	15.364	27.607	13.207	0.001		3.972	-0.004	901.03	
440	1602.73	898.2	2.688	8.954	0.0063	904.974	6.775	1.951	tor	15.603	28.73	13.376	0.001		3.972	-0.003	900.88	
460	1675.93	897.965	2.766	8.639	0.0057	904.535	6.57	1.859	tor	15.824	29.78	13.532	0.001		3.972	-0.003	900.73	

Annexes

480		1749.14	897.731	2.838	8.366	0.0052	904.136	6.405	1.781	tor	16.026	30.751	13.675		0.001	3.972	-0.002	900.56
500		1822.34	897.497	2.902	8.131	0.0048	903.769	6.272	1.715	tor	16.208	31.638	13.804		0.001	3.972	-0.002	900.39

Annexes

Annexe IV.6. Calcul de la ligne d'eau canal C pour la période de retour 1000 ans.

Pas	Tronçon	X	Z _{fond}	Y	V	J	H	H _s	F	Régime	P _m	S	L _m	I	dy/dx	Y _c	I-J	Z
.	.	m	m	m	m/s	m/m	m	m	.	.	m	m ²	m	m/m	m/m	m	m/m	m
0	1	0	911.77	2.964	11.48	0.0094	921.452	9.682	2.399	tor	16.384	32.502	13.929	0.009	0	4.9	0	914.73
20		73.26	911.081	2.964	11.48	0.0094	920.763	9.682	2.399	tor	16.384	32.502	13.929		0	4.9	0	914.04
40		146.52	910.393	2.964	11.48	0.0094	920.074	9.682	2.399	tor	16.384	32.502	13.929		0	4.9	0	913.35
60		219.78	909.704	2.964	11.48	0.0094	919.386	9.682	2.399	tor	16.384	32.502	13.929		0	4.9	0	912.66
70		256.41	909.36	2.964	11.48	0.0094	919.041	9.682	2.399	tor	16.384	32.502	13.929		0	4.9	0	912.32
71		260.07	909.325	2.964	11.48	0.0094	919.007	9.682	2.399	tor	16.384	32.502	13.929		0	4.9	0	912.29
72		263.73	909.291	2.964	11.48	0.0094	918.973	9.682	2.399	tor	16.384	32.502	13.929		0	4.9	0	912.25
73		267.4	909.256	2.964	11.48	0.0094	918.938	9.682	2.399	tor	16.384	32.502	13.929		0	4.9	0	912.22
74		271.06	909.222	2.964	11.48	0.0094	918.904	9.682	2.399	tor	16.384	32.502	13.929		0	4.9	0	912.18
75		271.06	909.222	2.964	11.48	0.0094	918.904	9.682	2.399	tor	16.384	32.502	13.929		0	4.9	0.002	912.18
80	2	289.45	909.022	2.959	11.508	0.0095	918.73	9.709	2.407	tor	16.368	32.424	13.917	0.011	0	4.9	0.001	911.98
100		363.03	908.22	2.939	11.607	0.0097	918.025	9.806	2.435	tor	16.312	32.146	13.878		0	4.9	0.001	911.15
120		436.6	907.418	2.922	11.69	0.0099	917.305	9.887	2.458	tor	16.266	31.92	13.845		0	4.9	0.001	910.34
140		510.17	906.616	2.909	11.758	0.0101	916.571	9.955	2.477	tor	16.228	31.734	13.818		0	4.9	0.001	909.52
160		583.74	905.814	2.898	11.815	0.0102	915.826	10.013	2.493	tor	16.197	31.581	13.796		0	4.9	0.001	908.71
174		635.25	905.252	2.891	11.849	0.0103	915.3	10.047	2.503	tor	16.178	31.491	13.783		0	4.9	0.001	908.14
175		638.92	905.212	2.891	11.851	0.0103	915.262	10.049	2.503	tor	16.177	31.485	13.782		0	4.9	0.001	908.10
176		642.6	905.172	2.89	11.853	0.0103	915.224	10.052	2.504	tor	16.175	31.479	13.781		0	4.9	0.001	908.06
177		646.28	905.132	2.89	11.856	0.0103	915.186	10.054	2.505	tor	16.174	31.473	13.78		0	4.9	0.001	908.02
178		649.96	905.092	2.89	11.858	0.0103	915.148	10.056	2.505	tor	16.173	31.467	13.779		0	4.9	0.001	907.98
179	649.96	905.092	2.89	11.858	0.0103	915.148	10.056	2.505	tor	16.173	31.467	13.779	0	4.9	-0.002	907.98		
180	653.64	905.062	2.891	11.85	0.0103	915.111	10.048	2.503	tor	16.177	31.488	13.782	0	4.9	-0.002	907.95		

Annexes

200	3	727.16	904.467	2.92	11.704	0.0099	914.369	9.902	2.462	tor	16.258	31.88	13.839	0.008	0	4.9	-0.002	907.38	
220		800.68	903.871	2.944	11.58	0.0096	913.65	9.779	2.427	tor	16.327	32.222	13.888		0	4.9	-0.002	906.81	
240		874.2	903.276	2.966	11.474	0.0094	912.951	9.676	2.398	tor	16.388	32.52	13.931		0	4.9	-0.001	906.24	
260		947.73	902.68	2.984	11.383	0.0092	912.269	9.589	2.373	tor	16.44	32.778	13.968		0	4.9	-0.001	905.66	
280		1021.25	902.085	3	11.307	0.009	911.6	9.516	2.351	tor	16.485	33.001	14		0	4.9	-0.001	905.08	
300		1094.77	901.489	3.014	11.241	0.0089	910.944	9.455	2.333	tor	16.524	33.192	14.027		0	4.9	-0.001	904.50	
320		1168.29	900.894	3.025	11.186	0.0087	910.297	9.403	2.318	tor	16.557	33.357	14.051		0	4.9	-0.001	903.91	
325		1186.68	900.745	3.028	11.174	0.0087	910.136	9.391	2.315	tor	16.565	33.394	14.056		0	4.9	-0.001	903.77	
326		1190.35	900.715	3.029	11.171	0.0087	910.104	9.389	2.314	tor	16.566	33.401	14.057		0	4.9	-0.001	903.74	
327		1194.03	900.685	3.029	11.169	0.0087	910.072	9.387	2.313	tor	16.568	33.408	14.058		0	4.9	-0.001	903.71	
328		1197.7	900.655	3.03	11.166	0.0087	910.04	9.385	2.313	tor	16.569	33.416	14.059		0	4.9	-0.001	903.68	
329		1201.38	900.626	3.03	11.164	0.0087	910.008	9.383	2.312	tor	16.57	33.423	14.06		0	4.9	-0.001	903.65	
330	4	1201.38	900.626	3.03	11.164	0.0087	910.008	9.383	2.312	tor	16.57	33.423	14.06	0.008	0	4.9	-0.001	903.65	
340		1238.36	900.326	3.035	11.141	0.0086	909.687	9.361	2.306	tor	16.584	33.491	14.07		0	4.9	-0.001	903.36	
360		1312.32	899.727	3.044	11.101	0.0086	909.051	9.324	2.295	tor	16.609	33.612	14.087		0	4.9	0	902.77	
380		1386.28	899.128	3.051	11.067	0.0085	908.421	9.293	2.285	tor	16.629	33.716	14.102		0	4.9	0	902.17	
389		1419.57	898.858	3.054	11.053	0.0085	908.139	9.281	2.281	tor	16.638	33.757	14.108		0	4.9	0	901.91	
390		1423.27	898.828	3.054	11.052	0.0085	908.108	9.28	2.281	tor	16.639	33.761	14.108		0	4.9	0	901.88	
391		1426.96	898.798	3.054	11.051	0.0085	908.077	9.278	2.281	tor	16.639	33.766	14.109		0	4.9	0	901.85	
392		1430.66	898.768	3.055	11.049	0.0084	908.046	9.277	2.28	tor	16.64	33.77	14.11		0	4.9	0	901.82	
393		1434.36	898.738	3.055	11.048	0.0084	908.014	9.276	2.28	tor	16.641	33.774	14.11		0	4.9	0	901.79	
394		1434.36	898.738	3.055	11.048	0.0084	908.014	9.276	2.28	tor	16.641	33.774	14.11		0.001	0.001	4.9	-0.005	901.79
400		1456.32	898.668	3.082	10.923	0.0082	907.832	9.164	2.246	tor	16.718	34.16	14.165			0.001	4.9	-0.005	901.75
420		1529.52	898.434	3.17	10.536	0.0074	907.262	8.828	2.141	tor	16.967	35.414	14.341			0.001	4.9	-0.004	901.60
440	1602.73	898.2	3.254	10.19	0.0067	906.745	8.546	2.048	tor	17.203	36.618	14.508	0.001	4.9		-0.004	901.45		
460	1675.93	897.965	3.333	9.88	0.0062	906.273	8.308	1.966	tor	17.426	37.768	14.665	0.001	4.9		-0.003	901.29		

Annexes

480	5	1749.14	897.731	3.407	9.603	0.0057	905.838	8.107	1.893	tor	17.635	38.856	14.813	0.003	0.001	4.9	-0.003	901.13
500		1822.34	897.497	3.475	9.356	0.0053	905.434	7.937	1.829	tor	17.83	39.88	14.951		0.001	4.9	-0.002	900.97