



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Conception des Systèmes d'Assainissement

THEME :

**Protection contre les inondations des sites AADL 13300
logements De la ville Sidi Abdellah – Mahelma (W.Alger)**

**Présenté par :
TABATOUCH Safa**

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mme DJOUDAR / HALLAL Dahbia	M.C.A	Président
Mme TOUAHIR Sabah	M.A.A	Examineur
Mr DERNOUNI Youcef	M.A.A	Examineur
Mr DAHMANE Mouloud	M.C.B	Examineur
Mr ZAIBAK Issam	M.A.A	Promoteur

Session Octobre 2023

Remerciements

Tout d'abord, je remercie ALLAH de m'avoir donné la volonté et la sagesse d'accomplir ce travail.

Je tiens encore une fois à remercier mes chers parents pour leur aide, leur soutien, leur confiance, leurs encouragements etc.

Je tiens à remercier ma sœur unique, ma jumelle, qui m'a accompagné tout au long de mon parcours académique.

Merci Rajaa.

Je remercie ma chère tante, qui est mon amie et ma sœur, de m'avoir soutenu jusqu'à la dernière minute

Merci Hibat Allah

Une grande reconnaissance envers mon promoteur Mr

ZAIBAK Issam

Pour sa disponibilité et ses judicieux conseils.

Je voudrais particulièrement remercier Mme D. Amraoui ; Responsable d'études à Amenhyd ; Pour leurs précieux conseils et leur aide.

Finalement je remercie toute, le corps pédagogique de l'ENSH et toute personne qui a contribué de près ou de loin au parachèvement de ce modeste travail.



*Je dédie ce travail d'abord, à mon père et ma
mère pour leur soutien.*

A ma chère sœur jumelle : Rajaa

A tous mes familles

*A tous mes amis qui m'ont accompagné dans mon
parcours académique*

*A tous mes enseignants de l'ENSH qui ont
contribué à ma formation. Et à tous ceux qui vont
lire ce travail.*

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو حماية مواقع AADL البالغ عددها 13300 سجل في مدينة سيدي عبد الله، ولاية الجزائر العاصمة، من الفيضانات. وفي هذا الصدد قمنا بإجراء دراسة هيدرولوجية لتقدير معدلات التدفق التي يمكن أن تؤثر على مناطق الدراسة. وللحد من هذه الظاهرة استخدمنا نظامي ARCGIS و HEC-RAS لدراسة فيضان الأنهار واقترحنا إجراءات لتطوير الأودية في منطقتنا واستخدامها لتصريف مياه الأمطار من منطقة الدراسة. قمنا بإعادة تأهيل الممرات المائية بناءً على التحليلات الفنية والاقتصادية بهدف إدارة مياه الفيضانات بشكل آمن .

Résumé :

Le but de cette étude est de protéger les sites AADL 13 300 LOGS de la ville de Sidi Abdellah, Wilaya d'Alger, contre les inondations. À cet égard, nous avons réalisé une étude hydrologique pour estimer les débits pouvant affecter les zones d'étude.

Pour réduire ce phénomène, nous avons utilisé les systèmes ARCGIS et HEC-RAS pour étudier les crues des cours d'eau et proposé des mesures pour aménager les vallées de notre région et les utiliser pour évacuer les eaux pluviales de la zone d'étude.

Nous avons réhabilité les cours d'eau sur la base d'analyses techniques et économiques dans le but de gérer en toute sécurité les eaux de crue.

Abstract:

The aim of this study is to protect the 13,300 AADL sites registered in the city of Sidi Abdellah, Algiers Province, from flooding. In this regard, we conducted a hydrological study to estimate the flow rates that could affect the study areas.

To reduce this phenomenon, we used the ARCGIS and HEC-RAS systems to study river flooding and proposed procedures to develop valleys in our region and use them to drain rainwater from the study area.

We rehabilitated waterways based on technical and economic analyzes with the aim of safely managing floodwaters.

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre I : présentation de la zone d'étude	3
I.1 Introduction :	3
I.2 Situation géographique de la commune de Mahelma :	3
I.3 Localisation de la zone d'étude :	4
I.4 Situation topographique (1):	5
I.5 Situation géologique et tectonique de la ville Sidi Abdellah (2):	5
I.5.1 Situation géologique :	6
I.5.2 Situation tectonique :	6
I.6 Sismicité (3):	8
I.7 Situation climatologique :	9
I.8 Hydrographie :	11
I.9 Situation hydraulique (5):	12
I.9.1 Approvisionnement en eau potable	12
I.9.2 L'assainissement :	13
I.10 Conclusion :	14
Chapitre II : étude hydrologique	16
II.10 Introduction :	16
II.2 Caractéristiques hydro-morphométriques :	16
II.2.1 Caractéristiques géométriques :	17
II.2.1.a La superficie (S) :	17
II.2.1.b Le périmètre (P) :	17
II.2.1.c Longueur de thalweg (L) :	17
II.2.2 Caractéristiques de forme :	17
II.2.2.b Coefficient d'allongement (Ca) :	18
II.2.2.c Rectangle équivalent :	18
II.2.3 Les caractéristiques de relief :	19
II.2.3.a Courbe hypsométrique :	19
II.2.3.b Les altitudes caractéristiques :	24
II.3 Analyse des données pluviométriques :	31
II.3.1 Les données disponibles :	31
II.3.2 Pluies maximales journalière :	31
II.3.2.1 Ajustement statistique :	33

Table des matières

II.3.2.2	Test visuel :	40
II.4	Estimation des débits de crues :	44
II.4.1	Calcul de débit de crue par les formules empiriques :	45
II.4.1.1	Formule de Turraza :	46
II.4.1.3	Formule de Sokolovsky :	46
II.4.1.3	Formule de maillet – Gauthier :	47
II.4.2	Choix de débit de crue :	48
II.4.3	L'hydrogramme de crue :	49
II.5	Étude de l'apport solide :	54
II.5.1	Formule de Tixeront (1960) (15):	54
II.5.2	Formule de SOGREAH (1969) (15):	55
I.6	Conclusion :	57
Chapitre III : étude des écoulements non aménagés		59
III.1	Introduction :	59
III.2	Description générale des cours d'eaux :	59
III.3	Modalisation des écoulements :	62
III.3.1	HEC-GeoRAS :	62
III.3.2	Modèle HECRAS :	63
III.3.2.1	Aperçu sur le modèle :	63
III.3.2.2	Banque de données nécessaire à l'application de HECRAS :	63
III.3.2.3	Visualisation des résultats :	69
Chapitre IV : étude des variantes et calcul hydraulique		93
IV.1	Introduction :	93
IV.2	Écoulement dans les canaux à surface libre :	93
IV.2.1	Définition :	93
IV.2.2	Les types d'écoulements (22):	93
IV.2.3	Régime d'écoulement (22):	95
IV.2.4	Dimensionnement des Canaux :	96
IV.3	Proposition des variantes :	97
IV.4	Étude des variantes pour BV N°1 et 2 :	97
IV.4.1	Bassin versant N°1 :	97
IV.4.1.2	Variante N°2 :	104
IV.4.1.3	Estimations du coût des variantes et étude comparative :	106
IV.4.2	Bassin versant N°2 :	107
IV.4.2.1	Variante N°1 :	107
IV.4.2.2	Variante N°2 :	112
IV.4.2.3	Estimation du coût des variantes et étude comparative :	115

Table des matières

IV.4.3 Bassin versant N°3 :	115
IV.5 Ouvrages et éléments utilisés :	121
IV.5.1 Les canalisations :	121
IV.5.2 Les ouvrages de recueillie et de transport (3) :	124
IV.5.3 Les regards (3):	124
IV.1 Conclusions :	126
Chapitre VI : organisation de chantier et sécurité de travail	128
V.1 Introduction :	128
V.2 Planification des travaux :	128
V.3 Devis quantitatif et estimatif :	128
V.4 Les différents Travaux de réalisation :	128
V.4.1 Excavation des tranchées et des fouilles :	129
V.4.2 Le lit de sable :	130
V.4.3 Le remblai des tranchées :	131
V.5 La Planification des travaux :	134
V.5.1 Techniques de planification :	134
V.5.1.1 Méthode basées sur le réseau :	134
V.5.1.2 Méthodes basées sur le graphique	136
V.5.2 Les Etapes de la Planification :	136
V.5.3 Choix de la Méthode de Calcul :	136
V.5.3.1 Les paramètres de la méthode C.P.M :	136
V.5.4 Elaboration du réseau selon la méthode C.P.M :	137
V.6 Sécurité chantier :	142
V.6.1 Mesures préventives pour éviter les causes des accidents :	142
V.6.1.1 Equipements De Protection Individuelle (EPI) (23) :	142
V.6.1.2 Circulation Routière (23):	147
V.6.1.3 Signalisation de sécurité et de sante sur les lieux de travail (23):	148
V.6.1.4 Engins :	150
V.6.1.5 Les machines :	151
V.6.1.6 Recommandations de protection collective (3):	151
V.6.2 En cas d'accident (23):	155
V.7 Conclusion :	155

Listes des tables :

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

Tableau I.1 : répartition mensuelle la température de la Mitidja orientale	7
Tableau I.2 : précipitation moyennes mensuelles (1981-2021)	8
Tableau I.3 : humidité moyenne mensuelle	8
Tableau I.4 : répartition mensuelle de vitesse de vent.....	8

Chapitre II : étude hydrologique

Tableau II.1 : les caractéristiques géométriques des bassins versants	15
Tableau II.2 : les caractéristiques de forme des bassins versants	17
Tableau II.3 : Répartition en pourcentage de la surface élémentaire du BV01.....	18
Tableau II.4 : Répartition en pourcentage de la surface élémentaire du BV02.....	20
Tableau II.5 : Répartition en pourcentage de la surface élémentaire du BV03.....	21
Tableau II.6 : les altitudes caractéristiques des bassins versants	23
Tableau II.7 : répartition de relief en fonction de l'indice de pente.....	24
Tableau II.8 : répartition de relief en fonction de la dénivelée spécifique.....	25
Tableau II.9 : les indices des pentes pour les trois bassins versants.....	25
Tableau II.10 : la pente moyenne et la densité de drainage des bassins versants.....	26
Tableau II.11 : le temps de concentration par différentes méthodes empiriques	28
Tableau II.12 : caractéristique de la station pluviométrique utilisée	28
Tableau II.13 : pluies maximales journalières	30
Tableau II.14 : les caractéristiques de la série pluviométrique	30
Tableau II.14 : les paramètres d'ajustement par loi de Gumbel	33
Tableau II.15 : calculer les quantiles par loi de Gumbel	34
Tableau II.16 : les paramètres d'ajustement par loi de Galton	35
Tableau II.17 : calculer les quantiles par loi de Galton	36
Tableau II.18 : les paramètres d'ajustement par loi de GEV	37
Tableau II.19 : calculer les quantiles par loi de GEV.....	38
Tableau II.20 : résultat du test du kh^2	39
Tableau II.21 : calculer les quantiles par loi de Galton	39
Tableau II.22 : pluies et intensités maximales de durée t(h) et période de retour T (ans).....	41

Liste des tables

Tableau II.23 : le coefficient de ruissellement en fonction de période de retour.....	44
Tableau II.24 : les débits des crues fréquentielles pour les trois bassins versants....	46
Tableau II.25 : les temps caractéristiques de la crue	47
Tableau II.26 : hydrogrammes de crue pour différentes périodes de retour.....	48
Tableau II.27 : hydrogrammes de crue pour différentes périodes de retour.....	49
Tableau II.28 : hydrogrammes de crue pour différentes périodes de retour.....	50
Tableau II.26 : résultats de calcul du ruissellement annuel	52
Tableau II.27 : les valeurs de Ksog pour les différentes perméabilités.....	53
Tableau II.29 : résultats de calcul de l'apport solide spécifique	53
Tableau II.30 : résultats de calcul de l'apport solide annuel	54

Chapitre III : étude des écoulements

Tableau III.1 : la division des cours d'eaux BV N° 1 en tronçons	57
Tableau III.2 : la division des cours d'eaux de BV N° 2 en tronçons	58
Tableau III.3 : la division des cours d'eaux de BV N° 3 en tronçons	59
Tableau III.4 : Valeurs des coefficients de rugosité de Manning	63
Tableau III.5 : le débit spécifique fréquentielle pour chaque bassin versant	64
Tableau III.6 : Débits max de fréquence (en m ³ /s) de chaque traçons de BV01.....	65
Tableau III.7 : Débits max de fréquence (en m ³ /s) de chaque traçons de BV02.....	65
Tableau III.8 : Débits max de fréquence (en m ³ /s) de chaque traçons de BV03.....	66
Tableau III.9 : Résultats de simulation des oueds de BV N°1 pour la crue centennal.....	68
Tableau III.10 : Résultats de simulation des oueds de BV N°2 pour la crue centennal.....	76
Tableau III.11 : Résultats de simulation des oueds de BV N°3 pour la crue centennal.....	86

Chapitre IV : études des variantes

Tableau IV.1 : résultat de simulation d'un canal rectangulaire de TR N°5 de BV N°1.....	96
Tableau IV.2 : résultats de dimensionnement de tronçon N°1.....	99
Tableau IV.3 : Vérification de vitesse d'auto curage le 1/10 et le 1/100 du Débit plaine section.....	100

Liste des tables

Tableau IV.4 : résultats de simulation de canal trapézoïdale pour TR N°5 de BV N°1.....	102
Tableau IV.5 : Estimation du coût des variantes pour BV N°1.....	103
Tableau IV.6 : résultats de simulation de canal rectangulaire pour TR N°3 de BV N°2.....	105
Tableau IV.7 : résultats de simulation de canal rectangulaire pour TR N°2 de BV N°2.....	107
Tableau IV.8 : résultats de dimensionnement pour tronçon 1 de BV N°2.....	108
Tableau IV.9 : Vérification de vitesse d'auto curage le 1/10 et le 1/100 du Débit plaine section.....	108
Tableau IV.10 : résultats de simulation de canal trapézoïdale pour TR N°3 de BV N°2.....	110
Tableau IV.12 : Estimation du coût des variantes pour le BV N°2.....	111
Tableau IV.13 : résultats de dimensionnement de tronçon N°1 de BV N°3.....	112
Tableau IV.14 : Vérification de vitesse d'auto curage le 1/10 et le 1/100 du Débit plaine section	113
Tableau IV.15 : résultats de dimensionnement de tronçon N°1 de BV N°.....	114
Tableau IV.16 : Vérification de vitesse d'auto curage le 1/10 et le 1/100 du Débit plaine section.....	116
Chapitre V : organisation de chantier et sécurité de travail	
Tableau V.1 : Devis quantitatif et estimatifs de projet	129
Tableau V.2 : symbole des opérations et leurs durée de réalisation	134
Tableau V.3 : détermination des délais par la méthode tabulaire.....	135

Liste des figures :

Chapitre I : présentation e la zone d'étude

Figure I.1 : situation géographique de la commune de Mahelma	3
Figure I.2 : localisation de la zone d'étude	4
Figure I.3 : Situation topographique de la zone d'étude	4
Figure I.4 : figure montrant les failles présentes au niveau de la ville sidi abdellah...5	
Figure I.5 : Carte de zonage sismique du territoire national selon le RPA 2003	6
Figure I.6 : réseau hydrographique de la zone d'étude	9
Figure I.8 : Le réseau d'AEP projeté de Sidi Abdellah	11

Chapitre II : étude hydrologique

Figure II.1 : délimitation de bassins versants	14
Figure II.2 : la carte hypsométrique de BV N°01	18
Figure II.3 : diagramme et courbe Hypsométrique du BV01	19
Figure II.4 : carte hypsométrique de bassin versant BV N°02	19
Figure II.5 : diagramme et courbe Hypsométrique du BV02	20
Figure II.6 : la carte hypsométrique de BV N°03	21
Figure II.7 : diagramme et courbe Hypsométrique du BV03	22
Figure II.8 : carte pluviométrique d'Algérie	29
Figure II.9 : la droite d'ajustement de la loi de Gumbel	33
Figure II.10 : La droite d'ajustement de la loi log normal (Galton)	35
Figure II.11 : La droite d'ajustement de la loi de GEV	37
Figure II.12 : les précipitations en fonction du temps pour différentes périodes de retour.....	42
Figure II.13 : les courbes IDF	42
Figure II.14 : l'hydrogramme de crue fréquentielle de bassin versant 01	48
Figure II.15 : l'hydrogramme de crue fréquentielle pour bassin versant 2	49
Figure II.16 : l'hydrogramme de crue fréquentielle pour bassin versant 3.....	50

Liste des figures

Chapitre III : étude des écoulements

Figure III.1 : les différents tronçons des cours d’eaux dans le BV N°01.....	57
Figure III.2 : les différents tronçons des cours d’eaux dans le BV N°02.....	58
Figure III.3 : les différents tronçons des cours d’eaux dans le BV N°03.....	58
Figure III.4 : répartition des sections transversales pour BV01 sur HEC RAS.....	61
Figure III.5 : répartition des sections transversales pour BV02 sur HEC RAS.....	61
Figure III.6 : répartition des sections transversales pour BV03 sur HEC RAS.....	62
Figure III.7 : Section en travers à la station N°980.0607 de tronçon TR5.....	66
Figure III.8 : Section en travers à la station N°2120 de tronçon TR3.....	67
Figure III.9 : profil en long de tronçon TR N°5 trouvant dans BV N°1.....	74
Figure III.10 : Section en travers à la station N°1540 de tronçon TR2.....	75
Figure III.11 : Section en travers à la station N°399.9999 de tronçon TR3.....	75
Figure III.12 : profil en long de tronçon TR N°3 trouvant dans BV N°2.....	82
Figure III.12 : profil en long de tronçon TR N°3 trouvant dans BV N°2.....	83
Figure III.14 : Section en travers à la station N°59.95803 de tronçon TR2.....	83
Figure III.15 : profil en long de tronçon TR N°1 trouvant dans BV N°3.....	87

Chapitre IV : études des variantes

Figure IV.1 : Schéma représentant les différents régimes d’écoulement.....	92
Figure IV.2 : Section transversal du TR N° 5 de station N°32 (canal rectangulaire).....	95
Figure IV.3 : Section transversal du TR 5 de station N°44(canal trapézoïdale).....	101
Figure IV.4 : Section transversal du TR3 de station N°10(canal rectangulaire).....	105
Figure IV.5 : Section transversal du TR 2 de station N°6 (canal rectangulaire).....	106
Figure IV.6 : Section transversal du TR 3 de station N°3(canal trapézoïdale).....	109
Figure IV.7 : Section transversal du TR 2 de station N°8(canal trapézoïdale).....	111

Chapitre V : organisation de chantier et sécurité de travail

Figure V.1 : réseau à neaud.....	137
Figure V.2 : diagramme de GANTT.....	138
Figure V.1 : Vêtements de signalisation	139
Figure V.3 : Gants.....	140

Liste des figures

Figure V.4 : Chaussures et bottes de sécurité	140
Figure V.5 : casques	141
Figure V.6 : lunette de protection	141
Figure V.7 : casque anti bruit	142
Figure V.7 : harnais antichute	142
Figure V.8 : gilet de sauvetage.....	143
Figure V.9 : plaques signalétiques de protection	143
Figure V.10 : plaques signalétiques	145
Figure V.11 : signalisation d'approche	146
Figure V.12 : signalisation de position	146
Figure V.13 : passage sur chantier	148
Figure V.14 : stockage de matériaux	149
Figure V.15 : Soudage	149
Figure V.16 : tranchée	149
Figure V.17 : bord de tranchée	150
Figure V.18 : passage dangereux	150
Figure V.19 : vérification des chaines	150
Figure V.20 : charge longue	151
Figure V.21 : personne en zone de circulation	151
Figure V.22 : une personne sur un engin mobile	151

Liste des planches

Liste des planches :

Planche 1 : plan d'aménagement.....	1/5
Planche 2 : profil en long de TR5-BV1.....	2/5
Planche 3 : profil en long de TR 3-BV2.....	3/5
Planche 4 : profil en long de TR1-BV3.....	4/5
Planche 5 : les profils en travers des différentes sections	5/5



Introduction

Introduction générale

Les inondations constituent l'une des catastrophes naturelles les plus courantes au monde et touchent de nombreux groupes de population. Cette fréquence est notamment associée à différentes causes d'inondations. Quant aux conséquences, les dégâts causés par ce fléau ne sont pas minimes.

Comme beaucoup d'autres pays dans le monde, l'Algérie est victime d'inondations dévastatrices. Dans le passé, ces inondations étaient principalement connues après le débordement de grands fleuves dans de vastes plaines agricoles, mais au cours des deux dernières décennies, elles ont été enregistrées principalement dans les grandes villes et les zones métropolitaines, où l'eau et les pertes en vies humaines sont importantes et dans une proportion élevée.

Les cours d'eau algériennes sont de plus en plus aménagées en raison des fréquentes inondations à cause d'affaissement du site, au soulèvement tectonique de lits d'oueds ou aux glissements de terrains, induits par un tremblement de terre qui pourrait obstruer les cours d'eau. Les pertes humaines et matérielles augmentent considérablement d'année en année, pas nécessairement en raison d'une augmentation du nombre ou de l'intensité des inondations, mais plutôt en raison d'une augmentation des facteurs de vulnérabilité.

L'objectif de notre étude actuelle est de protéger le site AADL 13300 logements dans la ville de Sidi Abdellah contre les inondations, d'aménager leurs oueds et de l'utiliser pour évacuer les eaux pluviales de la zone d'étude. Pour atteindre cet objectif, ce travail est divisé en cinq chapitres suivants :

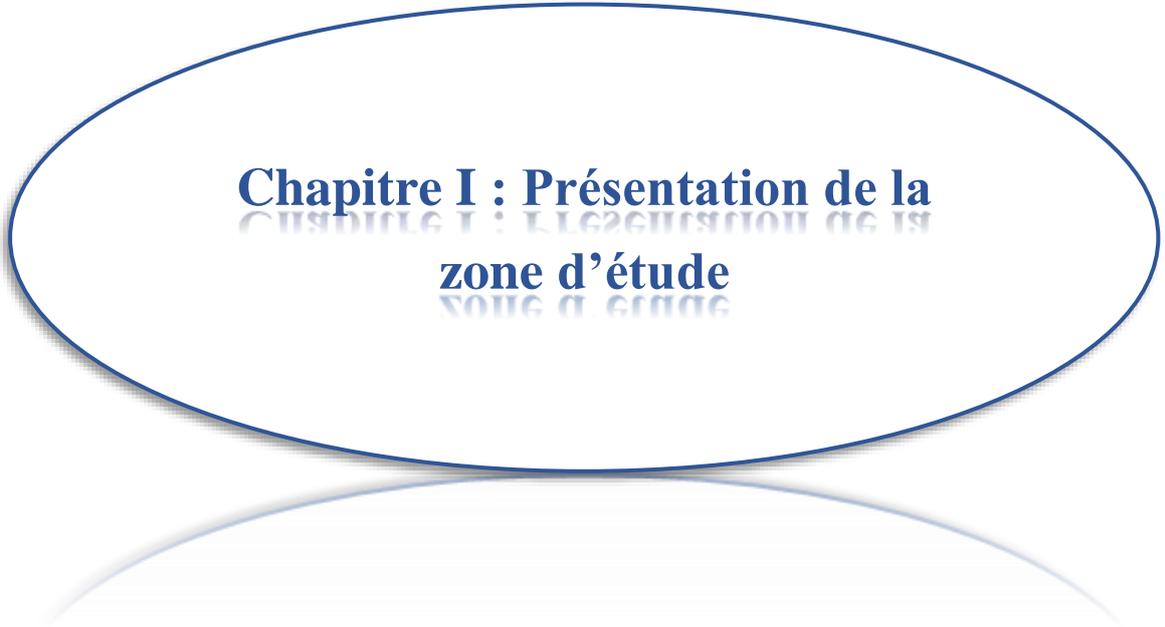
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude.

Chapitre II : Etude hydrologique

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

Chapitre V : Etude des variantes et calcul hydraulique.

Chapitre VI : Organisation de chantier et sécurité de travail.



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

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

I.1 Introduction :

Avant chaque étude hydraulique, il est nécessaire de connaître les principales données liées aux caractéristiques géographiques, topographiques, géologiques, et climatiques du site ainsi que les facteurs pouvant être impactés par la conception du projet afin de protéger les villes des inondations.

I.2 Situation géographique de la commune de Mahelma :

La commune de Mahelma est une commune de la wilaya d'Alger située à 30 km au sud-ouest d'Alger. Elle est constituée à partir des localités suivantes : Sidi Abdellah, Nezali, Mahelma, Boukhelif, Zaatria, Plateau de Mahelma. Haddadou et Boukhelkhal.

Délimitée :

- Par la commune de Soudania Au Nord- Est ;
- Par la Commune Ben Khelil Au Sud et Sud-Ouest ;
- Par les Communes de Zeralda et Douaouda A l'Ouest ;
- Par les communes de Rahmania et Douera A l'Est.

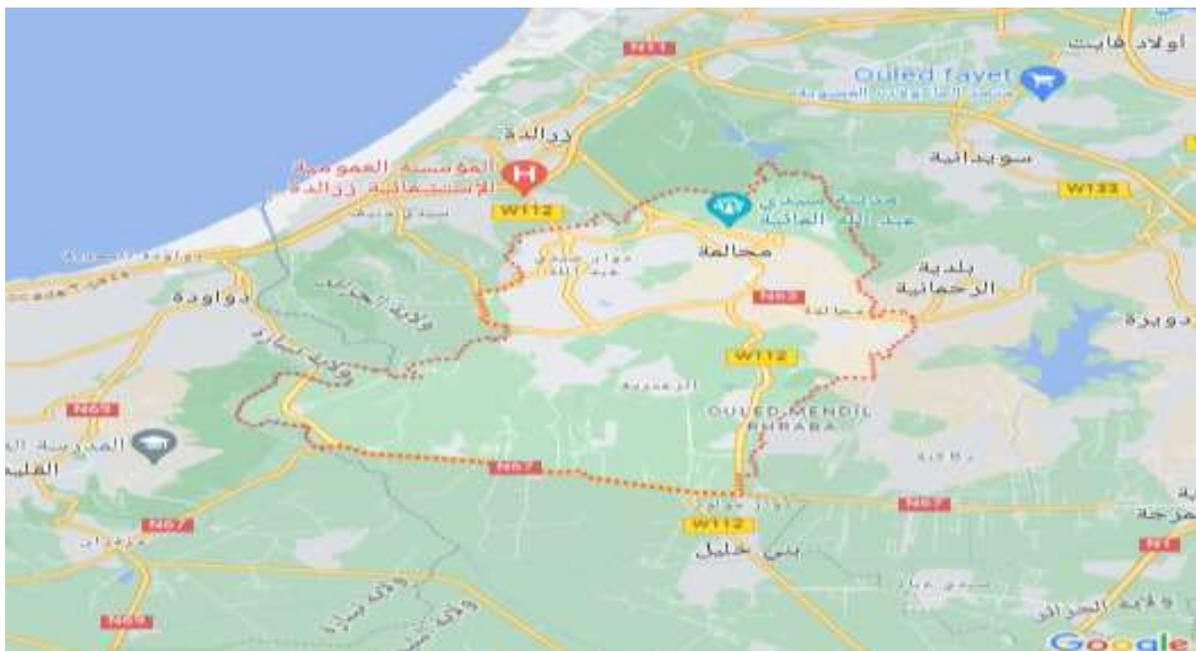


Figure I.1 : situation géographique de la commune de Mahelma (changé)

Source : Google Maps (2023)

I.4 Situation topographique (1):

Le relief de la zone d'étude est constitué d'une série de collines dénudées et abruptes allant de 38 m à 210 m de hauteur. 81,19% du territoire se situe entre 100 et 200 m d'altitude, avec un relief net au centre du territoire et des vues vers le sud. Plaine de Mitijah - une plaine qui ne dépasse pas 60 mètres de hauteur.

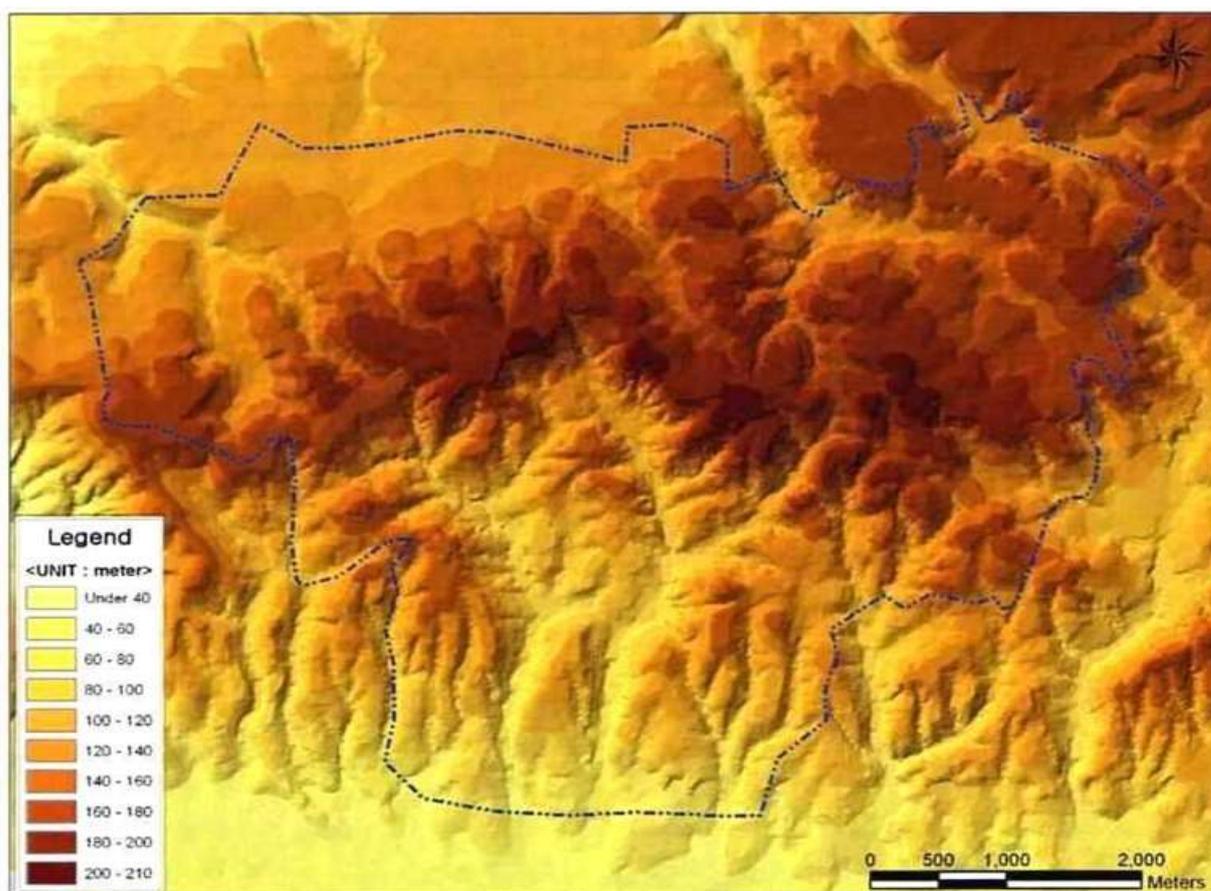


Figure I.3 : Situation topographique de la zone d'étude (2)

I.5 Situation géologique et tectonique de la ville Sidi Abdellah (2):

Selon la carte géologique visuelle de la région de Sidi Abdellah, basée sur l'interprétation de photographies aériennes suivie d'une vérification sur le terrain, elle montre, d'une part, au niveau stratigraphique, la répartition des dépôts géologiques de surface, et d'autre part, au niveau tectonique, la présence de sources sismiques, la faille Mahelma et la faille du Sahel.

I.5.1 Situation géologique :

Au niveau stratigraphique, cette carte a permis de distinguer les différentes formations géologiques suivantes :

- A.** Les formations géologiques actuelles sont constituées de sable de plage, de dunes modernes, de limons frais, de sédiments marécageux et de sable rouge (complexe : sable, gravier, argile).
- B.** Pour le Quaternaire, il est constitué de :
- Terrasses marines à Tirrenia et en Sicile des Dunes de sable intégrées ; Outils en bonbons et en pierre et Vieux limon.
 - Terrasses Marines de Calabre : Elles se composent de Vieux limon.
 - Villa Franchamps : jaune.
- C.** Le Tertiaire : Il est représenté par l'ère Pliocène et se compose de deux couches.
- Formations géologiques caractérisées par l'étage de lit marneux (Pléasantien : marne bleue).
 - Formation géologique caractérisée par des faciès de grès limoneux, de grès limoneux et de calcaire fossilifère (calcaire litotaminite).

I.5.2 Situation tectonique :

L'analyse et la recherche conjointe de photographies aériennes et satellitaires à l'échelle 1/20 000 ont révélé l'existence d'une ligne importante allant du nord-est au sud-ouest, passant au nord-ouest de Mahelma et se poursuivant du nord-est jusqu'à Soudania.

D'une part, il s'agit d'une falaise importante bordant la partie sud du Sahel à l'est de la zone d'étude (Golfe d'Alger).

- A.** Faille du Mahelma : Il semble que la ligne soit une continuation de la faille côtière. La plus grande extension de la zone à 4 km à l'ouest de Mahilma montre une orientation plateau ENE-WSW. Cette falaise est située à l'ouest de Mahelma, et disparaît à environ 1 km à l'est. Cela n'affecte pas Wadi Mahelma. L'expression morphologique de cette pente indique une légère diminution vers le nord. Le réseau hydrographique orienté largement au nord et au sud est peu affecté par le passage de cet escarpement.

D'après Glangeaud et al (1952) ; ils décrivent les mouvements tectoniques du Quaternaire qui auraient pu affecter la région du Mahalma. Cette zone correspond à la bordure ouest d'un des plis anticlinaux Mahelma-Oued Kerma (Birtouta-Baba Ali) d'orientation ENE-WSW. Au nord-est de Mahelma, en position sub-horizontale dans la région d'Alger, une terrasse marine de 125 mètres de hauteur se redresse brusquement verticalement à cet endroit.

B. Faille du Sahel : L'analyse de photographies aériennes montre d'importants escarpements bordant le sud du Sahel. Ces pentes abruptes s'étendent sur toute la région sud d'Alger.

Dans la littérature, cette morphologie est interprétée comme la faille du Sahel, qui est interprétée comme une faille active de pendage vers le nord s'étendant sur 63 km du mont Chenua au golfe d'Alger (Meghraoui, 1990 ; Geomatrix, 1998). L'activité néotectonique le long du Sahel s'exprime par les plis de la plaine du Pliocène et diverses terrasses océaniques observées le long du côté nord de l'anticlinal.

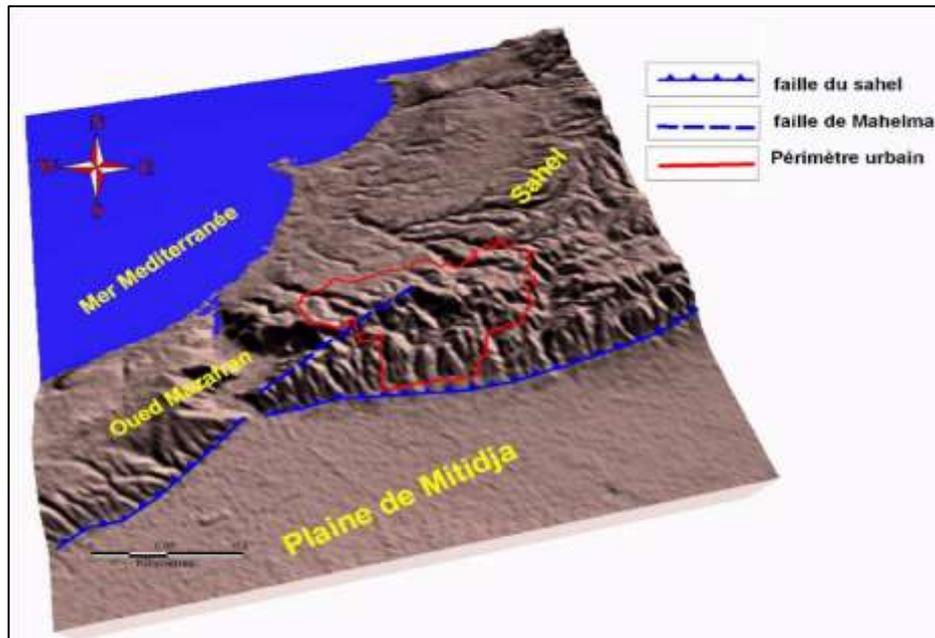


Figure I.4 : figure montrant les failles présentes au niveau de la ville sidi abdellah.(2)

I.6 Sismicité (3):

Les systèmes sismiques appliqués sont ceux du R.P.A (Systèmes Sismiques Algériens), tel que modifié et complété après le séisme du 21 mai 2003, développé par le CGS (Centre de Recherche Appliquée en Génie Parasismique).

Le pays est divisé en cinq zones à activité sismique accrue. Ces personnes sont :

- Zone 0 : activité sismique négligeable.
- Zone 1 : Faible sismicité.
- Zone 2 : Activité sismique moyenne.
- Zone 3 : Forte activité sismique.
- La zone 4 : activité sismique très élevée.

Ainsi, la région de Sidi Abdallah est caractérisée par une activité sismique modérée et est classée en Zone 2. Selon la réglementation sismique algérienne (R.P.A 2008)

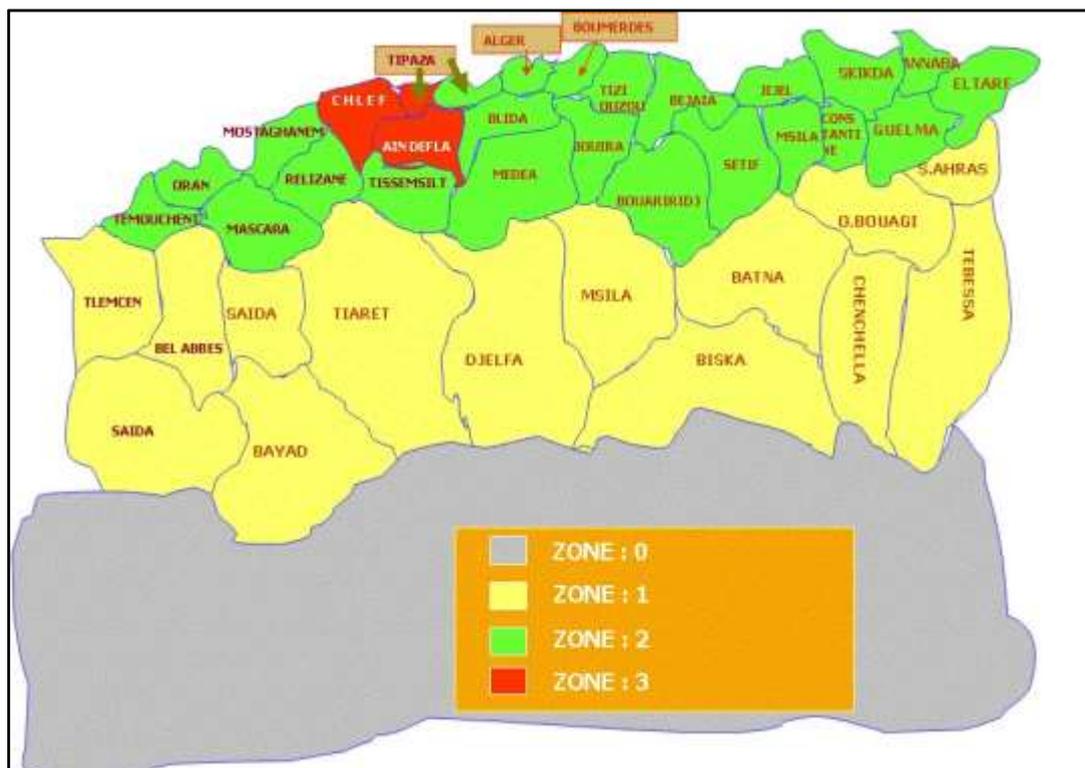


Figure I.5 : Carte de zonage sismique du territoire national selon RPA 2008 (4)

I.7 Situation climatologique :

I.7.1 Climat :

Selon sa situation géographique, la zone d'étude de Mahelma présente un climat méditerranéen, avec quelques différences continentales. Le caractère principal de ce climat est l'alternance d'une saison chaude et sèche s'étendant d'avril à septembre, suivie d'une saison fraîche et humide d'octobre à Mars.

I.7.2 Température :

La température fait partie des facteurs qui doivent être pris en compte et déterminés lors de l'établissement du bilan hydrologique car elle permet effectivement de caractériser le système climatique de la région.

Les différentes températures de la zone étudiée, qui constitue la partie orientale de la Mitidja, au cours de la période 1980-2010, sont représentées dans le Tableau I.1 :

Tableau I.1 : répartition mensuelle la température de la Mitidja orientale 1981-2010

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Moyenne interannuelle (°C)
Moy. (°C)	23.57	20.12	15.44	12.5	11.13	11.65	13.25	15.05	18.33	22.25	25.2	26.11	17.88
Min. (°C)	17.6	14.2	10	6.9	5.6	5.1	7.1	9.4	13	16.5	19	20.1	12.04
Max. (°C)	29.54	26.04	20.88	18.1	16.66	18.2	19.4	20.7	23.66	28	31.4	32.12	23.72

Source : ANRH Blida

Avec : **Tmin** : température minimale.

Tmax : température maximale.

Tmoy : température moyenne

En général, il y a deux chapitres :

- Saison fraîche s'étendant de novembre à avril : Les mois les plus froids sont janvier et février où la température mensuelle moyenne est de 5,1°C.
- Saison chaude s'étendant de mai à octobre : Les mois les plus chauds sont juillet et août où la température moyenne mensuelle dépasse 32°C.

I.7.3 Pluviométrie :

Selon les données de l'Observatoire du secteur Kolea, les conditions pluviométriques sont doublement irrégulières d'une année à l'autre, les plus fortes précipitations s'étalant sur trois mois (décembre, janvier et février).

Les précipitations mensuelles moyennes sur la période d'observation de 40 ans (1981-2021) sont présentées dans le tableau I.2.

Tableau I.2 : précipitation moyennes mensuelles (1981-2021)

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Total
P (mm)	91.4	77.3	74.6	73.9	38.3	12.1	3.4	4.7	30.9	70.6	91.4	104	672
P%	13.6	11.5	11.1	11	5.7	1.8	0.51	0.7	4.6	10.5	13.6	15.4	100

Source : ANRH Blida

La répartition mensuelle des précipitations divise l'année en deux périodes distinctes :

- Période courte et sèche de juin à septembre. Les précipitations minimales en juillet sont de 3,4 mm.
- Une période humide plus ou moins longue d'octobre à mai. Les précipitations maximales en janvier sont de 104 mm.

I.7.4 Humidité :

Au cours de l'année, il n'y a pas de variation significative de l'humidité relative, avec une valeur d'environ 70 %, une valeur élevée justifiée par la localisation de notre zone d'étude très proche de la région côtière.

Le tableau suivant représente l'humidité mensuelle moyenne :

Tableau I.3 : humidité moyenne mensuelle

mois	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
H(%)	77.7	77.8	77.0	76.1	75.0	72.3	69.2	70.0	71.4	74.5	76.4	78.0

Source : O.N.M Dar El Beida

I.7.5 vent :

Le tableau suivant montre la distribution de la vitesse du vent.

Tableau I.4 : répartition mensuelle de vitesse de vent

Mois	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Année
V (m/s)	3.1	3.3	3.2	3.2	3.0	3.2	3.1	3.0	2.8	2.8	2.9	3.2	3.1

Source : O.N.M Dar El Beida

Selon le tableau, la vitesse annuelle moyenne du vent est de 3,1 m/s et les vitesses mensuelles moyennes varient entre 2,8 m/s et 3,3 m/s. Il reste faible au cours du trimestre de septembre à novembre et plus fort au cours de la période de décembre, février, mars et avril.

I.8 Hydrographie :

Le réseau hydrographique de la zone d'étude est constitué de trois (03) rivières (Shaaba), qui sont des affluents secondaires vers l'oued Lakhel puis vers l'oued Mazafran.

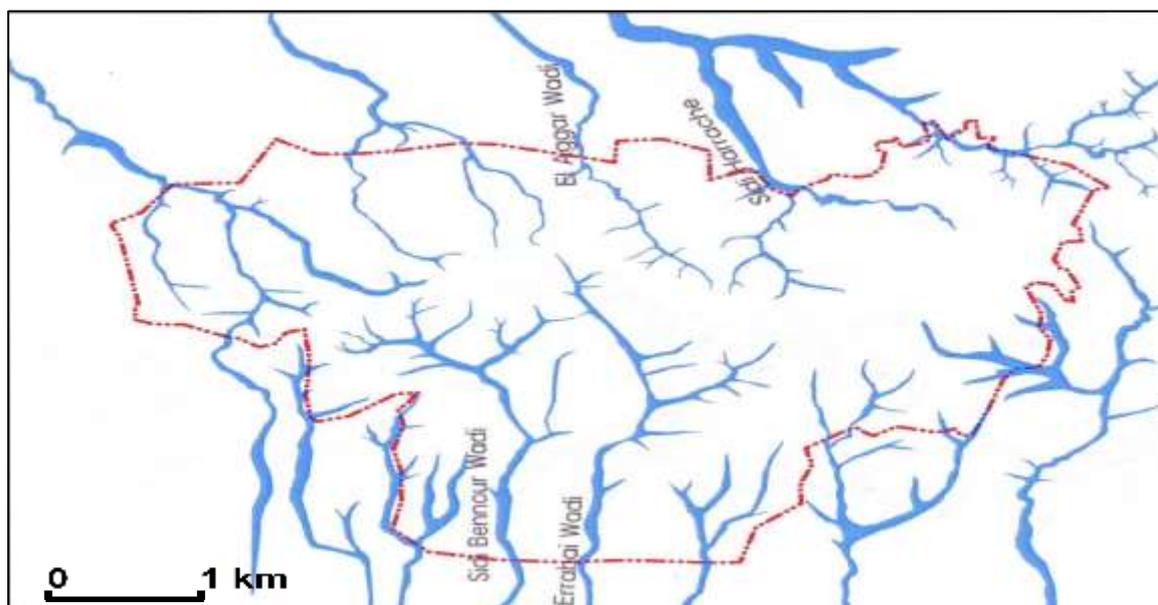


Figure I.6 : réseau hydrographique de la zone d'étude (2)

I.9 Situation hydraulique (5):

La situation de l'eau comprend les réseaux d'adduction d'eau potable et les réseaux d'assainissement.

I.9.1 Approvisionnement en eau potable

❖ Réseau actuel :

Le fonctionnement actuel du réseau AEP dans la nouvelle ville de Sidi Abdellah est le suivant :

- Mahalma : La ville de Mahalma est alimentée en eau par deux châteaux d'eau d'une capacité de 1000 m³. Cette dernière est issue du bassin versant de Mazafran.
- Sidi Abdellah : La ville de Sidi Abdellah dispose d'un réservoir d'une capacité de 500 mètres cubes qui reçoit l'eau du château d'eau Mahelma.
- Rahmania : La commune de Rahmania est desservie par un réservoir de grande hauteur (château d'eau) d'une capacité de 250 m³ et un réservoir d'une capacité de 500 m³. Ces réservoirs sont alimentés par le puits Ducla.
- Ville de Zaatria : L'eau est fournie à partir d'un réservoir d'une capacité de 500m³. Ce réservoir est alimenté en eau du bassin de la rivière Mazafran.
- Cité Sidi Benour : L'approvisionnement en eau est assuré par un château d'eau d'une capacité de 500 m³, qui reçoit l'eau d'un puits de collecte.

❖ Réseau AEP prévu :

L'approvisionnement en eau potable de la nouvelle ville de Sidi Abdellah est assuré depuis le complexe du Sahel. Nous construisons actuellement un grand entrepôt. Selon la définition de la Direction Hydraulique de la Wilaya d'Alger, le complexe est alimenté par trois sources principales :

- La station de dessalement d'eau de mer de Doauda, située au sud de la ville de Sidi Abdellah, produira 120 000 m³ par jour, dont 70 000 m³ seront destinés à la ville nouvelle et 50 000 m³ à la campagne. ;
- Le champ de captage de Mazafran.
- Raccordement du barrage de Boukerdene et du barrage de Bouloumi.

L'eau est ensuite distribuée vers cinq complexes hydrauliques locaux (Maherma, Sidi Abdellah, Rahmania, Zaatria et Sidi Benur).

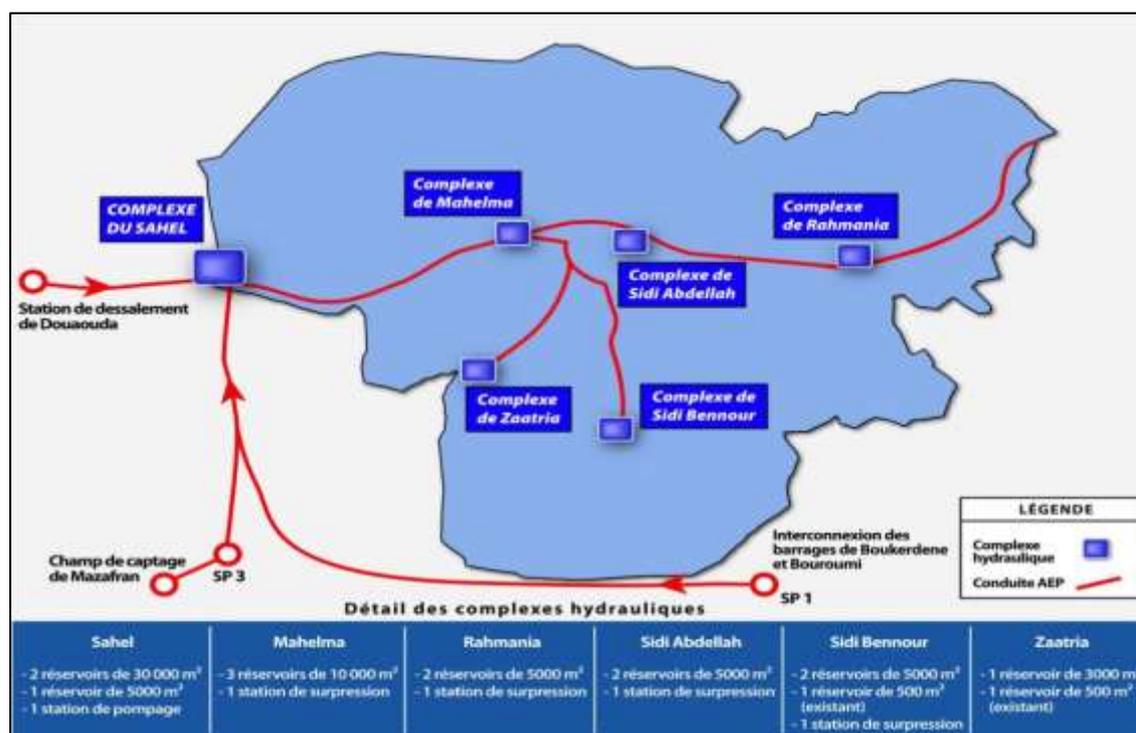


Figure I.7 : Le réseau d'AEP projeté de Sidi Abdellah (5)

I.9.2 L'assainissement :

La ville nouvelle est rénovée avec un système de séparation dont les caractéristiques sont les suivantes :

10 zones de drainage des eaux pluviales (5 chacune dans deux bassins versants, nord et sud).

Pour les diamètres des conduites principales sont :

- pour Mahelma : D800 – D1000
- pour Rahmania : D500 – D600
- pour Zaatria et Sidi Abdellah : D400
- pour Sidi Bennour : D300 – D400

Des réseaux de drainage des eaux pluviales sont installés le long des principales vallées, et des réseaux de collecte des eaux usées sont installés autour des vallées et des oueds.

Actuellement, les eaux usées de la ville nouvelle de Sidi Abdallah sont rejetées directement dans le milieu naturel, sans traitement préalable. Il est prévu d'établir deux stations d'épuration dans la ville, une au nord et l'autre au sud en raison de facteurs topographiques, car ces eaux usées polluées peuvent entraîner des risques sanitaires et une dégradation de l'environnement naturel.

I.10 Conclusion :

Dans cette partie nous avons défini les données nécessaires concernant notre région du point de vue topographie, géologie, climatologie ainsi que la situation hydraulique. Ces données nous serviront pour entamer l'étude du projet.

Chapitre II : étude hydrologique

Chapitre II : étude hydrologique

II.10 Introduction :

L'hydrologie est la science qui étudie l'étape du cycle de l'eau, qui commence avec son arrivée à la surface de la Terre. Cela comprend les précipitations, le ruissellement de surface et les eaux souterraines.

L'étude hydrologique constitue la partie la plus sensible des études de crues et détermine la taille exacte des ouvrages. Dans les suivantes, nous réaliserons une étude hydrologique et définirons un bassin versant spécifique pour les hydrogrammes de crue à différentes périodes de retour et déterminerons les débits potentiels maximaux correspondants qui seront utilisés comme conditions aux limites dans l'étude hydraulique.

II.2 Caractéristiques hydro-morphométriques :

La délimitation de nos bassins versants est représentée dans la figure suivante :

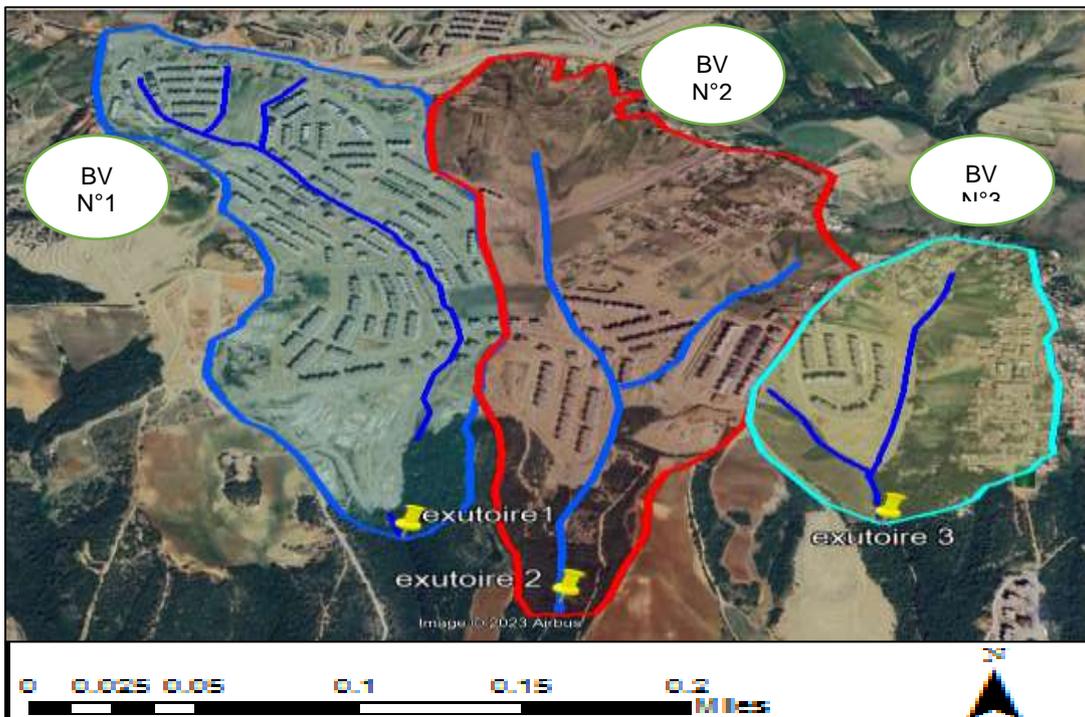


Figure II.1 : délimitation de bassins versants (source : Google earth 2023) (changé)

II.2.1 Caractéristiques géométriques :

II.2.1.a La superficie (S) :

La superficie d'un bassin versant est la première et la plus importante caractéristique. Elle est obtenue en mesurant une superficie sur une carte topographique après avoir tracé des limites topographiques et éventuellement hydrogéologiques. La superficie d'un bassin est généralement exprimée en km² ».

II.2.1.b Le périmètre (P) :

Le périmètre représente la longueur de la ligne de partage des eaux délimitant le bassin. Il peut être déterminé par l'utilisation d'un curvimètre. Il est exprimé en « Km ».

II.2.1.c Longueur de thalweg (L) :

Il s'agit de la longueur du cours d'eau principal d'un bassin versant, de la source à l'exutoire.

Le tableau ci-dessous résume les résultats des caractéristiques géométriques des trois bassins versants :

Tableau II.1 : les caractéristiques géométriques des bassins versants

Valeurs	superficie (Km ²)	périmètre (Km)	longueur de thalweg (Km)
bassin N°1	1.26	6.22	1.98
bassin N°2	1.22	6.01	1.71
bassin N°3	0.46	2.752	0.91

II.2.2 Caractéristiques de forme :

II.2.2.a Indice de compacité de Gravelius (Kc) :

Aussi appelé indice de forme, c'est un indice caractérisant la forme du bassin versant qui joue un rôle important dans la forme de l'hydrogramme de la tempête (6), et est donné par la formule suivante :

$$Kc = \frac{P}{2\pi \sqrt{\frac{S}{\pi}}} \approx 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{S}} \quad (\text{II.1})$$

Avec :

- K_c : Indice de compacité de Gravelius ;
- P : le périmètre du BV (Km) ;
- S : la surface du BV (Km²).

II.2.2.b Coefficient d'allongement (C_a) :

Obtenu à partir de la relation :

$$C_a = \frac{L^2}{S} \quad (\text{II.2})$$

Avec :

- L : la longueur du talweg principal (Km) ;
- S : la superficie du bassin versant (Km²).

II.2.2.c Rectangle équivalent :

Il s'agit d'une transformation purement géométrique du bassin versant en un rectangle de dimensions L et l . Cette dernière permet de comparer les bassins entre eux du point de vue des débits.

La longueur (L) et la largeur (l) sont données par les expressions suivantes (6):

$$L = K_c \times \frac{\sqrt{S}}{1.128} \times \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{K_G}\right)^2}\right) \quad (\text{II.3})$$

$$l = K_c \times \frac{\sqrt{S}}{1.128} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{K_G}\right)^2}\right) \quad (\text{II.4})$$

Avec :

- L : Longueur du rectangle (Km) ;
- l : Largeur du rectangle (Km) ;
- K_c : Indice de compacité de Gravelius ;
- S : la surface du BV (Km²).

Le tableau ci-dessous résume les résultats des caractéristiques de forme pour les trois bassins versants :

Tableau II.2 : les caractéristiques de forme des bassins versants

valeurs	Kc	Ca	L (Km)	l (Km)	observations
bassin N°1	1.552	3.111	2.605	0.484	allongé
bassin N°2	1.524	2.397	2.496	0.489	allongé
bassin N°3	1.14	1.8	0.786	0.585	allongé

II.2.3 Les caractéristiques de relief :

La topographie joue un rôle dans le régime d'écoulement et est indiquée par des courbes de niveau et caractérisée par une courbe hypsométrique. Le but de ces paramètres est de déterminer la classe de relief.

II.2.3.a Courbe hypsométrique :

La courbe hypsométrique c'est une courbe exprimant la fraction ou le pourcentage de la superficie totale du bassin versant comprise entre différentes courbes de niveau. Elle porte une altitude (m) donnée en abscisse et en ordonnée la surface du bassin exprimé en (%) pour laquelle chaque point est à une cote au moins égale à cette altitude.

La courbe hypsométrique s'établit en planimétrant les surfaces correspondant à la définition de l'ordonnée pour chacune des courbes de niveau (6).

❖ Bassin versant N°1 :

Le tableau et les figures suivantes représentent les résultats des surfaces partielles de BV N°1 :

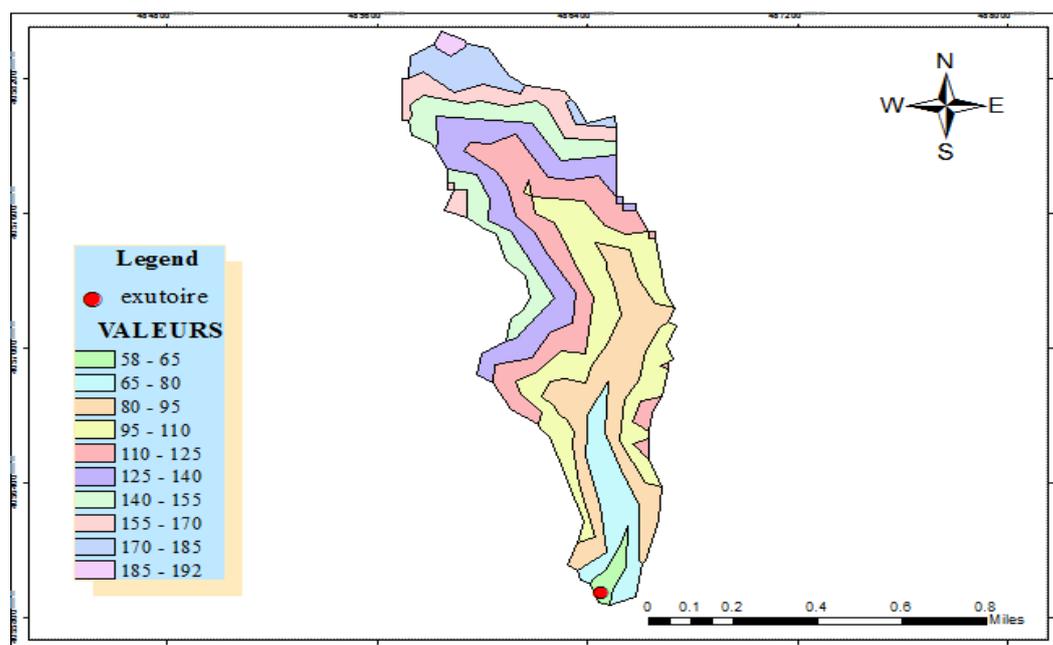


Figure II.2 : la carte hypsométrique de BV N°01

Tableau II.3 : Répartition en pourcentage de la surface élémentaire du BV01

altitudes (m)	surfaces partielles		surfaces cumulées		altitude moyenne
	(Km2)	%	(Km2)	%	
192-185	0.0083	0.66	0.0083	0.66	188.5
185-170	0.0653	5.184	0.0736	5.844	177.5
170-155	0.0774	6.147	0.151	11.991	162.5
155-140	0.139	11.029	0.29	23.02	147.5
140-125	0.187	14.826	0.477	37.846	132.5
125-110	0.2	15.89	0.677	53.736	117.5
110-95	0.249	19.791	0.926	73.527	102.5
95-80	0.214	16.99	1.14	90.517	87.5
80-65	0.1012	8.039	1.2412	98.556	72.5
65-58	0.0182	1.444	1.2594	100	61.5
Total	1.2594	100			

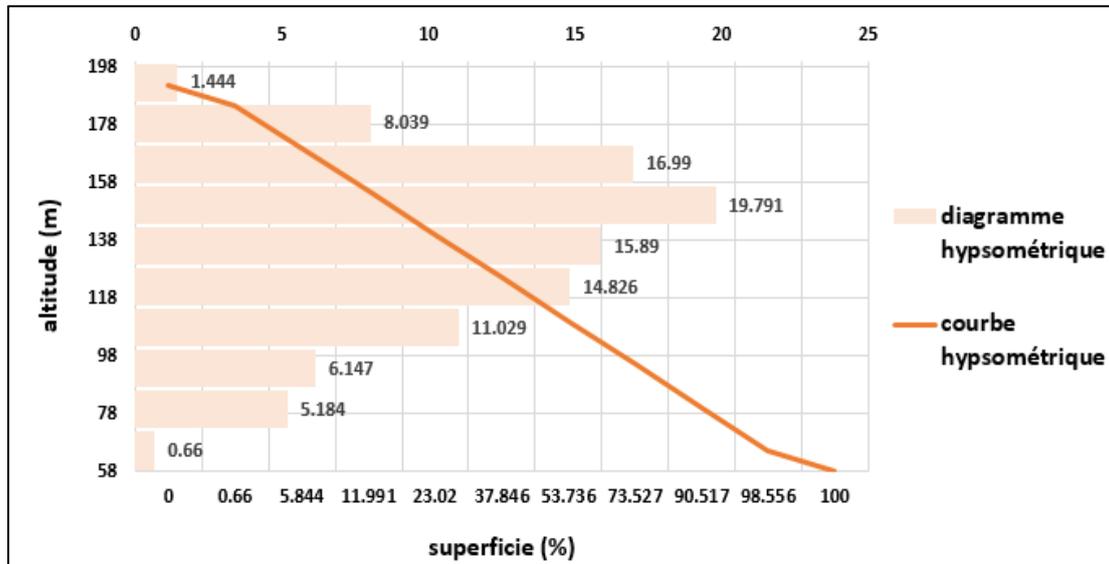


Figure II.3 : diagramme et courbe Hypsométrique du BV01

❖ Bassin versant N°2 :

Le tableau et les figures suivantes représentent les résultats des surfaces partielles de BV N°2 :

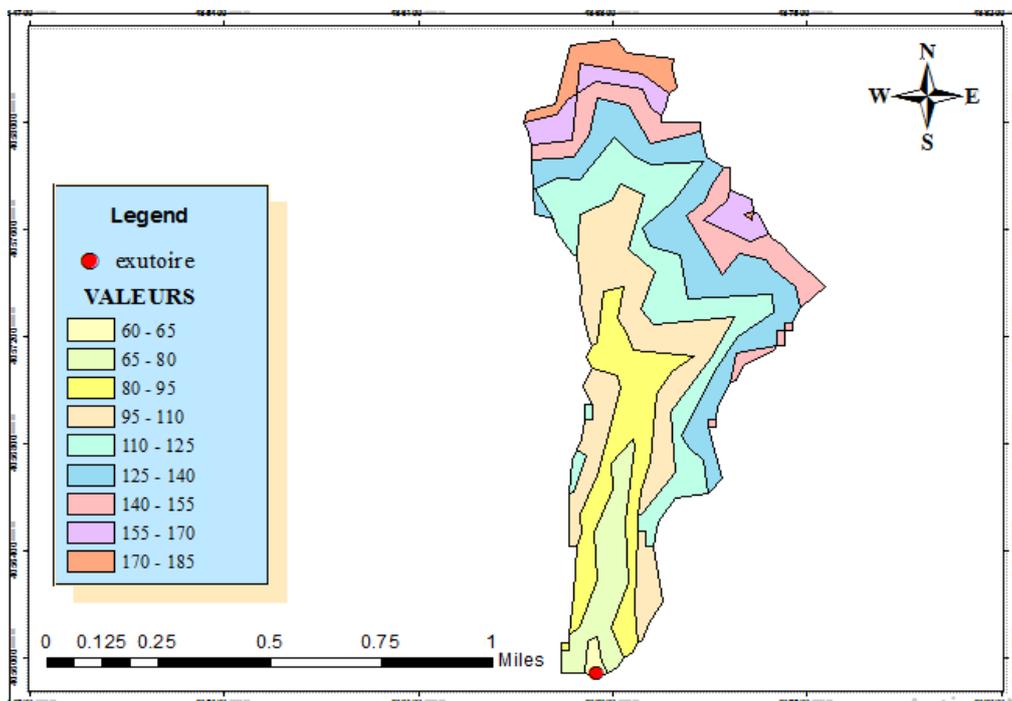


Figure II.4 : carte hypsométrique de bassin versant BV N°02

Tableau II.4 : Répartition en pourcentage de la surface élémentaire du BV02

altitude (m)	superficies partielles		superficies cumulés		altitude moyenne (m)
	(Km ²)	%	(Km ²)	%	
170-185	0.049	4.01	0.049	4.01	177.5
155-170	0.064	5.223	0.113	9.233	162.5
140-155	0.122	9.98	0.235	19.213	147.5
140-125	0.229	18.684	0.464	37.897	132.5
125-110	0.233	19.078	0.697	56.975	117.5
110-95	0.258	21.097	0.955	78.072	102.5
95-80	0.17	13.904	1.125	91.976	87.5
80-65	0.0904	7.387	1.2154	99.363	72.5
65-60	0.0078	0.637	1.2232	100	62.5
Total	1.2232	100			

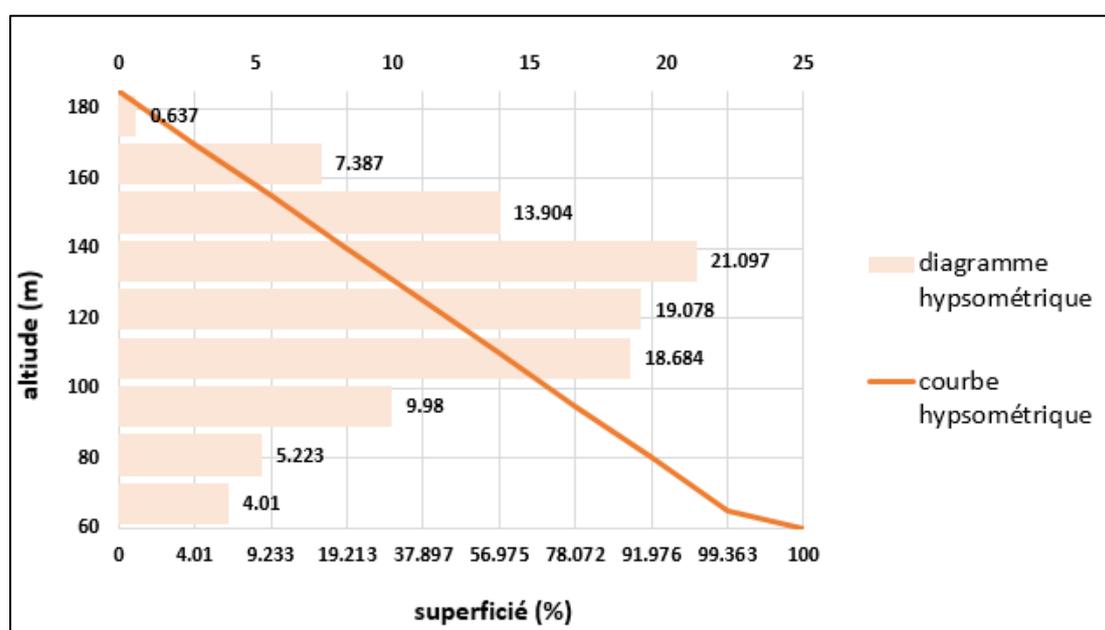


Figure II.5 : diagramme et courbe Hypsométrique du BV02

❖ **Bassin versant N°3 :**

Le tableau et les figures suivantes représentent les résultats des surfaces partielles de BV N°3 :

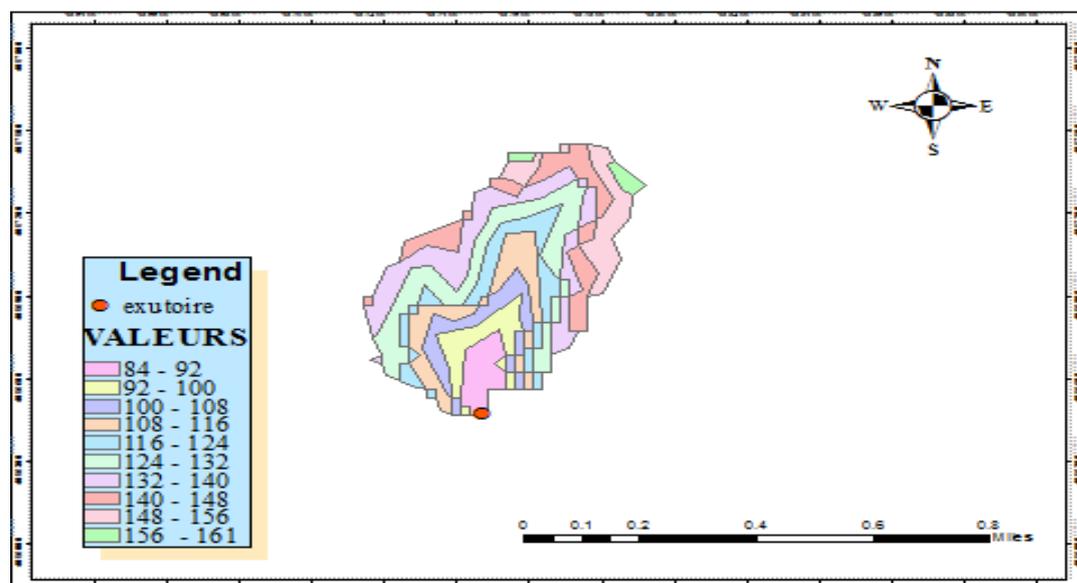


Figure II.6 : la carte hypsométrique de BV N°03

Tableau II.5 : Répartition en pourcentage de la surface élémentaire du BV03

altitude (m)	superficies partielles		superficies cumulées		Altitude moyenne (m)
	(Km ²)	%	(Km ²)	%	
161-156	0.00801	1.754	0.00801	1.754	158.5
156-148	0.0407	8.912	0.04871	10.666	152
148-140	0.0537	11.758	0.10241	22.424	144
140-132	0.0766	16.772	0.17901	39.196	136
132-124	0.0818	17.911	0.26081	57.106	128
124-116	0.0503	11.014	0.31111	68.12	120
116-108	0.0513	7.97	0.36241	79.352	112
108-100	0.0364	7.97	0.39881	87.323	104
100-92	0.0319	6.985	0.43071	94.307	96
92-84	0.026	5.693	0.45671	100	88
Totale	0.45671	100			

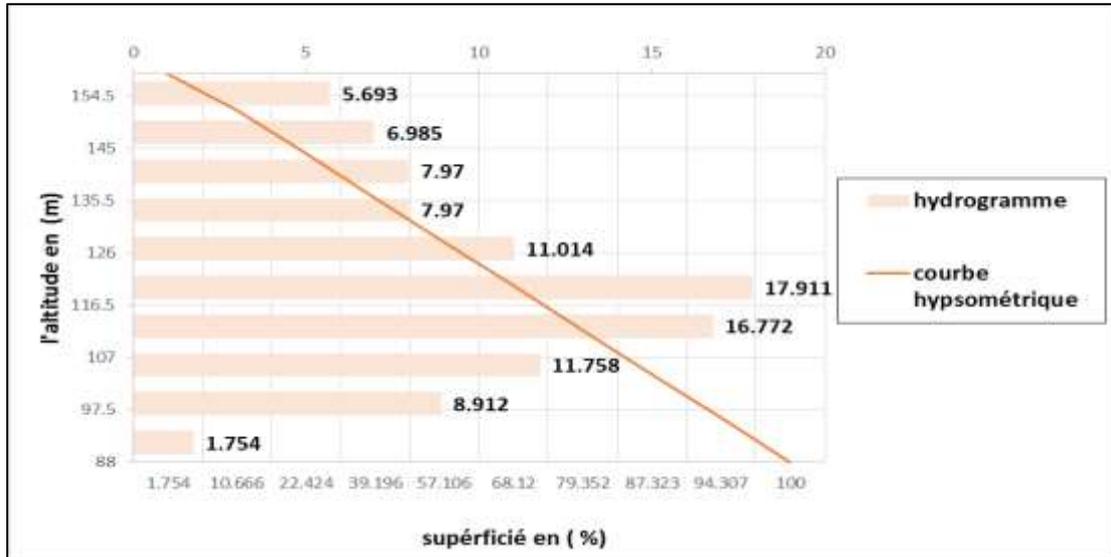


Figure II.7 : diagramme et courbe Hypsométrique du BV03

II.2.3.b Les altitudes caractéristiques :

❖ **Les altitudes maximales et minimales (Hmax et Hmin) :**

Ils sont obtenus directement à partir des cartes topographiques. L'élévation maximale représente le point le plus élevé du bassin tandis que l'élévation minimale représente le point le plus bas, généralement à l'exutoire.

❖ **L'altitude moyenne (Hmoy) :**

L'altitude moyenne se déduit directement à partir de la courbe hypsométrique ou de la lecture d'une carte topographique. On peut définir comme suit :

$$H_{moy} = \frac{\sum(A_i \times h_i)}{A} \quad (II.5)$$

Avec :

- Hmoy : altitude moyenne de bassin versant (m) ;
- Ai : aire comprise entre eux courbe de niveau (Km²) ;
- hi : altitude moyenne entre deux courbe de niveaux (m) ;
- A : superficie totale de bassin versant (Km²).

L'altitude moyenne est peu représentative de la réalité. Toutefois, elle est parfois utilisée dans l'évaluation de certains paramètres hydrométéorologiques ou dans la mise en œuvre de modèle hydrologique.

❖ **L'altitude médiane (H50%) :**

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

❖ **La dénivelée simple (D) :**

On définit la "dénivelée D" comme étant la différence de côte entre H5 % et H95 % :
Celles –ci sont lues sur la courbe hypsométrique (7):

$$D = H5\% - H95\% \quad (\text{II.6})$$

Le tableau ci-dessous résume les résultats des caractéristiques de forme pour les trois bassins versants :

Tableau II.6 : les altitudes caractéristiques des bassins versants

Valeurs	Hmax (m)	Hmin	Hmoy (m)	H50% (m)	H95% (m)	H5% (m)	D (m)
bassin N°1	192	58	116.84	113.75	72.5	173.5	101
bassin N°2	185	65	117.36	116.25	73.75	168.75	95
bassin N°3	161	84	124.79	131.57	94.175	146.45	52.275

II.2.3.c Les indices des pentes :

L'objectif de ces indices est de caractériser les pentes d'un bassin versant et de permettre des comparaisons et des classifications.

II.2.3.c.i L'indice de pente de roche (Ip) :

C'est la moyenne de la racine carrée des pentes mesurées sur le rectangle équivalent et pondéré par les surfaces comprises entre 2 courbes de niveau H_i et H_{i-1} . Il est donné par la formule suivante (6):

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum \sqrt{S_i \times (H_i - H_{i-1})} \quad (\text{II.7})$$

Avec :

- L : longueur de bassin versant
- S_i : la surface partielle (%) comprise entre 2 courbes de niveau consécutives (H_i) et (H_{i-1})

II.2.3.c.ii L'indice de pente globale (Ig) :

Il est défini comme étant le rapport entre la dénivelée simple de bassin (l'altitude comprise entre 5% et 95% de la surface de bassin) et la longueur du rectangle équivalent. Il est donné par la formule suivante (6):

$$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L_{rec}} \quad (\text{II.8})$$

Avec :

- $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$: sont respectivement les altitudes comprises entre $S_{5\%}$ et $S_{95\%}$.
- L : longueur de rectangle équivalent.

Cet indice est facile à calculer et très utilisé. Il sert de base à une des classifications O.R.S.T.O.M. pour des bassins versants dont la surface est de l'ordre de 25 km^2 (7):

Tableau II.7 : répartition de relief en fonction de l'indice de pente (7)

R ₁	Relief très faible		$I_g < 0,002$
R ₂	Relief faible	0,002	$< I_g < 0,005$
R ₃	Relief assez faible	0,005	$< I_g < 0,01$
R ₄	Relief modéré	0,01	$< I_g < 0,02$
R ₅	Relief assez fort	0,02	$< I_g < 0,05$
R ₆	Relief fort	0,05	$< I_g < 0,1$
R ₇	Relief très fort	0,1	$< I_g$

II.2.3.c.iii La dénivelée spécifique (Ds) :

D'après la deuxième classification de l'O.R.S.T.O.M appliquée à tout bassin quelle que soit sa surface. Elle est donnée par la formule suivante (7):

$$Ds = I_g \times \sqrt{S} = \frac{D}{L} \times \sqrt{I \times L} = D \times \sqrt{\frac{I}{L}} \quad (\text{II.9})$$

Tableau II.8 : répartition de relief en fonction de la dénivelée spécifique (7)

R ₁	Relief très faible		$D_s < 10 \text{ m}$
R ₂	Relief faible	10 m	$< D_s < 25 \text{ m}$
R ₃	Relief assez faible	25 m	$< D_s < 50 \text{ m}$
R ₄	Relief modéré	50 m	$< D_s < 100 \text{ m}$
R ₅	Relief assez fort	100 m	$< D_s < 250 \text{ m}$
R ₆	Relief fort	250 m	$< D_s < 500 \text{ m}$
R ₇	Relief très fort	500 m	$< D_s$

Le tableau suivant résume les résultats de l'indice de pente :

Tableau II.9 : les indices des pentes pour les trois bassins versants

Valeurs	Ip (%)	Ig (%)	Ds (m)	Remarques
BV N°01	21.71	3.9	43.52	relief assez faible
BV N°02	21.43	3.81	42.05	relief assez faible
BV N°03	34.51	6.65	45.098	relief assez faible

II.2.3.d Le réseau d'écoulement :**II.2.3.d.i La pente moyenne de cours d'eau principale (Ic) :**

Elle donne une bonne indication sur le temps de concentration et influence directement sur le débit de point en cas d'une averse. Elle est donnée par la formule suivante :

$$Ic = \frac{\Delta H \times (0.5l_1 + l_2 + \dots + 0.5l_n)}{S} \quad (\text{II.10})$$

II.2.3.d.ii La densité de drainage (Dd) :

La densité du drainage est définie pour un bassin donné de superficie « S », comme la longueur moyenne du réseau par kilomètre carré. Elle reflète la dynamique de bassin, la stabilité de chevelu hydrographique et le type de ruissellement de surface **(8)**:

$$Dd = \frac{\sum Li}{S} \quad (\text{II.11})$$

Le tableau ci-dessous résume les résultats de la pente moyenne et la densité de drainage :

Tableau II.10 : la pente moyenne et la densité de drainage des bassins versants

Valeurs	IC (%)	Dd (Km ⁻¹)
BV N°01	16.22	3.987
BV N°02	16.82	3.57
BV N°03	16.81	3.695

II.2.3.d.iii Le temps de concentration :

Le temps de concentration c est le temps qui met la particule d'eau la plus éloignée pour arriver à l'exutoire. Il existe plusieurs formules empiriques pour calculer cette grandeur, mais il faut s'en méfier en hydrologie urbaine car ses formules sont souvent calibrées sur de petits bassins versants urbains voire ruraux, et comme toutes les formules empiriques, leur validité en théorie reste limitée à l'échantillon qui a servi à la calibration (9).

○ **Formule de Passini (9):**

$$T_c = 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{S \cdot L}}{\sqrt{I}} \quad (\text{II.12})$$

Avec :

- T_c : le temps de concentration en heures
- S : surface de bassin versant en Km^2
- L : la longueur de cours d'eau principale en Km
- I : la pente moyenne de cours d'eau m/m

○ **Formule Californienne (9):**

$$T_c = 0.0663 \times \left(\frac{L}{\sqrt{I}}\right)^{0.77} \quad (\text{II.13})$$

Avec :

- T_c : temps de concentration en heures
- L : la longueur de cours d'eau principale en Km
- I : la pente moyenne de cours d'eau en m/m

○ **Formule de Kirpich (9):**

$$T_c = 0.0195 \times \frac{L^{0.77}}{I^{0.385}} \quad (\text{II.14})$$

Avec :

- T_c : temps de concentration en minute ;
- L : la longueur de cours d'eau principale en m ;
- I : la pente moyenne de cours d'eau principale en m/m .

- **Formule de Ventura (10):**

$$T_c = 76.3 \times \sqrt{\frac{S}{I}} \quad (\text{II.15})$$

Avec :

- T_c : temps de concentration en minute ;
- I : pente moyenne de cours d'eau principale en % ;
- S : surface de bassin en Km^2 .

- **Formule de Giandotti (8):**

$$T_c = \frac{4 \times S^{0.5} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{H_{\max} - H_{\min}}} \quad (\text{II.16})$$

Avec :

- T_c : temps de concentration en heures ;
- S : surface de bassin en Km^2 ;
- L : longueur de cours d'eau principale ;
- H_{\max} : altitude maximale en m ;
- H_{\min} : altitude minimale en m.

Le tableau ci-dessous résume les résultats de temps de concentration pour différentes méthodes :

Tableau II.11 : le temps de concentration par différentes méthodes empiriques

Bassins	le temps de concentration (min)		
	BV N°01	BV N°02	BV N°03
Passini	21.835	20.2	11.95
californienne	13.57	11.95	7.35
Kirpich	13.58	11.96	7.356
Ventura	21.25	20.53	12.62
giandotti	48.33	47.81	34.85

Vu que la surface des bassins versants, l'utilisation des formules de Kirpich et la formule californienne n'est pas possible parce qu'elles sont valables pour les petits bassins versants de superficie inférieur à 0.453 Km^2 et la formule de Giadontti pour les

grands bassins versants. Donc pour un résultat exact, il est préférable d'utiliser la formule de Passini développé pour les bassins versants de superficie inférieure à 20 Km².

II.3 Analyse des données pluviométriques :

II.3.1 Les données disponibles :

Dans cette partie, nous nous sommes appuyés sur des stations de mesures situées à proximité de notre zone d'étude, et nous prenons comme base de calcul la station pluviométrique « kéloa secteur ». Ses caractéristiques sont indiquées ci-dessous :

Tableau II.12 : caractéristique de la station pluviométrique utilisée.

Nom	Code	Coordonnées		Période d'observation
kolea secteur	21233	X (km)	653.3	1981-2021 (41 ans)
		Y (km)	382.9	
		Z (m)	125	

Source : ANRH Blida

II.3.2 Pluies maximales journalière :

L'objectif de l'étude est de faire un ajustement pour la série de pluies maximales journalières afin de déterminer l'intensité de la pluie pour une durée et un période de retour donné.

Le tableau suivant représente la répartition des pluies maximales journalières de l'année 1981 à 2021 :

Tableau II.13 : pluies maximales journalières

année	Pjmax	année	Pjmax
1981	71.7	2002	52.4
1982	72.3	2003	55
1983	54.9	2004	47.4
1984	79.7	2005	64.7
1985	34.1	2006	30.8
1986	55.5	2007	99.9
1987	29.7	2008	58.2
1988	53.1	2009	53.5
1989	25.2	2010	48
1990	33.7	2011	50.7
1991	89.6	2012	81.6
1992	51.5	2013	82.9
1993	80.1	2014	65
1994	53.6	2015	48.8
1995	104.3	2016	53.6
1996	74	2017	79.4
1997	71.2	2018	52
1998	46.2	2019	32.6
1999	46.6	2020	30.6
2000	50.1	2021	64
2001	41.7	/	/

Source : ANRH Blida

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

Tableau II.14 : les caractéristiques de la série pluviométrique

nombre d'observation	Maximum	minimum	moyenne	médiane	ecart type	Cs
41	104	25.2	57.8	53.6	19.2	0.48

II.3.2.1 Ajustement statistique :

Les lois d'ajustements sont nombreuses et ne peuvent être appliquées à un échantillon que si les conditions d'homogénéité – stationnarité sont réunies. Les critères de choix d'une loi sont liés à un ajustement graphique d'abord et ensuite à un test de dispersion. L'allure des points sur le papier à probabilité permet d'accepter ou de rejeter la loi (Toute sinuosité, mauvaise courbure ou cassure de pente est considérée comme un mauvais ajustement) (8).

Pour notre travail, l'ajustement de la série des pluies maximales journalières sera effectué à l'aide de logiciel Hyfran avec les trois lois :

- ☞ Loi de Gumbel (doublement exponentielle)
- ☞ Loi de Galton (log normale)
- ☞ Loi de GEV (loi des extrêmes généralisée)

II.3.2.1.a.i Ajustement à la loi de Gumbel :

La distribution statistique de Gumbel ou bien la loi doublement exponentielle a été créé pour l'étude de la distribution des fréquences de valeurs extrêmes (maximums ou minimums annuels par exemple).

La fonction de répartition de la loi de Gumbel est (8):

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{(x-x_0)}{\alpha}}} \quad (\text{II.17})$$

En faisant un changement de variable, soit :

$$Y = \frac{(x-x_0)}{\alpha} \quad (\text{II.18})$$

Avec :

- Y : dite variable de réduite de Gumbel ;
- x : Coefficients d'ajustement ;
- x₀ : Paramètre de position (mode) ;
- α : Paramètre d'échelle différent de zéro et positif appelé aussi « gradex ».

Donc, l'équation de la droite de Gumbel présentée sur le papier de Gumbel sera donnée par la formule suivante :

$$X = Y\alpha + X_0 \quad (\text{II.19})$$

Avant de procéder à l'ajustement, les étapes suivantes doivent être suivies :

- ❖ Classement des valeurs par ordre croissant en leur affectant un numéro d'ordre.
- ❖ Calculer la fréquence expérimentale en utilisant la formule de HAZEN qui s'applique pour les lois normales et quasi normales :

$$F(x) = \frac{M-0.5}{N} \quad (\text{II.20})$$

Avec :

- M : Numéro d'ordre.
- N : Taille de la série.
- ❖ Calculer les caractéristiques empiriques de la série (moyenne, écart type ...).
- ❖ Calculer la variable de GUMBEL pour chaque valeur observée.

$$Y_i = -(\ln(-\ln F(x_i))) \quad (\text{II.21})$$

- ❖ Reporter les valeurs observées sur papier Gumbel.
- ❖ Représenter graphiquement les valeurs de X et Y sur le papier Gumbel.
- ❖ calculer les paramètres d'ajustement de loi de Gumbel α et X_0 .

Avec :

- x_0 : est l'ordonnée à l'origine ;
- $\frac{1}{\alpha}$: Pente de la droite.

Les résultats de l'ajustement à l'aide du logiciel Hyfran selon la loi de Gumbel sont présentés dans la figure suivante :

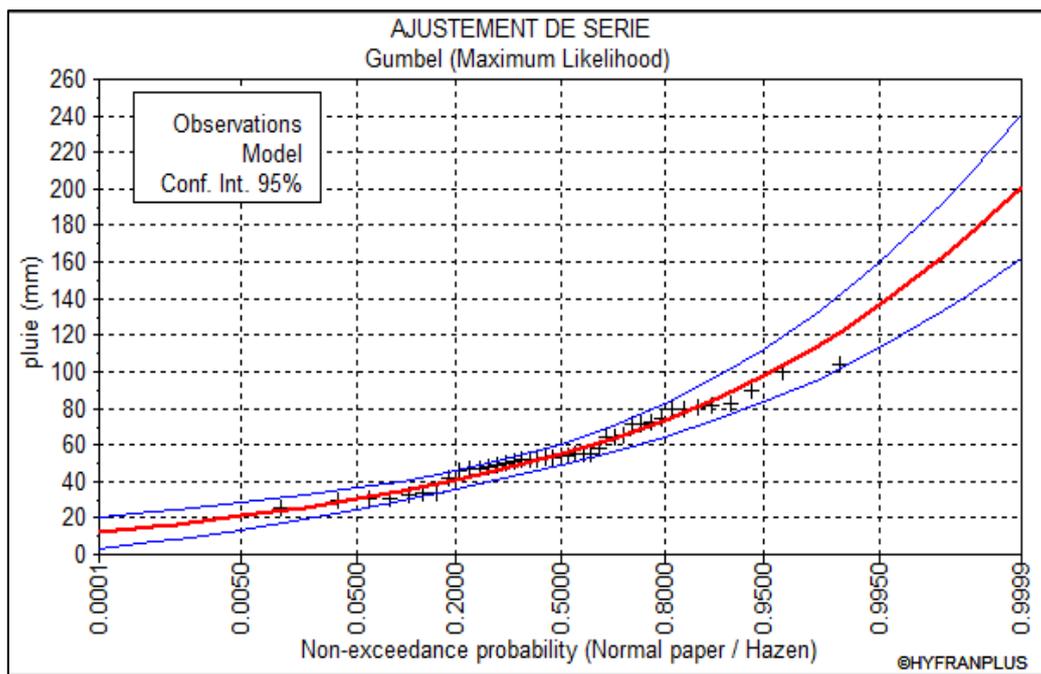


Figure II.9 : la droite d’ajustement de la loi de Gumbel (changé)

D’après le tracé de graphe de Gumbel, les paramètres d’ajustement par loi de Gumbel sont donnés par le tableau suivant :

Tableau II.14 : les paramètres d’ajustement par loi de Gumbel

Gumbel (Maximum de vraisemblance)	
Nombre d'observations	41
Paramètres	
U	48.598
α	16.5682

II.3.2.1.a.ii Calcul des quantiles :

Tableau II.15 : calculer les quantiles par loi de Gumbel

T	Q (ans ⁻¹)	XT (mm)	écart type	intervalle de confiance (mm)
1000	0.999	163	15.3	133 – 193
100	0.99	125	10.6	104 – 146
50	0.98	113	9.22	95.2 – 131
20	0.95	97.8	7.4	83.3 – 112
10	0.9	85.9	6.03	47.1 - 97.7
5	0.8	73.4	4.68	64.3 - 82.6
2	0.5	54.7	3.03	48.7 - 60.6

II.3.2.1.b.i Ajustement à la loi de Log normal (Galton) :

La loi de Galton s'appelle également loi log-normale ou loi Gausso-logarithmique car elle résulte de la loi normale mais rendue dissymétrique par un changement de variable. Sa fonction de répartition est donnée par la représentation suivante (8):

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

Par changement de variable :

$$u = \frac{\ln x - \overline{\ln x}}{\delta \ln x} \quad (\text{II.23})$$

Donc, l'équation de la droite de Galton présentée sur le papier Gausso-logarithmique sera donnée par la formule suivante :

$$\ln x = \overline{\ln x} + \delta \ln x \quad (\text{II.24})$$

Les résultats de l'ajustement à l'aide du logiciel Hyfran selon la loi de Galton sont présentés dans la figure suivante :

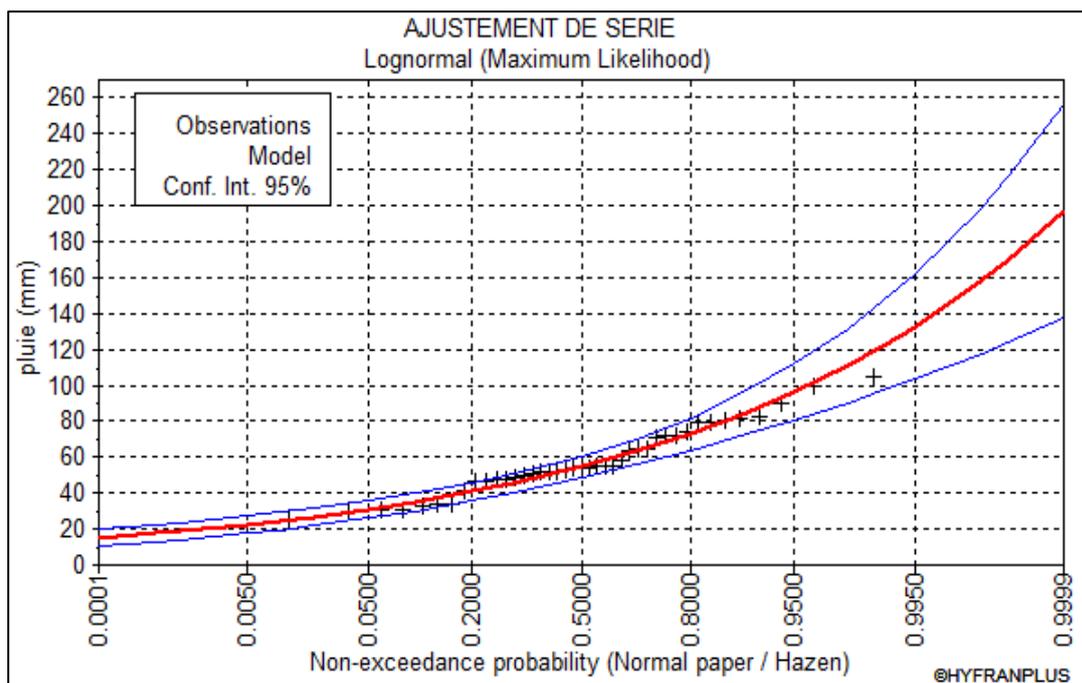


Figure II.10 : La droite d’ajustement de la loi log normal (Galton) (changé)

D’après le tracé de graphe de Galton, les paramètres d’ajustement par loi de Galton sont donnés par le tableau suivant :

Tableau II.16 : les paramètres d’ajustement par loi de Galton

Log normale (Maximum de vraisemblance)	
Nombre d'observations	41
Paramètres	
$\overline{\ln x}$	4.00118
$\delta \ln x$	0.344571

II.3.2.1.b.ii Calcul des quantiles :

Tableau II.17 : calculer les quantiles par loi de Galton

T	Q (ans ⁻¹)	XT (mm)	écart type	intervalle de confiance (mm)
1000	0.999	159	20.7	118 – 199
100	0.99	122	12.7	96.9 – 147
50	0.98	111	10.6	90.1 – 132
20	0.95	96.4	8.01	80.7 – 112
10	0.9	85	6.21	72.8 - 97.2
5	0.8	73	4.59	64.1 – 82
2	0.5	54.7	2.94	48.9 - 60.4

II.3.2.1.c.i Ajustement par la loi de GEV :

En hydrologie, la loi des extrêmes généralisée (GEV) parmi les distributions les plus utilisées en analyse des extrêmes. C'est une distribution à trois paramètres qui combine les trois types en une seule forme (11).

La fonction de répartition est donnée par la relation suivante (8):

$$F(x) = \exp \left(- \left(1 - k \left(\frac{x-u}{\alpha} \right)^{\frac{1}{k}} \right) \right) \quad (\text{II.25})$$

Avec :

- u : paramètre de position
- α : Paramètre de disposition ;
- k : paramètre de forme.

Le variable de réduite est :

$$y = -\frac{1}{k} \ln \left(1 - k \frac{x-u}{\alpha} \right) \quad (\text{II.26})$$

On aura donc :

$$x = u + \frac{\alpha}{k} \left(1 - (-\ln F(x)) \right)^k \quad (\text{II.27})$$

Les Résultats de l'ajustement sous logiciel Hyfran par la méthode de GEV sont donnés par la figure suivante :

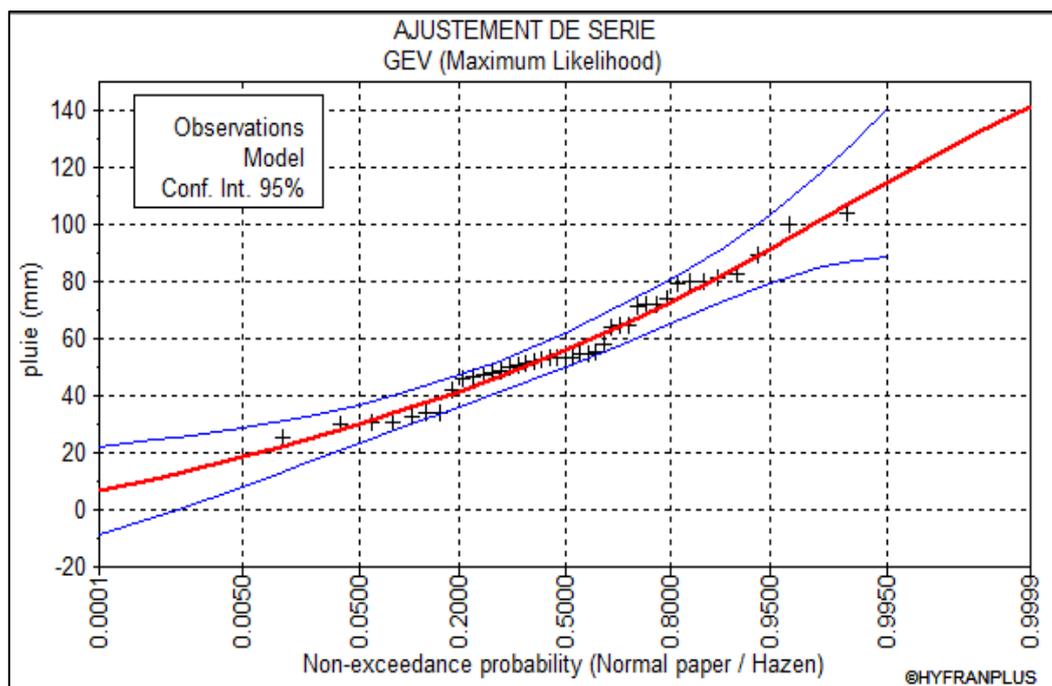


Figure II.11 : La droite d’ajustement de la loi de GEV (changé)

D’après le tracé de graphe de Galton, les paramètres d’ajustement par loi de GEV est donnée par le tableau :

Tableau II.18 : les paramètres d’ajustement par loi de GEV

GEV (Maximum de vraisemblance)	
Nombre d'observations	41
Paramètres	
α	16.852
K	0.12723
U	49.8677

II.3.2.1.c.ii Calcul des quantiles :

Tableau II.19 : calculer les quantiles par loi de GEV

T	Q (ans ⁻¹)	XT (mm)	écart type	intervalle de confiance (mm)
100	0.99	109	10.7	87.6 – 130
50	0.98	102	8.49	85.1 – 118
20	0.95	91.6	6.1	79.6 – 104
10	0.9	82.8	4.8	73.4 - 92.3
5	0.8	72.9	3.92	65.2 - 80.6
2	0.5	55.9	3.1	49.8 – 62

II.3.2.2 Test visuel :

Lorsqu'on a procédé à l'ajustement d'une loi de probabilité théorique, le problème qui se pose est de savoir si cette loi s'adapte adéquatement.

Le test visuel est lié directement à l'ajustement graphique ; il consiste à examiner l'allure des points sur le papier de probabilité et vérifier s'il s'agit d'un bon alignement sans existence de mauvaise courbure.

II.3.2.2.a Interprétation des graphiques :

D'après l'examen visuel des graphiques d'ajustement présentés dans les figures **II.9**, **II.10** et **II.11**, on remarque que :

- ❖ La loi de GEV donne un mauvais ajustement par rapport aux deux autres lois car l'allure de l'intervalle de confiance comprend des valeurs négatives et autres indéfinies.
- ❖ L'ajustement graphique à la loi de Gumbel et à celle de Galton est meilleur ; les points sont très proches de la droite théorique avec une bonne convergence.

Test d'adéquation du χ^2 (Pearson) :

Lors de la sélection de la loi à utiliser, nous comparons les variables $\chi^2_{\text{calculée}}$ et $\chi^2_{\text{théorique}}$ à niveau de signification de 95% autrement dit à un risque de 5% (**8**).

D'après le logiciel « Hyfran », les résultats du test sont donnés par le (Tableau II.20) comme suit :

Tableau II.20 : résultat du test du χ^2

loi d'ajustement	nombre de paramètre	degré de liberté	$\chi^2_{\text{calculé}}$	$\chi^2_{\text{théorique}}$	Observations
Gumbel	2	5	9.93	11.07	$\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$ condition vérifié
Galton	2	5	9.93	11.07	$\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$ condition vérifié

D'après le tableau au-dessus, la condition de teste Khi^2 est vérifié pour les lois de Gumbel et Log normal. Donc on peut choisir le modèle de Gumbel ou bien le modèle de Log normal étant les meilleures lois.

Pour notre étude, on va choisi la loi de Log normal, car elle s'ajuste bien aux Pjmax dans la région de l'Algérie du nord.

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

Tableau II.21 : calculer les quantiles par loi de Galton

T	Q (ans ⁻¹)	XT (mm)	écart type	intervalle de confiance (mm)
1000	0.999	159	20.7	118 – 199
100	0.99	122	12.7	96.9 – 147
50	0.98	111	10.6	90.1 – 132
20	0.95	96.4	8.01	80.7 – 112
10	0.9	85	6.21	72.8 - 97.2
5	0.8	73	4.59	64.1 – 82
2	0.5	54.7	2.94	48.9 - 60.4

II.3.2.3 Les pluies des courtes durées :

Les pluies de courte durée nous donnent la lame d'eau précipitée sur une durée donnée pour chaque période de retour, le passage des pluies maximales journalières aux pluies de courte durée est effectuée à l'aide de la formule de K. Body (ANRH 1984)(8).

$$P_{c.d} = P_{maxj.p\%} \left(\frac{t}{24}\right)^b \quad (\text{II.28})$$

Avec :

- t : durée de l'averse ($t \leq 24h$) ;
- b : exposant climatique ($b= 0.39$ selon les études régionales de l'ANRH) ;
- $P_{maxj.p\%}$: Pluie maximale journalière de fréquence $p\%$;
- $P_{c.d}$: Pluie de courte durée.

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

$$I_{c.d} = \frac{P_{c.d}}{t} \quad (\text{II.29})$$

Avec :

- I : intensité de période $t(h)$.

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

Tableau II.22 : pluies et intensités maximales de durée t(h) et période de retour T (ans).

Quantiles (mm)	73		85		96.4		111		122	
T (ans)	5		10		20		50		100	
Temps (h)	Pct (mm)	I (mm/h)								
1	21.14	21.14	24.61	24.61	27.91	27.91	32.14	32.14	35.32	35.32
2	27.7	13.85	32.25	16.13	36.58	18.29	42.12	21.06	46.29	23.14
3	32.44	10.81	37.78	12.59	42.84	14.28	49.33	16.44	54.22	18.07
4	36.29	9.07	42.26	10.57	47.93	11.98	55.19	13.8	60.66	15.16
5	39.59	7.92	46.1	9.22	52.29	10.46	60.21	12.04	66.17	13.23
6	52.41	7.09	49.5	8.25	56.14	9.36	64.64	10.77	71.05	11.84
7	45.15	6.45	52.57	7.51	59.62	8.52	68.65	9.81	75.45	10.78
8	47.56	5.95	55.38	6.92	62.8	7.85	72.32	9.04	79.48	9.94
9	49.8	5.53	57.98	6.44	65.76	7.31	75.72	8.41	83.22	9.25
10	51.88	5.19	60.41	6.04	68.52	6.85	78.89	7.89	86.71	8.67
11	53.85	4.9	62.7	5.7	71.11	6.46	81.88	7.44	89.99	8.18
12	55.71	4.64	64.87	5.41	73.57	6.13	84.71	7.06	93.1	7.76
13	57.74	4.42	66.92	5.15	75.9	5.84	87.39	6.72	96.05	7.39
14	59.16	4.23	68.89	4.92	78.12	5.58	89.96	6.43	98.87	7.06
15	60.77	4.05	70.76	4.71	80.25	5.35	92.41	6.16	101.57	6.77
16	62.32	3.9	72.57	4.54	82.3	5.14	94.76	5.92	104.16	6.05
17	63.81	3.75	74.3	4.37	84.3	4.96	97.03	5.71	106.65	6.27
18	65.25	3.63	75.98	4.22	86.17	4.79	99.22	5.51	109.05	6.06
19	66.64	3.51	77.6	4.08	88	4.63	101.33	5.33	111.38	5.86
20	67.99	3.4	79.17	3.96	89.78	4.49	103.38	5.17	113.63	5.68
21	69.29	3.3	80.69	3.84	91.51	4.36	105.37	5.02	115.81	5.51
22	70.56	3.21	82.16	3.73	93.18	4.24	107.3	4.88	117.93	5.36
23	71.8	3.12	83.6	3.63	94.81	4.12	109.17	4.75	119.99	5.22
24	73	3.04	85	3.54	96.4	4.02	111	4.63	122	5.08

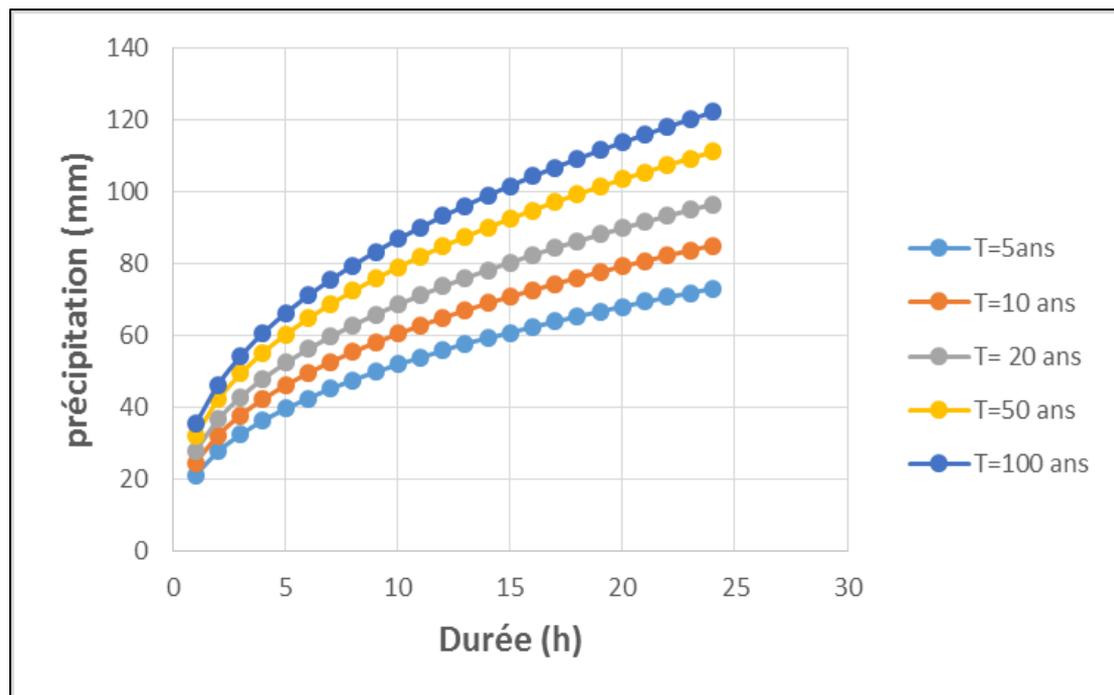


Figure II.12 : les précipitations en fonction du temps pour différentes périodes de retour

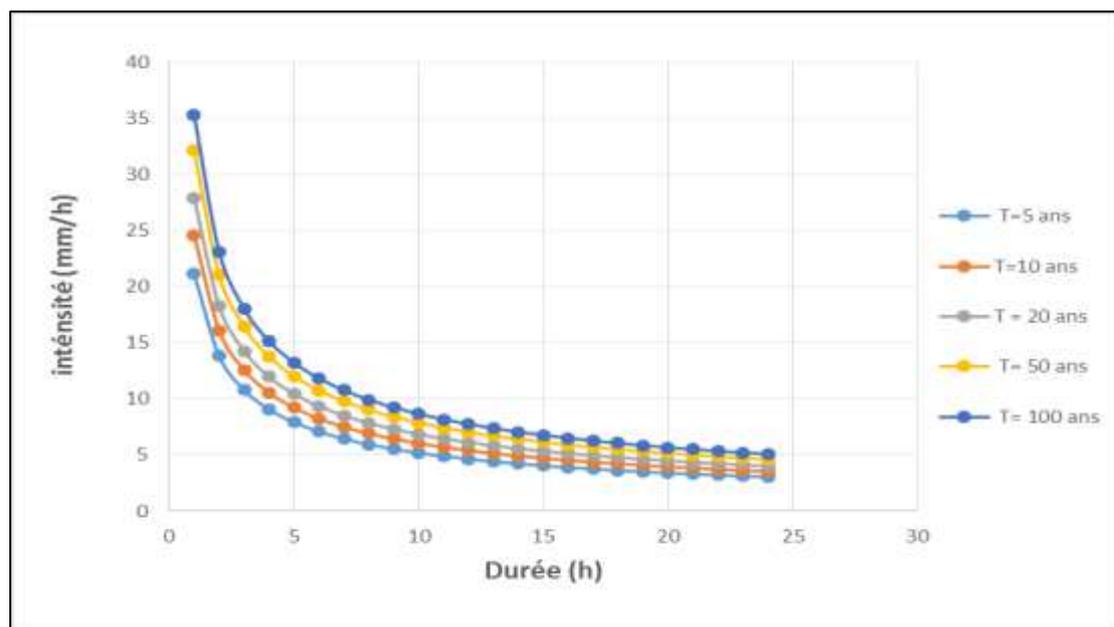


Figure II.13 : les courbes IDF

II.4 Estimation des débits de crues :

Grâce aux études antérieures sur les caractéristiques des bassins et les précipitations dans chaque bassin, il est possible d'étudier les débits de crue correspondant à

différentes périodes de retour et de sélectionner des aménagements appropriés pour chaque bassin.

Une inondation est définie comme une quantité anormale (c'est-à-dire un excès) d'eau transportée par un système hydraulique. Il est caractérisé par le débit (m^3/s), le volume d'eau (m^3), la durée (h), la vitesse (m/s) et la fréquence d'apparition (période de retour annuelle) (10).

Des inondations peuvent survenir dans plusieurs situations, notamment (10):

- Phénomènes hydrométéorologiques uniques ou complexes, tels que des précipitations anormales ou une fonte anormale des neiges et des glaces.
- Les embâcles et les brise-glaces, propres aux régions froides, se produisent lors de la fonte des neiges au printemps dans les régions où les cours d'eau gèlent en hiver.
- D'autres causes d'inondations comprennent la rupture d'un barrage naturel ou artificiel, le débordement au sommet du barrage en raison du manque de capacité d'évacuation de l'eau ou le remplissage soudain du réservoir avec des matériaux ou du bois flotté.
- De plus, les phénomènes d'inondations sont associés à d'autres phénomènes tels que les coulées torrentielles, les glissements de terrain et l'érosion intensive.

II.4.1 Calcul de débit de crue par les formules empiriques :

Il existe de nombreuses méthodes d'estimation des crues et conduisent à des résultats très différents, telles que les méthodes historiques, expérimentales, probabilistes et de courbe enveloppe. Le choix de la méthode appropriée à la zone d'étude dépend de la disponibilité ou non des données, ainsi que de l'adaptation au climat et les caractéristiques régionales de la région.

Pour notre étude, le débit des crues est déterminé par des formules empiriques qui précisent les relations entre le débit, les caractéristiques du bassin versant et la période de récurrence.

II.4.1.1 Formule de Turraza :

Cette formule prend en compte le temps de concentration, facteur important pour décrire la propagation des crues. Cela dépend de la pluie. Cette formule est bien adaptée aux petits bassins versants.

Il s'exprime ainsi (12):

$$Q_{max\%} = \frac{Cr \times H \times A}{3.6 \times tc} \quad (II.30)$$

Avec :

- A : la superficie de bassin versant en (Km²) ;
- Tc : le temps de concentration en heures ;
- H : la hauteur totale maximale (en mm) des précipitations pendant une durée égale au temps de concentration Tc ;
- Cr : coefficient de ruissellement de la crue considérée pour une probabilité P%.

L'estimation du coefficient de ruissellement nécessite la prise en compte de plusieurs caractéristiques (pente moyenne du bassin versant, classification hydrologique et utilisation du sol) dont l'estimation peut varier d'un utilisateur à l'autre. En outre, elle peut également varier pour d'autres raisons, telles que l'effet de la période de retour, car l'interaction du bassin versant sera plus grande avec l'intensité des précipitations (13).

Dans notre étude, nous nous appuyerons sur le coefficient de ruissellement résumé dans le tableau suivant :

Tableau II.23 : le coefficient de ruissellement en fonction de période de retour (14)

T	5	10	20	50	100
Cr	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8

I.4.1.3 Formule de Sokolovsky :

Selon Sokolovsky, une crue est le débit maximum résultant d'une précipitation de courte durée qui correspond au temps de concentration.

Le débit maximum est donné par la formule suivante (12):

$$Q_{\max\%} = \frac{0.28 \times P_{tc}(p\%) \times \alpha \times S}{T_c} \times f \quad (\text{II.31})$$

Avec :

- S : Superficie du bassin (Km²).
- T_c : temps de concentration(h)
- P_{tc} : pluie fréquentielle de courte durée correspondant au temps de concentration.
- 0.28 : coefficient de changement d'unité
- f : Coefficient de forme de la crue

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

$$f = \frac{12}{4+3\gamma} \quad (\text{II.32})$$

- Pour S < 50 Km² , on a $\gamma = 2$
- Pour des petits bassins non boisés, sol peu perméable, on a $\gamma = (2 \div 2.5)$
- Pour bassin boisés, sol perméable on a $\gamma = (3 \div 4)$

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

- α : Coefficient de ruissellement en fonction de la fréquence est calculé par la formule :

$$\alpha = \frac{\sqrt{X_{p\%} - \sqrt{H_0}}}{\sqrt{X_{p\%} + \sqrt{H_0}}} \quad (\text{II.33})$$

Avec : X_{p%} : précipitation en mm, de probabilité p%.

II.4.1.3 Formule de maillet – Gauthier :

L'équation de Maillet et Gauthier a été développée pour estimer les inondations avec une période de retour T. elle est donnée par la formule suivante (15):

$$Q_{\max\%} = 2k \text{Log}(1+mP) \cdot \frac{S}{\sqrt{Lp}} \cdot \sqrt{1+4\text{Log}T - \text{Log}S} \quad (\text{II.34})$$

Avec :

- S : superficie de bassin versant en (Km²)
- Lp : longueur du cours d'eau principale en (Km)
- m : coefficient régionale varie entre 20 et 30 (pour notre zone, on prend m=20)
- k : constante compris entre 1 et 3 (on prend k=2)
- P : pluie moyenne interannuelle en m
- T : période de retour en années.

Les résultats du calcul des débits de crues sont représentés dans le tableau ci-dessous

Tableau II.24 : les débits des crues fréquentielles pour les trois bassins versants

le débit de crue (m ³ /s)					
bassin versant 01					
période de retour	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Turraza	8.22	10.37	12.67	15.63	18.32
Scolovsky	8.78	10.62	12.7	15.097	17.01
maller - gauthier	7.98	9.19	10.26	11.52	12.39
bassin versant 02					
période de retour	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Turraza	8.34	10.53	12.85	15.86	18.59
Scolovsky	8.92	10.77	12.88	15.32	17.26
maller - gauthier	8.33	9.59	10.7	12.02	12.91
bassin versant 03					
Période de retour	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Turraza	4.336	5.471	6.682	8.244	9.665
Scolovsky	4.633	5.599	6.639	7.964	8.79
maller - gauthier	4.547	5.167	5.72	6.379	6.834

II.4.2 Choix de débit de crue :

D'après les résultats des trois formules empiriques, on remarque que les formules de Turraza et Sokolovsky donnent presque les mêmes valeurs de débits pour les différentes périodes de retour. D'autre part, on évite l'utilisation de la formule de

Mallet- Gauthier car son utilisation pose des problèmes d'incertitudes à cause de la méconnaissance précise des coefficients « m » et « K ».

Donc, Pour notre présente étude nous prenons le débit maximum obtenue par la formule de Turraza, parce qu'elle est bien adaptée pour les petites bassins versants.

II.4.3 L'hydrogramme de crue :

Un hydrogramme est une courbe qui représente les changements de débit avec le temps sur une période de temps donnée pour un point spécifique du débit. Il a une forme qui montre une courbe en cloche asymétrique.

L'hydrogramme de crue est obtenu à l'aide de la formule de Sokolovsky en supposant que le temps de montée est égal au temps de descente. Cette formule combine l'hydrogramme de crue en deux paraboles valables pour la montée et la descente (16).

❖ La montée de la crue (16):

$$Q_{\max} = Q_{\max.p} \times \left(\frac{t}{t_m}\right)^2 \quad (\text{II.36})$$

❖ La décrue (16):

$$Q_{\max} = Q_{\max.p} \times \left(\frac{t_b-t}{t_d}\right)^3 \quad (\text{II.37})$$

Avec :

- t_m : temps de montée de la crue ($t_m=t_c$)
- temps de montée de la crue ($t_m=t_c$)
- γ : pour une surface inférieure à 50 km² on le prend égal à 2
- t_b : temps de base ($t_b=t_m+t_d$)

Tableau II.25 : les temps caractéristiques de la crue

bassin versant	temps de monté t_m (h)	temps de décrue t_d (h)	temps de base t_b (h)
BV N° 01	0.364	0.728	1.092
BV N° 02	0.337	0.674	1.011
BV N° 03	0.1991	0.398	0.597

Les figures et les tables suivantes représentent l'hydrogramme des crues pour chaque bassin versant :

❖ **Bassin versant N°1 :**

Tableau II.26 : hydrogrammes de crue pour différentes périodes de retour BV1.

Les périodes de retour					
t (h)	Q5 (m3/s)	Q10 (m3/s)	Q20 (m3/s)	Q50 (m3/s)	Q100 (m3/s)
0.1	0.620	0.788	0.949	1.180	1.383
0.2	2.482	3.152	3.795	4.719	5.531
0.3	5.584	7.092	8.538	10.617	12.444
0.364	8.22	10.44	12.57	15.63	18.32
0.4	7.060	8.967	10.796	13.424	15.734
0.5	4.420	5.614	6.759	8.405	9.851
0.6	2.537	3.223	3.880	4.825	5.655
0.7	1.283	1.630	1.962	2.440	2.860
0.8	0.530	0.674	0.811	1.009	1.182
0.9	0.151	0.192	0.231	0.287	0.336
1	0.017	0.021	0.025	0.032	0.037
1.092	0	0	0	0	0

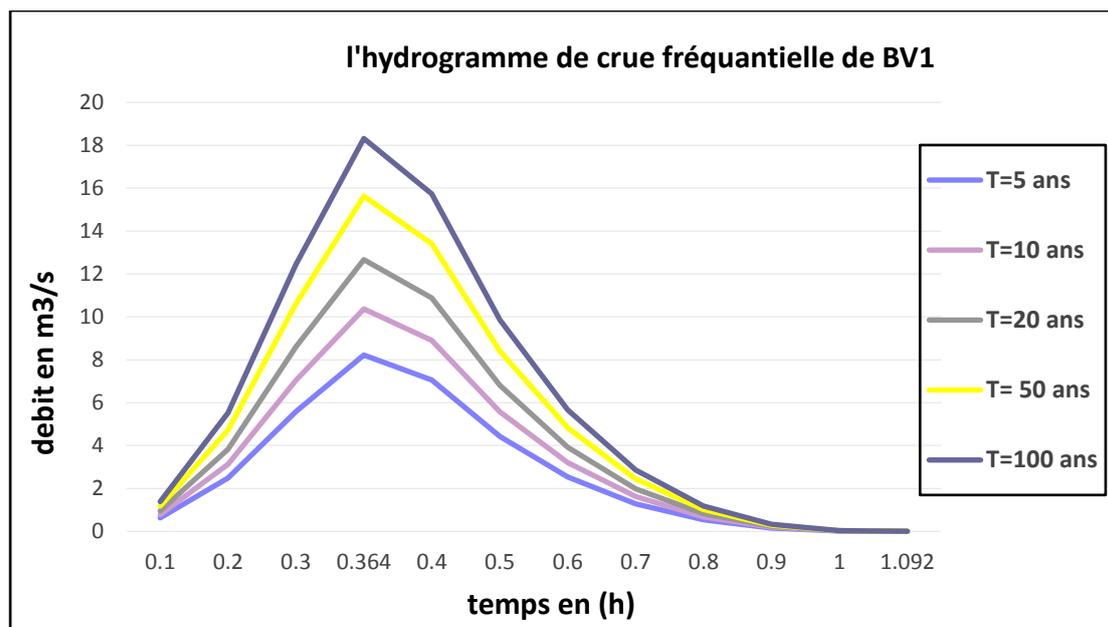


Figure II.14 : l'hydrogramme de crue fréquentielle de bassin versant 01

❖ Bassin versant N°2 :

Tableau II.27 : hydrogrammes de crue pour différentes périodes de retour BV2.

Périodes de retour					
t (h)	Q5 (m3/s)	Q10 (m3/s)	Q20 (m3/s)	Q50 (m3/s)	Q100 (m3/s)
0.1	0.734	0.921	1.131	1.397	1.637
0.2	2.937	3.684	4.526	5.586	6.548
0.3	6.609	8.289	10.183	12.569	14.732
0.337	8.34	10.46	12.85	15.86	18.59
0.4	6.213	7.792	9.573	11.815	13.849
0.5	3.635	4.558	5.600	6.912	8.101
0.6	1.891	2.372	2.914	3.596	4.215
0.7	0.819	1.028	1.262	1.558	1.826
0.8	0.256	0.321	0.394	0.487	0.570
0.9	0.037	0.047	0.057	0.071	0.083
1	3.6255×10^{-5}	4.5471×10^{-5}	5.586×10^{-5}	6.8945×10^{-5}	8.0812×10^{-5}
1.011	0	0	0	0	0

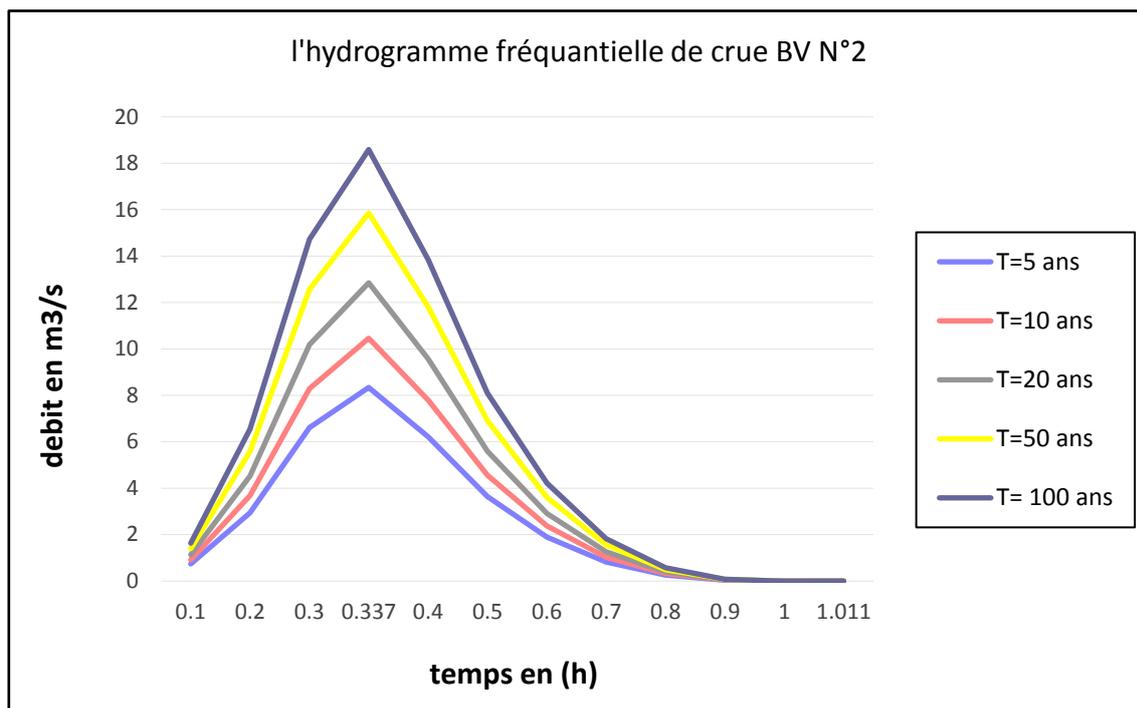


Figure II.15 : l'hydrogramme de crue fréquentielle pour bassin versant 2

❖ Bassin versant N°3 :

Tableau II.28 : hydrogrammes de crue pour différentes périodes de retour BV3.

Périodes de retour					
t (h)	Q5 (m3/s)	Q10 (m3/s)	Q20 (m3/s)	Q50 (m3/s)	Q100 (m3/s)
0.1	1.094	1.380	1.686	2.080	2.438
0.1991	4.336	5.471	6.682	8.244	9.665
0.3	1.802	2.273	2.777	3.426	4.016
0.4	0.526	0.663	0.810	1.000	1.172
0.5	0.063	0.079	0.097	0.119	0.140
0.597	0	0	0	0	0

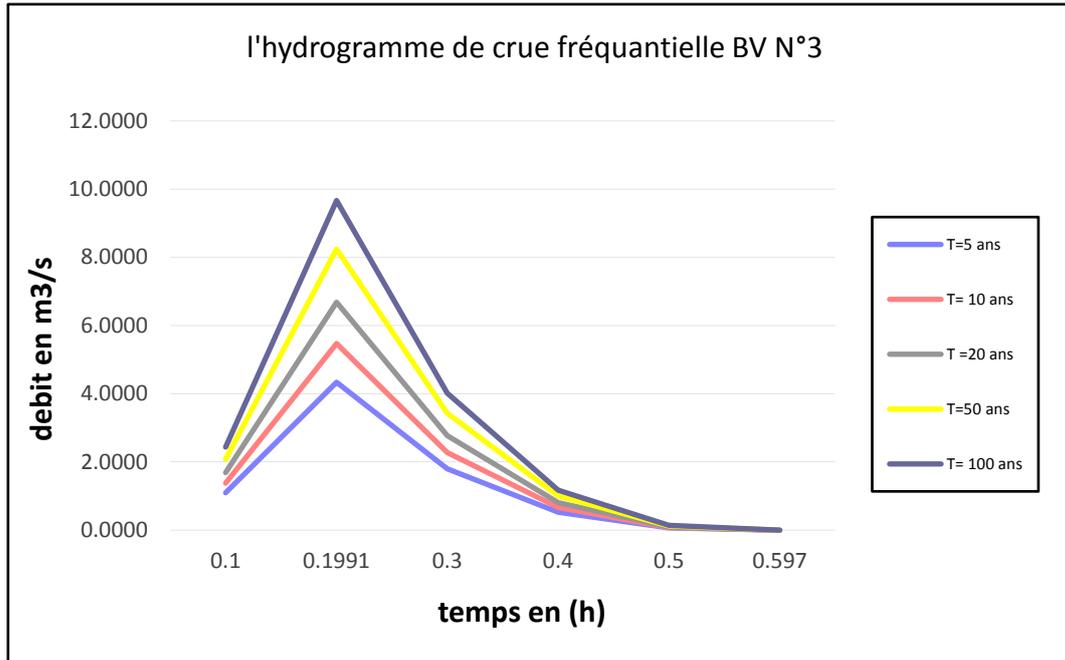


Figure II.16 : l'hydrogramme de crue fréquentielle pour bassin versant 3 (corrigé)

II.5 Étude de l'apport solide :

L'érosion, le transport de solides et la sédimentation comptent parmi les causes de la dégradation des sols agricoles, de l'envasement des réservoirs et de nombreux autres dommages. L'érosion hydrique est courante dans la région nord de l'Algérie en raison de la topographie, du climat, de l'hydrologie et des conditions socio-économiques.

En raison du manque de mesures reconnues et du manque de stations de mesure de l'eau, il reste difficile de suivre et de mesurer les apports solides dans les bassins versants. Compte tenu de ces limitations, l'utilisation de formules empiriques de l'apport solide a l'avantage de permettre d'estimer les flux solides dans des conditions autres que le flux de courant, mais ces estimations dépendent toujours de la fiabilité de ces équations (15).

II.5.1 Formule de Tixeront (1960) (15):

Cette formule prend en compte la répartition de la superficie du bassin versant en fonction de sa perméabilité, et a été élaborée à partir des données de 32 bassins algériens et 9 bassins tunisiens.

$$As_0 = 200 R^{0.21} \text{ (Région centre algérien)} \quad (\text{II.38})$$

Avec :

- As_0 : l'apport solide spécifique en (t/km²/an) ;
- R : ruissellement annuelle totale en (mm).

Le ruissellement annuel est déterminé à l'aide de formules empiriques bien adaptées à la région nord de l'Algérie. Parmi les formules empiriques, nous avons :

○ Formule de Samie (17):

$$E = (293 - 2.2\sqrt{S}) \times \left(\frac{P}{1000}\right)^2 \quad (\text{II.39})$$

Avec :

- P : Pluie moyenne annuelle en [mm] ;
- S : Surface du bassin en [km²] ;
- E : Lamme d'eau écoulée en [mm].

○ **Formule de Coutagne :**

$$E = (0.164 - 0.00145\sqrt{S}) \times P0 \quad (\text{II.40})$$

Avec :

- P : Pluie moyenne annuelle en [mm] ;
- S : Surface du bassin en [km²] ;
- E : Lamme d'eau écoulée en [mm].

Dans cette étude, nous prenons la moyenne obtenue par les deux méthodes et résumons les résultats du calcul du débit annuel dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.26 : résultats de calcul du ruissellement annuel :

Formule	Coutagne	Samie	Moyenne
BV N°1	109.11	131.198	120.15
BV N°2	109.13	131.22	120.175
BV N°3	109.55	131.64	120.6

II.5.2 Formule de SOGREAH (1969) (15):

Cette formule relie les apports solides en fonction du taux de ruissellement annuel et de l'infiltration des bassins versants. Elle est basée sur des données collectées dans 27 bassins fluviaux en Algérie, dont 16 disposent de barrages.

$$As0 = Ksog \times R^{0.15} \quad (\text{II.41})$$

Avec :

- As0 : l'apport solide spécifique en (t/km²/an) ;
- R : ruissellement annuelle en (mm), calculé dans le tableau(II.26) ;
- Ksog : coefficient dépendant de la perméabilité du sol, donnée au tableau ci-dessous :

Tableau II.27 : les valeurs de Ksog pour les différentes perméabilités

perméabilité	Ksog
forte	8.5
moyenne	75
moyenne à faible	350
perméabilité faible	1400
imperméable	3200

Pour notre zone, on prend Ksog = 350 ; perméabilité moyenne à faible.

Les résultats de calcul de l'apport solide par ces deux méthodes sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.29 : résultats de calcul de l'apport solide spécifique :

formule	Tixeront (t/Km2/an)	SOGRAEH (t/Km2/an)
BV N°1	546.73	717.82
BV N°2	546.75	717.86
BV N°3	547.16	718.24

Pour notre présente étude, on évite l'utilisation de la formule de SOGRAEH car son utilisation pose des problèmes d'incertitudes à cause de la méconnaissance précise de coefficient « Ksog ».

Donc, on a pris l'apport solide calculé par la formule de Tixeront, et l'apport solide annuel est calculé par la formule suivante :

$$As = As0 \times \frac{S}{\gamma_s} \quad (\text{II.42})$$

Avec :

- As : apport solide annuel en (m3/an) ;
- As0 l'apport solide spécifique en (t/km2/an) ;
- S : surface de bassin versant en (km2)
- γ_s : Poids spécifique du sédiment ($\gamma_s = 1.6t / m^3$).

Les résultats de calcul de l'apport solide annuel sont récapitulés dans le tableau suivante :

Tableau II.30 : résultats de calcul de l'apport solide annuel :

formule	apport solide spécifique par Tixéront (t/km ² /an)	apport annuel (m ³ /an)
BV N°1	546.73	430.55
BV N°2	546.75	416.9
BV N°3	547.16	157.31

I.6 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié les caractéristiques hydromorphométriques des bassins versants et déterminé les quantités de précipitations à la station du secteur de Koléa. D'après le test d'adéquation et l'analyse de la répartition des précipitations maximales journalières à cette station, le modèle fréquentiel le plus approprié est le modèle log-normal. Nous arrivons à une intensité pluviométrique égale à 122 mm/jour pour une période de retour centennale, puis calculons les précipitations à court terme et construisons les courbes IDF.

Pour le débit, nous avons tarifé les valeurs calculées par la formule de Turazza, et la construction d'un hydrogramme de crue nous a permis de voir l'évolution des crues dans le temps.

**Chapitre III : études des
écoulements non aménagés**

écoulements non aménagés
écoulements non aménagés

Chapitre III : étude des écoulements non aménagés

III.1 Introduction :

L'état des rivières évolue en fonction de la dynamique des cours d'eau et de la végétation, et les activités humaines qui se développent sur leurs berges peuvent également modifier cet état. Un entretien est donc souvent nécessaire pour maintenir les rivières en bon état de fonctionnement et éviter les inondations.

L'objectif de ce chapitre est de décrire l'état général des cours d'eau et leur comportement par rapport aux inondations du projet afin de mettre en œuvre un programme d'aménagement des cours d'eau répondant à des exigences bien définies.

III.2 Description générale des cours d'eaux :

Grace à la visite sur le terrain de la zone d'étude, nous avons appris les raisons les plus importantes qui nécessitent l'aménagement des cours d'eaux, à savoir :

- Le réseau hydrographique des cours d'eaux à aménager est situé au plein cœur du projet ADDL 13300 logements projetés.
- Développement anarchique de la zone d'étude sur les lits des cours d'eaux réduisant la capacité d'évaluation.
- Les routes principales projetées au milieu du site ADDL sont situées pratiquement sur les servitudes et les axes des oueds des bassins BV1 et BV2.
- Selon (VNSA 2015), le réseau d'évacuation des eaux pluviales de la zone d'étude est installé le long des principales vallées et oueds.

Pour une meilleure description des Oueds, on a fait une division en tronçons suivant les ouvrages existants le long du tracé comme la montre les figures et les tableaux ci-dessous :

❖ Bassin versant N°01 :

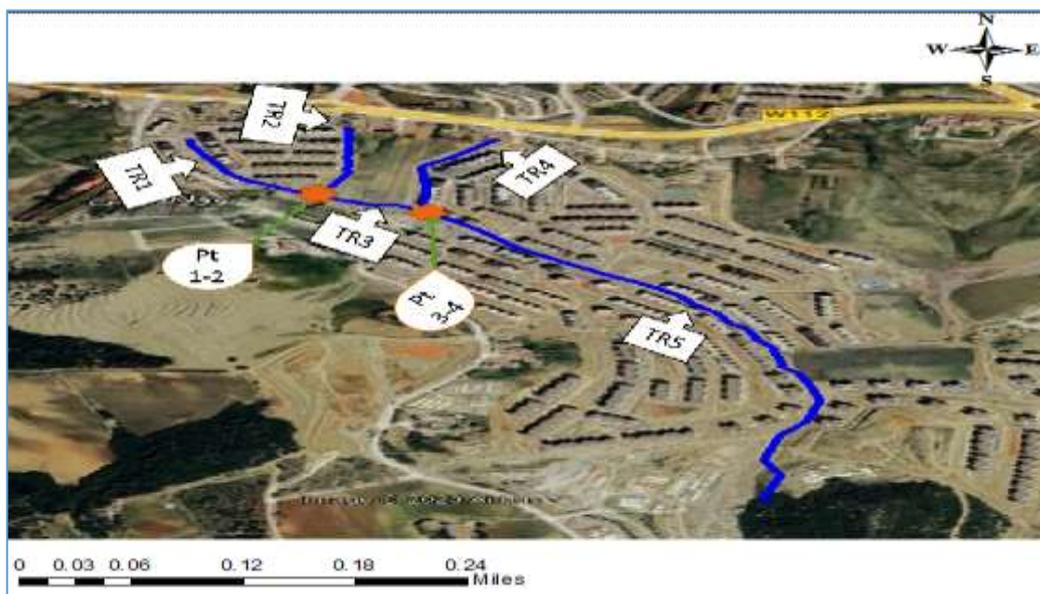


Figure III.1 : les différents tronçons des cours d’eaux dans le BV N°01

Tableau III.1 : la division des cours d’eaux BV N° 1 en tronçons

Tronçons	Amont	Aval	Longueur (m)
TR 01	à côté des bâtiments ILOTS H80 LOGTS	pt 1-2 à côté du terrain privé	317.48
TR 02	à côté de bloc B1 C+R+9 - ILOTS B200 LOGTS	pt 1-2 à côté du terrain privé	173.07
TR 03	pt 1-2 à côté du terrain privé	PT 3-4 au niveau de la liaison -A-	412.18
TR 04	à côté de bloc B2 -ILOT 01	PT 3-4 au niveau de la liaison -A-	199.14
TR 05	PT 3-4 au niveau de la liaison -A-	Vers exutoire N° 01	1728.39

❖ Bassin versant N°02 :

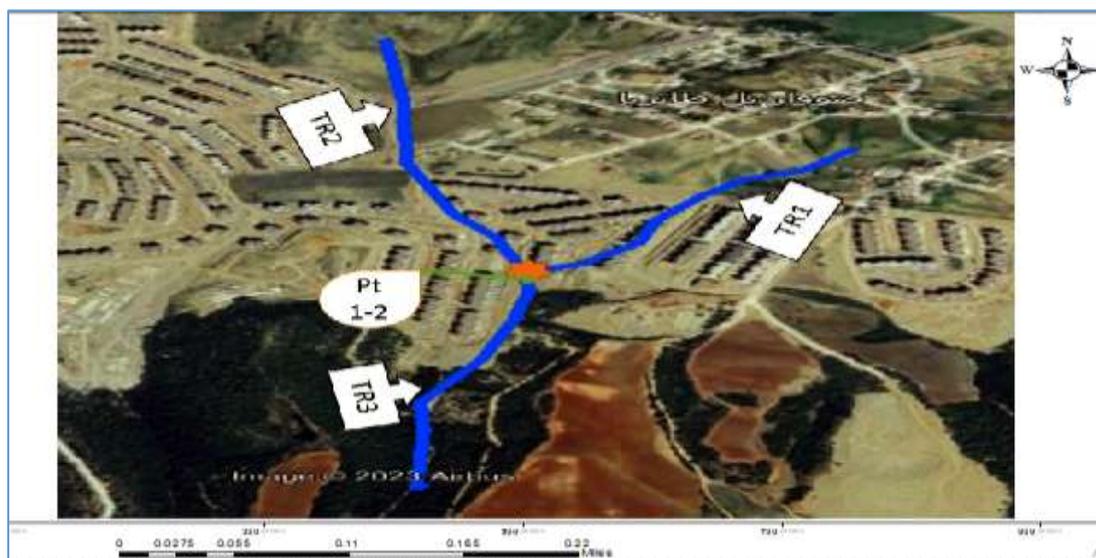


Figure III.2 : les différents tronçons des cours d’eaux dans le BV N°02

Tableau III.2 : la division des cours d’eaux de BV N° 2 en tronçons

Tronçons	Amont	Aval	Longueur (m)
TR 01	limite de bloc 15 ES+R+8 - ILOT 02	à côté de bâtiment A21 R+9	432.69
TR 02	limite de bloc B1 R+9 - ILOT 01	à côté de bâtiment A21 R+9	985.201
TR03	à côté de bâtiment A21 R+9	Vers exutoire N° 02	1067.49

❖ Bassin versant N°03 :



Figure III.3 : les différents tronçons des cours d’eaux dans le BV N°03

Tableau III.3 : la division des cours d'eaux de BV N° 3 en tronçons

Tronçons	Amont	Aval	Longueur (m)
TR 01	à côté de site ILOTS 08	Vers exutoire N° 03	614.89
TR 02	à côté de bloc E30 - ILOT 06	Vers exutoire N° 03	2227.27

III.3 Modalisation des écoulements :

Dans cette étude nous utiliserons le modèle de simulation hydraulique HECRAS (Hydrological Engineering Centers - River Analysis System) en combinaison avec une extension de modification hydrologique géo spatiale, HEC-GeoRAS, pour modifier la variabilité des niveaux d'eau dans les vallées de notre région.

III.3.1 HEC-GeoRAS :

HEC-GeoRAS est une extension à utiliser avec ARCGIS (Environmental Systems Research Institute, 2000), fournissant aux utilisateurs un ensemble de procédures, d'outils et d'utilitaires pour préparer les données SIG à importer dans RAS et générer des données SIG à partir de la sortie RAS.

HEC-GeoRAS crée des fichiers de données géométriques à importer dans HECRAS et vous permet de visualiser les résultats exportés depuis RAS. Le fichier d'import est créé à partir des données extraites du jeu de données (couche ARCCGIS) et du modèle numérique de terrain (DEM). HEC-GeoRAS nécessite que le DEM soit représenté par un maillage ou un maillage triangulaire irrégulier (TIN). Les couches et le DTM sont collectivement appelés couches RAS. Les données géométriques sont développées sur la base de la prochaine intersection RAS.

Avant que les calculs hydrauliques puissent être effectués dans HECRAS, les données d'ingénierie doivent être saisies et complétées ainsi que les données de débit. Une fois les calculs hydrauliques terminés, les résultats de vitesse de l'eau et de superficie seront exportés vers un SIG à l'aide de HEC-GeoRAS pour l'analyse spatiale (18).

III.3.2 Modèle HECRAS :

III.3.2.1 Aperçu sur le modèle :

Le système HEC-RAS (River Analysis System of the Hydrological Engineering Center) est un système logiciel intégré, conçu pour être utilisé dans un environnement multitâche. HEC-RAS est un système d'analyse de rivière qui vous permet d'effectuer un écoulement hydraulique unidirectionnel continu, un écoulement hydraulique instable unidirectionnel et bidirectionnel ; système hydraulique à débit irrégulier unidirectionnel et bidirectionnel ; calculer les sédiments à écoulement quasi-instable et à écoulement totalement instable ; procédé de fabrication de lits mobiles ; etc.

Calcul de la ligne de flottaison d'un écoulement variant progressivement basé sur l'équation de Bernoulli. La perte de charge est évaluée par l'équation de Manning-Strickler pour le terme de frottement et par le coefficient de contraction-dilatation. Le calcul de la ligne de flottaison permet à la fois d'analyser le potentiel d'écoulement de l'eau (risques de débordement, d'inondation) et d'étudier l'impact des modifications des conditions de bordure (ponts, remblais).

La résolution de ces ensembles d'équations nécessite comme données d'entrée la forme du jet d'eau, ses caractéristiques de rugosité et le débit (19).

III.3.2.2 Banque de données nécessaire à l'application de HECRAS :

1. Les données géométriques :

L'application du modèle HEC-RAS repose sur la division du réseau hydrologique en plusieurs parties (coupes transversales) perpendiculaires au sens d'écoulement.

Pour une plus grande précision dans la conception des sections transversales et leur exportation vers HEC-RAS, nous avons utilisé le logiciel ARCGIS. Ce procédé nécessite un relevé topographique du plan d'eau équipé d'un modèle numérique de terrain (MNT) représenté par un réseau triangulaire irrégulier (TIN). En définissant l'axe de la source d'eau, de la berge et de la zone d'écoulement, nous dessinons simultanément la section transversale pour chaque distance et exportons le modèle à l'aide de HEC-GeoRAS sur ARC-GIS.

..

Le choix de la distance entre les sections se fait généralement en fonction de l'écoulement, c'est-à-dire à chaque changement de pente et à chaque changement de direction, et plus cette distance est petite, plus le résultat du calcul est proche de la réalité.

Dans notre cas nous prenons une distance de 20 mètres entre les sections transversales comme indiqué dans l'image ci-dessous :

❖ Bassin N°01 :

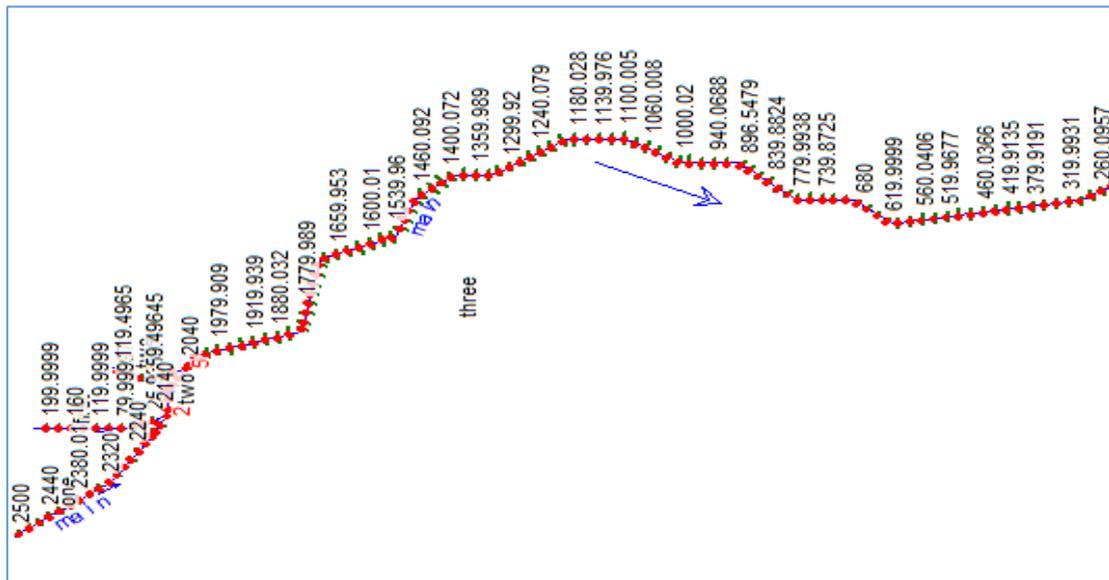


Figure III.4 : répartition des sections transversales pour BV01 sur HEC RAS

❖ Bassin N°02 :

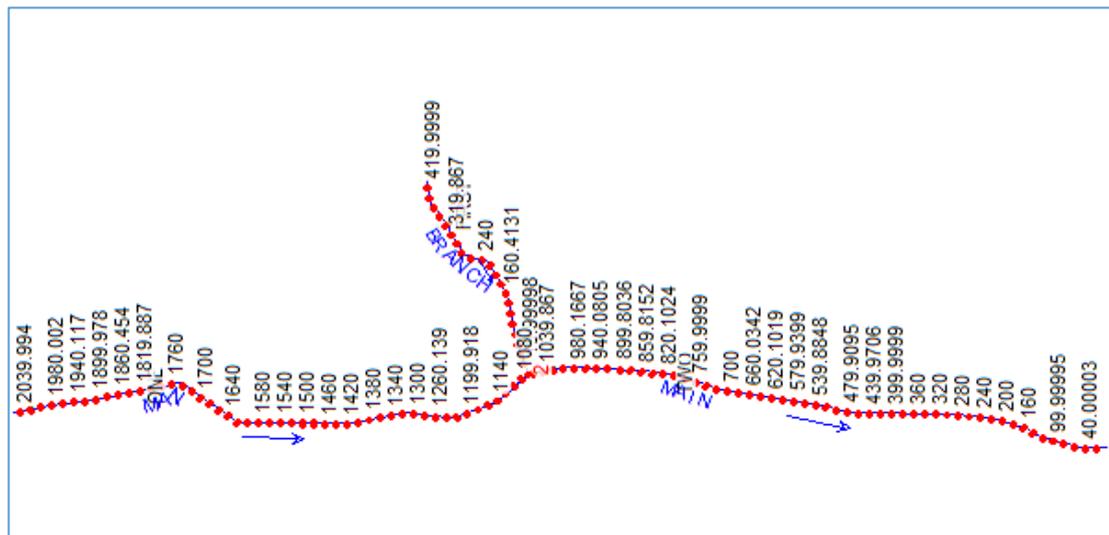


Figure III.5 : répartition des sections transversales pour BV02 sur HEC RAS

❖ Bassin N°03 :

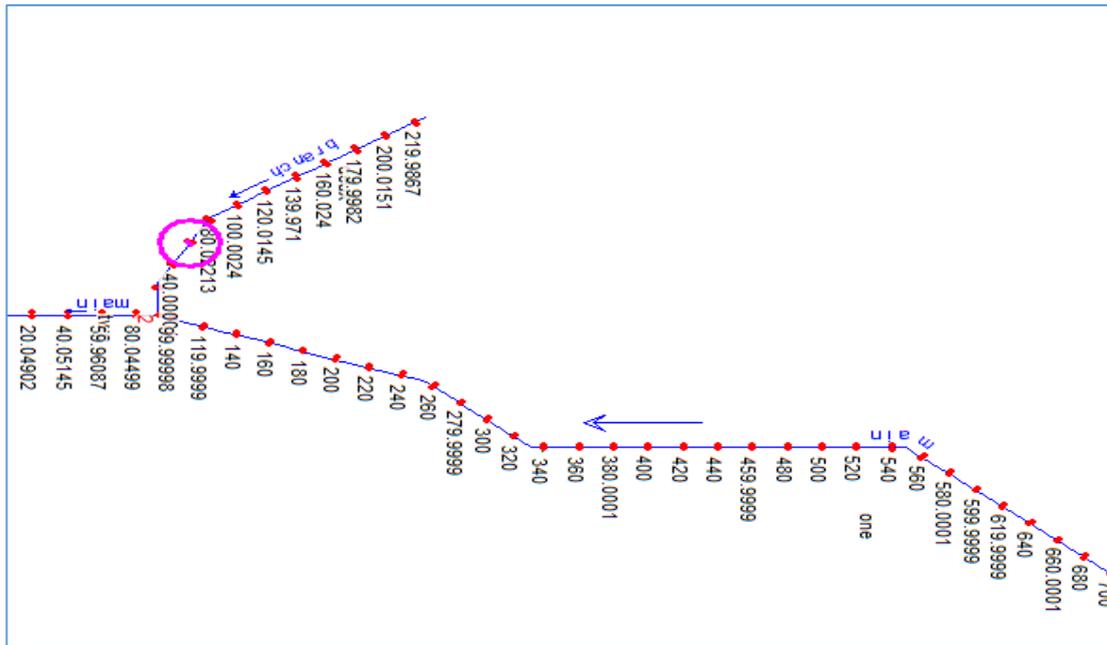


Figure III.6 : répartition des sections transversales pour BV03 sur HEC RAS

Après avoir exporté les sections efficaces vers HEC-RAS, il ne reste plus qu'à calculer le coefficient de Manning-Strickler.

2. Estimation de coefficient de Manning :

Les facteurs les plus importants qui affectent la sélection des valeurs du n (coefficient de Manning) sont :

- Le type et la taille des matériaux qui composent le lit et les rives du canal ;
- la forme du canal ;
- Tendance à la formation des méandres ;
- Obstacles à l'écoulement ;
- Changement dans la géométrie entre les sections ;
- Etat de la végétation.

Cowan (1956) a élaboré une procédure pour estimer les effets de ces facteurs afin de déterminer valeur de n pour un canal. La valeur de n peut être calculée par :

$$n = (nb + n1 + n2 + n3 + n4)m$$

Avec :

- nb : valeur de base de n pour un droit, uniforme, lisse canal dans les matériaux naturels ;
- n1 : un facteur de correction pour l'effet des irrégularités de surface ;
- n2 : une valeur pour les variations de forme et de taille de la section transversale du canal ;
- n3 : une valeur pour les obstructions ;
- n4 : une valeur pour les conditions de végétation et d'écoulement ;
- m : un facteur de correction pour les méandres du canal (20).

Le tableau suivant résume Les valeurs estimées pour chaque coefficient :

Tableau III.4 : Valeurs des coefficients de rugosité de Manning (21)

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
<i>A. Natural Streams</i>			
1. Main Channels			
a. Clean, straight, full, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d. Same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f. Same as "d" but more stones	0.045	0.050	0.060
g. Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.070	0.100	0.150
2. Flood Plains			
a. Pasture no brush			
1. Short grass	0.025	0.030	0.035
2. High grass	0.030	0.035	0.050
b. Cultivated areas			
1. No crop	0.020	0.030	0.040
2. Mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. Mature field crops	0.030	0.040	0.050
c. Brush			
1. Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2. Light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
3. Light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
4. Medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
5. Medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
d. Trees			
1. Cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
2. Same as above, but heavy sprouts	0.050	0.060	0.080
3. Heavy stand of timber, few down trees, little	0.080	0.100	0.120

Donc, On a choisi un coefficient de Manning de 0.033 pour les deux berges et 0.030 pour le lit de l'oued.

3. Les données de débits :

Dans les données de débit, nous utilisons directement les résultats obtenus dans le chapitre précédent avec la formule empirique de Turazza pour calculer le débit caractéristique de chaque bassin versant :

$$q_{max} = \frac{Q}{S} \left(\frac{m^3}{s \cdot km^2} \right)$$

Avec :

- q_{max} (f) : Débits spécifiques de période de retour en $m^3/s/km^2$.
- Q_{max} : débit maximum de fréquence (calculée par la formule de Turazza dans le chapitre précédent) donnée en m^3/s .
- S : surface totale du bassin versant en km^2 .

Le tableau suivant résume Les résultats de débit spécifique pour chaque bassin versant :

Tableau III.5 : le débit spécifique fréquentielle pour chaque bassin versant

q spécifique ($m^3/s/km^2$)	5	10	20	50	100
BV N°01	6.52	8.23	10.056	12.41	14.54
BV N°02	6.84	8.63	10.53	13	15.24
BV N°03	9.426	11.893	14.526	17.922	21.011

Nous avons pris en compte les bassins de projet se trouvant à l'intérieur de chacun des bassins versants (N° 1, 2et3). Tenant compte de la superficie des bassins de projet et des débits spécifiques on a estimé les débits max fréquentielle pour chaque traçons (sous bassins).

$$Q_{max} = q \times S \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

Avec :

- Q max : débits max fréquentielle pour chaque sous bassin versant en (m³/s) ;
- qmax (f) : Débits spécifiques de période de retour en m³/s/km² ;
- S : surface de chaque sous bassin versant en (km²).

Les résultats des débits de projet pour chaque bassin versant sont représentés dans les tableaux suivants :

❖ **Bassin N°01 :**

Tableau III.6 : Débits max de fréquence (en m³/s) de chaque traçons de BV01.

SB	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100 (m ³ /s)
TR N°1	0.151	0.98452	1.24273	1.518456	1.87391
TR N°2	0.0756	0.492912	0.622188	0.7602336	0.938196
TR N°3	0.226	1.47352	1.85998	2.272656	2.80466
TR N°4	0.108	0.70416	0.88884	1.086048	1.34028
TR N°5	1.26	8.2152	10.3698	12.67056	15.6366

❖ **Bassin N°02 :**

Tableau III.7 : Débits max de fréquence (en m³/s) de chaque traçons de BV02.

SB	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
TR N°1	1.847	2.33	2.84	3.51	4.115
TR N°2	4.58	5.78	7.06	8.71	10.21
TR N°3	8.34	10.53	12.85	15.86	18.59

❖ Bassin N°03 :

Tableau III.8 : Débits max de fréquence (en m³/s) de chaque traçons de BV03.

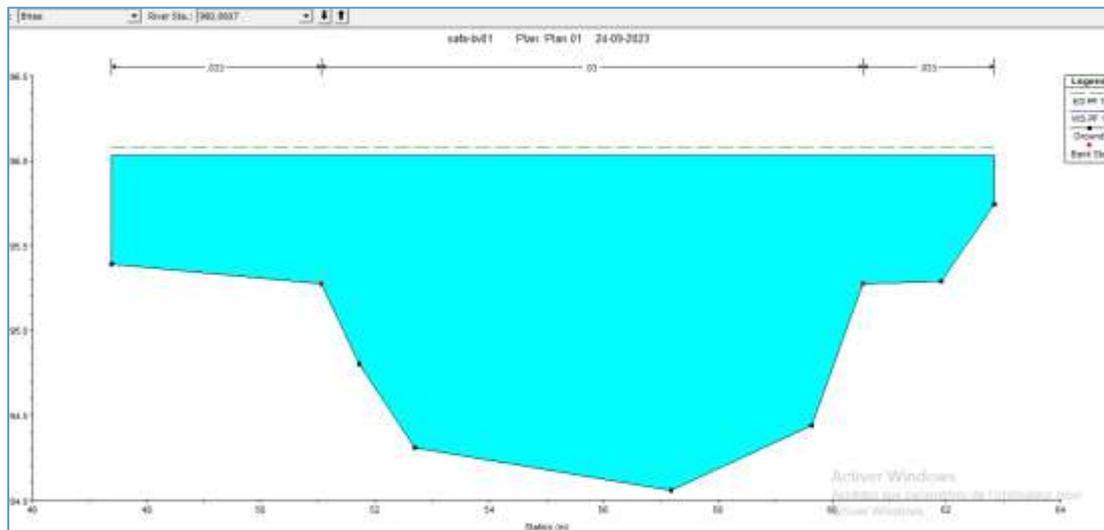
SB	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
TR N°1	2.81	3.53	4.31	5.323	6.24
TR N°2	1.134	1.43	1.74	2.15	2.52
TR N°3	4.336	5.471	6.68	8.244	9.67

III.3.2.3 Visualisation des résultats :

Nous pouvons commencer à visualiser les résultats une fois que le modèle a terminé avec succès tous les calculs.

1. Les résultats de simulation de bassin N°1 :

Les résultats de simulation hydraulique de la crue centennale ont montré que le bassin versant N°1 subit également une partie du débordement sur les deux rives.

**Figure III.7** : Section en travers à la station N°980.0607 de tronçon TR5

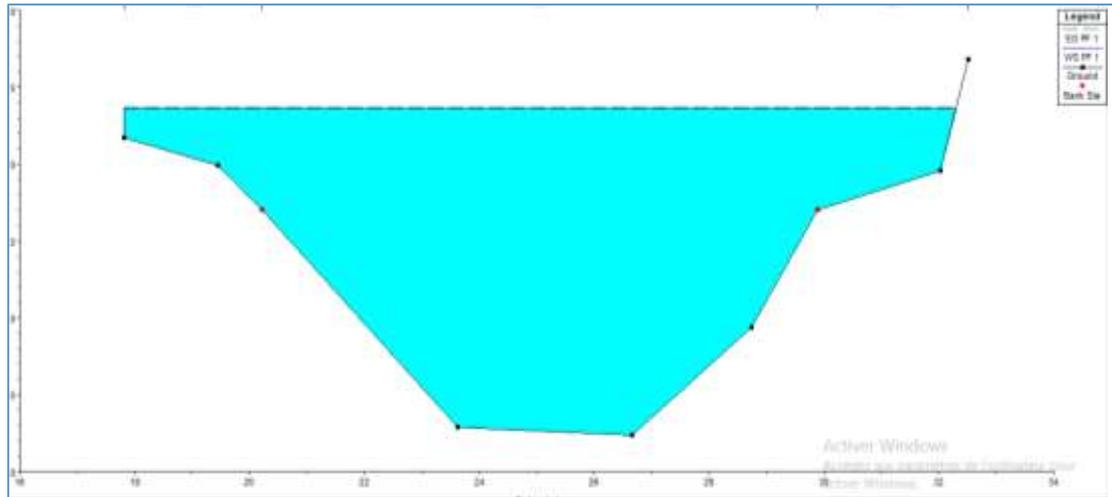


Figure III.8 : Section en travers à la station N°2120 de tronçon TR3

Les détails de simulation des tronçons de BV N°1 sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau III.9 : Résultats de simulation des oueds de BV N°1 pour la crue centennal.

oueds	Stations	Q Total	Cote Fond oued	N.L eau	H critique	N.L énergie	Pente L.e	Vitesse	S. mouillé	L. miroir	N.Froude
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
TR N°1	2500	2.2	490.27	492.13	490.66	492.14	0.000047	0.25	8.89	6.05	0.06
TR N°1	2480	2.2	491.69	491.99	491.99	492.11	0.014813	1.55	1.42	5.9	1.01
TR N°1	2460	2.2	480.88	481.18	481.61	488.15	1.836539	11.7	0.19	1.27	9.71
TR N°1	2440	2.2	470.33	470.75	470.92	471.32	0.08364	3.34	0.66	3.12	2.32
TR N°1	2420	2.2	457.34	459.06	457.78	459.07	0.000096	0.32	6.8	5.35	0.09
TR N°1	2400	2.2	458.61	458.93	458.93	459.04	0.015557	1.41	1.56	7.86	1.01
TR N°1	2380.01	2.2	456.67	457.01	457.1	457.29	0.053586	2.34	0.94	5.56	1.82
TR N°1	2360	2.2	447.4	447.5	447.68	448.81	0.608071	5.09	0.43	4.95	5.5
TR N°1	2340	2.2	432.72	433.24	433.49	434.15	0.113644	4.21	0.52	1.99	2.63
TR N°1	2320	2.2	426.38	426.53	426.62	426.86	0.103789	2.54	0.87	7.49	2.38
TR N°1	2300	2.2	424	426.29	424.4	426.29	0.000007	0.12	18.72	11.19	0.03
TR N°1	2280	2.2	424.15	426.29		426.29	0.000013	0.14	15.33	10.58	0.04
TR N°1	2260	2.2	425.39	426.28		426.28	0.000228	0.36	6.07	9.58	0.15
TR N°1	2240	2.2	425.75	426.12	426.12	426.23	0.015429	1.45	1.51	7.22	1.01
TR N°1	2220	2.2	422.6	422.78	422.92	423.51	0.290562	3.77	0.58	6.06	3.88
TR N°1	2203.574	2.2	414.7	414.9	414.98	415.17	0.093397	2.33	0.94	8.57	2.25
TR N°1	2190.837	2.2	406.64	406.83	407.02	407.96	0.405867	4.69	0.47	4.43	4.61
TR N°1	2175.544	2.2	398.6	398.95	399.1	399.47	0.089336	3.17	0.69	3.65	2.33
TR N°3	2140	3.29	391.36	394.37	391.95	394.37	0.000008	0.15	22.97	12.15	0.03

TR N°3	2120	3.29	392.24	394.37		394.37	0.000019	0.2	18	14.49	0.05
TR N°3	2100	3.29	391.59	394.36		394.37	0.000011	0.17	20.41	11.68	0.04
TR N°3	2086.344	3.29	391.61	394.36		394.37	0.000008	0.14	24.66	14.42	0.03
TR N°3	2070.724	3.29	392.58	394.36		394.36	0.000002	0.18	19.13	16.17	0.05
TR N°5	2040	18.32	391.69	394.31		394.36	0.000429	1	18.75	10.77	0.23
TR N°5	2020.083	18.32	393	393.92	393.92	394.26	0.009437	2.57	7.34	11.91	0.96
TR N°5	2000.052	18.32	391.99	393.04	393.11	393.49	0.014382	2.99	6.13	8.98	1.15
TR N°5	1979.909	18.32	379.28	380.33	381.44	389.77	0.556037	13.61	1.35	2.57	6
TR N°5	1960.206	18.32	369.49	370.25	370.81	372.72	0.126068	6.96	2.63	5.56	3.23
TR N°5	1939.909	18.32	361.23	361.73	362.18	363.78	0.139243	6.34	2.89	7.68	3.3
TR N°5	1919.939	18.32	357.45	361.38	358.67	361.4	0.000084	0.54	35.23	15.81	0.1
TR N°5	1900.098	18.32	360.18	361.2		361.37	0.003889	1.85	10.6	15.33	0.64
TR N°5	1880.032	18.32	359.18	361.1		361.2	0.001448	1.36	13.91	15.36	0.4
TR N°5	1860.159	18.32	358.52	361.1		361.14	0.000326	0.84	22.34	16.5	0.19
TR N°5	1833.514	18.32	359.03	360.81		361.05	0.003905	2.17	8.44	6.44	0.61
TR N°5	1820.043	18.32	358.68	360.8		360.91	0.001515	1.51	12.12	7.82	0.39
TR N°5	1800.092	18.32	358.7	360.74		360.82	0.000992	1.25	14.63	9.52	0.32
TR N°5	1779.989	18.32	359.25	360.28	360.28	360.64	0.010917	2.66	6.88	9.55	1
TR N°5	1760.051	18.32	358.24	359.84	359.39	360.01	0.002855	1.83	9.99	8.32	0.53
TR N°5	1739.997	18.32	358.04	359.21	359.21	359.65	0.011106	2.93	6.25	7.16	1
TR N°5	1720.104	18.32	354.89	355.33	355.81	357.62	0.16232	6.71	2.73	7.43	3.53
TR N°5	1699.935	18.32	348.1	348.78	349.18	350.29	0.07618	5.44	3.37	7.17	2.54
TR N°5	1680.071	18.32	341.49	342.12	342.63	344.26	0.112023	6.47	2.83	6.14	3.05
TR N°5	1659.953	18.32	333.22	334.21	334.77	336.62	0.118682	6.87	2.67	5.38	3.12
TR N°5	1640.065	18.32	328.53	329.3	329.65	330.53	0.067672	4.91	3.73	8.56	2.38

TR N°5	1620.023	18.32	325.82	328.52	326.89	328.55	0.000202	0.71	27.48	18.2	0.15
TR N°5	1600.01	18.32	325.73	328.51		328.53	0.000191	0.7	27.59	18.11	0.15
TR N°5	1580.013	18.32	325.47	328.5		328.52	0.000146	0.63	30.51	18.32	0.13
TR N°5	1563.606	18.32	325.44	328.49		328.51	0.000156	0.65	29.28	15.95	0.14
TR N°5	1539.96	18.32	325.36	328.47		328.5	0.000236	0.77	24.74	13.46	0.16
TR N°5	1520.107	18.32	325.6	328.46		328.48	0.000216	0.74	26.13	15.9	0.16
TR N°5	1499.932	18.32	325.56	328.45		328.47	0.000173	0.69	28.31	17.63	0.14
TR N°5	1479.916	18.32	325.3	328.42		328.45	0.000269	0.83	22.35	11.28	0.17
TR N°5	1460.092	18.32	325.65	328.38		328.43	0.000436	0.96	19.51	11.98	0.21
TR N°5	1439.973	18.32	326.95	327.94	327.94	328.32	0.010648	2.71	6.75	9.12	1.01
TR N°5	1420.002	18.32	326.22	327.21	327.23	327.6	0.01138	2.75	6.67	9.35	1.04
TR N°5	1400.072	18.32	323.36	324.01	324.43	325.74	0.114853	5.82	3.15	8.31	3.02
TR N°5	1380.152	18.32	317.79	318.4	318.78	319.77	0.072036	5.18	3.54	7.85	2.46
TR N°5	1359.989	18.32	311.91	312.54	312.93	314.1	0.102808	5.53	3.31	8.71	2.87
TR N°5	1339.94	18.32	305.76	306.27	306.67	307.8	0.08926	5.48	3.34	7.88	2.69
TR N°5	1319.958	18.32	300.31	300.91	301.29	302.33	0.077429	5.28	3.47	7.81	2.53
TR N°5	1299.92	18.32	295.73	296.54	296.88	297.71	0.062075	4.78	3.83	8.44	2.26
TR N°5	1280.054	18.32	293.13	296.31	294.23	296.32	0.000109	0.6	33.16	15.52	0.12
TR N°5	1259.976	18.32	293.52	296.29		296.31	0.000155	0.67	31.03	18.68	0.14
TR N°5	1240.079	18.32	293.09	296.29		296.31	0.000122	0.63	32.98	17.94	0.13
TR N°5	1219.968	18.32	293.03	296.26		296.29	0.000193	0.77	25.45	12.44	0.16
TR N°5	1199.989	18.32	293.84	296.24		296.28	0.000324	0.9	22.82	13.77	0.2
TR N°5	1180.028	18.32	293.05	296.23		296.26	0.000206	0.79	24.96	13.2	0.16
TR N°5	1159.926	18.32	293.48	296.2		296.24	0.000322	0.91	21.61	11.43	0.19
TR N°5	1139.976	18.32	293.46	296.2		296.22	0.000185	0.73	29.69	20.61	0.15

TR N°5	1120.005	18.32	293.21	296.19		296.21	0.000155	0.69	29.59	16.63	0.14
TR N°5	1100.005	18.32	293.42	296.18		296.2	0.00016	0.68	30.14	17.29	0.14
TR N°5	1080.008	18.32	293.69	296.16		296.19	0.000179	0.69	29.26	17.75	0.15
TR N°5	1060.008	18.32	293.64	296.15		296.17	0.000194	0.71	29.4	19.2	0.16
TR N°5	1039.945	18.32	293.45	296.14		296.16	0.000174	0.7	28.85	16.04	0.15
TR N°5	1019.959	18.32	294.16	296.11		296.14	0.000398	0.9	22.63	16.71	0.22
TR N°5	1000.02	18.32	294.1	296.07		296.11	0.000489	1	20.74	15.66	0.24
TR N°5	980.0607	18.32	294.06	296.03		296.08	0.000531	1.03	19.87	15.44	0.26
TR N°5	960.0397	18.32	293.54	296.01		296.05	0.00038	0.94	21.04	14.26	0.22
TR N°5	940.0688	18.32	293.46	295.99		296.02	0.000318	0.87	23.57	17.74	0.2
TR N°5	920.0135	18.32	294.68	295.87		295.97	0.00218	1.5	13.73	17.06	0.49
TR N°5	896.5479	18.32	294.25	295.33	295.33	295.65	0.009442	2.51	7.44	15.5	0.94
TR N°5	879.9474	18.32	292.24	292.79	293.19	294.34	0.094992	5.5	3.33	8.3	2.77
TR N°5	859.8765	18.32	284.07	284.64	285.12	286.79	0.138771	6.49	2.82	7.22	3.31
TR N°5	839.8824	18.32	274.96	275.89	276.43	278.26	0.121462	6.82	2.69	5.68	3.16
TR N°5	819.9687	18.32	268.55	269.37	269.91	271.42	0.0887	6.34	2.89	5.22	2.72
TR N°5	800.1006	18.32	263.6	264.37	264.87	266.13	0.072155	5.88	3.12	5.45	2.48
TR N°5	779.9938	18.32	259.87	263.72	261.14	263.74	0.000126	0.67	31.07	13.54	0.12
TR N°5	759.968	18.32	260.53	263.7		263.73	0.000194	0.79	26.44	13.87	0.15
TR N°5	739.8725	18.32	260.58	263.68		263.71	0.00019	0.78	25.64	12.55	0.16
TR N°5	720.0507	18.32	259.95	263.68		263.7	0.000116	0.66	30.24	12.32	0.12
TR N°5	699.9171	18.32	260.55	263.67		263.69	0.000164	0.73	27.4	13.13	0.15
TR N°5	680	18.32	260.03	263.65		263.68	0.000194	0.79	25.74	11.36	0.15
TR N°5	660	18.32	260.52	263.62		263.66	0.000271	0.91	21.5	9.65	0.18
TR N°5	639.9999	18.32	260.35	263.61		263.64	0.000237	0.85	24.24	11.85	0.17

TR N°5	619.9999	18.32	260.52	263.57		263.62	0.000357	1.02	19.35	8.87	0.2
TR N°5	600.0712	18.32	260.03	263.57		263.6	0.000177	0.77	25.78	11	0.15
TR N°5	579.9009	18.32	260.97	263.54		263.59	0.000326	0.93	21.77	12.42	0.21
TR N°5	560.0406	18.32	261.03	263.53		263.56	0.000268	0.85	24.77	15.14	0.19
TR N°5	540.0334	18.32	261.24	263.49		263.54	0.000414	1	20.06	12.08	0.23
TR N°5	519.9677	18.32	261.04	263.47		263.51	0.000329	0.93	21.35	11.89	0.2
TR N°5	500.0157	18.32	261.02	263.47		263.49	0.000224	0.76	27.42	17.21	0.17
TR N°5	479.7567	18.32	261.84	263.41		263.46	0.000726	1.1	18.18	14.5	0.3
TR N°5	460.0366	18.32	260.62	263.4		263.43	0.000214	0.77	25.44	13.05	0.16
TR N°5	440.0096	18.32	261.62	263.34		263.4	0.000772	1.19	16.81	12.6	0.31
TR N°5	419.9135	18.32	261.83	263.24		263.33	0.001427	1.43	14.23	13.33	0.41
TR N°5	400.0612	18.32	261.73	263.15		263.24	0.001498	1.42	14.6	15.05	0.42
TR N°5	379.9191	18.32	261.81	262.73	262.73	263.02	0.008576	2.46	8.01	13.76	0.92
TR N°5	360.0295	18.32	259.27	260.01	260.55	261.69	0.063082	5.74	3.19	4.91	2.27
TR N°5	340.0622	18.32	247.42	248.16	248.93	253.31	0.334015	10.05	1.82	4.46	5.02
TR N°5	319.9931	18.32	239.32	240.27	240.77	242.22	0.088125	6.18	2.96	5.62	2.72
TR N°5	300.0274	18.32	230.04	234.53	231.75	234.56	0.00023	0.77	23.86	7.49	0.14
TR N°5	280.0767	18.32	226.91	234.54		234.55	0.000074	0.47	38.66	8.1	0.07
TR N°5	260.0957	18.32	232.8	234.02	234.02	234.49	0.010905	3.01	6.08	6.59	1
TR N°5	239.996	18.32	230.23	231.06	231.53	232.8	0.084562	5.85	3.13	6.17	2.62
TR N°5	219.9745	18.32	229.15	230.79	230.29	230.92	0.002057	1.67	11.44	10.29	0.48
TR N°5	200.3681	18.32	229.1	230.29	230.25	230.66	0.009304	2.68	6.83	8.3	0.94
TR N°5	180.0122	18.32	228.02	230.44		230.48	0.00041	0.99	20.72	13.8	0.22
TR N°5	160.0875	18.32	228.41	230.37		230.44	0.000846	1.25	15.82	11.64	0.31
TR N°5	140.1048	18.32	228.52	230.26		230.37	0.001373	1.49	13.06	10.46	0.4

TR N°5	120	18.32	228.51	230.14		230.27	0.001777	1.62	12.13	11.76	0.45
TR N°5	99.99992	18.32	227.97	230.06		230.16	0.001268	1.44	13.17	10.45	0.38
TR N°5	79.99999	18.32	228.09	229.95		230.07	0.001651	1.53	12.46	11.65	0.42
TR N°5	60.08367	18.32	227.07	229.96		230	0.000357	0.91	20.58	11.77	0.2
TR N°5	39.93725	18.32	227.79	229.82		229.95	0.001798	1.56	11.91	11.37	0.44
TR N°5	20.02442	18.32	228.22	229.29	229.29	229.68	0.010687	2.76	6.63	8.68	1.01
TR N°2	199.9999	1.1	478.37	478.63	478.76	479.12	0.132055	3.1	0.35	2.69	2.72
TR N°2	180	1.1	467.22	467.32	467.44	467.88	0.230631	3.32	0.33	3.45	3.43
TR N°2	160	1.1	456.62	456.8	456.88	457.12	0.135799	2.49	0.44	4.79	2.63
TR N°2	140	1.1	446.03	446.25	446.36	446.78	0.184165	3.24	0.34	3.12	3.13
TR N°2	119.9999	1.1	435.7	435.94	436.05	436.38	0.137065	2.95	0.37	3.13	2.74
TR N°2	100	1.1	426.02	426.49	426.49	426.61	0.01561	1.49	0.74	3.29	1.01
TR N°2	79.99997	1.1	420.25	420.69	420.67	420.77	0.010825	1.18	0.93	4.47	0.83
TR N°2	60.00004	1.1	414.51	414.79	414.79	414.88	0.017171	1.28	0.86	5.35	1.02
TR N°2	39.99994	1.1	406.02	406.46	406.49	406.61	0.020873	1.67	0.66	3.11	1.16
TR N°2	25.93587	1.1	399.86	400.21	400.21	400.32	0.01709	1.42	0.77	3.89	1.01
TR N°4	119.4965	1.57	407.3	407.59	407.66	407.81	0.050023	2.06	0.76	5.19	1.72
TR N°4	99.49639	1.57	399.73	399.93	399.93	400.01	0.016575	1.26	1.25	7.86	1.01
TR N°4	79.49644	1.57	391.04	394.37	391.72	394.37	0.000004	0.1	16.91	8.36	0.02
TR N°4	59.49645	1.57	390.5	394.37		394.37	0.000002	0.07	22.45	8.44	0.01
TR N°4	39.49646	1.57	390.63	394.37		394.37	0.000002	0.07	23.32	9.46	0.01
TR N°4	22.35028	1.57	390.18	394.36		394.36	0.000001	0.06	27.19	10.98	0.01

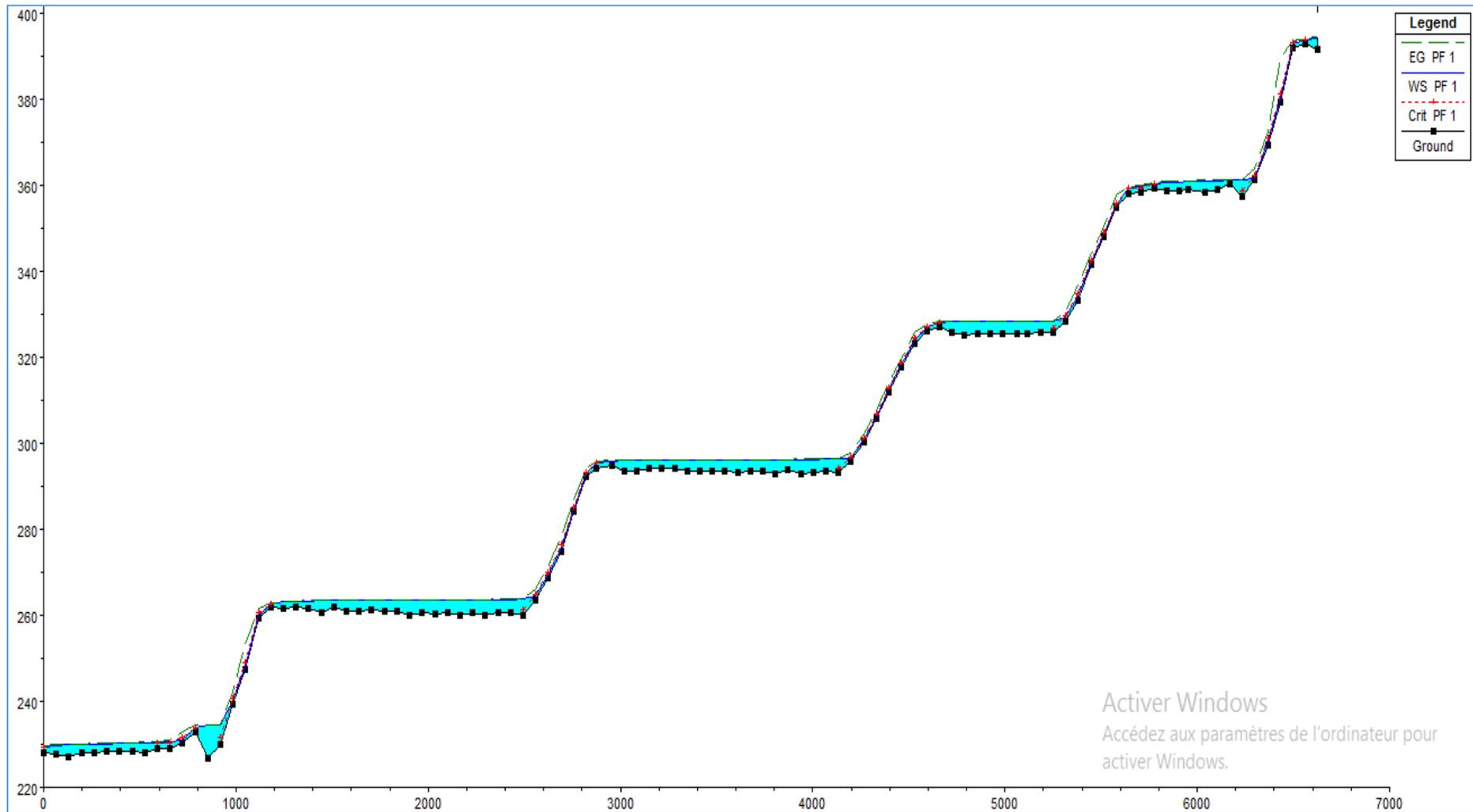


Figure III.9 : profil en long de tronçon TR N°5 trouvant dans BV N°1

Le profil en long de tronçon (TR N° 5) pour la simulation hydraulique de la crue centennale à l'état naturel montre la topographie très accidenté du bassin versant BVN°1.

Pour les profils en long des autres tronçons voir l'annexe I.

2. Les résultats de simulation de bassin N°2 :

Les résultats de la modélisation sur l'Oued de bassin versant N°2 est comme suit :

Les résultats de simulation hydraulique de la crue centennale ont montré que le bassin versant N°2 subit également une partie du débordement sur les deux rives.

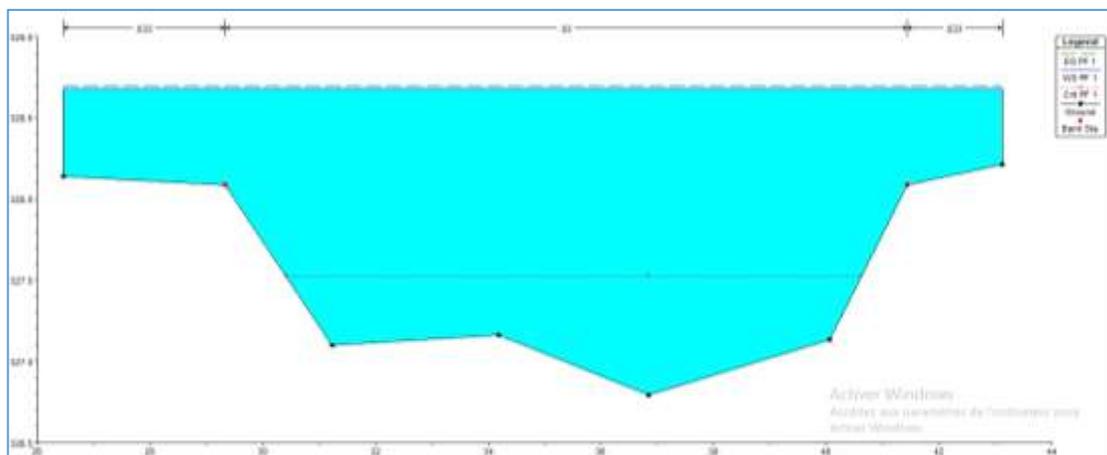


Figure III.10 : Section en travers à la station N°1540 de tronçon TR2

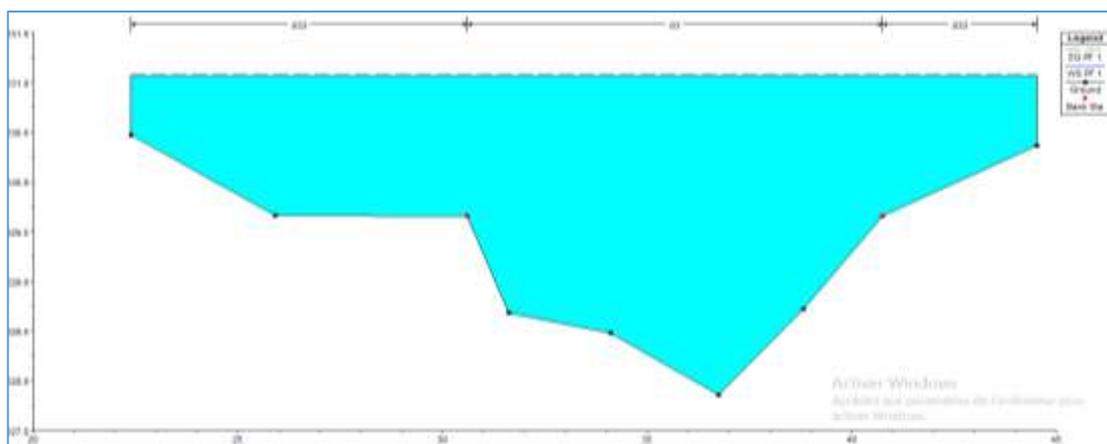


Figure III.11 : Section en travers à la station N°399.9999 de tronçon TR3

Les détails et résultats de la simulation sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.10 : Résultats de simulation des oueds de BV N°2 pour la crue centennal.

OUED	STATIOS	Q Total	Cote fonde oued	N.L eau	H critique.	N.L énergie	Pente L.e	Vitesse	S. mouillé	L. miroir	N.Froude
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
TR N°2	2039.994	10.21	425.26	425.86	426.06	426.51	0.040027	3.57	2.86	7.13	1.8
TR N°2	2020.008	10.21	424.6	426.05	425.54	426.13	0.001687	1.26	8.1	8.53	0.41
TR N°2	2000.064	10.21	424.71	425.58	425.58	425.88	0.011284	2.42	4.23	7.18	1.01
TR N°2	1980.002	10.21	422.87	423.77	424.03	424.57	0.039412	3.95	2.58	5.27	1.8
TR N°2	1960.039	10.21	413.6	413.97	414.38	417.68	0.626868	8.53	1.2	6.45	6.33
TR N°2	1940.117	10.21	403.49	404.02	404.3	405.05	0.084539	4.5	2.27	7.02	2.53
TR N°2	1920.038	10.21	394.61	395.08	395.43	396.79	0.201573	5.78	1.77	7.2	3.73
TR N°2	1899.978	10.21	387.76	388.34	388.6	389.23	0.070248	4.18	2.44	7.39	2.32
TR N°2	1880.106	10.21	380.11	380.74	381.14	382.62	0.153331	6.07	1.68	5.16	3.39
TR N°2	1860.454	10.21	374.17	375.05	375.41	376.27	0.065124	4.89	2.09	4.43	2.28
TR N°2	1839.923	10.21	368.25	368.72	369.11	370.32	0.124941	5.59	1.83	5.36	3.06
TR N°2	1819.887	10.21	363.91	364.64	364.91	365.46	0.045134	4	2.55	5.78	1.92
TR N°2	1800.007	10.21	359.61	361.07	360.51	361.13	0.001217	1.11	9.43	12.5	0.35
TR N°2	1780	10.21	358.86	361.07		361.09	0.000244	0.64	16.36	13.54	0.17
TR N°2	1760	10.21	358.91	361.03		361.06	0.000498	0.81	12.91	13.57	0.23
TR N°2	1740	10.21	359.54	360.9		361	0.002194	1.36	7.51	8.97	0.47
TR N°2	1720	10.21	358.14	360.94		360.95	0.000124	0.52	19.75	10.84	0.11
TR N°2	1700	10.21	359.02	360.89		360.93	0.000639	0.92	11.13	8.59	0.26
TR N°2	1680	10.21	359.22	360.81		360.87	0.001407	1.14	8.94	9.61	0.38

TR N°2	1660	10.21	359.62	360.38	360.38	360.65	0.011595	2.28	4.48	8.6	1.01
TR N°2	1640	10.21	352.77	353.17	353.68	357.86	0.599463	9.6	1.06	4.6	6.37
TR N°2	1620.029	10.21	347.43	347.9	348.09	348.54	0.051789	3.55	2.87	8.85	1.99
TR N°2	1600	10.21	341	341.46	341.84	343.1	0.145288	5.68	1.8	5.89	3.28
TR N°2	1580	10.21	337.07	337.61	337.75	338.1	0.042069	3.1	3.29	10.69	1.78
TR N°2	1560	10.21	330.2	330.81	331.24	332.91	0.180541	6.42	1.59	5.04	3.65
TR N°2	1540	10.21	326.79	328.68	327.52	328.69	0.000157	0.53	20.71	16.66	0.14
TR N°2	1520	10.21	327.25	328.66		328.68	0.000308	0.64	17.66	18.63	0.19
TR N°2	1500	10.21	326.52	328.65		328.67	0.00011	0.47	23.84	18.97	0.12
TR N°2	1480	10.21	327.22	328.63		328.65	0.00037	0.68	16.27	17.41	0.21
TR N°2	1460	10.21	326.63	328.61		328.63	0.000219	0.6	17.96	14.86	0.16
TR N°2	1440	10.21	327.03	328.58		328.61	0.000487	0.78	13.91	14.3	0.23
TR N°2	1420	10.21	326.25	328.58		328.59	0.000132	0.53	20.39	14.39	0.13
TR N°2	1400	10.21	326.24	328.57		328.58	0.000157	0.54	20.83	18.18	0.14
TR N°2	1380	10.21	326.82	328.54		328.56	0.000382	0.74	14.49	13.14	0.21
TR N°2	1360	10.21	326.69	328.52		328.54	0.000277	0.66	17.57	18.86	0.18
TR N°2	1340	10.21	327.32	328.44		328.5	0.001448	1.1	10.09	14.89	0.39
TR N°2	1320	10.21	327.27	328.02	328.02	328.28	0.011427	2.26	4.51	8.66	1
TR N°2	1300	10.21	315.52	316.22	317.04	325.03	0.791213	13.15	0.78	2.23	7.11
TR N°2	1280	10.21	312.41	312.95	313.17	313.69	0.054062	3.8	2.69	7.67	2.05
TR N°2	1260.139	10.21	302.55	302.97	303.47	306.25	0.3367	8.02	1.27	4.61	4.88
TR N°2	1240	10.21	295.21	295.68	295.95	296.63	0.072273	4.34	2.35	6.8	2.35
TR N°2	1220.024	10.21	293.08	296.11	293.86	296.12	0.000058	0.42	26.71	14.1	0.08
TR N°2	1199.918	10.21	294.01	296.1		296.11	0.00016	0.57	19.19	13.39	0.14
TR N°2	1179.931	10.21	293.54	296.09		296.1	0.000084	0.45	24.36	15.06	0.1

TR N°2	1160.11	10.21	292.73	296.09		296.1	0.000049	0.38	28.71	15.06	0.08
TR N°2	1140	10.21	294.03	296.08		296.09	0.00016	0.58	19.01	12.93	0.14
TR N°2	1120	10.21	293.1	296.08		296.08	0.000053	0.39	28.62	16.2	0.08
TR N°2	1100	10.21	294.41	296.06		296.08	0.000226	0.59	18.97	16.7	0.17
TR N°2	1080	10.21	294.02	296.06		296.07	0.000079	0.4	28.01	20.95	0.1
TR N°3	1057.3	18.59	293.75	296.03		296.06	0.000278	0.81	24.68	16.32	0.19
TR N°3	1039.867	18.59	294.06	296		296.04	0.000519	0.96	21.05	16.96	0.25
TR N°3	1019.956	18.59	294.58	295.94		296	0.000863	1.06	19.64	20.95	0.32
TR N°3	1000.041	18.59	293.97	295.89		295.94	0.000759	1.08	19.34	19.06	0.3
TR N°3	980.1667	18.59	293.62	295.84		295.89	0.000743	1.08	18.45	16.11	0.3
TR N°3	959.9395	18.59	293.72	295.81		295.85	0.000483	0.95	20.88	16.32	0.24
TR N°3	940.0805	18.59	293.46	295.78		295.82	0.00037	0.88	22.44	16.44	0.21
TR N°3	920.3154	18.59	293.84	295.68		295.77	0.001453	1.37	14.61	15.93	0.4
TR N°3	899.8036	18.59	293.53	295.68		295.72	0.000328	0.8	25.15	21.88	0.2
TR N°3	880.08	18.59	294.41	295.42	295.31	295.64	0.006071	2.1	9.17	16.01	0.78
TR N°3	859.8152	18.59	293.63	294.75	294.75	295.1	0.010951	2.6	7.15	10.69	1.01
TR N°3	840.0758	18.59	281.25	282.07	283	291.92	0.679102	13.9	1.34	3.26	6.93
TR N°3	820.1024	18.59	273.34	273.9	274.3	275.46	0.102861	5.55	3.35	8.83	2.88
TR N°3	799.9844	18.59	260.89	261.81	262.53	265.77	0.213192	8.81	2.11	4.49	4.11
TR N°3	780	18.59	261	263.6	262.13	263.63	0.000244	0.82	24.67	13.26	0.18
TR N°3	759.9999	18.59	261.6	263.58		263.61	0.000321	0.84	25.37	17.65	0.21
TR N°3	740	18.59	261.46	263.54		263.59	0.000429	0.98	20.49	12.87	0.24
TR N°3	720	18.59	261.21	263.51		263.56	0.0004	0.98	20.71	12.4	0.22
TR N°3	700	18.59	261.19	263.49		263.53	0.000402	0.96	22.02	14.7	0.23
TR N°3	679.9237	18.59	260.84	263.48		263.51	0.00025	0.82	25.97	15.9	0.18

TR N°3	660.0342	18.59	261.34	263.43		263.48	0.00052	1.05	20.13	14.44	0.26
TR N°3	640.0373	18.59	260.7	263.43		263.45	0.000246	0.79	28.02	19.28	0.18
TR N°3	620.1019	18.59	260.46	263.4		263.43	0.000344	0.89	22.55	13.51	0.2
TR N°3	600.0156	18.59	260.24	263.39		263.41	0.000148	0.67	30.74	17.06	0.14
TR N°3	579.9399	18.59	261.49	263.35		263.4	0.000555	0.98	21.74	18.65	0.26
TR N°3	560.1862	18.59	260.59	263.33		263.37	0.000311	0.86	24.8	17.35	0.2
TR N°3	539.8848	18.59	260.3	263.31		263.34	0.000339	0.9	22.83	14.49	0.2
TR N°3	519.9252	18.59	260.5	263.3		263.32	0.000207	0.74	28.17	17.62	0.16
TR N°3	500.1045	18.59	261.12	263.27		263.3	0.000441	0.93	23.62	20.12	0.23
TR N°3	479.9095	18.59	261.82	263.18		263.25	0.001376	1.28	16.91	19.43	0.4
TR N°3	459.975	18.59	261.83	262.78	262.78	263.05	0.00832	2.4	8.51	15.15	0.91
TR N°3	439.9706	18.59	259.29	260.06	260.48	261.61	0.100446	5.51	3.37	8.77	2.84
TR N°3	420.0406	18.59	247.42	248.07	248.59	251.16	0.281397	7.78	2.39	7.95	4.54
TR N°3	399.9999	18.59	235	235.8	236.27	238.09	0.143264	6.7	2.77	6.89	3.37
TR N°3	379.9999	18.59	229.13	231.53	230.77	231.65	0.001921	1.54	12.06	9.21	0.43
TR N°3	360	18.59	229.77	230.99	230.99	231.38	0.011125	2.75	6.77	9.05	1.01
TR N°3	339.9999	18.59	227.9	231.07	229.2	231.09	0.000135	0.67	30.48	15.85	0.14
TR N°3	320	18.59	227.86	231.07		231.08	0.000096	0.57	39.24	22.14	0.11
TR N°3	300	18.59	228.32	231.05		231.07	0.000176	0.72	29.45	17.27	0.16
TR N°3	280	18.59	227.62	231		231.05	0.00051	1.02	18.66	10.61	0.24
TR N°3	259.9999	18.59	229.27	230.85		230.98	0.002166	1.63	11.54	10.67	0.48
TR N°3	240	18.59	228.48	230.89		230.91	0.000208	0.72	30.91	21.89	0.17
TR N°3	220	18.59	227.35	230.88		230.9	0.000153	0.68	29.48	14.11	0.14
TR N°3	200	18.59	228.04	230.85		230.89	0.000252	0.86	23.56	12.08	0.18
TR N°3	180	18.59	228.59	230.83		230.87	0.000414	0.96	22.13	14.88	0.23

TR N°3	160	18.59	228.14	230.82		230.84	0.000227	0.78	27.52	16.66	0.17
TR N°3	140	18.59	228.09	230.78		230.82	0.000354	0.95	21.69	12.39	0.21
TR N°3	119.9999	18.59	228.48	230.75		230.8	0.000502	1.04	20.59	14.33	0.25
TR N°3	99.99995	18.59	228	230.72		230.76	0.00044	1.03	20.52	12.77	0.23
TR N°3	79.99997	18.59	228.08	230.68		230.73	0.000456	1.06	19.61	11.69	0.24
TR N°3	59.99996	18.59	228.04	230.65		230.7	0.000475	1.07	19.39	11.85	0.24
TR N°3	40.00003	18.59	228.9	230.5	230.06	230.64	0.00196	1.71	11.93	10.33	0.48
TR N°3	19.99996	18.59	228.91	230.03	230.03	230.38	0.008891	2.69	7.42	10.71	0.95
TR N°1	419.9999	4.11	363.64	364.2	364.38	364.81	0.056005	3.46	1.19	3.87	2
TR N°1	399.8072	4.11	359.63	360.77	360.3	360.81	0.001391	0.96	4.28	5.7	0.35
TR N°1	379.9679	4.11	359.44	360.69		360.73	0.001113	0.9	4.57	5.61	0.32
TR N°1	360.0821	4.11	359.46	360.64		360.67	0.000712	0.72	5.69	7.13	0.26
TR N°1	339.9851	4.11	359.78	360.34	360.34	360.53	0.013195	1.91	2.15	5.91	1.01
TR N°1	319.867	4.11	350.95	351.09	351.41	356.88	3.261149	10.66	0.39	5.17	12.45
TR N°1	300.0297	4.11	337.58	338.44	338.77	339.52	0.082262	4.59	0.9	2.08	2.23
TR N°1	280.004	4.11	334.48	335.2	335.38	335.78	0.038788	3.36	1.22	2.78	1.62
TR N°1	260	4.11	330.18	330.56	330.77	331.42	0.137128	4.1	1	5.14	2.96
TR N°1	240	4.11	327	328.34	327.58	328.35	0.000151	0.39	11.19	14.67	0.13
TR N°1	220	4.11	326.85	328.33		328.34	0.000164	0.43	11.01	18.07	0.13
TR N°1	200	4.11	327.8	328.2	328.2	328.29	0.0089	1.46	3.32	16.38	0.83
TR N°1	180	4.11	324.09	324.55	324.88	326.45	0.258068	6.11	0.67	2.93	4.06
TR N°1	160.4131	4.11	317.33	317.77	317.94	318.35	0.068952	3.35	1.23	5.09	2.18
TR N°1	139.9148	4.11	307.2	307.81	308.25	310.17	0.25255	6.8	0.61	1.98	3.92
TR N°1	120.0296	4.11	302.92	303.5	303.64	303.95	0.043236	2.97	1.39	4.78	1.76
TR N°1	100.0399	4.11	296.86	297.22	297.46	298.45	0.216402	4.92	0.84	4.63	3.69

TR N°1	79.94514	4.11	293.03	296.07	293.69	296.07	0.000011	0.18	30.5	26.82	0.04
TR N°1	60.08308	4.11	293.09	296.07		296.07	0.000013	0.18	24.52	14.92	0.04
TR N°1	40.00002	4.11	292.86	296.07		296.07	0.000007	0.15	33.57	22.19	0.03
TR N°1	19.99998	4.11	293.01	296.06		296.07	0.000014	0.19	24.27	15.96	0.04

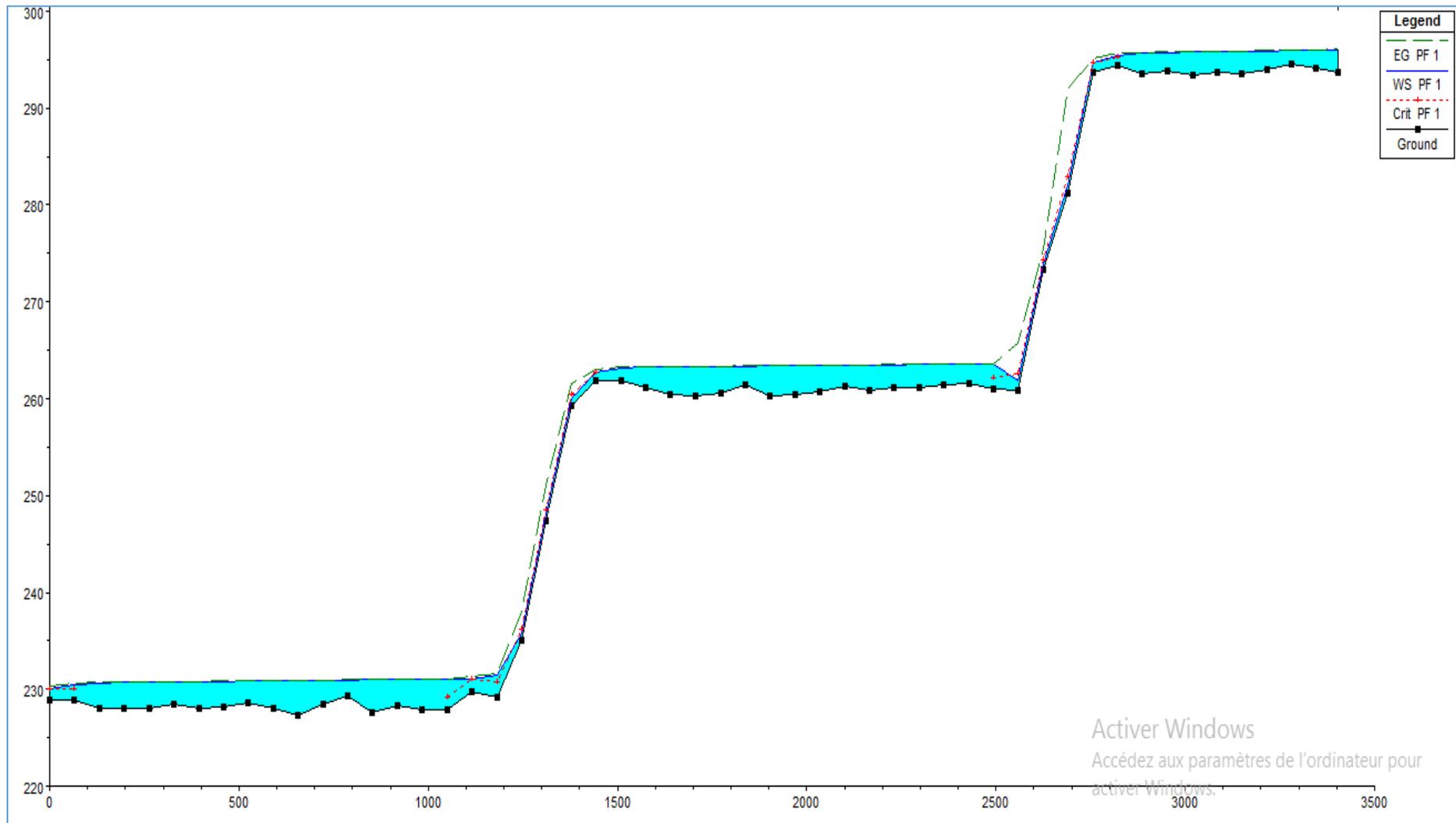


Figure III.12 : profil en long de tronçon TR N°3 trouvant dans BV N°2

Le profil en long de tronçon (TR N° 3) pour la simulation hydraulique de la crue centennale à l'état naturel montre la topographie très accidenté du bassin versant BVN°2.

Pour les profils en long des autres tronçons voir l'annexe I.

3. Les résultats de simulation de bassin N°3 :

Les résultats de la modélisation sur l'Oued de bassin versant N°3 est comme suit :

Les résultats de simulation hydraulique de la crue centennale ont montré que le bassin versant N°3 subit également une partie du débordement sur les deux rives.

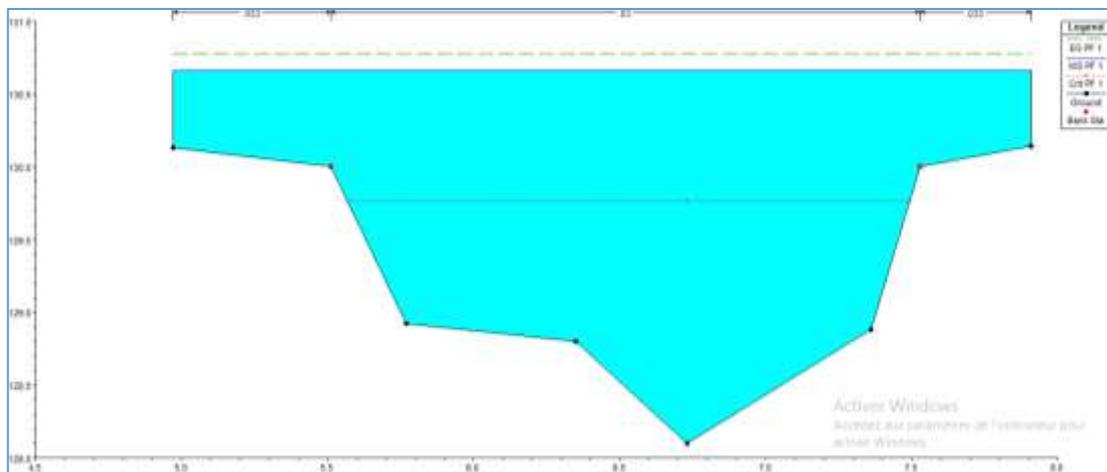


Figure III.13 : Section en travers à la station N°700 de tronçon TR1

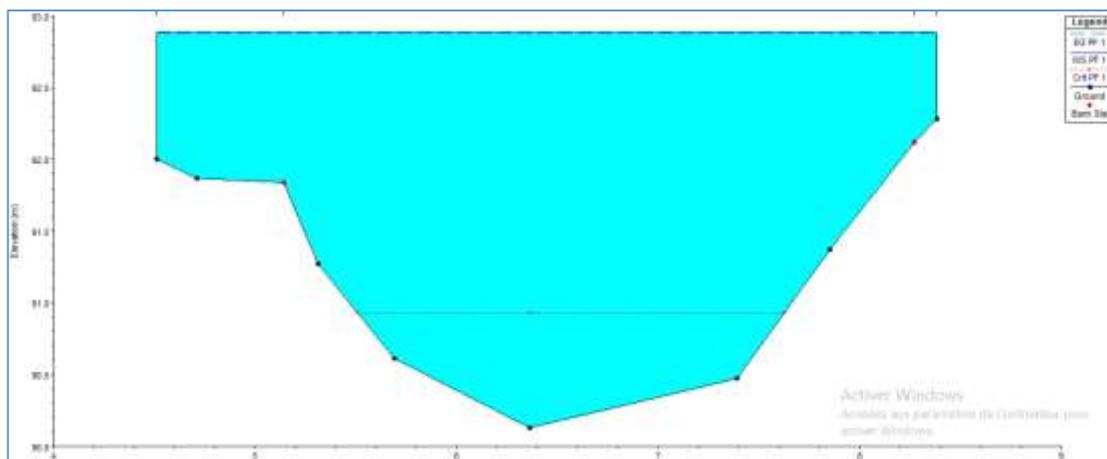


Figure III.14 : Section en travers à la station N°59.95803 de tronçon TR2

Les détails et résultats de la simulation sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.11 : Résultats de simulation des oueds de BV N°3 pour la crue centennal.

Oued	stations	Q Total	Cote Fond oued	N.L eau	H critique	N.L énergie	Pente L.e	Vitesse	S. mouillé	L. miroir	N.Froude
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
TR N°1	700	6.24	128.1	130.66	129.76	130.78	0.002867	1.56	4.32	2.94	0.36
TR N°1	680	6.24	128.93	130.25	130.25	130.64	0.012755	2.84	2.34	3.2	0.91
TR N°1	660.0001	6.24	124.15	125.39	126.23	129.52	0.448864	9	0.69	1.06	3.56
TR N°1	640	6.24	122.88	123.88	124.28	125.32	0.088351	5.33	1.17	2.22	2.26
TR N°1	619.9999	6.24	118.51	119.56	120.18	122.4	0.252025	7.46	0.84	1.74	3.44
TR N°1	599.9999	6.24	118.12	120.66	119.83	120.8	0.003413	1.67	3.96	2.7	0.4
TR N°1	580.0001	6.24	118.75	120.45		120.7	0.006628	2.23	2.99	2.95	0.63
TR N°1	560	6.24	118.64	120.01	120.01	120.47	0.018447	3.01	2.07	2.31	1.01
TR N°1	540	6.24	117.32	118.19	118.61	119.68	0.085726	5.41	1.15	2.03	2.29
TR N°1	520	6.24	113.09	114.25	114.83	116.88	0.237765	7.19	0.87	1.74	3.25
TR N°1	500	6.24	110.42	111.41	111.93	113.32	0.12428	6.12	1.02	1.73	2.55
TR N°1	480	6.24	108.81	109.86	110.28	111.18	0.078956	5.09	1.23	1.97	2.06
TR N°1	459.9999	6.24	109.02	110.48	110.35	110.78	0.00768	2.49	2.71	3.09	0.76
TR N°1	440	6.24	108.06	110.54		110.65	0.002279	1.47	4.47	3.14	0.35
TR N°1	420	6.24	108.8	110.14	110.14	110.53	0.012783	2.76	2.34	3.51	0.9

TR N°1	400	6.24	108.02	109.37	109.52	110.1	0.035136	3.78	1.65	1.83	1.27
TR N°1	380.0001	6.24	105.38	106.13	106.74	108.59	0.173534	6.94	0.9	1.55	2.91
TR N°1	360	6.24	103.35	104.25	104.67	105.8	0.095539	5.51	1.13	2.1	2.4
TR N°1	340	6.24	99.62	100.53	101.23	103.02	0.201191	6.99	0.89	1.92	3.27
TR N°1	320	6.24	98.92	100.82	100.12	100.92	0.00192	1.51	4.61	3.43	0.38
TR N°1	300	6.24	98.12	100.79		100.88	0.001697	1.35	4.98	3.05	0.3
TR N°1	279.9999	6.24	98.7	100.69		100.83	0.002935	1.7	4	3.06	0.43
TR N°1	260	6.24	98.62	100.62		100.77	0.003163	1.73	3.76	2.64	0.44
TR N°1	240	6.24	99.09	100.23	100.23	100.63	0.013305	2.83	2.32	3.08	0.91
TR N°1	220	6.24	95.51	96.51	97.16	99.63	0.304145	7.82	0.8	1.67	3.61
TR N°1	200	6.24	93.29	93.98	94.43	95.79	0.110937	6	1.07	2.34	2.62
TR N°1	180	6.24	88.73	92.88	90.27	92.9	0.000284	0.7	10.41	3.77	0.12
TR N°1	160	6.24	88.44	92.88		92.9	0.000164	0.7	10.31	2.81	0.11
TR N°1	140	6.24	87.23	92.88		92.89	0.000145	0.57	12.13	2.82	0.08
TR N°1	119.9999	6.24	88.12	92.87		92.89	0.0002	0.72	9.97	2.69	0.11
TR N°1	99.99998	6.24	88.05	92.87		92.88	0.000134	0.6	12.26	3.36	0.09
TR N°3	80.04499	9.67	88.14	92.86		92.88	0.000134	0.7	16.31	4.55	0.11
TR N°3	59.96087	9.67	88.03	92.86		92.88	0.000109	0.64	17.38	4.76	0.1
TR N°3	40.05145	9.67	88.51	92.86		92.88	0.000088	0.62	18.59	5.4	0.1

TR N°3	20.04902	9.67	88.42	92.86	89.9	92.88	0.0001	0.64	17.31	4.88	0.1
TR N°2	219.9867	2.52	107.75	108.39	108.62	109.17	0.080071	3.91	0.64	1.98	2.19
TR N°2	200.0151	2.52	103.62	104.13	104.52	106.24	0.304617	6.45	0.39	1.55	4.09
TR N°2	179.9982	2.52	99.73	100.33	100.67	101.7	0.160692	5.17	0.49	1.61	3
TR N°2	160.024	2.52	98.94	100.06	99.7	100.12	0.002187	1.07	2.37	3.95	0.41
TR N°2	139.971	2.52	98.86	99.75	99.75	100.01	0.016251	2.26	1.12	2.18	1.01
TR N°2	120.0145	2.52	98.41	99.38	99.4	99.65	0.020095	2.3	1.1	2.45	1.1
TR N°2	100.0024	2.52	96.8	97.54	97.87	98.73	0.129575	4.82	0.52	1.4	2.51
TR N°2	80.02213	2.52	94.61	95	95.26	96.04	0.135205	4.52	0.56	2.27	2.91
TR N°2	59.95803	2.52	90.13	92.88	90.93	92.89	0.000083	0.36	7.39	3.87	0.08
TR N°2	40.00001	2.52	88.65	92.88		92.89	0.00001	0.2	14.07	3.91	0.03
TR N°2	20.00542	2.52	88.09	92.88		92.89	0.000011	0.19	15.3	4.08	0.03

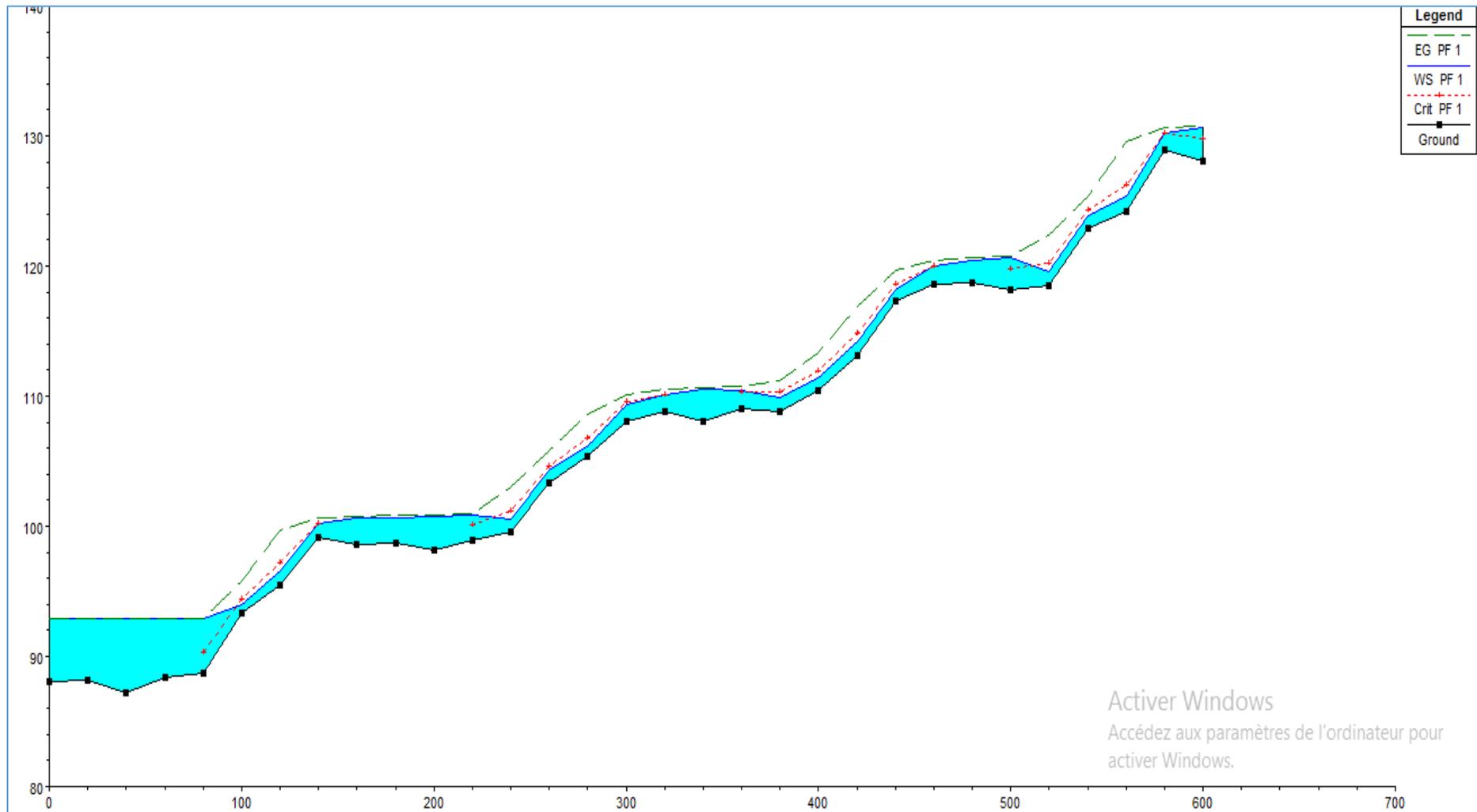


Figure III.15 : profil en long de tronçon TR N°1 trouvant dans BV N°3

III.4 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons réalisé une simulation d'écoulement qui nous a permis de vérifier la capacité d'évacuation des crues à travers les oueds dans leur état actuel.

Sur la base des résultats de simulation, on peut affirmer que la capacité des cours d'eau n'est pas suffisante pour supporter la crue centennale, ce qui se justifie par les débordements observés dans la zone de l'oued.

Compte tenu des conclusions de ce chapitre, l'aménagement des masses d'eau est nécessaire pour se prémunir contre les inondations et les dommages qu'elles provoquent.



**Chapitre IV : étude des variantes et
calcul hydraulique**



calcul hydraulique

Chapitre IV : étude des variantes et calcul hydraulique

IV.1 Introduction :

Le développement du réseau hydrographique est une procédure visant à accroître la capacité de surmonter sans danger un débit de crue donné en supprimant les obstacles à l'écoulement, expansion fortuite (confinement, expansion, etc.), augmentation de la capacité d'évacuation (augmenter la pente) et augmentation de la stabilité des fondations et des berges de la rivière.

Différentes variantes d'aménagement seront présentées dans ce chapitre pour restaurer les déséquilibres observés dans les cours d'eau, le but étant de protéger les espaces traversés par les rivières de l'événement centenaire.

IV.2 Ecoulement dans les canaux a surface libre :

IV.2.1 Définition :

Un canal est un système de convoyage dans lequel circule de l'eau et dont la surface libre est exposée à la pression atmosphérique.

L'étude hydraulique d'un canal pour les ingénieurs se pose souvent comme suit :

Pour une pente descendante longitudinale, un certain cours d'eau doit être dégagé ; La forme et les dimensions du canal doivent être déterminées.

Il existe deux catégories de chaînes :

- Canaux naturels : Ce sont des cours d'eau naturels au-dessus (ou au-dessous) du sol tels que les ruisseaux, torrents, rivières, rivières et estuaires.
- Canaux artificiels : Il s'agit de voies d'eau créées par l'homme en surface (ou souterraines) telles que des canaux ouverts construits en surface (canaux d'alimentation et d'évacuation, canaux d'irrigation et de drainage) ou couverts (tunnels hydrauliques, canaux, canalisations d'égouts, égouts) où le liquide ne remplit pas toute la section (22).

IV.2.2 Les types d'écoulements (22):

Les courants peuvent être classés selon la différence de profondeur h ou D_h en fonction du temps et de l'espace.

❖ Variabilité dans le temps

Si la vitesse moyenne V , la vitesse ponctuelle u , la profondeur h ou D_h et le débit restent constantes en grandeur et en direction dans le temps, nous disons que le mouvement est permanent.

Au contraire, nous disons que le mouvement n'est pas permanent Si ces paramètres changent avec le temps.

En raison des fluctuations temporelles très lentes, l'écoulement peut être considéré comme continu au moins sur des périodes relativement courtes. En réalité, les écoulements dans les canaux sont rarement permanents.

❖ Variabilité dans l'espace :

On considère deux cas :

a) si la profondeur et les autres paramètres restent constants dans les différentes sections du canal. Donc, l'écoulement est uniforme et la ligne de pente du terrain est parallèle à la ligne de surface libre. L'écoulement uniforme peut être permanent ou non permanent.

b) Le mouvement n'est pas uniforme ou change à mesure que la profondeur et d'autres paramètres varient d'une section à l'autre. Dans ce cas, la pente du sol est différente de la pente de la surface libre :

- Si le mouvement change progressivement, la profondeur et les autres paramètres changeront très lentement d'une section à l'autre.
- Lorsque le mouvement change rapidement, la profondeur et d'autres paramètres changent brusquement et parfois de manière discontinue. Cela apparaît généralement à proximité de singularités telles que des débordements, des rétrécissements, des ressauts hydrauliques ou des pentes brusques.

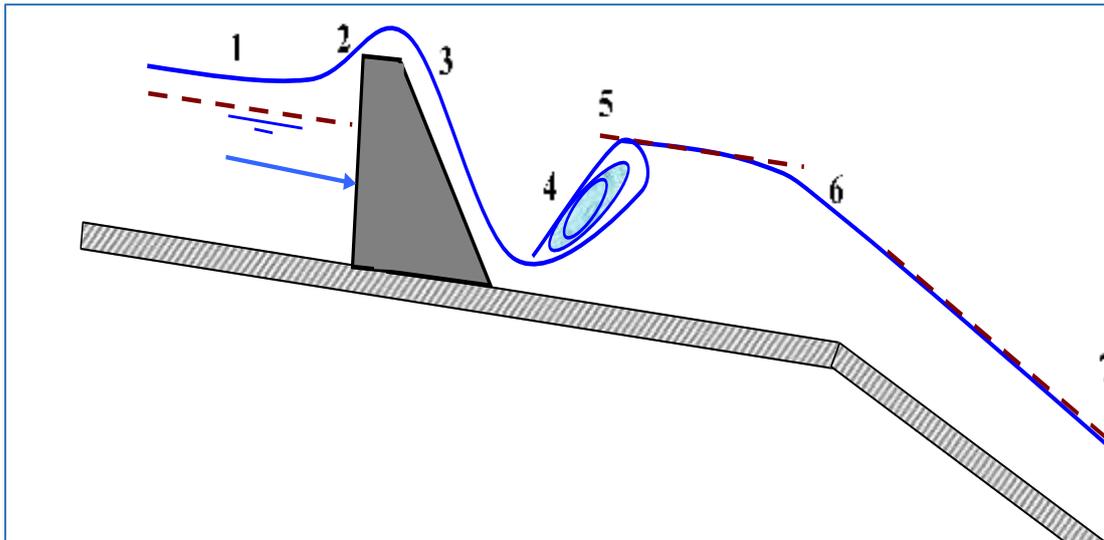


Figure IV.1 : Schéma représentant les différents régimes d'écoulement (22)

Avec : 1) écoulement fluvial uniforme ;

2) graduellement décéléré ;

3) rapidement accéléré ;

4) création d'un ressaut hydraulique ;

5) uniforme et fluvial ;

6) rapidement accéléré ;

7) écoulement torrentiel uniforme.

IV.2.3 Régime d'écoulement (22):

Les forces de gravité et de friction (viscosité et rugosité) affectent l'écoulement réel du fluide dans un canal à surface libre. Les équations de mouvement réduites incluent les coefficients ou nombres adimensionnels suivants :

❖ Le nombre de Froude :

C'est le rapport entre les forces de gravité et celles d'inertie, il a un rôle pour permettre le classement des écoulements comme suit :

- Écoulement fluvial $Fr < 1$
- Écoulement torrentiel $Fr > 1$
- écoulement critique $Fr = 1$

❖ Le nombre de Reynolds

C'est le rapport entre les forces de frottement et celles d'inertie, il a un rôle pour permettre le classement des écoulements comme suit :

- Ecoulement laminaire $Re < 500$;
- Ecoulement turbulent $Re > 500$ à 600.

IV.2.4 Dimensionnement des Canaux :

Les formules les plus usuelles sont pour un écoulement uniforme :

➤ **La formule de Chézy (22):**

La formule de Chézy est de la forme :

$$V = C\sqrt{Rh} \cdot I \dots\dots\dots (IV.1)$$

En remplaçant la formule précédente dans la loi de continuité citée ci-après :

$$Q = V \cdot S \dots\dots\dots (IV.2)$$

Avec :

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

➤ **La formule de MANNING-STRICKLER (22):**

C'est la formule la plus utilisée, appelée en bref la formule de Manning-Strickler

$$Q = K \cdot S \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (IV.3)$$

Avec :

- $K = 1/N$: coefficient de rugosité de STRICKLER, dépend de la nature du matériau du canal
- N : Coefficient de rugosité de Manning.

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

IV.3 Proposition des variantes :

Les variantes proposées dépendent de plusieurs facteurs naturels, économiques et sociaux. Dans cette étude, toutes les variantes proposées nécessitent de couvrir l'ensemble des cours d'eaux considérées pour plusieurs raisons, notamment :

- Le réseau hydrographique des cours d'eaux à aménagées est située au plein cœur du projet ADDL 13300 logements projetés.
- Les routes principales projetés au milieu du site ADDL sont situées pratiquement sur les servitudes et les axes des oueds des bassins BV1 et BV2.
- Les oueds représentent un grand danger pour les enfants car elle est à ciel ouvert, ce qui nous oblige à la couvrir pour éviter les dangers.
- Donc, les deux variantes proposées pour l'aménagement des cours d'eau sont :
- La première variante vise à drainer rapidement les eaux de crue en construisant des canaux circulaires pour les petits débits et des canaux rectangulaires en béton armé pour les grands débits.
- la deuxième variante consiste à réaliser des canaux trapézoïdaux pour les grands débits, et on gardera la variante des canalisations circulaires pour les petits débits.

IV.4 Etude des variantes pour BV N°1 et 2 :

Dans cette étude, on va vérifier l'état d'écoulement et effectuer les calculs hydrauliques de chaque variante pour les bassins versants N°1 et 2.

IV.4.1 Bassin versant N°1 :

IV.4.1.1 Variante N°1 :

Il s'agit d'aménager le réseau hydrographique de BVN°1 dans son tracé actuel, avec un canal rectangulaire en béton armé d'une largeur de 2,5 m pour le tronçon N° 5 et des canaux circulaires en béton armé de diamètre variable en fonction du débit et de la pente pour le tronçon N° 1, 2,3 et le tronçon N°4.

IV.4.1.1.a Dimensionnement de tronçon N° 5 de BV N°1 :

Pour ce tronçon, La première variante proposée consiste à concevoir un canal rectangulaire en béton avec une rugosité de 63 et une pente varie entre 0.25% et 1.5%.

Les dimensions de ce canal sont déterminées à l'aide de la formule de Manning-Strickler comme suit :

- Largeur du fond : $b = 2.5\text{m}$;
- Fruit de talus : $m = 0$; (Rectangle type Dalot)
- Hauteur : $h = 2.3\text{m}$;

Les dimensions de ce canal sont calculées

Grâce au programme HEC-RAS, nous pouvons visualiser les sections après l'aménagement, et la figure IV.2 montre la section du tronçon N°5 qu'il assure la crue centennale.

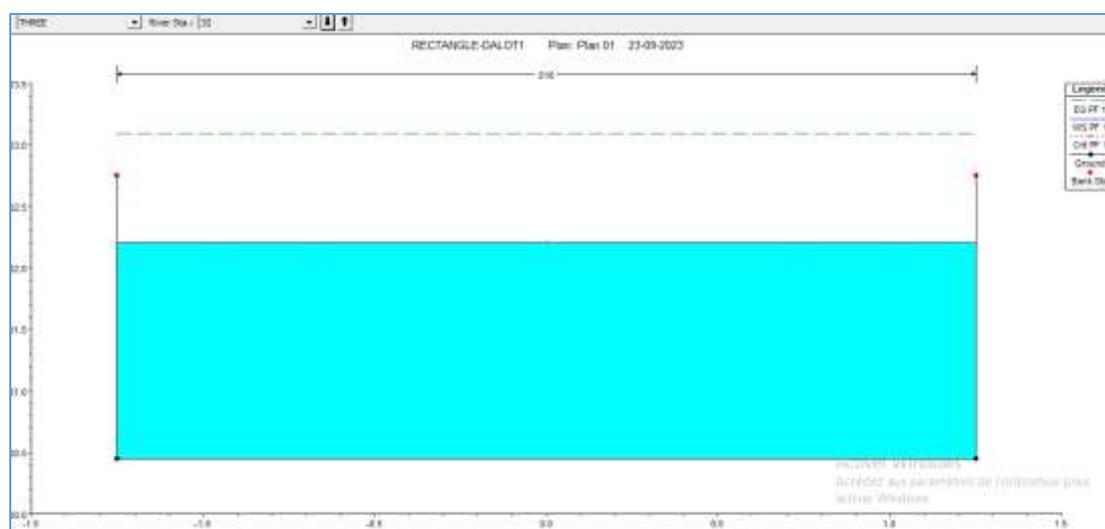


Figure IV.2 : Section transversal du TR N° 5 de station N°32 (canal rectangulaire)

À l'aide du logiciel HEC-RAS, nous effectuons Le calcul des paramètres d'écoulement et les résultats de calcul se résument dans le tableau suivant :

Tableau IV.1 : résultat de simulation d'un canal rectangulaire de TR N°5 de BV N°1

Stations	Q Total	cote fond	N.L eau	H critique	N.L energie	Vel Chnl	N°Froude
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
54	18.32	113.78	115.91	115.54	116.51	3.45	0.75
53	18.32	113.57	115.33	115.33	116.21	4.17	1
51	18.32	112.15	113.91	113.91	114.79	4.17	1
49	18.32	111.08	112.84	112.84	113.72	4.17	1
47	18.32	110.35	112.38	112.11	113.05	3.62	0.81
46	18.32	110.15	111.91	111.91	112.79	4.17	1
44	18.32	108.48	110.24	110.24	111.12	4.17	1
42	18.32	106.9	108.66	108.66	109.54	4.17	1
40	18.32	105.23	106.99	106.99	107.87	4.17	1
38	18.32	104.23	105.99	105.99	106.87	4.17	1
36	18.32	103.28	105.04	105.04	105.92	4.17	1
34	18.32	102.21	103.97	103.97	104.85	4.17	1
32	18.32	100.45	102.21	102.21	103.09	4.17	1
30	18.32	98.59	100.71	100.35	101.32	3.46	0.76
29	18.32	98.42	100.57	100.18	101.16	3.4	0.74
28	18.32	98.25	100.01	100.01	100.89	4.17	1
26	18.32	95.55	97.11	97.31	98.24	4.71	1.21
24	18.32	93.91	95.67	95.67	96.55	4.17	1
22	18.32	92.59	94.35	94.35	95.23	4.17	1
20	18.32	91.78	93.54	93.54	94.42	4.17	1
18	18.32	90.72	92.48	92.48	93.36	4.17	1
16	18.32	89.69	91.45	91.45	92.33	4.17	1
14	18.32	88.6	90.36	90.36	91.24	4.17	1
12	18.32	87.49	89.25	89.25	90.13	4.17	1
10	18.32	86.37	88.13	88.13	89.01	4.17	1
8	18.32	85.29	87.05	87.05	87.93	4.17	1
6	18.32	83.91	85.67	85.67	86.55	4.17	1
4	18.32	79.37	80.43	81.13	82.87	6.91	2.14
2	18.32	76.61	77.77	78.37	79.82	6.34	1.88

IV.4.1.1.b Dimensionnement des tronçons N° 1, 2,3 et 4 :

Pour ces tronçons, nous proposons à concevoir des canaux circulaires en béton armées avec une rugosité de 70 et une pente varie entre 1.4% et 3%.

Pour les canaux circulaires, le mode de calcul hydraulique est comme suite :

- selon la formule de Manning-Strickler, L'expression du débit est :

$$Q = S * Ks * \sqrt{I} * R^{\frac{2}{3}} \quad (IV.4)$$

- nous calculons le diamètre par la formule suivante :

$$D_{cal} = 2 * \left(\frac{4 * Q_t}{Ks * \pi * \sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad (IV.5)$$

- par la relation suivante nous calculons Le débit en pleine section :

$$Q_{ps} = \frac{V_{ps} * \pi * (D_{nor})^2}{4} \quad (IV.6)$$

En remplaçant la pente et le débit dans la formule (IV.5) pour calculer le diamètre et on le normalise.

- Puis, on calcule la vitesse en pleine section par la relation suivant :

$$V_{ps} = Ks * \sqrt{I} * Rh^{\frac{2}{3}} \quad (IV.7)$$

Sachant que : $Rh = D_{nor}/4$ pour une section circulaire et D son diamètre.

- Et par la relation (IV.6), on calcule le débit en pleine section et on établit les relations de R_q , R_v ainsi le R_h . Les relations sont les suivant :

- Rapport des débits :

$$R_q = \frac{q}{Q_{ps}} \quad (IV.8)$$

Par l'utilisation de l'abaque trouvées dans l'annexe II, nous pouvons calculées les rapports R_v et R_h .

- Rapport des vitesses :

$$R_v = \frac{v}{v_p} \quad (IV.9)$$

- Rapport des hauteurs :

$$R_h = \frac{H}{D_{nor}} \quad (IV.10)$$

Avec :

Q : Débit transporté dans la conduite circulaire en (m³/s)

V : vitesse moyenne d'écoulement en (m/s)

H : hauteur de remplissage dans la conduite en (m)

D_{nor} : diamètre normalisé de la conduite en (mm)

I : pente du collecteur en (m/m)

Q_{ps} : débit en pleine section en (m³/s)

V_{ps} : vitesse à pleine section en (m/s)

➤ Il faut vérifier les conditions d'auto curage :

Il faut le réseau d'assainissement est auto-curé pour empêcher leur décantation et éviter les dépôts, sans provoquer l'érosion de la paroi de la conduite.

✓ Pour 1/10 Q_{ps} : $V \geq 0.6 \text{ m/s}$

✓ Pour 1/100 Q_{ps} : $V \geq 0.3 \text{ m/s}$

Ces limites sont respectées avec :

✓ V_{ps} = 1m/s ; Pour une section circulaire

✓ V_{ps} = 0.9m/s ; Pour une section ovoïde.

Nous résumons Les résultats de calcul des paramètres d'écoulement dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 : résultats de dimensionnement de tronçon N°1 – BV N°1

tronçons	Cote TN (m)		distance (m)	pente (m/m)	Q (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	H (m)
	amont	aval												
R1-R2	162.338	159.189	21.542	0.0209	2.196	872.544	1000	4.016	3.154	0.696	1.087	0.612	4.365	0.612
R2-R3	159.189	156.805	21.753	0.02134	2.196	869.142	1000	4.058	3.187	0.689	1.085	0.609	4.404	0.609
R3-R4	156.805	154.18	22.699	0.021	2.196	871.763	1000	4.026	3.162	0.695	1.087	0.611	4.374	0.611
R4-R5	154.18	150.861	27.492	0.0207	2.196	874.118	1000	3.997	3.139	0.700	1.088	0.614	4.347	0.614
R5-R6	150.861	147.494	30.337	0.0203	2.196	877.322	1000	3.958	3.109	0.706	1.089	0.618	4.311	0.618
R6-R7	147.494	145.05	24.053	0.0206	2.196	874.912	1000	3.987	3.131	0.701	1.088	0.615	4.338	0.615
R7-R8	145.05	141.598	26.782	0.0225	2.196	860.559	1000	4.167	3.273	0.671	1.081	0.599	4.503	0.599
R8-R9	141.598	139.11	22.958	0.02122	2.196	870.062	1000	4.047	3.178	0.691	1.086	0.610	4.394	0.610
R9-R10	139.11	136.046	25.82	0.0219	2.196	864.931	1000	4.111	3.229	0.680	1.083	0.604	4.452	0.604
R10-R117	136.046	132.861	28.957	0.02021	2.196	878.054	1000	3.949	3.102	0.708	1.089	0.619	4.302	0.619
R117-R118	132.861	130.119	27.567	0.0196	2.196	883.114	1000	3.889	3.055	0.719	1.092	0.624	4.245	0.624
R118-R119	130.119	127.854	25.774	0.02	2.196	879.775	1000	3.929	3.086	0.712	1.090	0.621	4.283	0.621
R119-R11	127.854	125.956	26.87	0.02041	2.196	876.434	1000	3.969	3.117	0.705	1.089	0.617	4.321	0.617

Tableau IV.3 : Vérification de vitesse d'auto curage le 1/10 et le 1/100 du Débit pleine section

tronçons	Cote TN (m)		distance (m)	Pente (m/m)	Q (m3/s)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Qmin (m3/s)	Rqmin	Rvmin	Rhmin	Vmin	Hmin	Q'min	R'q	R'V	R'h	V'min	H'min
	amont	aval											(m/s)	(m)	(m3/s)				(m/s)	(m)
R1-R2	162.338	159.189	21.542	0.021	2.196	1000	4.016	3.154	0.315	0.144	0.743	0.267	2.983	0.267	0.022	0.010	0.293	0.063	1.280	0.180
R2-R3	159.189	156.805	21.753	0.021	2.196	1000	4.058	3.187	0.319	0.145	0.745	0.268	3.023	0.268	0.022	0.010	0.293	0.063	1.292	0.178
R3-R4	156.805	154.18	22.699	0.021	2.196	1000	4.026	3.162	0.316	0.144	0.743	0.267	2.992	0.267	0.022	0.010	0.293	0.063	1.283	0.179
R4-R5	154.18	150.861	27.492	0.021	2.196	1000	3.997	3.139	0.314	0.143	0.742	0.266	2.965	0.266	0.022	0.010	0.293	0.063	1.275	0.180
R5-R6	150.861	147.494	30.337	0.020	2.196	1000	3.958	3.109	0.311	0.142	0.740	0.265	2.928	0.265	0.022	0.010	0.293	0.063	1.264	0.181
R6-R7	147.494	145.05	24.053	0.021	2.196	1000	3.987	3.131	0.313	0.143	0.741	0.266	2.956	0.266	0.022	0.010	0.293	0.063	1.272	0.180
R7-R8	145.05	141.598	26.782	0.023	2.196	1000	4.167	3.273	0.327	0.149	0.750	0.272	3.127	0.272	0.022	0.010	0.293	0.063	1.321	0.176
R8-R9	141.598	139.11	22.958	0.021	2.196	1000	4.047	3.178	0.318	0.145	0.744	0.268	3.012	0.268	0.022	0.010	0.293	0.063	1.289	0.179
R9-R10	139.11	136.046	25.82	0.022	2.196	1000	4.111	3.229	0.323	0.147	0.748	0.270	3.073	0.270	0.022	0.010	0.293	0.063	1.306	0.177
R10-R117	136.046	132.861	28.957	0.020	2.196	1000	3.949	3.102	0.310	0.141	0.739	0.265	2.920	0.265	0.022	0.010	0.293	0.063	1.262	0.181
R117-R118	132.861	130.119	27.567	0.020	2.196	1000	3.889	3.055	0.305	0.139	0.736	0.263	2.863	0.263	0.022	0.010	0.293	0.063	1.245	0.183
R118-R119	130.119	127.854	25.774	0.020	2.196	1000	3.929	3.086	0.309	0.141	0.738	0.264	2.900	0.264	0.022	0.010	0.293	0.063	1.256	0.182
R119-R11	127.854	125.956	26.87	0.02041	2.196	1000	3.969	3.117	0.312	0.142	0.740	0.265	2.938	0.265	0.022	0.010	0.293	0.063	1.267	0.181

Les résultats de calculs (dimensionnement des tronçons N° 2,3 et 4) sont dans l'Annexe II.

IV.4.1.2 Variante N°2 :

Cette variante consiste aussi à aménager le réseau hydrographique de BVN°1 dans son tracé actuel, avec un canal trapézoïdal en béton armé d'une largeur de 2.4m pour le tronçon N° 5 et en laissant la variante des canaux circulaires en béton armé pour les tronçons N° 1, 2,3 et le tronçon N°4.

IV.4.2.1.a Dimensionnement des tronçons N° 5 de BVN°1 :

Pour ce tronçon, la deuxième variante proposée consiste à concevoir un canal trapézoïdal en béton avec une rugosité de 59 et une pente varie entre 0.25% et 1.5%.

Les dimensions du ce canal trapézoïdale sont établies par la formule de Strickler Manning :

- Largeur du fond : $b = 2.4\text{m}$;
- Fruit de talus : $m = 0.577$; (section avantageuse)
- Hauteur : $h = 2.3\text{m}$;

Nous pouvons visualiser les sections après l'aménagement grâce au programme HEC-RAS, et la figure IV.3 montre la section du tronçon N°5 qu'il assure la crue centennale.

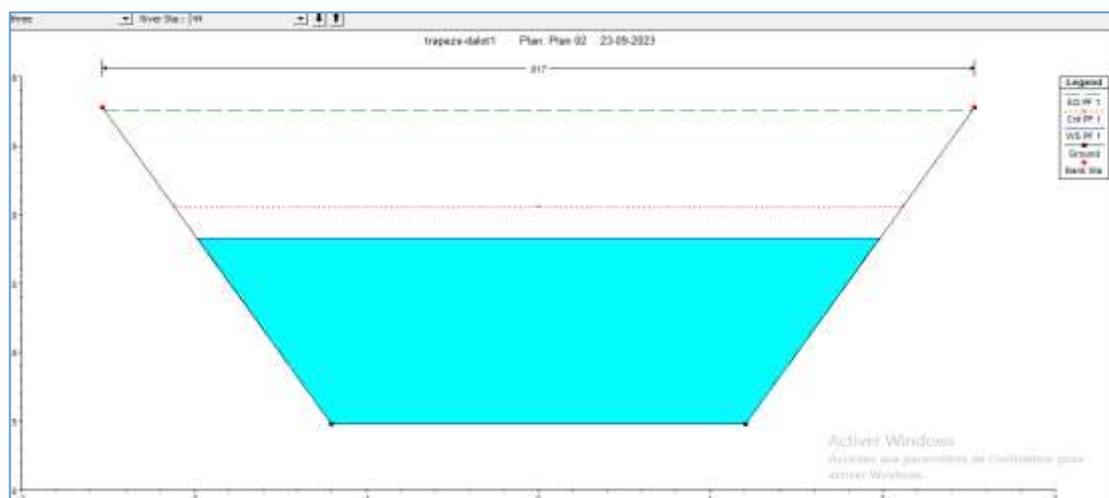


Figure IV.3 : Section transversal du tronçon 5 de station N°44 (canal trapézoïdale)

À l'aide du logiciel HEC-RAS, nous effectuons le calcul des paramètres d'écoulement et les résultats de calcul se résument dans le tableau suivant :

Tableau IV.4 : résultats de simulation de canal trapézoïdale pour TR N°5 de BV N°1

Stations	Q Total	cote fond	N.L eau	H critique	N.L energie	Vel Chnl	N°Froude
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
54	18.32	113.78	115.36	115.36	115.98	3.5	1.01
53	18.32	113.57	115.09	115.15	115.78	3.68	1.07
51	18.32	112.15	113.62	113.73	114.37	3.82	1.13
49	18.32	111.08	112.66	112.66	113.28	3.5	1.01
47	18.32	110.35	111.93	111.93	112.55	3.5	1.01
46	18.32	110.15	111.63	111.73	112.37	3.79	1.12
44	18.32	108.48	109.82	110.06	110.76	4.29	1.32
42	18.32	106.9	108.19	108.48	109.23	4.5	1.4
40	18.32	105.23	106.5	106.81	107.59	4.62	1.46
38	18.32	104.23	105.63	105.81	106.48	4.07	1.23
36	18.32	103.28	104.78	104.86	105.49	3.75	1.1
34	18.32	102.21	103.79	103.79	104.41	3.5	1.01
32	18.32	100.45	101.81	102.03	102.72	4.24	1.3
30	18.32	98.59	99.87	100.17	100.93	4.55	1.43
29	18.32	98.42	100	100	100.62	3.5	1.01
28	18.32	98.25	99.79	99.83	100.46	3.61	1.05
26	18.32	95.55	96.75	97.13	97.99	4.93	1.59
24	18.32	93.91	95.25	95.49	96.19	4.3	1.32
22	18.32	92.59	94.05	94.17	94.81	3.86	1.15
20	18.32	91.78	93.36	93.36	93.98	3.5	1.01
18	18.32	90.72	92.3	92.3	92.92	3.5	1.01
16	18.32	89.69	91.18	91.27	91.9	3.76	1.1
14	18.32	88.6	90.12	90.18	90.81	3.69	1.08
12	18.32	87.49	89.07	89.07	89.69	3.5	1.01
10	18.32	86.37	87.95	87.95	88.57	3.5	1.01
8	18.32	85.29	86.87	86.87	87.49	3.5	1.01
6	18.32	83.91	85.45	85.49	86.12	3.6	1.04
4	18.32	79.37	80.31	80.95	82.57	6.66	2.39
2	18.32	76.61	77.82	78.19	79.04	4.91	1.58

IV.4.1.3 Estimations du cout des variantes et étude comparative :

Pour faire une comparaison entre les variantes il faut connaître le coût de réalisations de ces derniers et le Tableau V.13 nous donne l'estimation de coût de réalisations.

Tableau IV.5 : Estimation du coût des variantes pour BV N°1

variantes	Désignation des travaux	HT totale (DA)
variante N°1	Travaux de terrassement et canalisations de 800mm ,1000mm et Canal rectangulaire 2.5*2.3	113364068
variante N°2	Travaux de terrassement et canalisations de 800mm ,1000mm et Canal trapézoïdale 2.4*2.3	137932729

Dans les études comparatives, les variables sont sélectionnées en fonction de plusieurs critères :

- Amélioration potentielle de la capacité hydraulique pouvant être obtenue grâce à des mesures
- Niveau de difficulté de mise en œuvre technique.
- Aspects environnementaux, en tenant compte de l'utilisation des terres et des déficiences environnementales existantes ou des ressources de la zone environnante (urbaines, agricoles, etc.). La durabilité est l'ère du développement.
- L'étendue et la fréquence de l'entretien requis.
- Il existe d'autres impacts qui correspondent aux impacts secondaires du développement sur l'environnement.
- Le coût est conforme aux estimations de construction. **(14)**

On constate que pour la deuxième variante, la difficulté de réalisation se résume dans les problèmes de la réalisation de canal trapézoïdale comme les problèmes liés aux terrassements et ajustement des pentes de la section et les risques d'effondrement.

La construction du canal trapézoïdal augmentera le coût du projet d'environ 20 millions de dinars par rapport à la première formule utilisant un canal rectangulaire sur le plan financier.

Au contraire, la première variante offre de nombreux avantages : économie de terrassement, compactage latéral uniforme, construction économique, facilité d'exploitation de l'ouvrage.

Après cette comparaison, il apparaît clairement que la variante N°1 est optimale pour le bassin versant n°1 du point de vue technique, économique et écologique.

IV.4.2 Bassin versant N°2 :

IV.4.2.1 Variante N°1 :

Il comprend également l'aménagement du réseau hydraulique BVN°2 ans son tracé actuel avec un canal rectangulaire en béton armé d'une largeur de 2 m dans le tronçon n°2 et de 2,5 m dans le tronçon n°3 et un canal circulaire en béton armé dans Tronçon n°1.

IV.4.1.2.a Dimensionnement de tronçon N°3 de BV N°2 :

Pour ce tronçon, la première variante proposée consiste à concevoir un canal rectangulaire en béton avec une rugosité de 70 et une pente varie entre 0.53% et 0.8%.

Ce canal rectangulaire dimensionné comme suite :

- Largeur du fond : $b = 2.5\text{m}$;
- Fruit de talus : $m = 0$;
- Hauteur : $h = 2.3\text{m}$;

Nous pouvons visualiser les sections après l'aménagement grâce au programme HECRAS, et la figure IV.4 montre la section du tronçon N°3 qu'il assure la crue centennale.

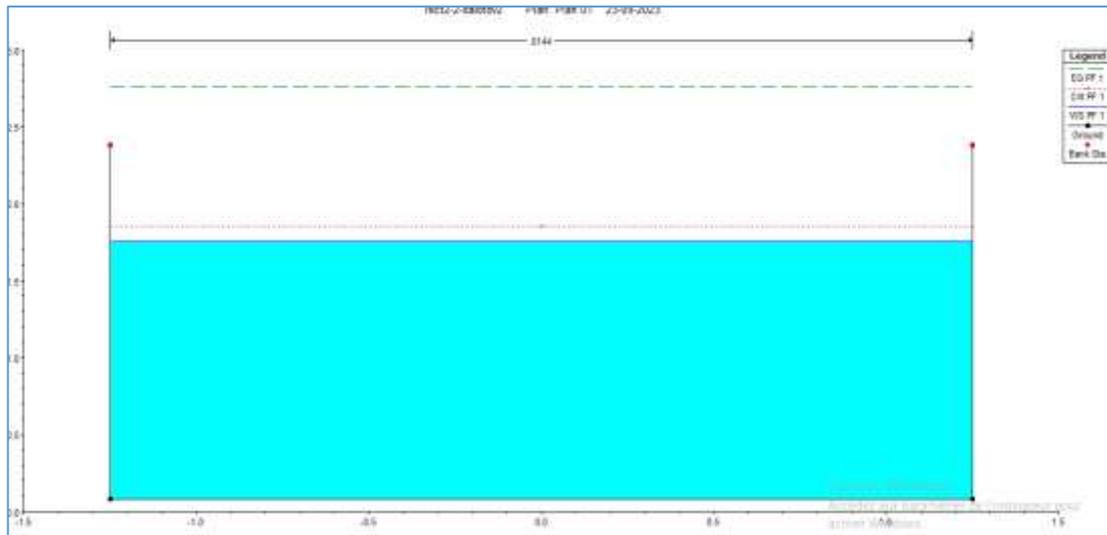


Figure IV.4 : Section transversal du tronçon 3 de station N°10 (canal rectangulaire)

À l'aide du logiciel HEC-RAS, nous effectuons Le calcul des paramètres d'écoulement et les résultats de calcul se résument dans le tableau suivant :

Tableau IV.6 : résultats de simulation de canal rectangulaire pour TR N°3 de BV N°2

Stations	Q Total	Fond du canal	Plan d'eau	H critique	énergie	vitesse	N° Froude
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
17	18.59	83.66	85.43	85.43	86.33	4.19	1
16	18.59	83.43	85.15	85.2	86.1	4.33	1.06
14	18.59	81.87	83.53	83.64	84.55	4.47	1.11
12	18.59	80.72	82.49	82.49	83.39	4.19	1
11	18.59	80.51	82.21	82.28	83.19	4.37	1.07
10	18.59	80.3	82.03	82.07	82.97	4.29	1.04
9	18.59	80.08	81.75	81.85	82.76	4.44	1.1
8	18.59	79.88	81.53	81.65	82.56	4.49	1.12
7	18.59	79.62	81.36	81.39	82.29	4.27	1.03
6	18.59	79.33	80.95	81.1	82.02	4.59	1.15
4	18.59	78.61	80.51	80.38	81.29	3.92	0.91
3	18.59	78.41	80.38	80.18	81.11	3.77	0.86
2	18.59	78.22	80.27	79.99	80.94	3.62	0.81
1	18.59	78.1	79.87	79.87	80.77	4.19	1

IV.4.1.2.b Dimensionnement de tronçon N°2 de BV N°2

Pour ce tronçon, la première variante proposée consiste à concevoir un canal rectangulaire en béton armé avec une rugosité de 70 et une pente varie entre 0.84% et 1%.

Ce canal est dimensionné comme suit :

- La largeur du fond : $b = 2\text{ m}$;
- Le fruit de talus : $m = 0$;
- La hauteur : $h = 1.8\text{ m}$;

Nous pouvons visualiser les sections après l'aménagement grâce au programme HECRAS, et la figure IV.5 montre la section du tronçon N°2 qu'il assure la crue centennale.

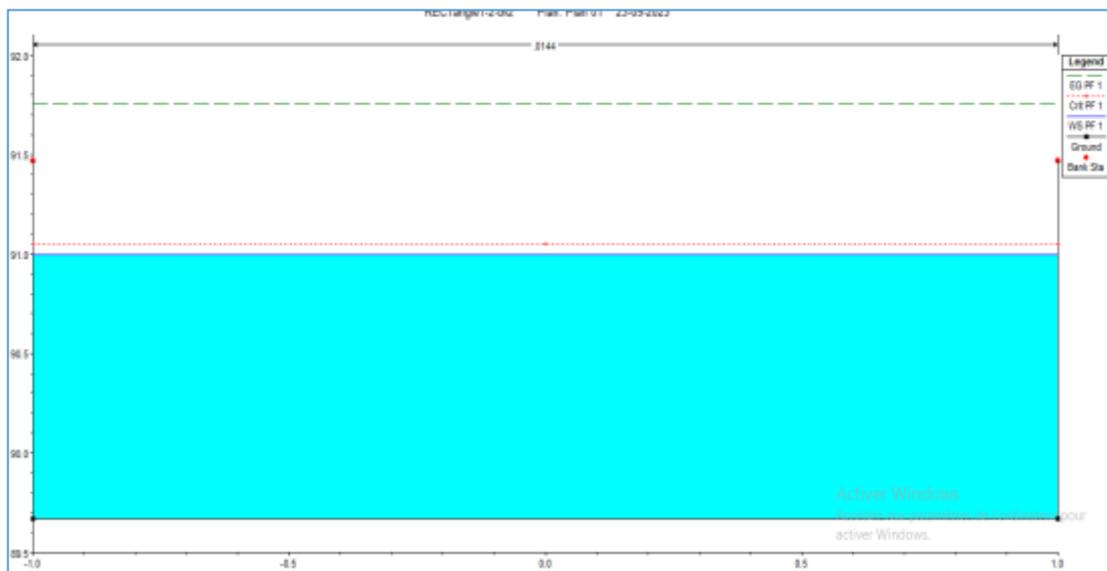


Figure IV.5 : Section transversal du tronçon 2 de station N°6 (canal rectangulaire)

À l'aide du logiciel HEC-RAS, nous effectuons le calcul des paramètres d'écoulement et les résultats de calcul se résument dans le tableau suivant :

Tableau IV.7 : résultats de simulation de canal rectangulaire pour TR N°2 de BV N°2

Stations	Q Total	Fond du canal	Plan d'eau	H critique	Energie	vitesse	N° Froude
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
11	10.21	92.47	93.85	93.85	94.55	3.7	1
10	10.21	92.17	93.42	93.55	94.27	4.09	1.17
8	10.21	90.78	91.98	92.16	92.9	4.24	1.23
6	10.21	89.67	91	91.05	91.75	3.85	1.07
4	10.21	88.01	89.1	89.39	90.22	4.68	1.43
2	10.21	86.36	87.43	87.74	88.59	4.78	1.48
1	10.21	85.96	87.11	87.34	88.11	4.42	1.31

IV.4.1.2.c Dimensionnement de tronçon N°1 de BV N°2 :

Pour ce tronçon, la première variante proposée consiste à concevoir des canaux circulaires en béton armés avec une rugosité de 70 et une pente varie entre 1.5% et 1.78%.

Grace à le mode de calcul mentionnée précédemment pour les conduites circulaires, nous pouvons dimensionner ces canaux.

Dans le tableau suivant, nous résumons les résultats de calcul des paramètres d'écoulement.

Tableau IV.8 : résultats de dimensionnement pour tronçon 1 de BV N°2

tronçon	Cote TN (m)		Distance (m)	pente (m/m)	Q (m3/s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	H (m)
	amont	Aval												
R63-R64	107.098	104.176	32.24	0.01619	4.115	1158.397196	1200	3.991	4.514	0.912	1.116	0.759	4.456	0.910
R64-R65	104.176	100.6	36.631	0.01575	4.115	1164.397266	1200	3.937	4.453	0.924	1.118	0.771	4.401	0.925
R65-R66	100.6	97.996	35.884	0.01683	4.115	1150.007069	1200	4.070	4.603	0.894	1.114	0.743	4.534	0.891
R66-R67	97.996	96.258	34.542	0.01557	4.115	1166.909477	1200	3.914	4.427	0.930	1.119	0.776	4.379	0.931
R67-R68	96.258	94.857	33.338	0.01502	4.115	1174.804684	1200	3.845	4.348	0.946	1.120	0.793	4.308	0.952
R68-R69	94.857	92.768	39.519	0.01619	4.115	1158.397196	1200	3.991	4.514	0.912	1.116	0.759	4.456	0.910
R69-R70	92.768	90.52	38.398	0.01687	4.115	1149.49531	1200	4.074	4.608	0.893	1.114	0.742	4.539	0.890
R70-R71	90.52	89.357	31.668	0.01776	4.115	1138.467734	1200	4.181	4.728	0.870	1.111	0.722	4.645	0.867

Tableau IV.9 : Vérification de vitesse d’auto curage le 1/10 et le 1/100 du Débit pleine section

tronçon	Cote TN (m)		Distance (m)	pente (m/m)	Q (m3/s)	Dnor (mm)	Qmin (m3/s)	Rqmin	Rvmin	Rhmin	Vmin (m/s)	Hmin (m)	Q'min	R'q	R'V	R'h	V'min (m/s)	H'min (m)
	amont	aval																
R63-R64	107.098	104.176	32.24	0.01619	4.115	1200	0.451	0.110	0.683	0.234	2.727	0.281	0.041	0.010	0.293	0.063	1.307	0.267
R64-R65	104.176	100.6	36.631	0.01575	4.115	1200	0.445	0.108	0.680	0.232	2.677	0.279	0.041	0.010	0.293	0.063	1.291	0.271
R65-R66	100.6	97.996	35.884	0.01683	4.115	1200	0.460	0.112	0.688	0.236	2.799	0.284	0.041	0.010	0.293	0.063	1.330	0.261
R66-R67	97.996	96.258	34.542	0.01557	4.115	1200	0.443	0.108	0.679	0.232	2.657	0.278	0.041	0.010	0.293	0.063	1.284	0.273
R67-R68	96.258	94.857	33.338	0.01502	4.115	1200	0.435	0.106	0.674	0.230	2.593	0.275	0.041	0.010	0.293	0.063	1.263	0.279
R68-R69	94.857	92.768	39.519	0.01619	4.115	1200	0.451	0.110	0.683	0.234	2.727	0.281	0.041	0.010	0.293	0.063	1.307	0.267
R69-R70	92.768	90.52	38.398	0.01687	4.115	1200	0.461	0.112	0.688	0.236	2.803	0.284	0.041	0.010	0.293	0.063	1.331	0.261
R70-R71	90.52	89.357	31.668	0.01776	4.115	1200	0.473	0.115	0.694	0.240	2.901	0.287	0.041	0.010	0.293	0.063	1.362	0.254

IV.4.2.2 Variante N°2 :

Il consiste également à développer le réseau hydrographique de BVN°2 dans son tracé actuel, avec un canal trapézoïdal en béton armé d'une largeur de 2.4m pour le tronçon N° 3 et de 1.5 m pour le tronçon N° 2, et en laissant la variante des canaux circulaires en béton armé pour le tronçon N° 1.

IV.4.2.2.a Dimensionnement de tronçon N°3 de BV N°2 :

Pour ce tronçon, nous proposons à projeter un canal trapézoïdal fermé en béton armé avec une rugosité de 63 et une pente varie entre 0.84% et 1%.

Les dimensions du canal trapézoïdal sont :

- Largeur du fond : $b = 2.4\text{m}$;
- Fruit de talus : $m = 0.577$; (section avantageuse)
- Hauteur : $h = 1.8\text{m}$;

Nous pouvons visualiser les sections après l'aménagement grâce au programme HEC-RAS, et la figure IV.6 montre la section du tronçon N°3 qu'il assure la crue centennale.

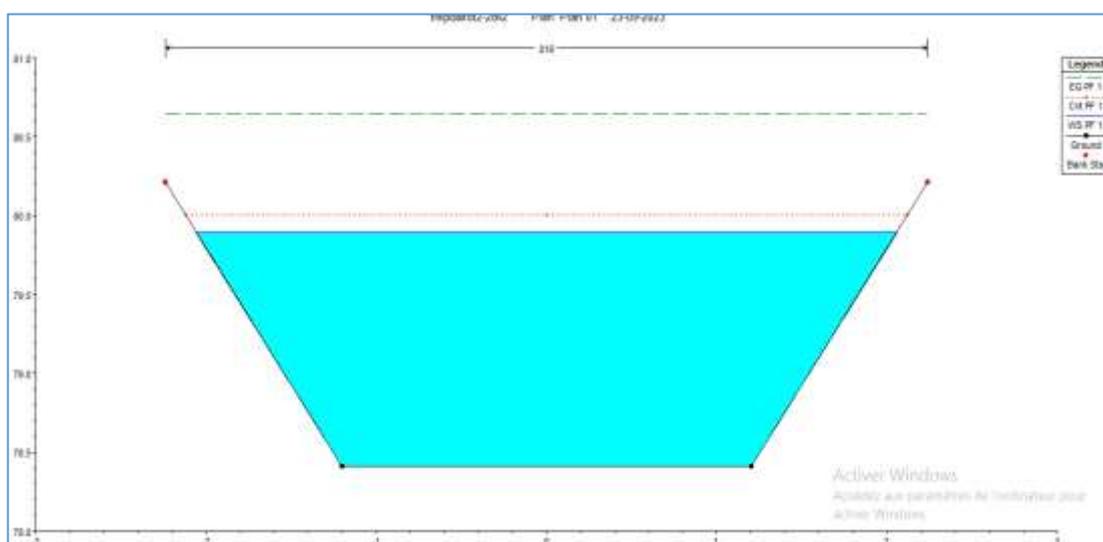


Figure IV.6 : Section transversal du tronçon 3 de station N°3 (canal trapézoïdale)

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

Tableau IV.10 : résultats de simulation de canal trapézoïdale pour TR N°3 de BV N°2

Stations	Q Total	cote fond	N.L eau	H critique	N.L energie	Vel Chnl	N°Froude
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
17	18.59	83.66	85.18	85.25	85.89	3.74	1.09
16	18.59	83.43	84.87	85.02	85.68	3.99	1.19
14	18.59	81.87	83.1	83.46	84.3	4.86	1.55
12	18.59	80.72	81.98	82.31	83.12	4.73	1.49
11	18.59	80.51	81.92	82.1	82.78	4.1	1.23
10	18.59	80.3	81.69	81.89	82.58	4.16	1.26
9	18.59	80.08	81.72	81.72	82.38	3.61	1
8	18.59	79.88	81.28	81.47	82.15	4.14	1.25
7	18.59	79.62	80.99	81.21	81.91	4.27	1.3
6	18.59	79.33	80.66	80.92	81.65	4.42	1.36
4	18.59	78.61	80.2	80.2	80.83	3.52	1.01
3	18.59	78.41	79.9	80	80.65	3.84	1.13
2	18.59	78.22	79.79	79.81	80.44	3.57	1.02
1	18.59	78.1	79.62	79.69	80.33	3.73	1.09

IV.4.2.2.b Dimensionnement de tronçon N°2 de BV N°2

La deuxième proposition pour ce tronçon consiste à concevoir un canal trapézoïdal en béton avec une rugosité de 63 et une pente varie entre 0.25% et 1.5%.

Les dimensions du ce canal trapézoïdale sont :

- Largeur du fond : $b = 1.5\text{m}$;
- Fruit de talus : $m = 0.577$; (section avantageuse)
- Hauteur : $h = 1.5\text{m}$;

Nous pouvons visualiser les sections après l'aménagement grâce au programme HEC-RAS, et la figure IV.7 montre la section du tronçon N°2 qu'il assure la crue centennale.

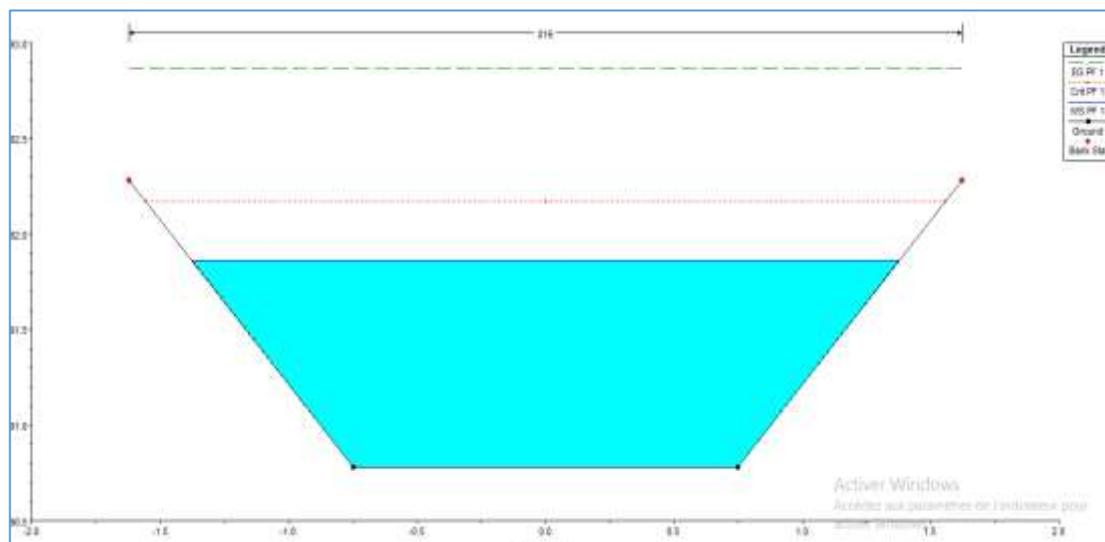


Figure IV.7 : Section transversal du tronçon 2 de station N°8 (canal trapézoïdale)

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

Tableau IV.11 : résultats de simulation de canal trapézoïdale pour TR N° 2 de BV N°2

Stations	Q Total	cote fond	N.L eau	H critique	N.L energie	Vel Chnl	N°Froude
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
11	10.21	92.74	94.12	94.13	94.65	3.23	1.02
10	10.21	92.17	93.24	93.56	94.27	4.49	1.57
8	10.21	90.78	91.86	92.17	92.87	4.44	1.55
6	10.21	89.67	90.83	91.06	91.67	4.07	1.38
4	10.21	88.01	89.06	89.4	90.15	4.63	1.64
2	10.21	86.36	87.37	87.75	88.56	4.82	1.73
1	10.21	85.96	87.08	87.35	88	4.25	1.47

IV.4.2.3 Estimation du coût des variantes et étude comparative :

Le coût de réalisations de deux variantes est trouvé dans le Tableau V.13

Tableau IV.12 : Estimation du coût des variantes pour le BV N°2

variante	Désignation des travaux	HT totale (DA)
Variante N°1	Travaux de terrassement et canalisations de 1200mm et Canal rectangulaire 2.5*2.3 et de 2*1.8	48162225.2
Variante N°2	Travaux de terrassement et canalisations de 1200mm et Canal trapézoïdale 2.4*1.8 et de 1.5*1.5	60109513.4

A partir d'une étude comparative pour ce bassin, nous constatons également pour la variante N°1, une difficulté de réalisation de canal trapézoïdale d'une coté de construction, et un cout élevée par rapport à la variante N° 2

Alors nous choisirons la variante N°1 adapté pour le bassin versant N° 2.

IV.4.3 Bassin versant N°3 :

Pour le bassin versant N°3, aucune variante alternative n'a été proposée pour l'aménagement du réseau hydrologique autre que l'aménagement de canaux circulaires en béton armé de diamètres variables en fonction du débit et de la pente en raison du ruissellement qui est moindre que dans les autres bassins et également pour le raisons évoquées précédemment.

IV.3.3.1.a Dimensionnement de tronçon N°1 de BV N°3 :

La proposition pour ce tronçon consiste à projeter des canaux circulaires en béton armées avec une rugosité de 70 et une pente varie entre 1.1% et 1.3%.

Nous pouvons dimensionner ces canaux, grâce à le mode de calcul mentionnée précédemment pour les conduites circulaires.

Les résultats de calcul des paramètres d'écoulement se résument dans le tableau suivant :

Tableau IV.13 : résultats de dimensionnement de tronçon N°1 de BV N°3

tronçons	Cote TN (m)		distance (m)	pente (m/m)	Q (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	H (m)
	amont	Aval												
R90-R91	110.312	108.109	36.410	0.012	6.240	1422.715	1500	4.060	7.175	0.870	1.111	0.722	4.510	1.083
R91-R92	108.109	106.886	36.972	0.011	6.240	1445.247	1500	3.893	6.880	0.907	1.116	0.754	4.344	1.132
R92-R93	106.886	103.978	36.765	0.012	6.240	1436.647	1500	3.956	6.991	0.893	1.114	0.741	4.406	1.112
R93-R94	103.978	101.662	37.089	0.013	6.240	1420.157	1500	4.080	7.209	0.866	1.110	0.719	4.530	1.078
R94-R95	101.662	102.467	36.364	0.011	6.240	1458.911	1500	3.797	6.710	0.930	1.119	0.777	4.248	1.165
R95-R96	102.467	97.909	39.892	0.011	6.240	1444.301	1500	3.900	6.892	0.905	1.116	0.753	4.351	1.129
R96-R97	97.909	93.997	39.428	0.013	6.240	1411.629	1500	4.146	7.326	0.852	1.109	0.708	4.596	1.062
R97-R98	93.997	91.356	34.775	0.013	6.240	1417.627	1500	4.099	7.244	0.861	1.110	0.715	4.550	1.073
R98-R99	91.356	89.328	35.961	0.012	6.240	1434.377	1500	3.973	7.020	0.889	1.113	0.738	4.423	1.107
R99-R100	89.328	87.486	31.353	0.011	6.240	1457.658	1500	3.806	6.725	0.928	1.118	0.774	4.256	1.162
R100-R101	87.486	86.028	35.491	0.010	6.240	1482.166	1500	3.640	6.433	0.970	1.122	0.819	4.085	1.228
R101-R102	86.028	84.728	32.607	0.009	6.240	1505.214	1500	3.493	6.173	1.011	1.120	0.865	3.914	1.297
R102-R103	84.718	83.500	30.087	0.008	6.240	1561.588	1500	3.167	5.597	1.115	1.036	0.976	3.281	1.465

Tableau IV.14 : Vérification de vitesse d'auto curage le 1/10 et le 1/100 du Débit pleine section

tranchon	Cote TN (m)		distance (m)	pente (m/m)	Q (m3/s)	Dnor (mm)	Qmin (m3/s)	Rqmin	Rvmin	Rhmin	Vmin	Hmin	Q'min	R'q	R'V	R'h	V'min	H'min
	amont	aval									(m/s)	(m)	(m3/s)				(m/s)	(m)
R90-R91	110.312	108.109	36.41	0.01244	6.24	1500	0.717	0.115	0.694	0.240	2.818	0.359	0.062	0.010	0.293	0.063	1.323	0.318
R91-R92	108.109	106.886	36.972	0.01144	6.24	1500	0.688	0.110	0.684	0.235	2.665	0.352	0.062	0.010	0.293	0.063	1.274	0.332
R92-R93	106.886	103.978	36.765	0.01181	6.24	1500	0.699	0.112	0.688	0.237	2.722	0.355	0.062	0.010	0.293	0.063	1.292	0.326
R93-R94	103.978	101.662	37.089	0.01256	6.24	1500	0.721	0.116	0.695	0.240	2.836	0.360	0.062	0.010	0.293	0.063	1.329	0.316
R94-R95	101.662	102.467	36.364	0.01088	6.24	1500	0.671	0.108	0.679	0.232	2.577	0.347	0.062	0.010	0.293	0.063	1.246	0.342
R95-R96	102.467	97.909	39.892	0.01148	6.24	1500	0.689	0.110	0.685	0.235	2.671	0.352	0.062	0.010	0.293	0.063	1.276	0.331
R96-R97	97.909	93.997	39.428	0.01297	6.24	1500	0.733	0.117	0.699	0.242	2.897	0.363	0.062	0.010	0.293	0.063	1.348	0.311
R97-R98	93.997	91.356	34.775	0.01268	6.24	1500	0.724	0.116	0.696	0.241	2.854	0.361	0.062	0.010	0.293	0.063	1.334	0.315
R98-R99	91.356	89.328	35.961	0.01191	6.24	1500	0.702	0.113	0.689	0.237	2.738	0.356	0.062	0.010	0.293	0.063	1.297	0.325
R99-R100	89.328	87.486	31.353	0.01093	6.24	1500	0.673	0.108	0.679	0.232	2.585	0.348	0.062	0.010	0.293	0.063	1.248	0.341
R100-R101	87.486	86.028	35.491	0.01289	6.24	1500	0.643	0.103	0.669	0.227	2.434	0.340	0.062	0.010	0.293	0.063	1.198	0.360
R101-R102	86.028	84.728	32.607	0.01228	6.24	1500	0.617	0.099	0.659	0.222	2.302	0.333	0.062	0.010	0.293	0.063	1.148	0.380
R102-R103	84.718	83.5	30.087	0.01089	6.24	1500	0.560	0.090	0.635	0.210	2.013	0.316	0.062	0.010	0.293	0.063	0.962	0.430

IV.3.3.1.b Dimensionnement de tronçon N°2 de BV N°3 :

La proposition pour ce tronçon consiste à projeter des canaux circulaires en béton armés avec une rugosité de 70 et une pente varie entre 2% et 2.5%.

Les dimensions de ces canaux sont calculées à l'aide de la formule de Manning-Strickler.

Les résultats de calcul des paramètres d'écoulement se résument dans le tableau suivant :

Tableau IV.15 : résultats de dimensionnement de tronçon N°2 de BV N°3

Trançon	Cote TN (m)		distance (m)	pente (m/m)	Q (m3/s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	H (m)
	amont	Aval												
R104-R105	138.854	133.468	38.548	0.023	2.520	902.483	1000	4.212	3.308	0.762	1.098	0.648	4.626	0.648
R105-R106	133.468	128.591	34.828	0.022	2.520	907.655	1000	4.148	3.258	0.773	1.100	0.655	4.562	0.655
R106-R107	128.591	123.788	34.740	0.023	2.520	901.457	1000	4.225	3.318	0.759	1.098	0.647	4.639	0.647
R107-R108	123.788	118.898	34.727	0.023	2.520	904.186	1000	4.191	3.292	0.766	1.099	0.650	4.605	0.650
R108-R109	118.898	114.134	35.155	0.022	2.520	911.993	1000	4.096	3.217	0.783	1.101	0.661	4.509	0.661
R109-R110	114.134	111.031	34.384	0.023	2.520	899.858	1000	4.245	3.334	0.756	1.097	0.645	4.658	0.645
R110-R111	111.031	108.924	34.181	0.022	2.520	908.958	1000	4.133	3.246	0.776	1.100	0.657	4.546	0.657
R111-R112	108.924	102.275	38.519	0.025	2.520	890.831	1000	4.361	3.425	0.736	1.094	0.633	4.772	0.633
R112-R113	102.275	96.189	32.572	0.021	2.520	917.280	1000	4.033	3.168	0.796	1.102	0.668	4.446	0.668
R113-R114	96.189	93.645	32.935	0.021	2.520	917.362	1000	4.032	3.167	0.796	1.102	0.669	4.445	0.669
R114-R115	93.645	88.864	32.318	0.021	2.520	917.199	1000	4.034	3.168	0.795	1.102	0.668	4.447	0.668
R115-R116	88.864	86.332	35.363	0.022	2.520	909.112	1000	4.131	3.244	0.777	1.100	0.657	4.544	0.657
R116-R103	86.332	83.500	30.765	0.017	2.520	952.113	1000	3.652	2.868	0.879	1.112	0.729	4.061	0.729

Tableau IV.16 : Vérification de vitesse d'auto curage le 1/10 et le 1/100 du Débit pleine section

tranchon	Cote TN (m)		distance (m)	pente (m/m)	Q (m ³ /s)	Dnor (mm)	Qmin (m ³ /s)	Rqmin	Rvmin	Rhmin	Vmin	Hmin	Q'min	R'q	R'V	R'h	V'min	H'min
	amont	aval									(m/s)	(m)	(m ³ /s)				(m/s)	(m)
R104-R105	138.854	133.468	38.548	0.023	2.52	1000	0.331	0.131	0.724	0.256	3.049	0.256	0.025	0.010	0.293	0.063	1.357	0.190
R105-R106	133.468	128.591	34.828	0.022	2.52	1000	0.326	0.129	0.720	0.254	2.989	0.254	0.025	0.010	0.293	0.063	1.338	0.192
R106-R107	128.591	123.788	34.740	0.023	2.52	1000	0.332	0.132	0.724	0.256	3.061	0.256	0.025	0.010	0.293	0.063	1.360	0.190
R107-R108	123.788	118.898	34.727	0.023	2.52	1000	0.329	0.131	0.723	0.255	3.029	0.255	0.025	0.010	0.293	0.063	1.350	0.191
R108-R109	118.898	114.134	35.155	0.022	2.52	1000	0.322	0.128	0.718	0.252	2.939	0.252	0.025	0.010	0.293	0.063	1.322	0.194
R109-R110	114.134	111.031	34.384	0.023	2.52	1000	0.333	0.132	0.725	0.257	3.079	0.257	0.025	0.010	0.293	0.063	1.366	0.189
R110-R111	111.031	108.924	34.181	0.022	2.52	1000	0.325	0.129	0.720	0.253	2.974	0.253	0.025	0.010	0.293	0.063	1.333	0.193
R111-R112	108.924	102.275	38.519	0.025	2.52	1000	0.342	0.136	0.731	0.260	3.189	0.260	0.025	0.010	0.293	0.063	1.400	0.186
R112-R113	102.275	96.189	32.572	0.021	2.52	1000	0.317	0.126	0.714	0.250	2.881	0.250	0.025	0.010	0.293	0.063	1.304	0.196
R113-R114	96.189	93.645	32.935	0.021	2.52	1000	0.317	0.126	0.714	0.250	2.880	0.250	0.025	0.010	0.293	0.063	1.304	0.196
R114-R115	93.645	88.864	32.318	0.021	2.52	1000	0.317	0.126	0.714	0.251	2.882	0.251	0.025	0.010	0.293	0.063	1.304	0.196
R115-R116	88.864	86.332	35.363	0.022	2.52	1000	0.324	0.129	0.720	0.253	2.972	0.253	0.025	0.010	0.293	0.063	1.333	0.193
R116-R103	86.332	83.500	30.765	0.021	2.52	1000	0.287	0.114	0.692	0.238	2.526	0.238	0.025	0.010	0.293	0.063	1.191	0.214

IV.5 Ouvrages et éléments utilisés :

Les ouvrages principaux d'évacuation des eaux pluviales de notre zone vers le point de rejet sont :

IV.5.1 Les canalisations :

Nous adoptons dans notre projet les canalisations de forme circulaire et de forme rectangulaire pour évacuer les eaux pluviales. Ces canalisations sont désignées par leurs diamètres intérieurs pour les canalisations de forme circulaire, dit diamètres nominaux exprimés en millimètre, ou par leur largeur et hauteur exprimées en centimètre pour les canalisations rectangulaires.

❖ Il existe plusieurs types de conduites qui sont différents suivant leur matériau et leur destination (3):

➤ **Conduites en béton non armé :**

Les tuyaux en béton ordinaire ou non armé sont fabriqués à la machine selon un procédé qui garantit une haute densité de béton. La longueur utile ne doit pas dépasser 2,50 m. Ce type de canalisation peut éclater brusquement si le couvercle n'est pas assez haut. Cela se produit tôt dans le pipeline. Il n'est pas recommandé d'utiliser des canalisations non renforcées pour l'inspection.

➤ **Conduites en béton armé :**

Les tuyaux en béton armé sont fabriqués mécaniquement selon des procédés (compression radiale, vibration, centrifugation) qui garantissent une haute densité du béton. La conduite comporte deux rangées de renforts, la première constituée de barres droites appelées génératrices et la seconde constituée de spires hélicoïdales continues d'un pas régulier maximum de 1,5 m. La longueur effective ne peut pas dépasser 2 m.

➤ **Conduites en amiante – ciment :**

Les tuyaux et raccords en amiante-ciment sont fabriqués à partir d'un mélange de ciment Portland et de fibres d'amiante fabriqué en présence d'eau. Il existe deux versions de ce type selon la méthode d'installation soit verrouillables ou non emboîtables avec deux extrémités lisses. Le diamètre varie entre 60 et 500 mm et la longueur varie entre 4 et 5 m. L'assemblage de ce tuyau s'effectue à l'aide d'un raccord à rouleaux pour les tuyaux d'un diamètre de montage de 100 à 600 mm, et pour les

tuyaux sans diamètre d'installation. La liaison coulissante peut également être réglée entre 700 et 800 mm. Ces tuyaux résistent bien à la corrosion électrochimique, mais présentent l'inconvénient que les grands diamètres ne sont pas disponibles sur le marché. Ces tuyaux ont été interdits car cancérigènes.

➤ **Conduites en grès :**

Le grès utilisé pour la fabrication des tuyaux est composé à parts égales d'argile siliceuse, d'oxyde d'aluminium et de sable argileux et est cuit entre 1 200°C et 1 300°C. Le matériau obtenu est extrêmement imperméable. Résistant aux produits chimiques, sauf l'acide fluorhydrique. Ce type d'utilisation est recommandé dans les zones industrielles. La longueur minimale est de 1 m, mais l'inconvénient est qu'elle présente une faible résistance à l'affaissement. L'assemblage se fait par joint au mortier de ciment, joint avec corde goudronnée et mortier de ciment et joint à double anneaux.

➤ **Conduites en chlorure de polyvinyle (p.v.c) non plastifié :**

Le PVC est un type de thermoplastique, une résine synthétique issue de la polymérisation du chlorure de vinyle. Le chlorure de vinyle est synthétisé à partir du chlorure d'hydrogène. Le PVC rigide et sans plastifiant utilisé dans les équipements sanitaires est opaque et présente une couleur gris clair standardisée. Il présente une excellente résistance aux attaques chimiques, ce qui le rend adapté aux installations industrielles intérieures. Si le tuyau n'est pas assemblé par une douille à double bague d'étanchéité, une extrémité du tuyau est munie d'une douille formée en usine avec un dispositif de réception ou de retenue d'une bague en élastomère. Les raccordements avec de la colle ne sont autorisés que pour les tuyaux de petit diamètre, c'est-à-dire pour les raccordements. Les tuyaux en PVC sans plastifiants sont sensibles aux effets de la température.

- ❖ Le choix des différents types de conduite est basé sur plusieurs facteurs comme les pentes du terrain, les diamètres utilisés, la nature du sol traversé, la nature chimique des eaux usées et les efforts extérieurs dus au remblai (3).

Les canalisations utilisées pour notre projet seront en béton armé vu les avantages qu'elles présentent :

- Étanchéité primordiale ;
- résistance aux efforts mécaniques et aux attaques chimiques.

Les joints des conduites en béton armé :

❖ l'assemblage dépend de la qualité des connexions dépendant de l'adaptation à la nature de l'eau et de la stabilité du sol, ainsi que de la nature de la canalisation et de ses caractéristiques (diamètre, épaisseur). Pour tuyaux en béton armé, nous proposons une variété de joints (3):

➤ **Joint type Rocla :**

La connexion s'effectue au moyen d'un manchon avec un anneau en caoutchouc pour assurer un ajustement sûr. Ce type de joint assure une très bonne étanchéité interne et externe, convient aux terrains moyennement en pente et s'applique à tous les diamètres.

➤ **Joint à demi-emboîtement :**

Cette liaison avec cordon d'étanchéité en mortier de ciment s'utilise sur des supports stables. Si la pression est trop élevée, il existe un risque de lessivage. Il est préférable d'éviter de rouler sur des pentes raides.

➤ **Joint à collet :**

Le colmatage se fait avec du mortier de ciment et s'utilise uniquement sur de bons sols légèrement en pente.

➤ **Joint torique :**

Il est bien adapté aux sols fragiles, assure une bonne étanchéité lorsque la pression n'est pas élevée et s'utilise pour des diamètres de 500 à 1000 mm.

➤ **Joint à mortier de ciment :**

L'espace entre les deux tuyaux est rempli de mortier à base de ciment et de sable. Le problème c'est que cette articulation est très rigide.

➤ **Les joints plastiques :**

Joint étanche et durable même sous charge. La présence d'un cordon d'arrêt en asphalte et d'un anneau ou manchon en plastique contribue à une bonne étanchéité. Une construction bien pensée qui s'adapte à presque tous les sols.

➤ **Joint à double anneaux :**

L'anneau est en polyester et se compose d'une partie en contact avec le fluide de la douille et d'une partie en contact avec le fluide du canon.

➤ **Joint mécanique :**

Les connexions mécaniques sont utilisées pour relier les extrémités lisses des tuyaux à des manchons d'étanchéité ou, dans le cas de tuyaux sous pression, à des raccords.

Dans notre projet, on utilise les joints de type plastique pour les canalisations rectangulaires et des joints de type ROCLA pour les canalisations circulaires.

IV.5.2 Les ouvrages de recueillie et de transport (3) :

➤ **Les fossés :**

Les fossés sont utilisés pour collecter l'eau des routes rurales. Sous réserve d'un entretien régulier.

➤ **Les caniveaux :**

Les gouttières ont pour rôle de collecter l'eau de pluie qui s'écoule des routes et des trottoirs et de l'évacuer dans le réseau d'égouts.

➤ **Les bouches d'égout :**

Les bouches d'égout sont utilisées pour collecter les eaux de surface (eaux de pluie ou de lavage des routes). Il est généralement installé au point le plus bas de la gouttière, c'est-à-dire au niveau du trottoir. La distance moyenne entre deux puits est de 50m.

IV.5.3 Les regards (3):

Un regard est en réalité une fenêtre par laquelle pénètre le personnel de maintenance pour assurer la maintenance et la surveillance du réseau. Ce type de vue dépend de la taille et de la pente du terrain ainsi que du système d'évacuation.

❖ **Espacement et emplacement des regards :**

Selon la topographie du site et la nature des ouvrages, la distance entre deux regards successifs varie comme suit :

- ✓ L'espacement entre deux regards arrive jusqu'à 80 m dans les terrains plats
- ✓ On peut laisser une distance de l'ordre de 200 à 300 m pour les ouvrages visitables (grands diamètres).
- ✓ La distance varie de 50 à 80 m Pour les canalisations non visitables en terrains à pente régulière.

L'installation des regards sur les canalisations ce fait à tous les points de jonction, changement de direction ; changement de pente ; aux points de chute.

❖ **Type des regards :**

On distingue différents types qui sont :

➤ **Regard de visite :**

Ces regards sont destinés à l'entretien courant et le curage régulier des canalisations tout en assurant une bonne ventilation de ces dernières ; l'intervalle d'espacement est de 35 à 80m.

➤ **Regard de ventilation :**

La présence d'air dans les égouts est la meilleure garantie contre la fermentation et la production du sulfure d'hydraulique gazeux, la ventilation s'opère par :

- Les tampons des regards munis d'orifices appropriés.
- Les tuyaux de chute qui doivent être prolongés jusqu'à l'air libre.
- Les cheminées placées sur l'axe de la canalisation.

➤ **Regard de jonction :**

Ils servent à unir deux collecteurs de même ou de différentes sections, ils sont construits de telle manière à avoir :

- Une bonne aération des collecteurs en jonction (regard).
- Les dénivelées entre les radiers des collecteurs.
- Une absence de reflux d'eau par temps sec.
- Les niveaux d'eau des conduites doivent être à la même hauteur.

➤ **Regard de chute :**

C'est l'ouvrage le plus répandu en Assainissement, il permet d'obtenir une dissipation d'énergie en partie localisée, il est très utilisé dans le cas où le terrain d'une agglomération est trop accidenté. Ils sont généralement utilisés pour deux différents types de chutes :

- La chute verticale profonde : Utilisée pour un diamètre faible et un débit important leur but est de réduire la vitesse.
- La chute toboggan : Cette chute est utilisée pour des diamètres assez importants, elle assure la continuité d'écoulement et permet d'éviter le remous.

➤ **Regard de chasse :**

Le regard de chasse jouant le rôle du réservoir périodique lorsque la pente d'écoulement n'est pas suffisante, ces regards sont placés aux points où les dépôts tendent à s'accumuler au risque d'obturer la conduite.

IV.1 Conclusions :

Dans ce chapitre, nous proposons deux variantes d'aménagement urbain pour les bassins versants n°1 et 2 et une seule variante proposée pour le bassin versant n°3 afin de protéger la zone d'étude des inondations. Ensuite, nous avons préparé une étude technico-économique pour choisir la plus adaptée à notre zone d'étude et l'aménagement proposé se résume dans la variante d'utiliser des canaux rectangulaires avec des canaux circulaires pour évacuer les eaux de pluie des captages. Cette alternative vise à couvrir toute la zone d'étude afin de sauver la vie des résidents qui résident des deux côtés du réseau et résoudre de manière définitive les problèmes d'inondations qui continuent d'apparaître à chaque retour de la période des pluies, principalement pour drainer les eaux de pluie provenant de la zone d'étude.

**Chapitre VI : organisation de chantier
et sécurité de travail**

LIÈGE
ET SÉCURITÉ DE TRAVAIL

Chapitre VI : organisation de chantier et sécurité de travail

V.1 Introduction :

Avant que toutes les caractéristiques et éléments du projet ne soient déterminés et que la mise en œuvre ne commence, il est important de passer par l'étape de calcul de la quantité de travail. Celui-ci consiste à déterminer et coordonner l'utilisation des ressources nécessaires pour réaliser les travaux le plus rapidement possible et dans les meilleures conditions possibles. Ce chapitre estime l'étendue des travaux à réaliser et le coût total du projet.

V.2 Planification des travaux :

La planification d'entreprise implique de trouver la meilleure façon d'utiliser économiquement la main-d'œuvre et les autres ressources pour garantir l'efficacité des activités réalisées. Il comprend l'installation du poste de travail, le suivi, l'analyse des tâches, la définition des objectifs et des responsabilités, la simplification de la méthode et la stabilisation du travail.

V.3 Devis quantitatif et estimatif :

Pour comprendre le coût de mise en œuvre d'un projet, vous devez calculer des estimations et des estimations quantitatives. Ce calcul calcule le montant de tous les travaux à effectuer sur place, ainsi que la quantité d'équipements et de matériaux fournis pour réaliser le projet, et le multiplie par le prix unitaire correspondant.

- Courir des tranchées.
- Livraison et installation de lits de sable.
- Livraison et installation de canalisations.
- Construction de puits en béton armé.
- Travailler à combler les lacunes.
- Transporter les excédents de terre et travaux de Gini civil.

V.4 Les différents Travaux de réalisation :

Les principaux travaux de construction de notre projet consistent en réalisation de tranchées et d'excavations, réalisation de lits pose de canalisations et regards,

assemblage de canalisations, essais de traction de canalisations et de joints et remblayage de tranchées.

V.4.1 Excavation des tranchées et des fouilles :

Pendant la construction, la pente doit être maintenue selon le profil longitudinal. L'excavation se fait mécaniquement de l'aval vers l'amont. Ces opérations nécessitent des paramètres spécifiques tels que la profondeur du puits, la profondeur de la tranchée et la largeur de la tranchée.

❖ Profondeur de la tranchée :

Elle est nécessaire d'éviter l'interconnexion avec d'autres canalisations et de pouvoir réaliser correctement certaines connexions

La formule théorique pour calculer la profondeur d'une tranchée est la suivante :

$$H = e + d + h \text{ (m)} \quad \text{(V.1)}$$

Avec :

- H : c'est la profondeur de la tranchée en (m) ;
- e : c'est hauteur total du sable $e=0,2$ (lit de pose $r=0.1\text{m}$ et sable au-dessus de la conduite $t=0,1\text{m}$) ;
- d : c'est le diamètre de la conduite (m) ;
- h : c'est la hauteur du remblai au-dessus du sable en haut de la conduite ($h=1.2\text{m}$).

❖ Largeur de la tranchée :

Elle dépend essentiellement des dimensions extérieures et du type d'emboîtement des tuyaux, de la fondation, de l'espace minimum nécessaire entre la canalisation et la paroi de la tranchée pour réaliser une pose correcte et un remblayage latéral de compacité adéquate, Economiquement, il n'est pas intéressant d'établir des tranchées trop larges, vu le coût des terrassements ; on s'oriente donc vers l'exécution de fouilles de largeurs minimales.

Nous obtenue la largeur d'ouverture de tranchée par la formule :

$$B = d + (2 * C) \text{ (m)} \quad \text{(V.2)}$$

Avec :

- B : la largeur de la tranchée en (m) ;
- d : le diamètre extérieur de la conduite en (m) ;
- C : l'écartement entre les parois de la tranchée et la conduite (C=30cm si H<1.5m ; C=50cm si 1.5<H<2m et C=0.75 si H>2m).

❖ Volume des tranchées :

Il donne par la formule théorique suivante :

$$\mathbf{V_{tr} = B \cdot H \cdot L} \quad \mathbf{(V.3)}$$

Avec :

- Vtr : le volume de tranché en (m³) ;
- H : la profondeur de la tranchée en (m) ;
- B : la largeur de la tranchée en (m) ;
- L : la longueur de canalisation en (ml).

❖ Volume des déblais :

Il est défini comme le volume de terre extrait de la tranchée et est obtenu par la formule suivante :

$$\mathbf{V_{deb} = V_{tr} \cdot K_f = B \cdot H \cdot L \cdot K_f} \quad \mathbf{(V.4)}$$

Avec :

- Vtr : le volume de la tranché en (m³) ;
- Kf : le coefficient de foisonnement (Il est pris comme 1,4).

V.4.2 Le lit de sable :

Une couche de 0,1 m d'épaisseur est placée au fond des canalisations. Il est généralement constitué de sable bien nivelé qui suit les nervures du profil longitudinal.

La formule suivante donne le volume du lit de sable :

$$\mathbf{V_{ls} = B \times L \times 0.1} \quad \mathbf{(V.5)}$$

Avec :

- Vls : le volume de lit de sable en (m) ;
- B : la largeur de la tranchée en (m) ;
- L : la longueur de canalisation en (ml).

V.4.3 Le remblai des tranchées :

On utilise d'abord du sable similaire à celui utilisé pour le remblayage latéral (lit de sable) jusqu'à 10 cm au-dessus de la génératrice supérieure de la canalisation afin d'assurer un transfert uniforme des charges agissant sur la canalisation d'une part, et d'autre part de le protéger de tout dommage lors de la mise en œuvre du remblai supérieur. Puis nous continuons avec les terrains locaux précédemment fouillés (butins de tranchées).

❖ Volume de remblai :

Il est donné par la formule suivante :

$$\mathbf{Vrmb} = (\mathbf{Vtr} - \mathbf{Vls} - \mathbf{Vsbl} - \mathbf{Vcd}). \mathbf{Kt} \dots\dots\dots (\mathbf{V.6})$$

Avec :

- Vcd : le volume des conduites.
- Kt : le coefficient de tassement (on le prend 1,2).

❖ Volume excédentaire

Après avoir remblaié les tranchées, le surplus de volume doit être évacué à la décharge publique. Nous calculons ce volume par la formule suivante :

$$\mathbf{Vexcé} = \mathbf{Vdeb} - \mathbf{Vrmb} \dots\dots\dots (\mathbf{V.7})$$

Le tableau suivant donne les résultats finals de devis quantitative et estimative pour chaque bassin versant :

Tableau V.1 : Devis quantitatif et estimatifs de projet

N°	désignation des travaux	unités	quantités	prix unitaire DA	montant (DA)
bassin versant N°1					
travaux de terrassement					
1	Déblai	m3	22800.1427	700	15960099.9
2	Pose du lit de sable et remblai de sable	m3	5405.42324	1100	5945965.565
3	Remblai de la tranchée	m3	10637.4483	600	6382468.978
Canalisation					
1	D800	ml	634.103	12273.56	7782701.217
2	D1000	ml	469.135	15958.98	7486916.082
3	dalots préfabriqués (1*2.5*2.3) en béton armé y compris les joints et toutes sujétions spéciales de bonne exécution et de mise en œuvre dans les règles de l'art.	ml	1041.875	67000	69805625
Construction					
1	regards	u	73	70000	5110000
bassin versant N°2					
travaux de terrassement					
1	Déblai	m3	9989.03876	700	6992327.132
2	Pose du lit de sable et remblai de sable	m3	2790.2998	1100	3069329.784
3	Remblai de la tranchée	m3	3503.4692	600	2102081.52
Canalisation					
1	D1200	ml	634.103	21152.07	13412591.04

2	dalots préfabriqués (1*2*1.8) en béton armé y compris les joints et toutes sujétions spéciales de bonne exécution et de mise en œuvre dans les règles de l'art.	ml	469.135	60000	28148100
3	dalots préfabriqués (1*2.5*2.3) en béton armé y compris les joints et toutes sujétions spéciales de bonne exécution et de mise en œuvre dans les règles de l'art	ml	1041.875	67000	69805625
Construction					
1	les regards	u	28	70000	1960000
bassin versant N°3					
travaux de terrassement					
1	Déblai	m3	8141.60657	700	5699124.6
2	Pose du lit de sable et remblai de sable	m3	1792.0757	1100	1971283.267
3	Remblai de la tranchée	m3	5449.32355	600	3269594.131
Canalisation					
1	D1500	ml	465.171	27000	12559617
2	D1000	ml	449.008	15958.98	7165709.692
Construction					
1	regards	u	27	70000	1890000
				TOTAL(HT)	276519159.9
				T V A (19%)	52538640.38
				TOTAL(TTC)	223980519.5

V.5 La Planification des travaux :

Il s'agit de l'étape la plus importante du processus de mise en œuvre du projet. Cela se produit au début du projet et détermine la qualité du résultat final.

Elle est composée à :

- Installation de postes de travail ;
- Perception immédiate ;
- Analyse des tâches ;
- Le calendrier ;
- Définir les objectifs et les responsabilités ;
- Simplification des méthodes ;
- Stabilisation des emplois.

Son objectif pour l'équipe projet est de transformer la stratégie du projet en logique de flux et de formaliser la forme des tâches qui seront exécutées dans un ordre précis (planification), et pour le chef de projet il est d'identifier tous les travaux à mettre en œuvre qui ont été réalisées, pour la décrire avec précision, la partager et construire le plus rapidement possible un support de pilotage opérationnel.

Le processus d'analyse des tâches est considéré comme le plus important en matière de planification car il se déroule en deux étapes principales, la première dédiée exclusivement à la cartographie des tâches et de leurs relations séquentielles, d'où émergent le premier réseau logique, et la seconde dédiée à l'examen des tâches du réseau Et fournir des informations liées à la tâche.

V.5.1 Techniques de planification :

Deux principales méthodes de planification sont présentées ci-dessous :

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

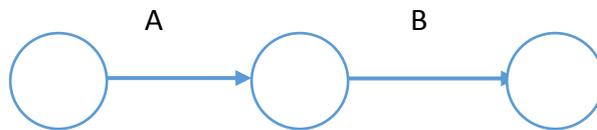
V.5.1.1 Méthode basées sur le réseau :

❖ Définition :

Un réseau est une représentation graphique d'un projet qui peut être utilisée pour exprimer les relations entre différentes activités qui peuvent être séquentielles, simultanées, convergentes et la durée de mise en œuvre. Il existe deux types de réseaux :

➤ **Réseau de flèches :**

Pour un réseau de flèches, le processus est écrit au-dessus de la flèche et la succession des opérations par des nœuds.



➤ **Réseau à nœuds :**

Pour un réseau à nœuds le processus est écrit dans les nœuds et la succession des opérations par des flèches



❖ **Construction du réseau :**

Il y a six (6) étapes pour bâtir un réseau :

1. Créer une liste de choses à faire : Cette première étape comprend une liste très précise et détaillée de toutes les activités nécessaires à la réalisation du projet.
2. Déterminer les tâches préalables : Une fois la liste des tâches à réaliser établie, le réseautage n'est pas toujours évident car il n'est pas facile de dire si les tâches préalables doivent être séquentielles ou cumulatives.
3. Préparation des plannings partiels.
4. Regroupement de sous-graphes.
5. Définissez les tâches pour commencer et terminer le travail.
6. Construction du réseau

❖ **Méthode C.P.M (méthode du chemin critique) :**

Le but de cette méthode est de réduire le temps nécessaire à la réalisation d'un travail en considérant trois phases :

Étape 1 : les travaux nécessaires à la réalisation de l'ouvrage concerné.

Étape 2 : Analyser systématiquement le réseau, heure par heure, jour par jour selon l'unité de temps choisie.

Étape 3 : Adapter le réseau aux conditions ou restrictions fixées par l'entreprise.

V.5.1.2 Méthodes basées sur le graphique

Les deux méthodes les plus couramment utilisées sont :

- Méthode linéaire (technique du bilan) : Cette méthode est destinée à la planification de projets de construction où les travaux sont répétitifs.
- Méthode des barres : Cette technique consiste à définir deux réseaux et un diagramme à barres (plan de travail).

V.5.2 Les Etapes de la Planification :

La planification est l'opération d'une ligne de travail exécutable qui comprend les étapes suivantes :

- Collecte de données : La synthèse des données obtenues à partir de l'analyse à travers des études comparatives permet d'utiliser correctement le plan. notre projet.
- Configuration du projet : C'est une partie importante car chaque projet peut être analysé de manière différente ; Nous nommons la personne responsable de chaque tâche et ses besoins matériels.
- Relations entre les tâches : Lors de l'exécution, il existe deux relations importantes entre les tâches ; l'un fait référence à la séquence logique et l'autre à l'ordre des priorités

V.5.3 Choix de la Méthode de Calcul :

Le choix de la méthode de calcul dépend principalement du type de structure qui sera créée. Il est préférable si les processus se suivent, comme dans notre cas, de choisir la méthode C.P.M.

V.5.3.1 Les paramètres de la méthode C.P.M :

Les paramètres de base dans la mise en œuvre de cette méthode sont les suivants :

DCP	TR
DFP	DCPP
DFPP	MT

Tel que :

- **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.

Avec :

- ✓ $DFP = DCP + TR.$
- ✓ $DCPP = DFPP - TR.$

Un autre paramètre très important c'est le chemin critique CC.

❖ **le chemin critique CC :**

C'est le chemin qui donne la durée totale du projet (DTR), qui regroupe les activités avec une marge totale nulle (0). Donc pour trouver le chemin critique il vous suffit de vérifier les conditions suivantes :

- $MT = 0 ;$
- $\sum TR_{cc} = DCP.$

V.5.4 Elaboration du réseau selon la méthode C.P.M :

La méthode C.P.M 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.

Tableau V.2 : Symboles des opérations et leurs durées de réalisation

notation	opération	durée		
		BV1	BV2	BV3
A	installation de chantier	15j		
Bi	Piquetage	20	15	10
Ci	Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards	80	70	65
Di	Aménagement du lit de pose	25	25	20
Ei	Construction des regards (de jonction et de chute)	45	40	40
Fi	La mise en place des canalisations en tranchée	20	20	20
Gi	Assemblage des canalisations	35	35	20
Hi	Remblai des tranchées	30	30	20
K	Travaux de finition	15		

Tableau V.3 : Détermination des délais par la méthode tabulaire :

opération	TR	DCP	DFP	DCPP	DFPP	MT
A	15	0	15	0	15	0
B1	20	15	35	15	35	0
B2	15	15	30	30	45	15
B3	10	15	25	70	80	55
C1	80	35	115	35	115	0
C2	70	30	100	45	115	15
C3	65	25	90	80	145	55
D1	25	115	140	115	140	0
D2	25	100	125	115	140	15
D3	20	90	110	145	165	55
E1	45	140	185	150	195	10
E2	40	125	165	155	195	30
E3	40	110	150	165	205	55
F1	20	140	160	140	160	0
F2	20	125	145	140	160	15
F3	20	110	130	165	185	55

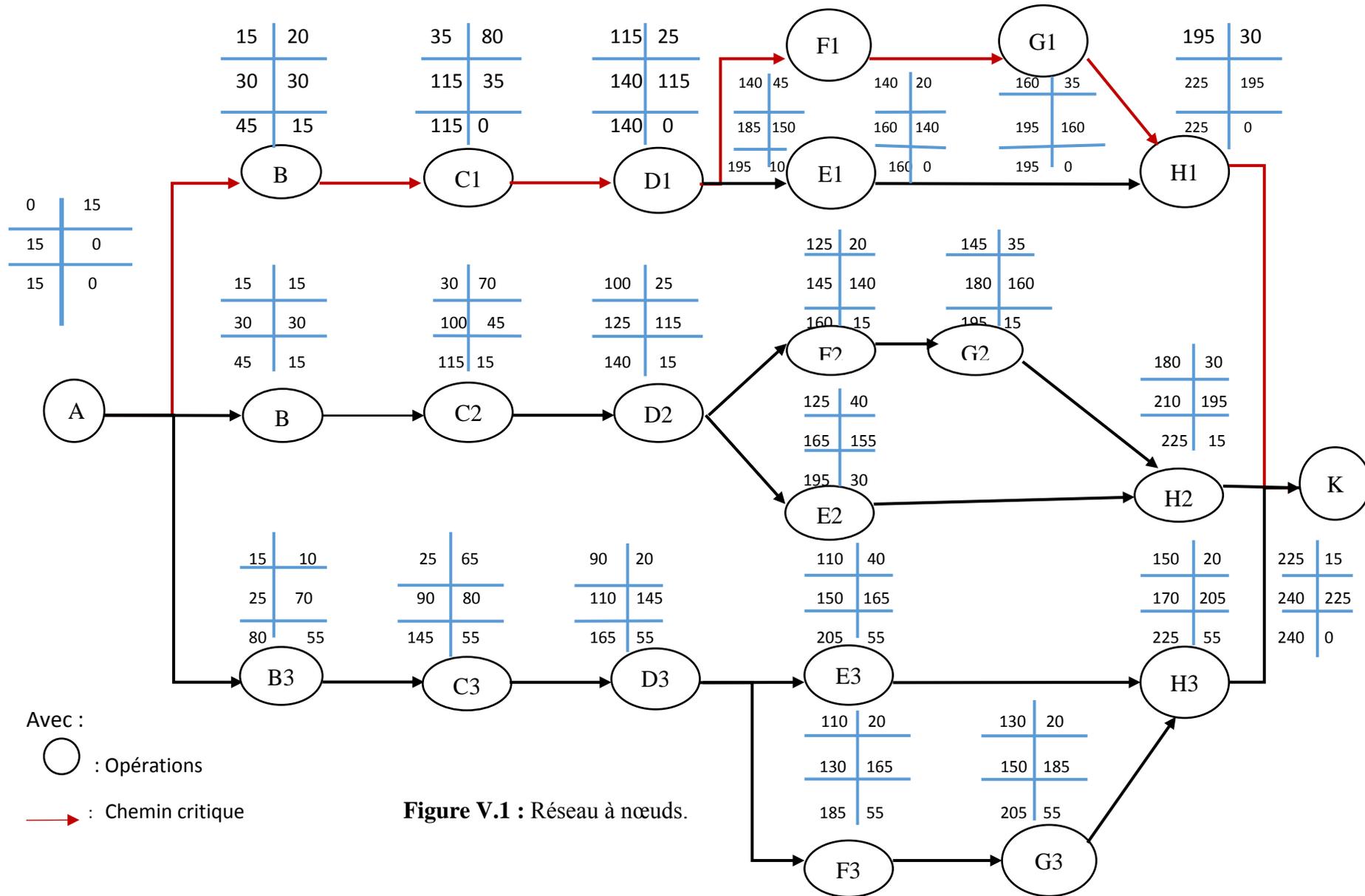
G1	35	160	195	160	195	0
G2	35	145	180	160	195	15
G3	20	130	150	185	205	55
H1	30	195	225	195	225	0
H2	30	180	210	195	225	15
H3	20	150	170	205	225	55
K	15	225	240	225	240	0

Tel que :

- TR : temps de réalisation.
- DCP : date de commencement au plus tôt.
- DFP : date de finissement au plus tôt.
- DCPD : date de commencement au plus tard.
- DFPP : date de finissement au plus tard MT : marge totale.

Le chemin critique : A-B1-C1- D1-F1-G1-H1-K

Avec un temps de réalisation égale à : $\sum TR = 240$ jours



Calendrier de planification des travaux :

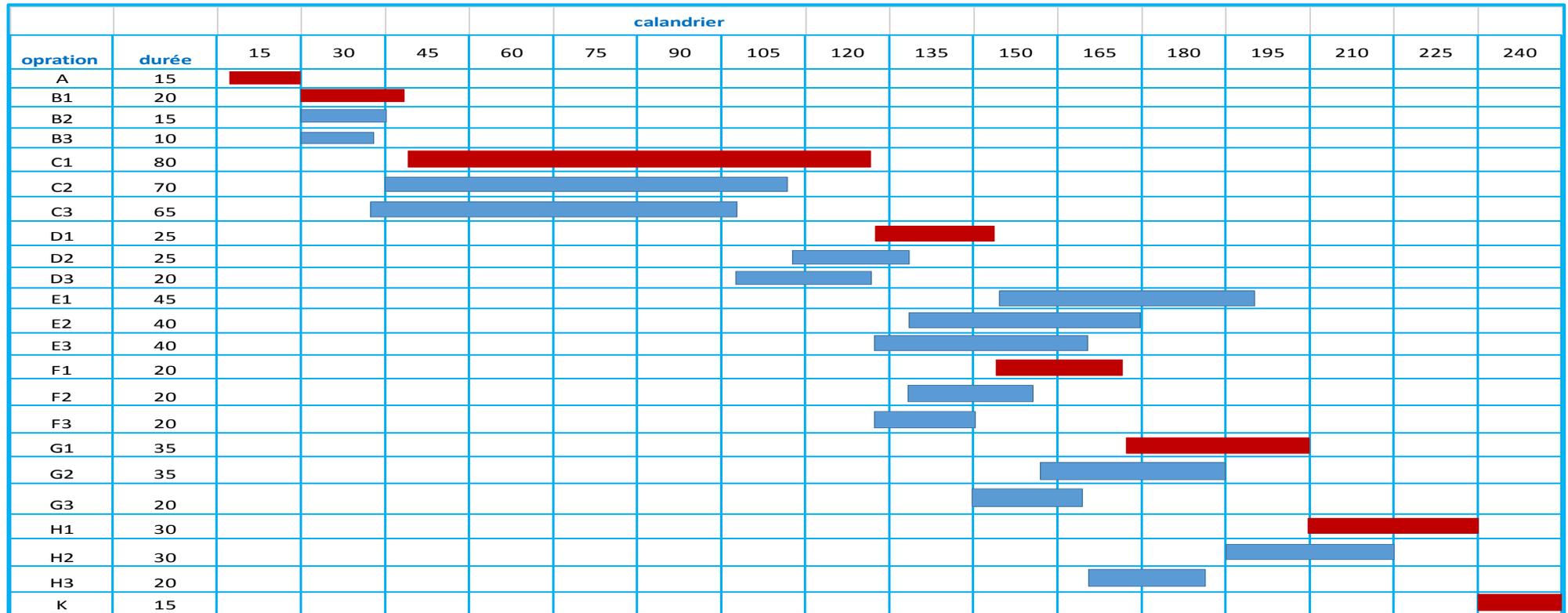


Figure V.2 : Diagramme de GANTT.

Avec :

■ : Chemin critique.

Donc, suivant une planification optimale des travaux ; la durée du chantier sera de huit mois.

V.6 Sécurité chantier :

V.6.1 Mesures préventives pour éviter les causes des accidents :

V.6.1.1 Equipements De Protection Individuelle (EPI) (23) :

Un équipement de protection individuelle (EPI) est un équipement ou un moyen qu'une personne a l'intention de porter ou de transporter pour se protéger d'un ou plusieurs dangers pouvant mettre en danger sa santé et sa sécurité. Tous les équipements doivent être conformes aux normes en vigueur et chaque employé doit recevoir une formation expliquant les conditions d'utilisation, d'entretien, d'entretien et de stockage des équipements de protection individuelle.

❖ Vêtements de signalisation :

Lors de travaux sur ou à proximité de la voie publique, des vêtements de sécurité rétro réfléchissants standardisés (classe d'avertissement 2), un gilet, un sweat à capuche et des vêtements de pluie doivent être portés.



Figure V.3 : Vêtements de signalisation (23)

- Gants :

Gants de protection doivent être portés et adaptés au travail que vous effectuez.



Figure V.4 : Gants (23)

- Chaussures et bottes de sécurité :

Il est nécessaire de porter des chaussures ou des bottes de sécurité.



Figure V.5 : Chaussures et bottes de sécurité (23)

- Casque :

Il est obligatoire de porter un casque sur les chantiers de construction et dans d'autres endroits dangereux tels que les chutes d'objets, les obstacles, le déplacement de marchandises et la conduite de machines de construction.

- ✓ Les casques doivent être bien ajustés. Vous pouvez ajuster le tour de tête du capuchon intérieur pour garantir l'efficacité du casque et le porter plus confortablement.
- ✓ Veuillez utiliser la mentonnière.
- ✓ Les casques ont une durée de vie limitée. Veuillez-vous assurer qu'il est valide concernant la date de fabrication. Vérifiez également la date inscrite sous la visière.
- ✓ Remplacez tout casque qui a été impacté.

- ✓ Rangez soigneusement votre casque car les rayons UV endommageront prématurément le matériau du casque.



Figure V.6 : casques (23)

- Lunettes, visières et écrans :

Protégez Vos yeux efficacement car elles sont précieuses

- ✓ N'oubliez pas que les blessures oculaires entraînent souvent la perte de l'œil.
- ✓ Portez des lunettes lorsqu'il y a un risque d'être éclaboussé par des liquides, des substances dangereuses, de la poussière, des pièces métalliques, des matériaux, etc. Lorsque vous coupez ou coupez à l'aide d'une lampe de poche, veuillez porter des lunettes avec des verres spéciaux.
- ✓ Portez une cagoule de protection contre les UV, etc. pendant les opérations de soudage et de soudage à l'arc.
- ✓ Portez un écran facial en cas de risque électrique.



Figure V.6 : lunette de protection (23)

- Protecteurs anti-bruit

Une protection auditive est requise dans les environnements bruyants en cas d'utilisation le Marteau-piqueur, les Machine à plaques, le Véhicule de compactage de neige, séparateur centrifuge et Pompe – pompe de récupération en exemple.



Figure V.8 : casque anti bruit (23)

- Harnais antichute :

Une autre personne doit utiliser la ceinture. Pour être efficace, il doit être correctement ajusté, fixé à un point d'ancrage approuvé et inspecté visuellement avant chaque utilisation. La longueur de la corde reliant la ceinture à ce dispositif doit être inférieure à 1 mètre (cas particulier des enrouleurs : la longueur de la corde peut être supérieure à 1 mètre). Il est utilisé pour toutes les installations où il existe un risque de collision et pour l'évacuation en cas d'accident dans des zones difficiles d'accès comme les fosses, les réservoirs et les égouts par exemple.



Figure V.9 : harnais antichute (23)

- Gilet de sauvetage :

Les gilets de sauvetage doivent être utilisés lors de travaux à proximité ou au-dessus de plans d'eau non isolés par des mesures de protection collective. S'il s'agit d'un modèle autogonflant, vérifiez qu'il n'y a pas de fissures ou de trous et que la cartouche de gaz fonctionne correctement. Dans tous les cas, il n'est efficace que s'il est correctement serré. Cet équipement doit être inspecté par du personnel qualifié.



Figure V.10 : gilet de sauvetage (23)

- ❖ **Vêtements de protection contre les produits chimiques :**

Lorsque vous manipulez des produits chimiques ou travaillez dans une installation où des produits chimiques sont utilisés, vous devez être correctement équipé et suivre les recommandations des fiches de données de sécurité appropriées. Tous ces appareils doivent être conformes aux normes en vigueur.



Figure V.11 : plaques signalétiques de protection (23)

V.6.1.2 Circulation Routière (23):

Que nous soyons employés d'usine ou professionnels, conduire est notre deuxième métier, beaucoup d'entre nous sont exposés non seulement aux risques d'accidents du travail mais également aux risques d'accidents de la route. Nous sommes responsable de la voiture que nous conduisons, même si nous la partageons avec quelqu'un d'autre.

- Le conducteur :

- Il est nécessaire d'avoir une bonne vision, de se soumettre régulièrement à des contrôles de vision et de porter des lunettes.
- Le code de la route impose également des lunettes de secours si vous portez des lentilles de contact
- Attention à la fatigue et à la prise de certains médicaments, comme les tranquillisants qui réduisent la vigilance, ainsi que le tabac et d'autres drogues.
- Il faut être prudent la nuit, car y conduire est deux fois plus dangereux que conduire de jour.

- Transport des personnes :

Le transport de personnes dans des fourgonnettes ou des camions spécialement équipés est autorisé ou le nombre de sièges autorisé indiqué dans les documents d'immatriculation du véhicule doit être respecté. Il est strictement interdit de se tenir sur le marchepied d'un véhicule en mouvement.

- Transport de marchandises :

La surcharge est interdite et les marchandises à transporter doivent être solidement arrimées, surtout si elles sont lourdes ou dangereuses. Vous devez également vous assurer que vos bagages ne dépassent pas de plus d'un mètre à l'avant ou à l'arrière du véhicule, et si la charge dépasse la capacité du véhicule, cela sera indiqué sur la fenêtre ou par un drapeau rouge vif pendant la journée et avec une lanterne rouge (allumée) la nuit.

V.6.1.3 Signalisation de sécurité et de sante sur les lieux de travail (23):

Vous devez apprendre à reconnaître la signification des panneaux, accorder une attention particulière aux panneaux d'avertissement et respecter le message figurant sur le panneau.

Les marquages doivent rester propres et clairs à tout moment.

❖ Les moyens de signalisation :

Les méthodes de signalisation efficaces et conformes incluent :

- des panneaux,
- des signaux audio,
- des couleurs spécifiques
- des signaux lumineux.



Figure V.12 : plaques signalétiques (23)

Organiser la présentation des panneaux de chantier (23):

Classes de signaux et règles de mise en œuvre des signaux :

- ✓ À moins que le site ne soit restauré dans son état d'origine (par exemple, réparation permanente de la route), laissez une signalisation appropriée et vérifiez-la régulièrement.
- ✓ Retirez le panneau uniquement lorsque le danger n'est plus présent.
- ✓ Assurez-vous que le panneau soit clairement visible.

○ Signalisation d'approche :

Les éléments installés devant le chantier de construction comprennent des panneaux avancés, des panneaux d'affichage et des panneaux de danger.

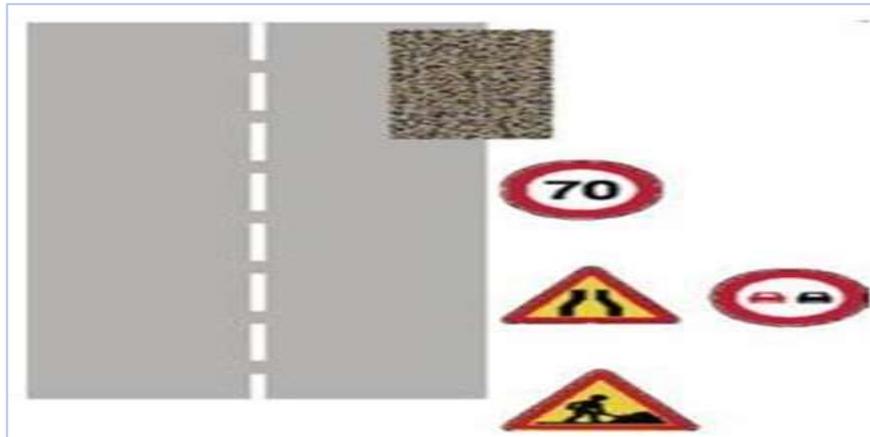


Figure V.13 : signalisation d'approche (23)

○ Signalisation de position :

Ceux installés à proximité immédiate du chantier peuvent comprendre :

- Rampe de livraison, marquage frontal et marquage vertical.
- Signe d'achèvement des travaux et signature à la fin.

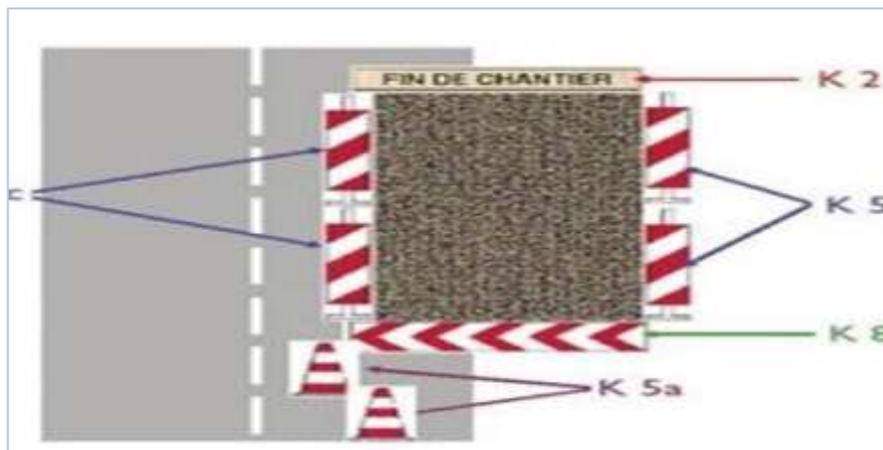


Figure V.14 : signalisation de position (23)

○ Signaler les véhicules :

Tous les véhicules d'urgence doivent être équipés de bandes réfléchissantes uniformes sur les quatre côtés et d'un triangle avec des feux clignotants rotatifs.

V.6.1.4 Engins :

Pour les personnes qui conduisent des grues ou des engins de terrassement, elles doivent être titulaires d'un permis de conduire délivré par leur employeur et suivre une formation spécifique.

❖ Avant la manœuvre :

- ✓ Il doit vérifier les mesures de sécurité et les circuits hydrauliques et signaler immédiatement tout dysfonctionnement, ainsi que vérifier l'état de la ceinture de levage avant utilisation et la remplacer en cas de doute. Tous les accessoires de levage doivent être inspectés chaque année par une personne qualifiée.
- ✓ Appuyez correctement sur les patins de montage de la machine.
- ✓ Respecter la charge de levage maximale indiquée par le fabricant.
- ✓ Il est interdit d'utiliser des appareils de levage qui ne sont pas conçus ou équipés à cet effet. Utiliser un équipement inapproprié est toujours très dangereux.

❖ Pendant la manœuvre :

- ✓ Ne placez pas de bagages sur des personnes, ne laissez pas les passants s'approcher de vous et ne marquez pas la zone de travail.
- ✓ Une seule personne peut coordonner les manœuvres.
- ✓ Être situé en dehors de la zone de déplacement de la charge.
- ✓ Les véhicules ne sont pas destinés au transport de personnes. Par exemple, ne montez pas dans le godet de la pelle pour entrer ou sortir de la tranchée et ne traitez pas la pelle comme un panier de travail. Évitez également de le suspendre à des boucles ou à des crochets.
- ✓ Ne placez pas la charge dans une position qui ne peut normalement pas être atteinte par un équipement de levage ou ne la faites pas pivoter.

❖ Après la manœuvre :

- ✓ Laissez la machine reposer.
- ✓ Retirez la clé de contact et vérifiez que la machine ne peut pas redémarrer.
- ✓ Protégez vos clés et vos écharpes des éléments.
- ✓ Les matériels de levage, de manutention et de terrassement font l'objet de contrôles et de contrôles réguliers qui doivent être strictement respectés.

V.6.1.5 Les machines :

Une station de pompage sanitaire comprend un certain nombre de machines telles que des pompes, des ventilateurs, des vis d'Archimède, des crépines et des aérateurs. Il existe différents types de dangers :

- ✓ Risques électriques.
- ✓ Risques mécaniques.
- ✓ Risques liés aux fluides utilisés dans la machine. Ne vous approchez pas de machines en mouvement ou potentiellement en mouvement, sauf pour des raisons opérationnelles.

❖ Risques liés aux moyens mécaniques :

Le travail sur des machines tournantes sous tension est interdit, sauf indication contraire. Dans la mesure du possible, les arrêts comportent des interdictions significatives ou des consignations électriques ou mécaniques partielles ou totales, qui relèvent de la responsabilité de l'exploitant :

- ✓ Ne vous promenez pas autour des machines tournantes avec des vêtements amples, n'attachez pas les cheveux longs et ne portez pas de casque, Évitez les colliers.
- ✓ Portez une attention particulière aux appareils à démarrage périodique et automatique (par exemple, dépistage) et assurez-vous qu'ils sont marqués.
- ✓ Ne démarrez pas la machine si les pièces mobiles ne sont pas protégées par le boîtier.

V.6.1.6 Recommandations de protection collective (3):

L'ordre est un facteur de sécurité important

- ✓ Gardez les voies d'accès dégagées



Figure V.15 : passage sur chantier (3)

- ✓ Entreposer correctement les matériaux pour éviter les risques d'accidents lors de la circulation des travailleurs.

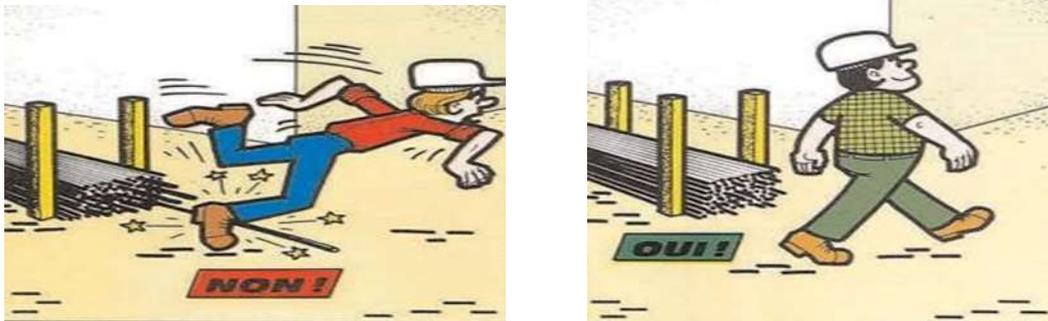


Figure V.16 : stockage de matériaux (3)

- ✓ Éliminez les déchets et les matériaux combustibles avant de souder ou de découper pour réduire le risque d'incendie.



Figure V.17 : Soudage (3)

- ✓ Évitez de travailler et d'entrer dans des tranchées non blindées.

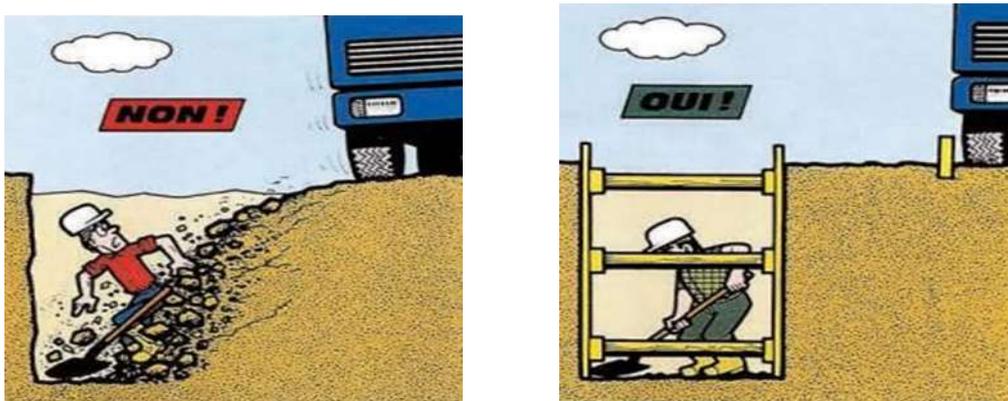


Figure V.18 : tranchée (3)

- ✓ Assurer un dégagement suffisant entre le bord de la tranchée et le matériau

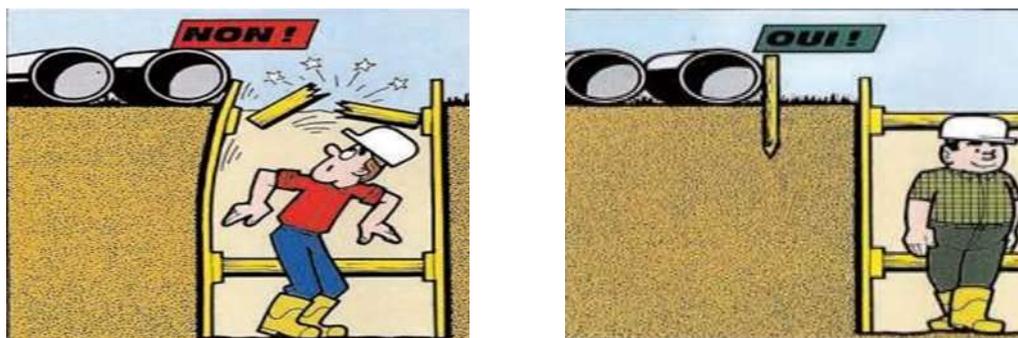


Figure V.19 : bord de tranchée (2)

- ✓ Ne travaillez pas sur des poteaux ou des fossés transversaux.

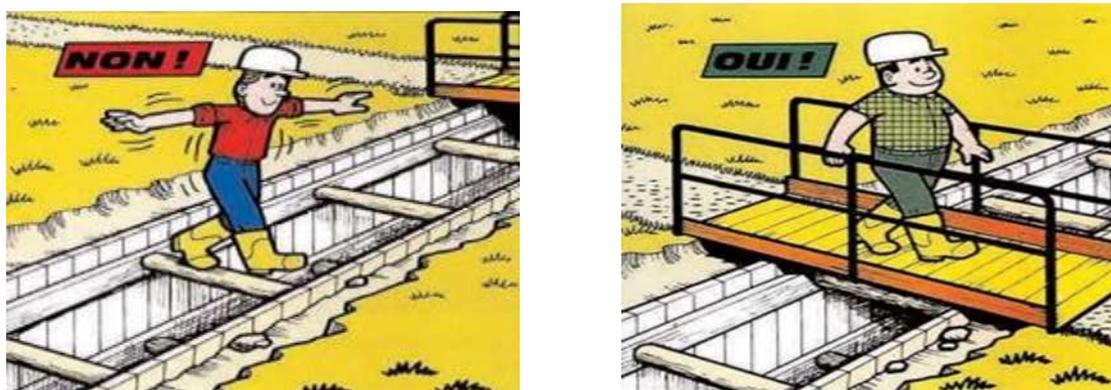


Figure V.20 : passage dangereux (3)

Les normes suivantes doivent être respectées lors du levage de charges :

- ✓ Assurez-vous que les chaînes, élingues, crochets, etc. sont en bon état.



Figure V.21 : vérification des chaînes (3)

- ✓ Les charges longues (tuyaux) doivent être sécurisées aux deux extrémités pour éviter qu'elles ne tombent.

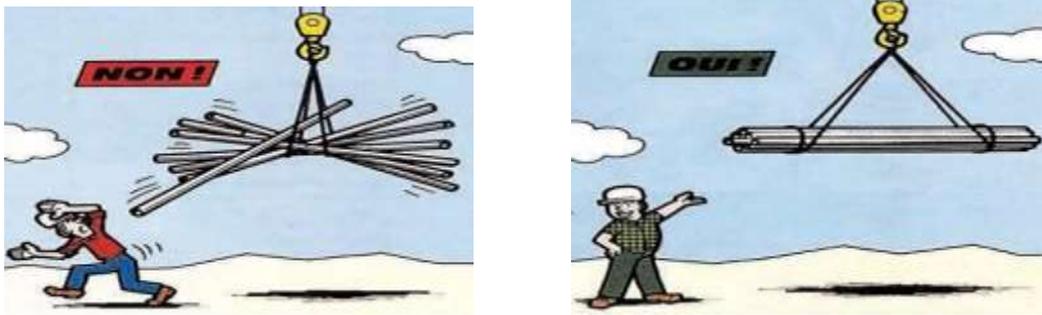


Figure V.22 : charge longue (3)

Les règles applicables à ces égards concernent les appareils mobiles :

- ✓ Les gens doivent rester à l'écart des zones de circulation des appareils mobiles.



Figure V.23 : personne en zone de circulation (2)

- ✓ Les machines mobiles ne peuvent être utilisées que par du personnel autorisé. En aucun cas il ne peut être utilisé pour transporter des personnes.



Figure V.24 : une personne sur un engin mobile (3)

V.6.2 En cas d'accident (23):

Il faut intervenir rapidement et efficacement en cas des accidents Le groupe sanguin, les traitements, les allergies et les vaccinations sont des informations précieuses qui pourraient vous sauver la vie des personnes Veuillez avoir ces informations avec vous à tout moment. Ne faites pas d'erreur même en cas d'accident.

- ✓ Assurez votre propre sécurité en supprimant ou en éliminant les dangers en fonction de la situation.
- ✓ Calmer la victime : il n'est pas nécessaire de retirer la victime de l'environnement dangereux en cours (par exemple, atmosphère confinée, feu, etc.), d'ouvrir ses vêtements, de la couvrir ou de lui donner à boire. Ne déplacez pas la victime à moins que possible.
- ✓ Alerter les secours (SAMU et pompiers) en indiquant le lieu exact de l'accident, sa nature ou sa cause, le nombre et l'état apparent des victimes. Ne raccrochez pas avant d'y être invité.
- ✓ Signaler, baliser les zones, éloigner les curieux et prévenir les accidents à répétition.

V.7 Conclusion :

Ce chapitre a fourni de brèves informations sur la planification et l'organisation du chantier de construction, ainsi que sur la sécurité du chantier, nécessaires à la bonne exécution des travaux du projet. Le travail est effectué dans un ordre strictement défini sans perte de temps, libérant ainsi des ressources en quantité suffisante. En déterminant une offre quantitative et estimée, nous avons pu déterminer l'impact financier du projet. Bien que cette information ne soit pas très précise, elle permet d'en estimer la taille. Ainsi, le coût total estimé du projet est de : **223980519.5 DA/TTC**, avec une durée de réalisation de 240 jours.

Conclusion générale

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale :

Le but de cette étude était la protection de le site de l'AADL 13 300 logements dans la ville de Sidi Abdallah, contre les inondations pour une période de retour centennale, en proposant d'aménager ses cours d'eau afin de les exploiter pour évacuer les eaux pluviales de la région, et d'augmenter ses capacités à évacuer ce débits centennales.

La première étape de ce travail a été de collecter divers documents et données nécessaires (cartes topographiques, données géologiques, et pluviométriques....) afin d'identifier les inondations potentielles dans les bassins versants situés dans notre zone d'étude.

Ensuite, nous avons créé différentes cartes à l'aide du programme « ArcGIS », étudié les caractéristiques hydromorphométriques des bassins et analysé les précipitations maximales journalières à l'aide du programme « HYFRON » basé sur l'observation par satellite GPM. Nous sommes arrivés à une intensité de pluie égale à 122 mm/jour pour une période de retour centennale, nous avons ensuite calculé les précipitations à court terme et construit les courbes IDF.

Puis on a calculé les débits de crues pour nos bassins versants en utilisant les formules empiriques, et d'après les résultats on aboutit à un débit de crue égale à 18.32m³ /s , 18.59 m³/s et de 9.67 m³/s pour une période de retour centennale des bassins versants N°1, N°2 et N°3 respectivement, et à l'aide de logiciel « HEC-RAS » on a fait une simulation hydraulique de l'écoulement afin de déterminer le potentiel d'inondation de la zone d'étude.

Enfin, deux plans d'aménagements ont été proposés pour les bassins versants N°1 et 2, et des canalisations circulaires en béton armé ont été proposés pour je bassin N°3. L'étude technico-économique des deux variantes a favorisé l'évacuation des eaux pluviales par un reprofilage de la section des cours en canal rectangulaire type dalot avec des canalisations circulaires en béton armé.

Les travaux d'entretien et de réparation seront pris en compte pour assurer la pérennité et la fonctionnalité de l'aménagement proposé.

Référence bibliographique :

1. AHMED MENACERE. *Conception du système d'Alimentation en Eau Potable des îlots 28-29 de la nouvelle ville Sidi Abdellah (w.Alger)*. . memoire de fin d'étude. Blida : ENSH, 2019.
2. GUESSOUM, Nabila. Apport des Etudes de Microzonage Sismique dans l'Aménagement de Futures Nouvelles Villes : Cas de la Nouvelle Ville de Sidi Abdellah (Algérie). [en ligne]. 2012. Disponible à l'adresse: https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2012/papers/ts09f/TS09F_nabila_5707.pdf
3. BOUDEBOUDA MOHAMED WASSIM. *RENFORCEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT DE LA NOUVELLE VILLE DE SIDI ABDELLAH COMMUNE DE MAHELMA (W. ALGER)*. . Memoire de fin d'études. Blida : ENSH, 2017.
4. IMENE, TAMEUR NOUHA. *Risques majeurs naturels en Algérie Aspect juridique et institutionnel avec référence aux inondations*. . memoire de Mgistére. niversité Salah Bounnider Constantine 3, 2019.
5. AHMED TALHI et FATMA ZOHRA TALBI. *Conception et dimensionnement de la station d'épuration de Mehalma*. . memoire de fin d'étude. Alger : Ecole Nationale Polytechnique ENP, 2019.
6. MARCEL ROCHE. *Hydrologie de surface*. . Office de la recherche scientifique et technique outre-mer. PARIS, 1963.
7. J.P. LABORDE. *Elements d'hydrologie de surface*. 2009. Ecole polytechnique de l'université de Nice- SOPHIA ANTIPOLIS.
8. BÉNINA TOIAIBIA. *Manuel pratique d'hydrologie*. . Madani Frères. Guerrouaou Blida, 2004.
9. FRANÇOIS-NOEL CRES. *Hydrologie urbaine quantitative - Assainissement Pluvial*-. . Ouagadougou 03. Burkina Faso, 2001.
10. ANDRÉ MUSY et CHRISTOPHE HIGY. *Hydrologie appliquée*. . H*C*A. Bucarest, 1998.
11. SALAHEDDINE EL ADLOUNI et TAHA B.M.J. OUARDA. Comparaison des méthodes d'estimation des paramètres du modèle GEV non stationnaire. *Revue des sciences de l'eau*. 29 avril 2008. Vol. 21, n° 1, pp. 35-50. DOI 10.7202/017929ar.
12. TAREK DAIFALLAH, AZZEDINE HANI, et MOULDI SAYAD. Prédétermination des débits de crue par différentes méthodes. Cas du bassin versant d'El Kébir Ouest à Ain-Charchar (Nord-Est algérien). . 2017.
13. ALAIN MAILHOT, SAMUEL BOLDUC, et MIKAEL GUILLOU. *HYDROLOGIE À L'ÉCHELLE DE PETITS BASSINS-VERSANTS AGRICOLES*.

Références bibliographiques

Institut National de la Recherche Scientifique, Centre Eau, Terre et Environnement, 2016.

14. ISKOUNEN YACINE. *Amenagement d'oued OUCHAIAH contre les inondations (W.ALGER)*. . memoire de fin d'etude. Blida : ENSH, 2015.
15. ZEROUAL AYOUB et MEDDI MOHAMED. *Introduction à la modalisation en hydrologie (cours)*. ENSH Blida, 2017.
16. MAHDI NÉE ABDEDDAIM HAKIMA. *Contribution à la mise en œuvre d'une méthode d'analyse du risque d'inondation et de prévision des solutions d'aménagement*. . memoire de Mgistére. Batna : Université Colonel El Hadj Lakhdar, 2007.
17. AZIZI MARWA et HIC HOUR DOUAA. *Quantification des Apports Liquides et Solides pour l'Alimentation du Barrage de Chebabta. Meskiana. Wilaya d'Oum El-Bouaghi. Nord-Est Algérien*. . memoire de fin d'etude. Université de Tébessa, 2020.
18. US ARMY CORPS OF ENGINEERS. *User's Manual HEC-GeoRAS*. 2012.
19. US ARMY CORPS OF ENGINEERS. *2D Modeling User's Manual HEC-RAS*. 2016.
20. GEORGE J, ARCEMENT, JR, et VERNE R. SCHNEIDER. *Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains*. .
21. KHELALFA ABDELOUAHAB. *Aménagement des Oueds Bridja, Guerguour et Palm beach pour la protection de la Zone Ouest de la commune de Staoueli contre les inondations (W. Alger)*. . Blida : ENSH, 2020.
22. BENABID ABDERRAHMANE. *Contribution à l'étude des écoulements permanents graduellement variés en canal prismatique*. . memoire de Magistére. UNIVERSITÉ de Batna, 2009.
23. LES ENTREPRISES DE L'EAU. *prévention, santé et sécurité eau potable et assainissement*. [en ligne]. 2011. Disponible à l'adresse:
<https://www.google.com/search?q=pdf+pr%C3%A9vention%2C+sant%C3%A9+et+s%C3%A9curit%C3%A9+eau+potable+et+assainissement&oq=&aqs=chrome.4.69i59i45018.553914566j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

Références bibliographiques

ANNEXE I:

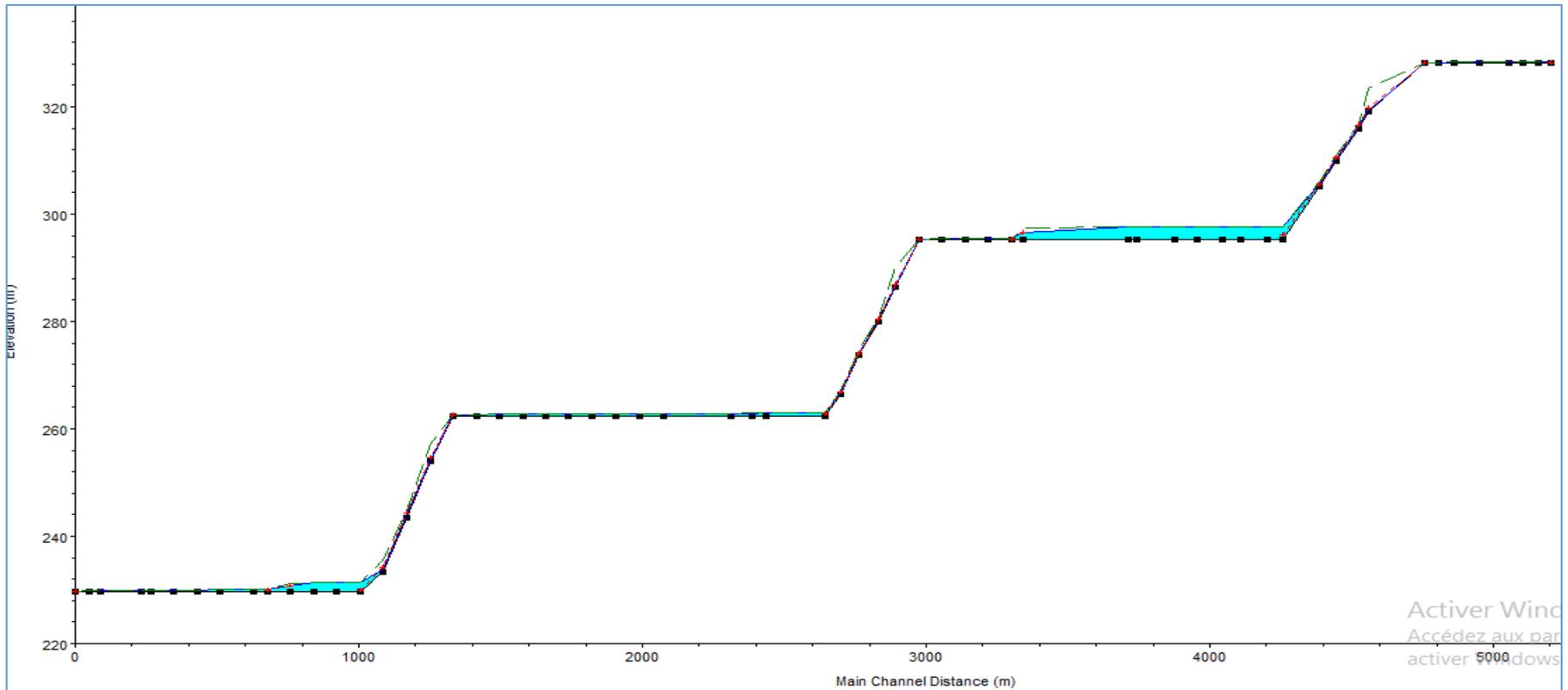


Figure annexe I-A: profile n long de TR N°1 -BV N°1

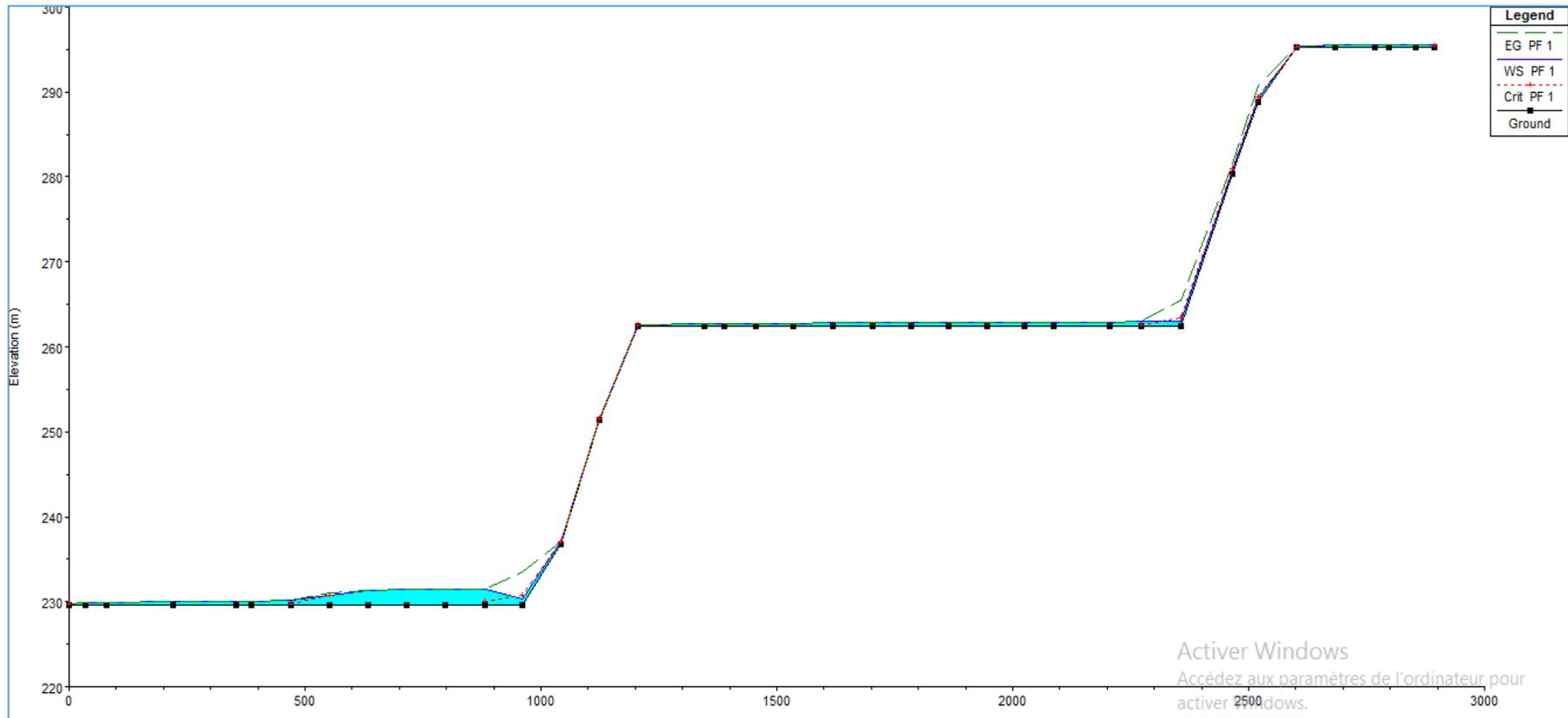


Figure annexe I-B: profile n long de TR N°2 –BV N°1

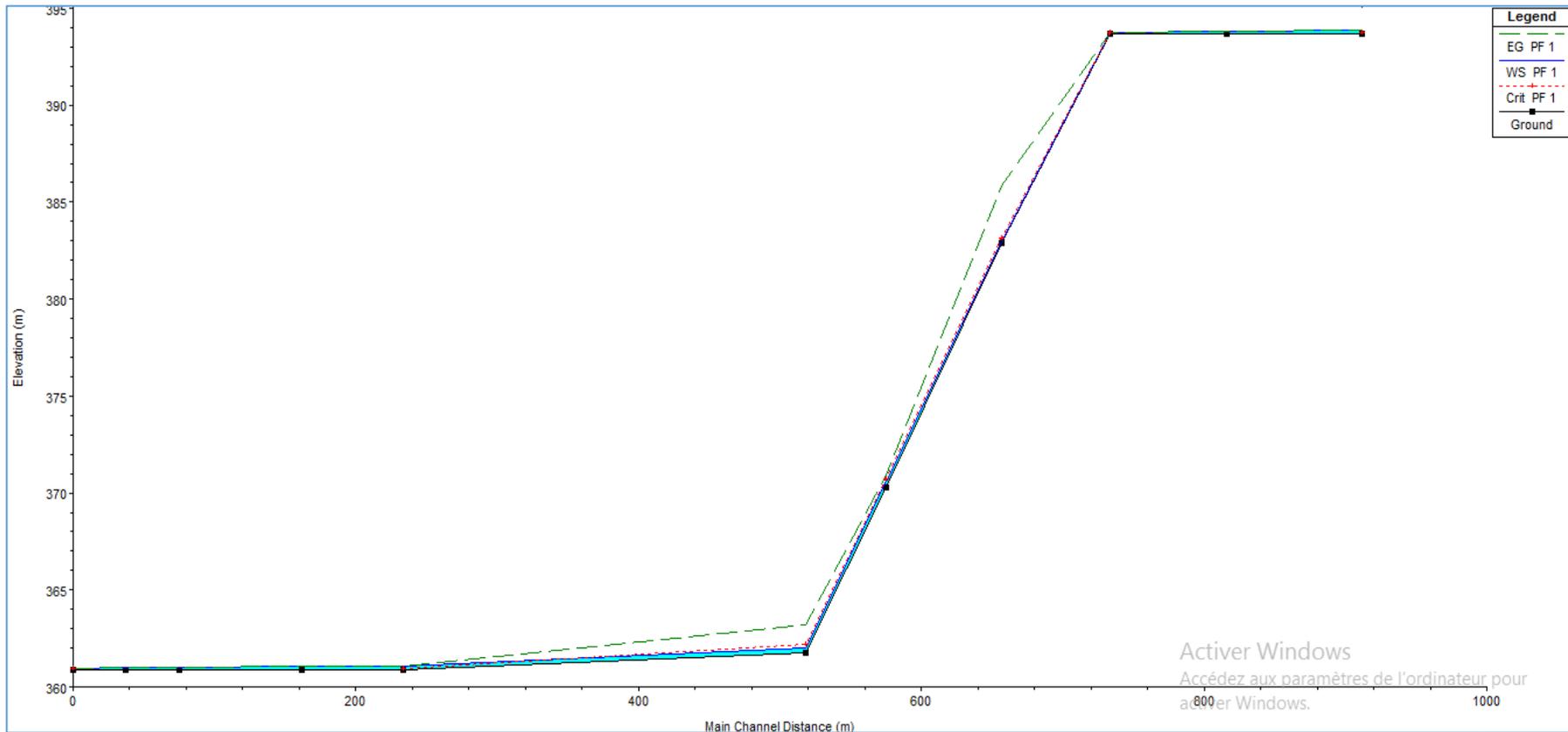


Figure annexe I-C: profile n long de TR N°3 -BV N°1

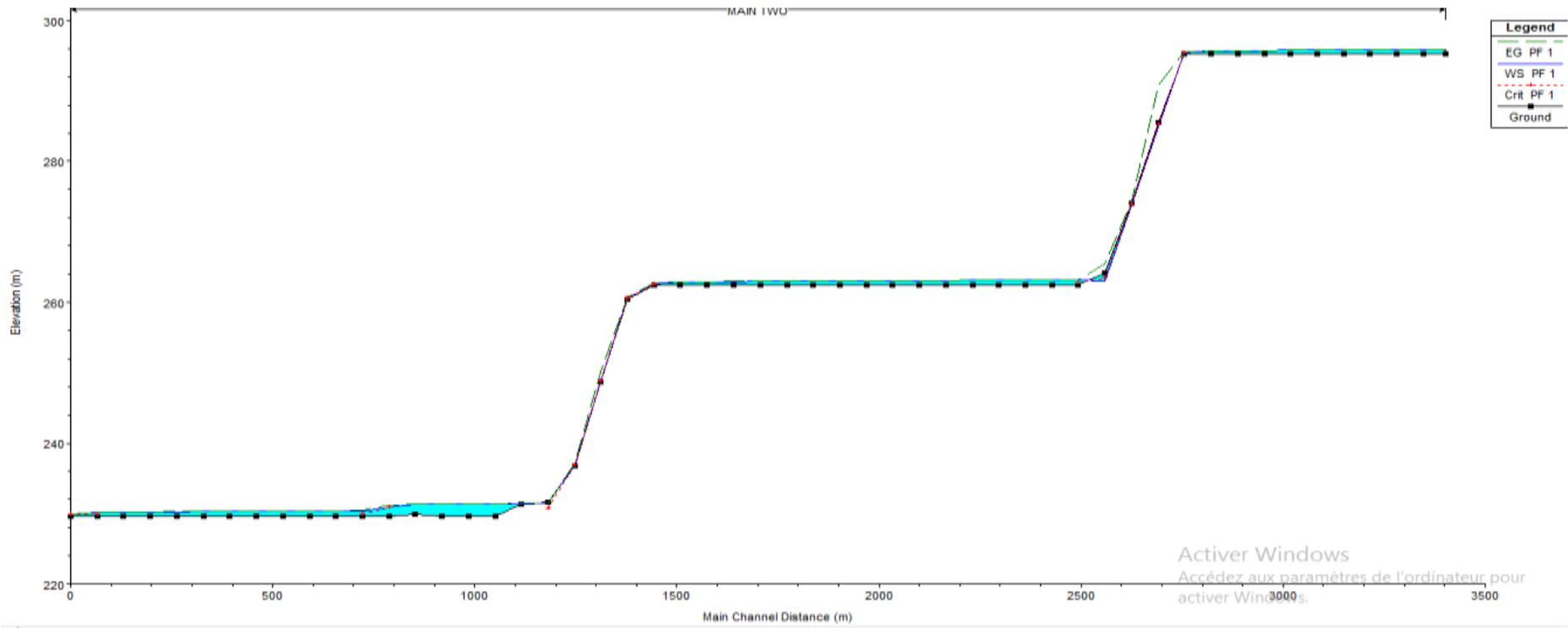


Figure annexe I-D : profile en long de TR N°1 -BV N°2

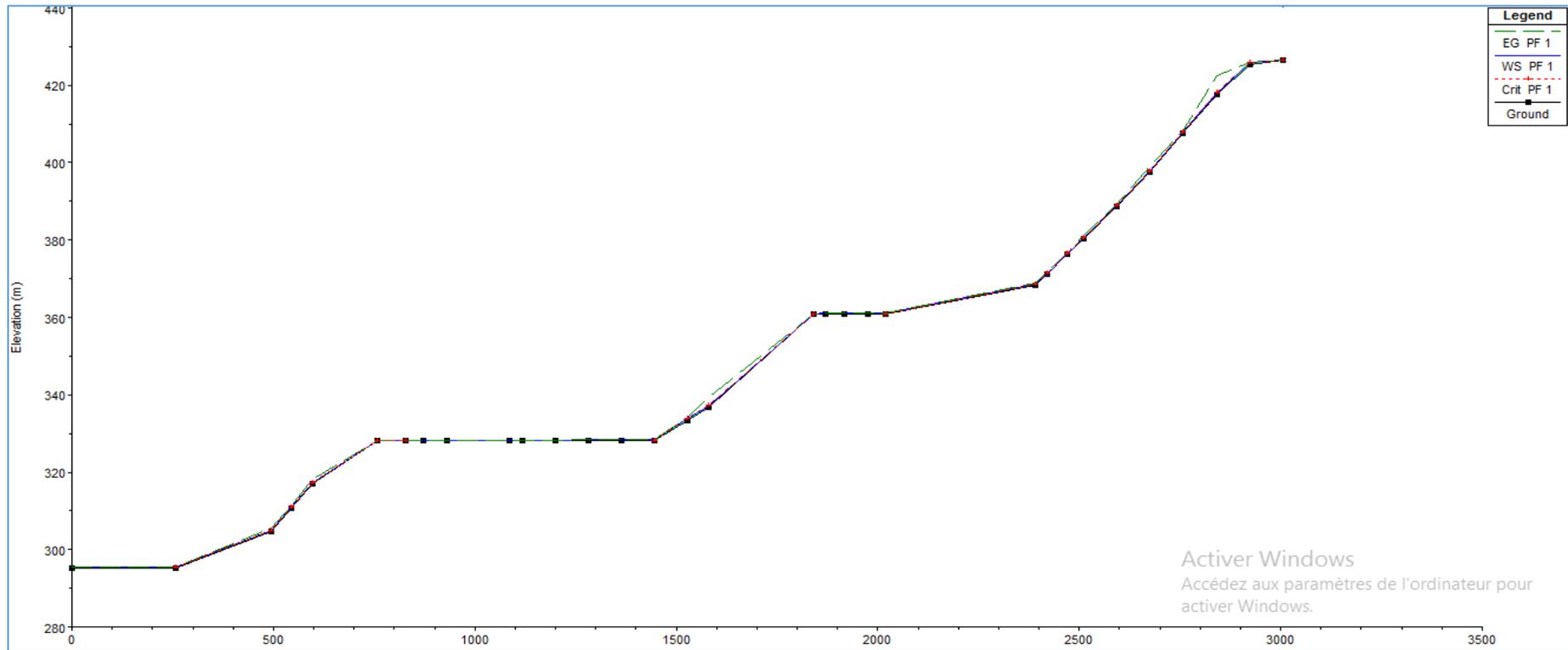


Figure annexe I-D : profile n long de TR N°2 -BV N°2

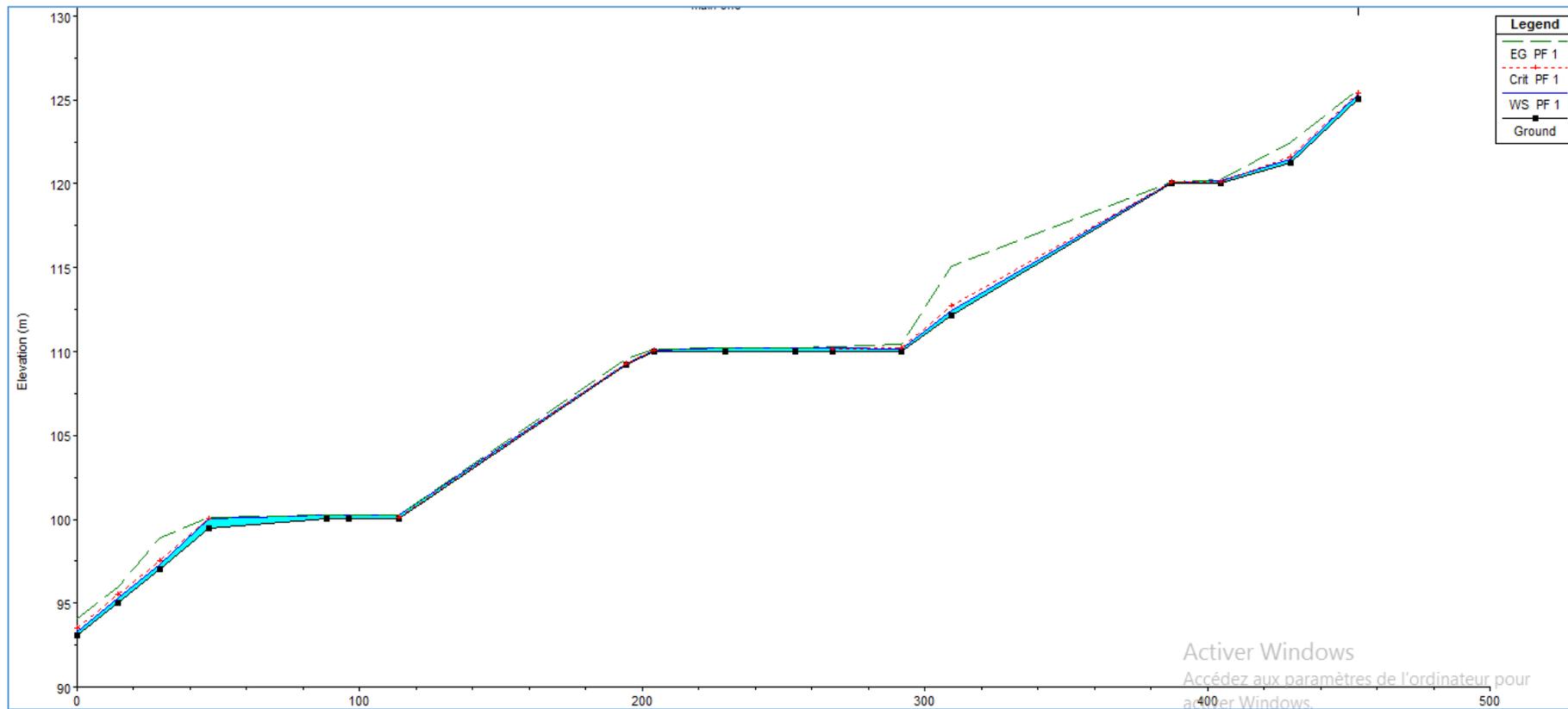


Figure annexe I-E : profile n long de TR N°1 -BV N°3

ANNEXES

ANNEXE II :

Tableau II-A : dimensionnement et calcul hydraulique de TR N°2 BV N°1

Trançon	CTN amont (m)	CTN aval (m)	distance (m)	pente (m/m)	Q (m3/s)	Dcal (m)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)
R12-R13	179.001	174.082	21.312	0.0267	1.1	643.064	800	3.912	1.966	0.559	1.035	0.539	4.047
R13-R14	174.082	172.044	22.467	0.0240	1.1	656.201	800	3.706	1.863	0.590	1.050	0.556	3.893
R14-R15	172.044	169.097	20.341	0.0269	1.1	642.254	800	3.925	1.973	0.558	1.034	0.537	4.057
R15-R16	169.097	163.636	22.512	0.0272	1.1	641.052	800	3.945	1.983	0.555	1.032	0.536	4.071
R16-R17	163.636	157.753	25.163	0.0312	1.1	624.743	800	4.225	2.124	0.518	1.010	0.514	4.268
R17-R18	157.753	152.209	25.169	0.0276	1.1	639.122	800	3.976	1.999	0.550	1.030	0.533	4.094
R18-R19	152.209	148.592	26.701	0.0306	1.1	626.910	800	4.186	2.104	0.523	1.013	0.517	4.241
R19-R20	148.592	142.839	26.952	0.0317	1.1	622.733	800	4.262	2.142	0.514	1.007	0.511	4.293
R20-R120	142.839	137.315	22.098	0.0305	1.1	627.180	800	4.182	2.102	0.523	1.014	0.517	4.238
R120-R121	137.315	131.696	20.932	0.0296	1.1	630.711	800	4.119	2.071	0.531	1.018	0.522	4.195
R121-R122	131.696	129.725	26.398	0.0273	1.1	640.346	800	3.956	1.989	0.553	1.031	0.535	4.079
R122-R123	129.725	126.614	30.739	0.0280	1.1	637.272	800	4.007	2.014	0.546	1.027	0.531	4.116
R123-R10	126.614	125.956	30.38	0.0250	1.1	651.290	800	3.781	1.901	0.579	1.045	0.550	3.951

ANNEXES

Tableau annexe II-B : vérification de vitesse d'auto curage de TR N° 2 BV N° 1

Trançon	CTN amont (m)	CTN aval (m)	distance (m)	pente (m/m)	Q (m ³ /s)	Dnor (mm)	Qmin (m ³ /s)	Rqmin	Rvmin	Rhmin	Vmin (m/s)	Hmin (m)	Q'min	R'q	R'V	R'h	V'min (m/s)	H'min (m)
R12-R13	179.00	174.08	21.31	0.027	1.1	800	0.197	0.179	0.785	0.295	3.069	0.236	0.011	0.010	0.293	0.063	1.187	0.126
R13-R14	174.08	172.04	22.47	0.024	1.1	800	0.186	0.169	0.775	0.288	2.872	0.230	0.011	0.010	0.293	0.063	1.142	0.130
R14-R15	172.04	169.10	20.34	0.027	1.1	800	0.197	0.179	0.785	0.295	3.082	0.236	0.011	0.010	0.293	0.063	1.190	0.126
R15-R16	169.10	163.64	22.51	0.027	1.1	800	0.198	0.180	0.786	0.296	3.101	0.237	0.011	0.010	0.293	0.063	1.194	0.126
R16-R17	163.64	157.75	25.16	0.031	1.1	800	0.212	0.193	0.798	0.305	3.371	0.244	0.011	0.010	0.293	0.063	1.252	0.121
R17-R18	157.75	152.21	25.17	0.028	1.1	800	0.200	0.182	0.787	0.297	3.131	0.237	0.011	0.010	0.293	0.063	1.201	0.125
R18-R19	152.21	148.59	26.70	0.031	1.1	800	0.210	0.191	0.796	0.304	3.333	0.243	0.011	0.010	0.293	0.063	1.244	0.121
R19-R20	148.59	142.84	26.95	0.032	1.1	800	0.214	0.195	0.799	0.306	3.4061111	0.245	0.011	0.010	0.293	0.063	1.259	0.120
R20-R120	142.84	137.32	22.10	0.031	1.1	800	0.210	0.191	0.796	0.303	3.329	0.243	0.011	0.010	0.293	0.063	1.243	0.121
R120-R121	137.32	131.70	20.93	0.030	1.1	800	0.207	0.188	0.794	0.301	3.269	0.241	0.011	0.010	0.293	0.063	1.230	0.122
R121-R122	131.70	129.73	26.40	0.027	1.1	800	0.199	0.181	0.787	0.296	3.112	0.237	0.011	0.010	0.293	0.063	1.196	0.126
R122-R123	129.73	126.61	30.74	0.028	1.1	800	0.201	0.183	0.789	0.298	3.161	0.238	0.011	0.010	0.293	0.063	1.207	0.125
R123-R10	126.61	125.96	30.38	0.025	1.1	800	0.190	0.173	0.779	0.290	2.944	0.232	0.011	0.010	0.293	0.063	1.159	0.129

ANNEXES

Tableau annexe II-C : dimensionnement de TR N° 3 BV N° 1

Trançon	CTN amont (m)	CTN aval (m)	distance (m)	pente (m/m)	Q (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	H (m)
R11-R21	125.956	123.337	40.984	0.0237	2.286	865.423	1000	4.273	3.356	0.681	1.083	0.604	4.629	0.604
R21-R22	123.337	121.617	30.407	0.0237	2.286	865.217	1000	4.276	3.358	0.681	1.083	0.604	4.631	0.604
R22-R23	121.617	119.607	34.136	0.0208	2.286	886.743	1000	4.004	3.145	0.727	1.093	0.629	4.377	0.629
R23-R24	119.607	118.979	31.106	0.0138	2.286	957.999	1000	3.259	2.559	0.893	1.114	0.742	3.630	0.742

Tableau annexe II-D : vérification de vitesse d'auto curage de TR N° 3 BV N° 1

Trançon	CTN amont (m)	CTN aval (m)	distance (m)	pente (m/m)	Q (m ³ /s)	Dnor (mm)	Qmin (m ³ /s)	Rqmin	Rvmin	Rhmin	Vmin (m/s)	Hmin (m)	Q'min (m ³ /s)	R'q	R'V	R'h	V'min (m/s)	H'min (m)
R11-R21	125.956	123.337	40.984	0.0237	2.286	1000	0.336	0.147	0.747	0.270	3.193	0.270	0.023	0.010	0.293	0.063	1.358	0.177
R21-R22	123.337	121.617	30.407	0.0237	2.286	1000	0.336	0.147	0.747	0.270	3.196	0.270	0.023	0.010	0.293	0.063	1.358	0.177
R22-R23	121.617	119.607	34.136	0.0208	2.286	1000	0.315	0.138	0.734	0.262	2.939	0.262	0.023	0.010	0.293	0.063	1.284	0.184
R23-R24	119.607	118.979	31.106	0.0138	2.286	1000	0.256	0.112	0.688	0.236	2.242	0.236	0.023	0.010	0.293	0.063	1.065	0.218

ANNEXES

Tableau annexe II-E : dimensionnement de TR N° 4 BV N° 1

Trançon	CTN amont (m)	CTN aval (m)	distance (m)	pente (m/m)	Q (m ³ /s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vps (m/s)	Qps (m ³ /s)	Rq	Rv	Rh	Vec (m/s)	H (m)
R25-R26	163.441	160.386	20.428	0.0247	1.58	747.313	800.000	3.764	1.892	0.835	1.107	0.695	4.166	0.556
R26-R27	160.386	156.941	22.987	0.0259	1.58	740.861	800.000	3.852	1.936	0.816	1.105	0.682	4.255	0.546
R27-R28	156.941	153.674	21.842	0.0260	1.58	740.379	800.000	3.859	1.940	0.815	1.104	0.681	4.262	0.545
R28-R29	153.674	150.146	23.604	0.0245	1.58	748.681	800.000	3.746	1.883	0.839	1.107	0.698	4.147	0.559
R29-R30	150.146	146.676	22.466	0.0232	1.58	756.503	800.000	3.643	1.831	0.863	1.110	0.716	4.044	0.573
R30-R31	146.676	143.601	22.001	0.0239	1.58	752.114	800.000	3.700	1.860	0.849	1.108	0.706	4.102	0.565
R31-R32	143.601	139.865	25.392	0.0250	1.58	745.569	800.000	3.787	1.904	0.830	1.106	0.692	4.190	0.553
R32-R33	139.865	137.404	17.464	0.0265	1.58	737.842	800.000	3.894	1.957	0.807	1.104	0.676	4.298	0.541
R33-R124	137.404	134.441	21.85	0.0257	1.58	741.669	800.000	3.841	1.931	0.818	1.105	0.684	4.244	0.547
R124-R125	134.441	131.689	20.453	0.0246	1.58	748.052	800.000	3.754	1.887	0.837	1.107	0.697	4.156	0.558
R125-R126	131.689	128.649	22.637	0.0238	1.58	752.468	800.000	3.696	1.858	0.851	1.109	0.707	4.097	0.565
R126-R127	128.649	125.444	23.744	0.0234	1.58	755.102	800.000	3.661	1.840	0.859	1.110	0.713	4.062	0.570
R127-R128	125.444	122.314	23.311	0.0277	1.58	731.533	800.000	3.984	2.003	0.789	1.102	0.664	4.389	0.531
R128-R24	122.314	116.979	24.98	0.0214	1.58	767.864	800.000	3.501	1.760	0.898	1.115	0.746	3.902	0.597

ANNEXES

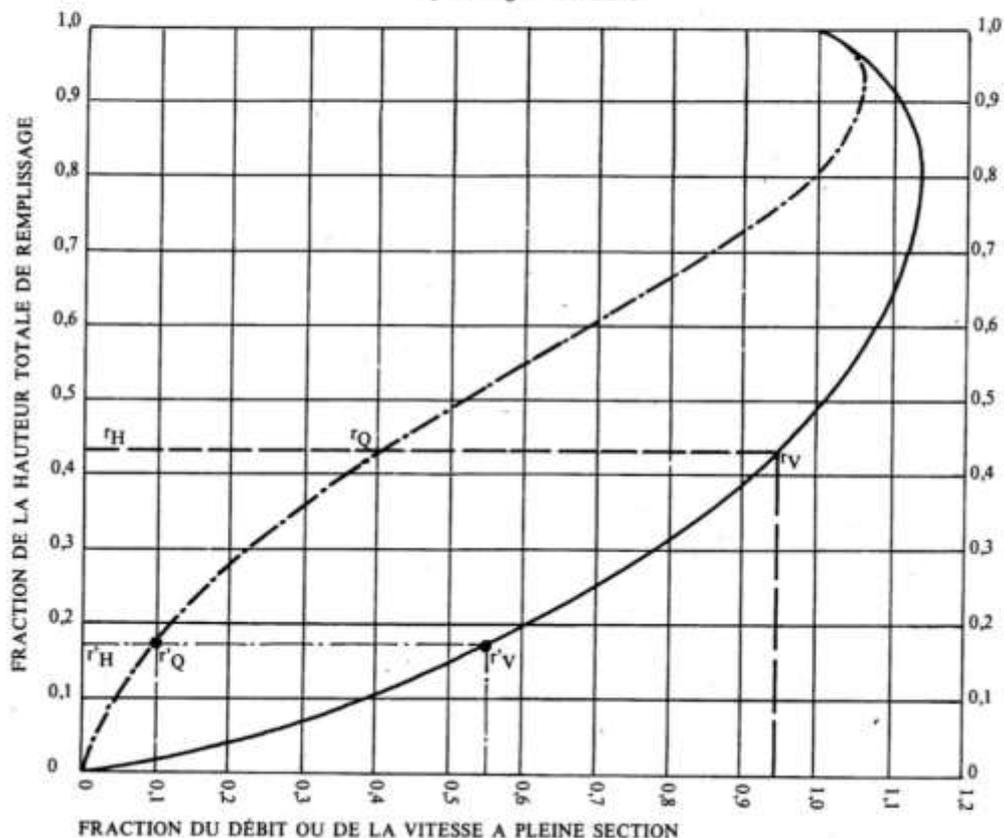
Tableau annexe II-F : vérification de vitesse d'auto curage de TR N° 4 BV N° 1

Trançon	CTN amont (m)	CTN aval (m)	distance (m)	pente (m/m)	Q (m ³ /s)	Dnor (mm)	Qmin (m ³ /s)	Rqmin	Rvmin	Rhmin	Vmin (m/s)	Hmin (m)	Q'min	R'q	R'V	R'h	V'min	H'min
R25-R26	163.441	160.386	20.428	0.0247	1.58	800	0.189	0.120	0.703	0.245	2.647	0.196	0.016	0.010	0.293	0.063	1.222	0.163
R26-R27	160.386	156.941	22.987	0.0259	1.58	800	0.194	0.123	0.709	0.247	2.729	0.198	0.016	0.010	0.293	0.063	1.248	0.160
R27-R28	156.941	153.674	21.842	0.0260	1.58	800	0.194	0.123	0.709	0.248	2.736	0.198	0.016	0.010	0.293	0.063	1.250	0.160
R28-R29	153.674	150.146	23.604	0.0245	1.58	800	0.188	0.119	0.702	0.244	2.630	0.195	0.016	0.010	0.293	0.063	1.216	0.164
R29-R30	150.146	146.676	22.466	0.0232	1.58	800	0.183	0.116	0.696	0.241	2.536	0.193	0.016	0.010	0.293	0.063	1.186	0.168
R30-R31	146.676	143.601	22.001	0.0239	1.58	800	0.186	0.118	0.699	0.243	2.588	0.194	0.016	0.010	0.293	0.063	1.203	0.166
R31-R32	143.601	139.865	25.392	0.0250	1.58	800	0.190	0.120	0.705	0.245	2.669	0.196	0.016	0.010	0.293	0.063	1.229	0.162
R32-R33	139.865	137.404	17.464	0.0265	1.58	800	0.196	0.124	0.711	0.249	2.769	0.199	0.016	0.010	0.293	0.063	1.260	0.159
R33-R124	137.404	134.441	21.85	0.0257	1.58	800	0.193	0.122	0.708	0.247	2.719	0.198	0.016	0.010	0.293	0.063	1.245	0.160
R124-R125	134.441	131.689	20.453	0.0246	1.58	800	0.189	0.119	0.703	0.244	2.638	0.195	0.016	0.010	0.293	0.063	1.219	0.164
R125-R126	131.689	128.649	22.637	0.0238	1.58	800	0.186	0.118	0.699	0.242	2.584	0.194	0.016	0.010	0.293	0.063	1.202	0.166
R126-R127	128.649	125.444	23.744	0.0234	1.58	800	0.184	0.116	0.697	0.241	2.552	0.193	0.016	0.010	0.293	0.063	1.191	0.167
R127-R128	125.444	122.314	23.311	0.0277	1.58	800	0.200	0.127	0.716	0.252	2.853	0.201	0.016	0.010	0.293	0.063	1.287	0.156
R128-R24	122.314	116.979	24.98	0.0214	1.58	800	0.176	0.111	0.687	0.236	2.405	0.189	0.016	0.010	0.293	0.063	1.144	0.175

ABAQUE 3-a

VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DU REMPLISSAGE

a) Ouvrages circulaires



MODE D'EMPLOI.

Les abaques Ab. 3 et Ab. 4 (a et b) utilisés pour le choix des sections d'ouvrages, compte tenu de la pente et du débit, permettent d'évaluer la vitesse d'écoulement à pleine section.

Pour l'évaluation des caractéristiques capacitaires des conduites, ou pour apprécier les possibilités d'autocurage, le nomogramme ci-dessus permet de connaître la vitesse atteinte en régime uniforme pour un débit inférieur à celui déterminé à pleine section.

Les correspondances s'établissent, soit en fonction de la fraction du débit à pleine section, soit en fonction de la hauteur de remplissage de l'ouvrage.

Exemples :

Pour $r_Q = 0,40$, on obtient $r_V = 0,95$ et $r_H = 0,43$.

Pour $Q_{PS}/10$, on obtient $r'_V = 0,55$ et $r'_H = 0,17$ (autocurage).

Nota. — Pour un débit égal au débit à pleine section, la valeur du rapport $r_Q = 1,00$ est obtenue avec $r_H = 0,80$.

Le débit maximum ($r_Q = 1,07$) est obtenu avec $r_H = 0,95$.

La vitesse maximum ($r_V = 1,14$) est obtenue avec $r_H = 0,80$.

Ces dernières conditions d'écoulement à caractère assez théorique ne peuvent être obtenues que dans des conditions très particulières d'expérimentation.

Figure annexe II-A : Abaque de variation des débits et des vitesses en fonction de la hauteur de remplissage (9)