



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

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

Option : CONCEPTION DES OUVRAGES HYDROTECHNIQUES

THEME :

**ETUDE DE PROTECTION DE LA VILLE KHEMISTI
CONTRE LES INONDATIONS (W. TISSEMSILT)**

Présenté par :

M^{elle} RATA HAKIMA

Devant les membres du jury

Noms et prénoms	Grade	Qualité
B.BENLAOUKLI	M.C.A	Président
S.TOUMI	M.C.B	Membre
A.ADDOU	M.A.A	Membre
M.BOUIZIANE	M.A.A	Membre
A.BOUFEKANE	M.C.B	Promoteur

Session : Septembre 2019

Dédicaces



Je dédie ce travail à tous ceux que j'aime mais surtout :

Mon père : KADDOUR

Ma mère : BAKHTA

Mes frères : MOURAD, HALIM, AMER

Mes sœurs : SOUAD, DJAMILA, RABIA,

Mes enseignants de l'ENSH

Mes amies de l'ENSH

Remerciement

Je remercie infiniment

Mon encadreur Mr BOUFEKANE

Les membres de jury

Les enseignants de l'ENSH

Mes amies et mes collègues

الملخص

تهدف هذه الدراسة الى ايجاد طريقة مناسبة لوضع شبكة لصرف مياهامطار اودية عين الحمرة حي الرمال توكرية بوبزيزة على مستوى مدينة خميستي ولاية تسمسيت وذلك من خلال تحديد المعالم المرفولوجية و المناخية و الهيدرولوجية التي مكنتنا من تحديد كمية التدفق القصوى واختيار الحل الامثل لحماية هذه المدينة من الفيضانات.

المشروع النهائي هو تغيير اتجاه واد توكرية وربطه بواد حي الرمال بواسطة قناة طبيعية ذات شكل شبه منحرف مع حواف الاودية اضافة الى استعمال قناة مستطيلة الشكل من الخرسانة المسلحة المسبقة الصنع لتسهيل المرور في الطرقات.

كلمات مفتاحية خميستي فيضان حماية صرف

Résumé

L'objectif de cette étude est de trouver la meilleure manière pour mettre en place des ouvrages d'aménagement pluviaux au niveau de la ville de Khemisti dans la wilaya de Tissemsilt, à travers la détermination de l'ensemble des paramètres géomorphologiques, climatiques et hydrologiques.

Ceci a permis de dégager le débit de dimensionnement et de choisir la variante adéquate pour la protection de cette ville. Le projet final est de changer la direction de l'oued d'Ain El Hamra et le collecter avec l'oued de la cité Rumel et cela par l'utilisation d'un canal à ciel ouvert trapézoïdal protégé à des dimensions bien définies. Néanmoins, on utilise les dalots dans les traversés pour faciliter le passage au sein des routes.

On peut regrouper tous les zones touchées moralement et physiquement dans une seule carte pour meilleur protection de cette ville.

Mots clés : Khemisti, Inondation, Protection, Aménagement, HEC-RAS

Abstract

The objective of this study is to find a better way to master rainwater management works at the level of the city of Khemisti Tissemsilt through the determination of all geomorphological, climatic, and hydrological parameters, this allows the flow of the flood to be removed and the appropriate variant for the protection to be chosen.

The final project is changed the direction of Ain el Hamra and the collection with the quoted Rumel is used open channel to well defined dimensions and also we use the scuppers in the crosses to facilitate the passage to his roads and all flood zones can be grouped into a single map for better protection of the city.

Key Words : Flood, Protection, Development, HEC-RAS.

SOMMAIRE

Introduction générale

Chapitre I : Généralité sur les inondations

I	INTRODUCTION	22
I.1	LES INONDATIONS	22
I.1.1	DEFINITION	22
I.2	CRUE	22
I.2.1	DEFINITION	22
I.2.2	LES ELEMENTS DESCRIPTIFS D'UNE CRUE	22
	Figure I.1 : Les éléments descriptifs d'une crue simple	22
I.2.3	LES TYPES DE CRUES.....	22
I.2.4	PROCESSUS DE FORMATION DES CRUES	23
I.3	MECANISME DES INONDATIONS	23
I.4	LES CAUSES D'INONDATIONS.....	23
I.5	TYPES DES INONDATIONS.....	23
I.6	CONNAISSANCE DE L'ALEA "INONDATION"	25
I.6.1	L'aléa.....	25
	Interpelle deux disciplines principales ; l'hydrologie et l'hydraulique. Les principaux paramètres nécessaires pour évaluer l'aléa sont :	25
I.6.2	Les situations d'alea	26
I.7	LES CONSEQUENCES ENGENDREES PAR LES INONDATIONS	26
I.8	LES INONDATION DANS LE MONDE	27
I.9	LES INONDATIONS EN ALGERIE.....	27
I.10	ELEMENTS DE BASE EN HYDROLOGIE	28
I.10.1	Bassin versant.....	28
I.10.2	Paramètres fondamentaux du cours d'eau.....	28

I.11	CONCLUSION	29
II	INTRODUCTION	31
II.1	SITUATION GEOGRAPHIQUE	31
II.2	DONNEES NATURELLES DU SITE	31
II.2.1	Géologie de la région.....	31
II.2.2	Situation topographique.....	34
II.2.3	Séismicité	34
II.2.4	Situation climatique.....	35
II.3	CONCLUSION	40
III	INTRODUCTION	42
III.1	LES CARACTERISTIQUES DU BASSIN	42
III.1.1	CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES DU BASSIN.....	42
III.1.2	CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU BASSIN	43
III.2	ANALYSE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES.....	54
III.2.1	Présentation de la station pluviométrique et pluie moyenne annuelle.....	54
III.2.2	Analyse statistique des pluies maximales journalières.....	54
III.2.3	Pluie de courte durée	57
III.3	ETUDE DES APPORTS.....	60
III.3.1	APPORTS LIQUIDES	60
III.3.2	APPORT SOLIDE EN SUSPENSION	60
III.4	ETUDE DE CRUES.....	61
III.4.1	Introduction	61
III.4.2	Définition.....	61
III.4.3	DIFFERENTES METHODES D'EVALUATION DESCRUES.....	61
III.5	CONCLUSION	68
IV	INTRODUCTION	70
IV.1	TRAVAUX DE RECONNAISSANCES ET ESSAIS GEOTECHNIQUES DE LABORATOIRE.....	70
IV.2	LES CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES DES SOLS DE FONDATION DES OUVRAGES PROJETES	73
V	INTRODUCTION	77
V.1	LES DIFFERENTS AMENAGEMENT D'UN COURS D'EAU	77
V.2	OBJECTIF D'AMENAGEMENT	77
V.3	DONNEES DE BASE EXISTANTE POUR L'AMENAGEMENT	77
V.4	DEBITS DE DIMENSIONNEMENT.....	77

V.5	GENERALITES SUR LES ECOULEMENTS	77
V.5.1	Ecoulement à surface libre	77
	Est défini comme un écoulement de liquide, avec une surface qui est en contact, avec l'air libre est la pression atmosphérique, ce cas d'écoulement se fait sous l'action de la force de gravité à cause de l'existence de la pente.	77
V.5.2	Ecoulement permanent	77
V.5.3	Ecoulement non permanent	78
V.5.4	Ecoulement uniforme	78
V.5.5	Ecoulement non uniforme	78
	Est défini lorsque ces paramètres : vitesse, pente, rugosité, profondeur et section se varient dans l'espace. C'est-à-dire :	78
V.6	REGIME D'ECOULEMENT	78
V.7	LES CANAUX A CIEL OUVERT	80
V.7.1	LES TYPES DE CANAUX	80
V.7.2	DIMENSIONNEMENT DES CANAUX	80
V.7.3	CALCUL DE LA PROFONDEUR NORMAL h_n	82
V.7.4	CALCUL DE LA PROFONDEUR CRITIQUE h_{cr}	82
V.7.5	CALCUL DE LA PENTE CRITIQUE	82
V.8	CALCUL DE LA LIGNE D'EAU	83
V.8.1	L'EQUATION DE LA LIGNE D'EAU	83
V.8.2	DIFFERENTES FORMES DE COURBE DE REMOUS	83
V.8.3	CALCUL DE LA SURFACE D'EAU	85
	&- Oued Cité Rumel.....	88
	Figure V.17 : Les sections en travers des zones inondables.....	96
V.8.4	CALCUL DU RESSAUT.....	96
V.9	CALCUL DE LA SURFACE D'EAU	98
V.10	DALOT EN BETON ARME	98
V.10.1	DEFINITION	98
V.10.2	LES CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES D'UN DALOT	98
V.10.3	LES TYPES D'UN DALOT	99
V.10.4	LES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES D'UN DALOT	99
V.11	DIMENSIONNEMENT D'UN DALOT.....	100
V.11.1	Hypothèse générale de calcul	100
V.11.2	Les charges et surcharge.....	100
V.11.3	LES COMBINAISONS D' ACTIONS	101

V.11.4	LE FERRAILLAGE.....	102
V.12	GALRIES	102
V.13	LES BASSINS DE RETENTION.....	102
V.14	REGARD.....	103
V.15	CONCLUSION	103
VI	INTRODUCTION	105
VI.1	PREMIERE VARIANTE D'AMENAGEMENTS	105
VI.1.1	DEVIS DE LA PREMIERE VARIANTE.....	107
VI.2	DEUXIEME VARIANTE D'AMENAGEMENTS	109
VI.2.1	Protection des berges.....	110
VI.2.2	Devis estimatif de la deuxième variante.....	112
VI.3	ETUDE DE LA STABILITE DES CANAUX.....	113
VI.4	LE CHOIX DE LA VARIANTE D'AMENAGEMENT	115
VI.4.1	Les critères d'évaluation.....	115
VI.4.2	La variante choisit	115
VI.5	CONCLUSION	115
VII	INTRODUCTION	117
VII.1	INSTALLATIONS DU CHANTIER	117
VII.1.1	INSTALLATIONS DE PERSONNEL.....	117
	Sont les installations sanitaires, les bureaux.....	117
VII.1.2	INSTALLATION DU STOCKAGE DES MATERIAUX :.....	117
VII.1.3	INSTALLATION DE LA REPARATION DES ENGINs :	117
VII.1.4	INSTALLATION DES ELEMENTS DE LA PREFABRICATION :	117
VII.1.5	SUCCESSION DES OPERATIONS DU CHANTIER	117
VII.2	TECHNOLOGIE DES PRINCIPAUX TRAVAUX.....	117
VII.3	PLANIFICATION.....	119
VII.3.1	Définition.....	119
VII.3.2	Techniques de la planification.....	119
VII.4	LES ETAPES DE LA PLANIFICATION	120
VII.5	LES PARAMERTRES DE LA METHODE DE TABLEAU ET LA METHODE GRAPFIQUE.....	120
VII.6	ELABORATION DU RESEAU	121
VII.7	CONCLUSION	124
VIII	INTRODUCTION	126

VIII.1	ACCIDENT DE TRAVAIL	126
VIII.2	MALADIE PROFESSIONNELLE	126
VIII.3	LES INDICES STATISTIQUES DES AT ET MP	127
VIII.4	LES CAUSES D'ACCIDENT DE TRAVAIL ET MALADIE PROFESSIONNELLE.	127
VIII.5	LES ACTEURS DE PREVENTION AU NIVEAU NATIONAL.....	128
VIII.6	ERGONOMIE	128
VIII.7	POSTE DE TRAVAIL	128
VIII.8	LES AMBIANCES DU POSTE DE TRAVAIL.....	129
VIII.9	LES AVANTAGES DE LA PROTECTION ET SECURITE	129
VIII.10	PRINCIPAUX RISQUES DE TERASSEMENT.....	129
VIII.11	LES DEMARCHES DE PREVENTION	129
VIII.12	LA PROTECTION COLLECTIVE	130
VIII.13	LES EQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE.....	130

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : Généralité sur les inondations

Tableau I-1: Conséquences des inondations	26
---	----

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

Tableau II-1: Coefficient d'accélération.....	34
Tableau II-2: Humidité relative moyenne Station de Tiaret	36
Tableau II-3: Répartition mensuelle des températures Station de Tiaret	37
Tableau II-4: Vitesses moyennes mensuelles du vent station de Tiaret	38
Tableau II-5: Répartition mensuelle de l'évaporation	38
Tableau II-6: Répartition cumuls mensuelle des précipitations	39

Chapitre III : Etude hydrologique

Tableau III-1: Caractéristiques morpho-métrique du bassin de Khemisti.....	44
Tableau III-2: Distribution de la superficie du bassin versant en fonction de l'altitude	45
Tableau III-3: Classe de relief selon (Bonnard et Gardel, 1996).....	48
Tableau III-4: Les caractéristiques physiques des sous bassins versants	53
Tableau III-5: Station pluviométrique de Khemisti code 011004	54
Tableau III-6: Les paramètres statistiques.....	54
Tableau III-7: Résultats d'ajustement à la loi de Galton	55
Tableau III-8: Résultats d'ajustement à la loi de Gumbel.....	56
Tableau III-9: pluies de courte durée du bassin versant Khemisti	58
Tableau III-10: pluies de courte durée en mm du sous bassin versant.....	58
Tableau III-11: intensité des pluies du bassin pour différentes fréquences.....	58
Tableau III-12: intensité des pluies en mm/h du sous bassins.....	58
Tableau III-13: précipitations et les intensités du bassin pour les différentes fréquences	59
Tableau III-14: Les apports liquides et les lames d'eau du sous bassins versants	60
Tableau III-15: Différentes valeurs de « α »	61
Tableau III-16: les apports solides de chaque sous bassins.....	61
Tableau III-17: Le débit maximal de crue du bassin pour différent période de retour.....	63
Tableau III-18: les débits des crues en m ³ /s des sous bassins	63
Tableau III-19: les différents paramètres pour différents sous bassins	64
Tableau III-20: les débits de la crue centennale de sous bassin Toukeria.....	64
Tableau III-21: Les débits de la crue centennale de sous bassin Cité Rumel.....	65
Tableau III-22: Les débits de la crue centennale de sous bassin Ain el Hamra.....	66

Chapitre IV : Etude géotechnique et géomorphologique

Tableau IV-1: La variation de la résistance en fonction de profondeur	72
Tableau IV-2: Les résultats d'essai de granulométrie.....	73
Tableau IV-3: Les limites d'ATTERBERG	73
Tableau IV-4: La teneur en carbonate en fonction de profondeur.....	73
Tableau IV-5: Les valeurs de bleu méthylène en fonction de la profondeur.....	74
Tableau IV-6: La variation du sulfate en fonction de la profondeur	74
Tableau IV-7: Les caractéristiques mécaniques du sol.....	74
Tableau IV-8: L'état de consolidation du sol.....	75

Chapitre V : Calcul hydraulique

Tableau V-1: les paramètres géométriques d'un canal à section trapézoïdale.....	82
Tableau V-2: Différentes formes de courbes de remous.....	84
Tableau V-3: Différents types de ressaut	98
Tableau V-4: les caractéristiques géométriques d'un dalot	98
Tableau V-5: les combinaisons d'actions	101

Chapitre VI : Etude des variantes

Tableau VI-1: Les différents ouvrages utilisés dans l'oued Ain El Hamra	105
Tableau VI-2: Différents ouvrages utilisés dans l'oued de Cité Rhumel	106
Tableau VI-3: Différents ouvrages utilisés dans l'oued Toukeria	106
Tableau VI-4: l'estimation des travaux du lot n°01 d'Ain el Hamra.....	107
Tableau VI-5: l'estimation des travaux du lot n°2 de Cité Rumel.....	108
Tableau VI-6: l'estimation des travaux du lot n°3 d'Oued Toukeria	108
Tableau VI-7: Les paramètres et les caractéristiques d'Oued Ain el Hamra.....	109
Tableau VI-8: Les paramètres et les caractéristiques d'Oued Cité Rumel	109
Tableau VI-9: Les paramètres et les caractéristiques d'Oued Toukeria	110
Tableau VI-10: Les paramètres et les caractéristiques d'Oueds Cité Rumel et Toukeria ...	110
Tableau VI-11: les paramètres et les caractéristiques d'Oued Boubziza.....	110
Tableau VI-12: Devis estimatif d'Oued Ain el Hamra	112
Tableau VI-13: Devis estimatif d'Oued Cité Rumel	112
Tableau VI-14: Devis estimatif d'Oued Toukeria	113
Tableau VI-15: Devis estimatif d'Oued Boubziza.....	113
Tableau VI-16: Vérification de la stabilité des berges des Oueds	114

Chapitre VII : Organisation de chantier

Tableau VII-1: Les taches d'Oued AIN EL HAMRA (A)	121
Tableau VII-2: Calcul la durée de projet par la méthode de tableau	122
Tableau VII-3: Les taches d'Oued Cité Rumel (B).....	122
Tableau VII-4: Calcul la durée de projet par la méthode de tableau	122
Tableau VII-5: Les taches d'Oued Toukeria (C).....	123

Tableau VII-6: Calcul la durée de projet par la méthode de tableau	123
Tableau VII-7: Les taches d'Oued Boubziza (D)	123
Tableau VII-8: Calcul la durée de projet par la méthode de tableau	124

LISTE DE FIGURES

Chapitre I : Généralité sur les inondations

Figure I-1: Les éléments descriptifs d'une crue simple	22
Figure I-2: Inondation par crue torrentielle.....	24
Figure I-3: Inondation par ruissèlement pluvial.....	24
Figure I-4: Inondation de plaine.....	24
Figure I-5: Inondation par submersion marine.....	25
Figure I-6: Inondation par rupture du barrage.....	25
Figure I-7: Inondation par remontée de nappe phréatique	25
Figure I-8: Les risques d'inondation	26
Figure I-9: Des dommages socio-économique et environnemental	27
Figure I-10: Des victimes et destruction les infrastructures.....	27
Figure I-11: Délimitation du bassin versant.....	28
Figure I-12: Coupe transversale d'un bassin versant	29
Figure I-13: Ripisylve	29

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

Figure II-1: Situation de la ville Khemisti (DRE, Tissemsilt)	31
Figure II-2: Extrait de la carte géologique donnant un aperçu de la géologie de notre région échelle 1/500000	33
Figure II-3: Le plan de situation de la commune Khemisti	34
Figure II-4: Carte de zonage sismique du territoire national	35
Figure II-5: Extrait de la carte-thème de l'Afrique	36
Figure II-6: Répartition mensuelle de l'humidité relative	37
Figure II-7: Répartition mensuelle des températures.....	37
Figure II-8: Répartition mensuelle de la vitesse moyenne.....	38
Figure II-9: Répartition mensuelle de l'évaporation.....	39
Figure II-10: Répartition mensuelle des pluies	39

Chapitre III : Etude hydrologique

Figure III-1: Le bassin versant de Khemisti	42
Figure III-2: Localisation du bassin versant de Khemisti.....	43
Figure III-3: Rectangle équivalent.....	44
Figure III-4: La carte hypsométrique.....	46
Figure III-5: Représentation graphique de la courbe hypsométrique	47
Figure III-6: Réseau hydrographique du bassin versant de Khemisti.....	50
Figure III-7: Les sous bassins versants du bassin Khemisti	53
Figure III-8: Représentation graphique de l'ajustement à la loi Log- normal	56
Figure III-9: Représentation graphique de l'ajustement à la loi Gumbel	57
Figure III-10: L'hydrogramme de crue d'Oued Toukeria	Error! Bookmark not defined.
Figure III-11: L'hydrogramme de cure d'Oued Cité Rumel	66

Figure III-12: L'hydrogramme d'Oued Ain El Hamra.....	67
Figure III-13: L'hydrogramme de crue d'Oued Boubziza.....	68

Chapitre IV : Etude géotechnique et géomorphologique

Figure IV-1: Echantillon prélevé de sondage N01 en Profondeur 0.0 – 5.0 m.....	70
Figure IV-2: Echantillon prélevé de sondage N01 en Profondeur 5.0 – 10.0 m.....	Error!
Bookmark not defined.	
Figure IV-3: Echantillon prélevé de sondage N°2 en Profondeur 0.0 – 5.0 m	Error!
Bookmark not defined.	
Figure IV-4: Echantillon prélevé de sondage N°2 en Profondeur 5.0 – 10.0 m	71

Chapitre V : Calcul hydraulique

Figure V-1: Les régimes d'écoulement	79
Figure V-2: Canal naturel.....	80
Figure V-3: Canal à forme trapézoïdale	81
Figure V-4: Différents courbes de Remous.....	84
Figure V-5: Fenêtre d'accueil de logiciel HEC-RAS.....	85
Figure V-6: Définition du tracé de l'Oued Toukeria.....	86
Figure V-7: Définition de la crue de l'Oued Toukeria	86
Figure V-8: Les sections en travers des zones inondables	88
Figure V-9: Définition du tracé de l'Oued Cité Rumel.....	88
Figure V-10: Définition de la crue de l'Oued Cité Rumel	89
Figure V-11: Les sections en travers des zones inondables	91
Figure V-12: Définition du tracé de l'Oued Ain El Hamra.....	92
Figure V-13: Définition de la crue de l'Oued Ain El Hamra	92
Figure V-14: Définition du tracé de l'Oued Boubziza	94
Figure V-15: Définition de la crue de l'Oued Ain El Hamra	95
Figure V-16: Schéma d'un ressaut hydraulique	97
Figure V-17: Typologie des ressauts.....	97

Chapitre VI : Etude des variantes

Figure VI-1: Géotextile	111
Figure VI-2: Gabion matelas Reno	111
Figure VI-3: Différents types de granulats.....	Error! Bookmark not defined.
Figure VI-4: les hangars de stockage des granulats	Error! Bookmark not defined.
Figure VI-5: Tapis roulant	Error! Bookmark not defined.
Figure VI-6: Le silo de stockage	Error! Bookmark not defined.
Figure VI-7: La corrosion des armatures	Error! Bookmark not defined.
Figure VI-8: Fissuration interne (dégradation par le gel)	Error! Bookmark not defined.
Figure VI-9: Cône d'Abram.....	Error! Bookmark not defined.
Figure VI-10: Série de tamis	Error! Bookmark not defined.

Figure VI-11: les appareillages d'essais équivalents de sable et bleu méthylène.....	Error!
Bookmark not defined.	
Figure VI-12: les outils d'essai bleu méthylène.....	Error! Bookmark not defined.
Figure VI-13: papier filtre	Error! Bookmark not defined.
Figure VI-14: Machine Los Angeles.....	Error! Bookmark not defined.
Figure VI-15: Machine Micro-Deval fermée	Error! Bookmark not defined.

Chapitre VII : Organisation de chantier

Figure VII-1: Camion	117
Figure VII-2: Malaxeur.....	118
Figure VII-3: Pelle hydraulique	118
Figure VII-4: La grue.....	118
Figure VII-5: Chargeur	119

Chapitre VIII : Protection et sécurité au travail

Figure VIII-1: Accident de travail	126
Figure VIII-2: Maladie professionnelle	127
Figure VIII-3: Les acteurs nationaux de prévention contre les risques	128
Figure VIII-4: Les différents types de la protection individuelle	131

LISTE DES ABRIVIATIONS

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

ONM : Agence nationale métrologique

B.V : Bassin versant

Q : Débit

Min Ch. El : La cote de lit

W.S.Elev : La cote de ligne d'eau

Crit.W.S : La ligne critique

Vel Chn : Vitesse de l'écoulement

Flow Area : La surface

Fr : Nombre de Froude

RPA : Règlementation parasismique algérienne

T_{min} : Température minimale

T_{max} : Température maximale

T_{moy} : Température moyenne

V_{moy} : Le vent moyen

P : précipitation mensuelle

LISTE DES PLANCHES

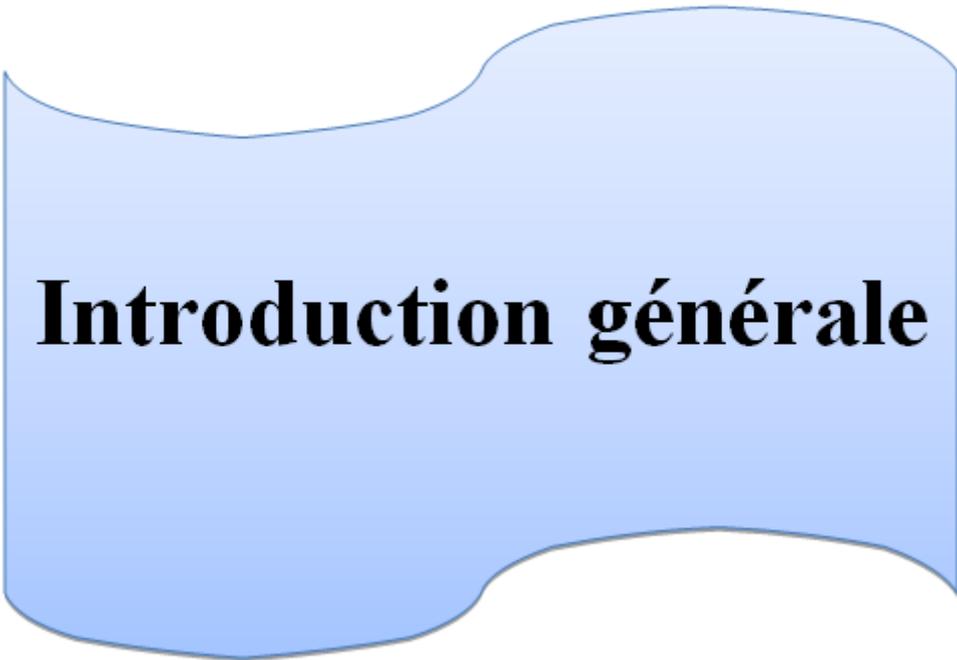
Planche N°01 : Levé topographique	Echelle : 1/25000
Planche N°02 : Plan diagnostic	Echelle : 1/1000
Planche N°03 : Profil en long d'Oued Toukeria	Echelle : 1/25000
Planche N°04 : Profil en long d'Oued Cité Rumel	Echelle : 1/25000

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 01 : Répartition pluies maximales journalière et annuelle de la station de Khemisti

ANNEXE 02 : Les résultats des essais sur les dalots

ANNEXE 03 : Les coordonnées les points



Introduction générale

Introduction générale

Les cours d'eau sont des milieux dynamiques évoluant perpétuellement en fonction des caractéristiques physiques et saisonnières. La qualité de vie d'un cours d'eau dépend de nombreux facteurs tels que la vitesse du courant, la sinuosité du lit, le débit, la qualité de la ripisylve, le taux d'oxygène dissous....

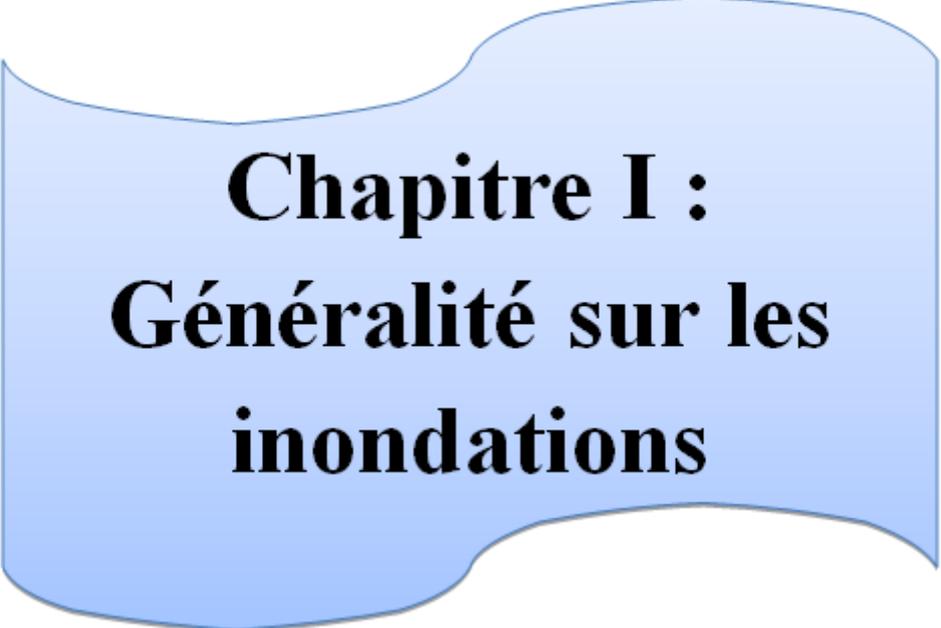
Ces facteurs peuvent être dégradés ou modifiés, c'est pourquoi les cours d'eau doivent être entretenus ou aménagés afin de maintenir ses différentes fonctionnalités liées à différents usages.

La plupart des milieux aquatiques ont été profondément remaniés par l'homme, parfois depuis des temps fort anciens. De nombreux aménagements de cours d'eau ont été réalisés : dragage (approfondissement du lit), canalisation (bétonnage des berges et parfois du fond), endiguement (augmentation de la hauteur des berges pour éviter le débordement des eaux), mais aussi rectification du cours (recoupement des méandres) et recalibrage (augmentation de la capacité du lit en modifiant sa profondeur et sa largeur). Ces aménagements répondaient souvent à des objectifs légitimes : protéger des inondations les terres cultivables et les habitations, lutter contre l'érosion des berges, faciliter la navigation fluviale, produire de l'énergie, irriguer, alimenter en eau potable les hommes et le bétail, et, beaucoup plus récemment, créer des bases de loisirs. Mais ils ont longtemps été conduits dans l'ignorance des fonctionnements hydrologique et écologique des systèmes fluviaux, dont la compréhension repose aujourd'hui pour l'essentiel sur des résultats obtenus au cours des deux dernières décennies. Or, ces aménagements modifient de façon durable les composantes physiques des cours d'eau : pente, profondeur, vitesse du courant, forme des berges. Ils ont donc des répercussions sur le fonctionnement des écosystèmes qui ne sont pas toujours prévisibles à long terme.

Dans ce mémoire nous proposons un aménagement afin de protéger la ville de Khemisti traversée par les oueds de la cité Rumel, Ain El Hamra, Boubziza et Toukeria contre les inondations.

Nous présentons ce travail suivant plusieurs chapitres, notons :

- Chapitre I : Généralité sur les inondations.
- Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.
- Chapitre III : Etude hydrologique.
- Chapitre IV : Etude géotechnique et géomorphologique.
- Chapitre V : Etude hydraulique.
- Chapitre VI : Etude des variantes.
- Chapitre VII : Organisation de chantier.
- Chapitre VIII : La protection et la sécurité au travail.



Chapitre I :
Généralité sur les
inondations

I INTRODUCTION

Les cours d'eau sont des milieux dynamiques évoluant en fonction des caractéristiques et saisonnières. La qualité de vie d'un cours d'eau dépend de plusieurs facteurs tels que la vitesse de courant, la sinuosité de lit, le débit, ...

I.1 LES INONDATIONS

I.1.1 DEFINITION

Une inondation est une augmentation du débit d'un cours d'eau lorsque ce débit ne peut plus transiter dans le lit mineur, lieu des écoulements ordinaire.

I.2 CRUE

I.2.1 DEFINITION

Une crue est une augmentation rapide et temporaire du débit d'un cours d'eau au-delà d'un seuil.

I.2.2 LES ELEMENTS DESCRIPTIFS D'UNE CRUE

Les éléments descriptifs d'une crue sont :

- Temps de concentration** : qui est défini par la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau, portant du point le plus éloigné de l'exutoire du bassin versant parvienne jusqu'à celui-ci.
- Pointe de crue** : puissance de la crue et durée de la période critique.
- Courbe de tarissement** : retour de la rivière au niveau antérieur à la crue.
- Fréquence de crue** : une crue centennale a chaque année 1 chance sur 100 de se produire.

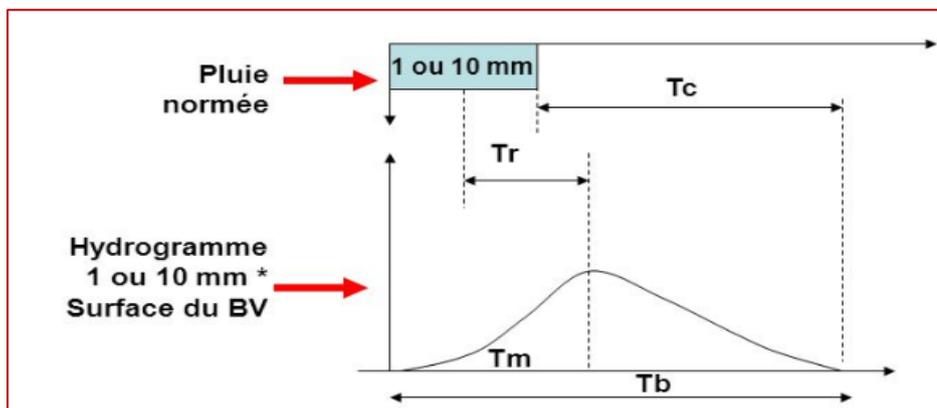


Figure I.1 : Les éléments descriptifs d'une crue simple

I.2.3 LES TYPES DE CRUES

En fonction du mode de propagation de l'onde de crue, il existe plusieurs types de crue :

- a. **Crue simple** : à cause d'une pluie intense de courte durée.
- b. **Crue multiple** : due au des précipitations succédant à intervalle de temps inférieur au temps de réponse le plus long du bassin.
- c. **Crue complexe** : juxtaposant les deux types précédents.

I.2.4 PROCESSUS DE FORMATION DES CRUES

On distingue :

- **L'eau mobilisable** : constitue de l'eau reçue par le bassin.
- **Le ruissellement** : dépend de la nature du sol, correspond à l'eau qui n'infiltré pas dans le sol.
- **La propagation de l'onde de crue** : est la fonction de la structure du lit, la vallée, la pente, et les caractéristiques d'inondation.
- **Débordement** : correspond à la propagation d'un débit supérieur à celui que peut évacuer le lit mineur.

I.3 MECANISME DES INONDATIONS

Les facteurs influençant sur les inondations :

- **Les facteurs physiques** :
 - ✓ Le relief.
 - ✓ La taille du bassin versant.
 - ✓ L'état des sols.
 - ✓ Le régime des pluies.
- **Les facteurs aggravants du risque d'inondation** :
 - ✓ Le manque d'entretien des cours d'eau.
 - ✓ L'aménagement du territoire.
 - ✓ L'usage et l'occupation des sols.

I.4 LES CAUSES D'INONDATIONS

- ✓ **Causes naturelles** : liées aux aléas climatiques et les phénomènes météorologiques.
- ✓ **Causes humaines directes** : liées aux activités humaines.
- ✓ **Causes humaines indirectes** : liées aux modifications climatiques causées par l'être humain.

I.5 TYPES DES INONDATIONS

Il existe plusieurs types :

1. **Les inondations par crues torrentielles** : résultent de l'accélération de débit d'un torrent suite à de forte précipitation.



Figure I.2 : Inondation par crue torrentielle

2. **Les inondations par accumulation d'eau ruisselée** : sont provoqué suite à pluies exceptionnelles.

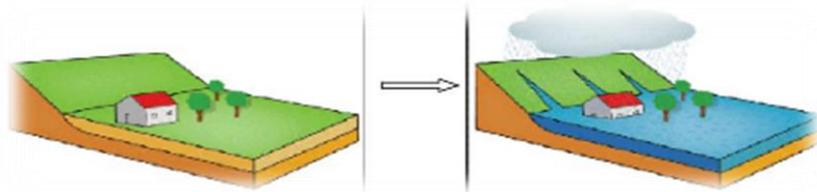


Figure I.3 : Inondation par ruissèlement pluvial

3. **Les inondations des plaines** : résultent d'épisodes pluviaux de longue durée et intensité modérée.

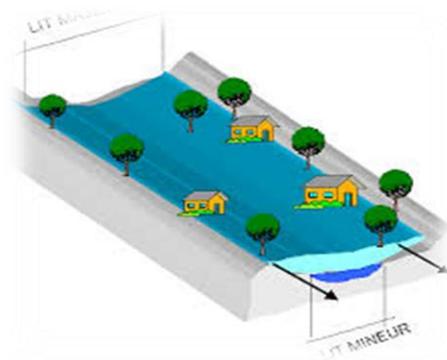


Figure I.4 : Inondation de plaine

4. **Les inondations par submersion marine** : sont due à des évènements météorologiques et sont des inondations temporaire.



Figure I.5 : Inondation par submersion marine

5. **Les inondations par rupture des ouvrages artificiels hydrauliques :** sont causées par la destruction des ouvrages.

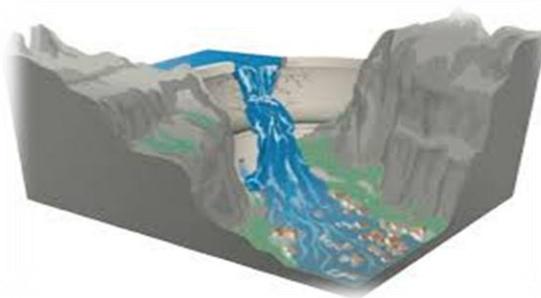


Figure I.6 : Inondation par rupture du barrage

6. **Les inondations par les remontées de nappes :** sont due à la remontée de la nappe phréatique.



Figure I.7 : Inondation par remontée de nappe phréatique

I.6 CONNAISSANCE DE L'ALEA "INONDATION"

I.6.1 L'aléa

Interpelle deux disciplines principales ; l'hydrologie et l'hydraulique. Les principaux paramètres nécessaires pour évaluer l'aléa sont :

- La période de retour des crues.
- La hauteur et la durée de submersion.

- La vitesse d'écoulement.
- La torrencialité du cours d'eau.

I.6.2 Les situations d'alea

L'aléa inondation est caractérisé par trois paramètres : hauteur, durée et vitesse.

- i. **La hauteur d'eau** : l'importance de ce paramètre dans le processus de dégradation des performances des matériaux et des ouvrages.
- ii. **La vitesse du courant** : il peut induire la destruction de certains ouvrages du fait de l'action dynamique de l'écoulement.
- iii. **La durée d'immersion** : est à retenir pour dimensionner les dispositifs destinés à empêcher l'eau pénétrer dans les bâtiments.

I.7 LES CONSEQUENCES ENGENDREES PAR LES INONDATIONS

Les inondations touchent tous les pays du monde avec des degrés différents. L'aléa présente des effets sur plusieurs secteurs.



Figure I.8 : Les risques d'inondation

Tableau I.1 : Conséquences des inondations

Secteurs	Conséquences
Santé et vie	Propagation des maladies infectieuses et psychologiques.
	Malnutrition.
	Blessures physiques.
	Décès.

	Manque d'hygiène.
Socio-économique	Menace le développement des villes et des villages.
	Destruction des infrastructures.
	Baisse d'emploi à long terme.
	Migration.
	Pertes financières.
Environnement	Destruction des cultures.
	Pertes animales.
	Contaminations des eaux.



Figure I.9 : Des dommages socio-économique et environnemental

I.8 LES INONDATION DANS LE MONDE

- **Belgique (2002)** : 600 personnes touchées.
- **Bangladesh (aout 2017)** : 3.48 million personnes touchées.
- **Vietnam (octobre 2017)** : 180 personnes touchées et 60 familles évacuées.
- **Egypte (avril 2018)** : 460000 personnes sont touchées.



Figure I.10 : Des victimes et destruction les infrastructures

I.9 LES INONDATIONS EN ALGERIE

- * **Azazga 12 octobre 1971** : 40 morts et centaine d'habitation détruites.
- * **Djelfa 22 Aout 1983**: inondant la commune de Burine à 60%, 10 morts et 10 blesses
- * **Tizi ousou 28 au 31 Mars 1974** : 52 morts et 4570 maisons détruites.
- * **Est Algérien 3 Février 1984** : Jijel 20 morts, Guelma 3 disparu et canalisation d'AEP détruite à 100%.
- * **Batna 5 Juillet 1987** : 2 morts et dégâts évalués à 175 millions de centimes.

* **Bab El Oued (Alger) 10 novembre 2001** : plus de 800 morts, plus de 1500 familles sans abri et dégâts évalués à 544 millions de dinars.

I.10 ELEMENTS DE BASE EN HYDROLOGIE

I.10.1 Bassin versant

Le bassin représente unité géographique ou une surface hydrologique close, qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent vers l'exutoire. La délimitation d'un bassin est difficile à mettre en œuvre, et pour la faire, il faut tenir compte les écoulements surfaciques et souterraines.

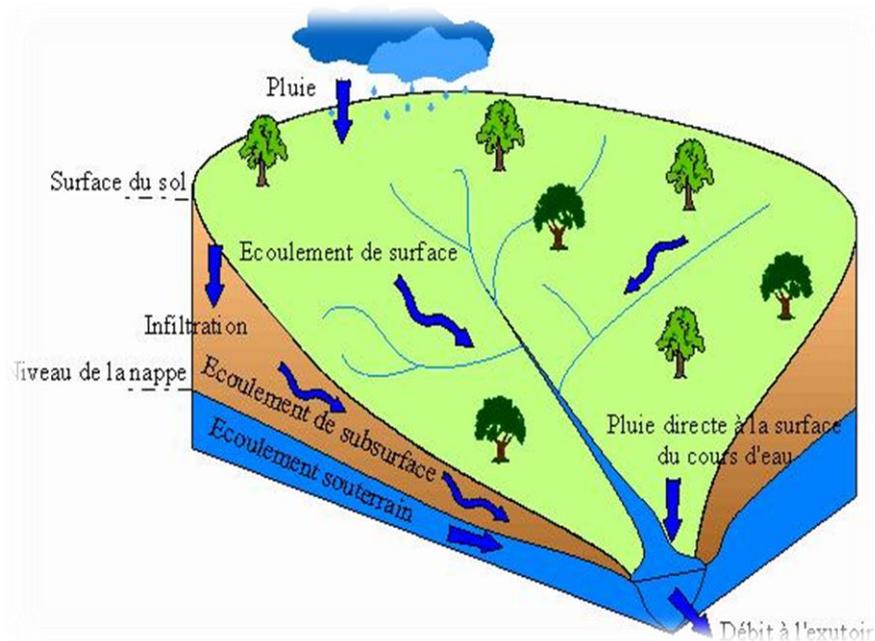


Figure I.11 : Délimitation du bassin versant

Il existe trois types de bassins :

- **Bassin topographique** : est déterminé par les écoulements surfaciques.
- **Bassin hydrogéologique** : dont les limites sont les structures géologiques imperméables.
- **Bassin hydrologique** : est la somme de ces deux bassins.

I.10.2 Paramètres fondamentaux du cours d'eau

I.10.2.1 Lits du cours d'eau

Le lit d'une rivière est façonné par les eaux. On distingue :

- **Lit mineur** : est le lit ordinaire du cours d'eau
- **Lit majeur** : sa limite est celle des crues exceptionnelles.
- **Lit moyen** : il correspond à l'espace fluvial ordinairement occupé par la ripisylve.

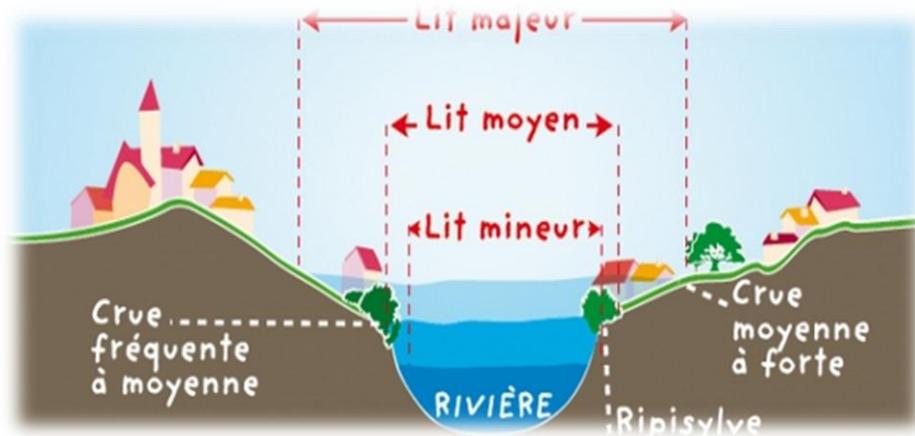


Figure I.12 : Coupe transversale d'un bassin versant

I.10.2.2 Ripisylve

C'est la formation végétale naturelle sur la rive. Le rôle de la Ripisylve sur les crues est important, dont il diminue la vitesse dans le lit majeur, et donc réduire les effets d'érosion.

La ripisylve a de nombreux rôles quant à la préservation de la qualité des cours d'eau :

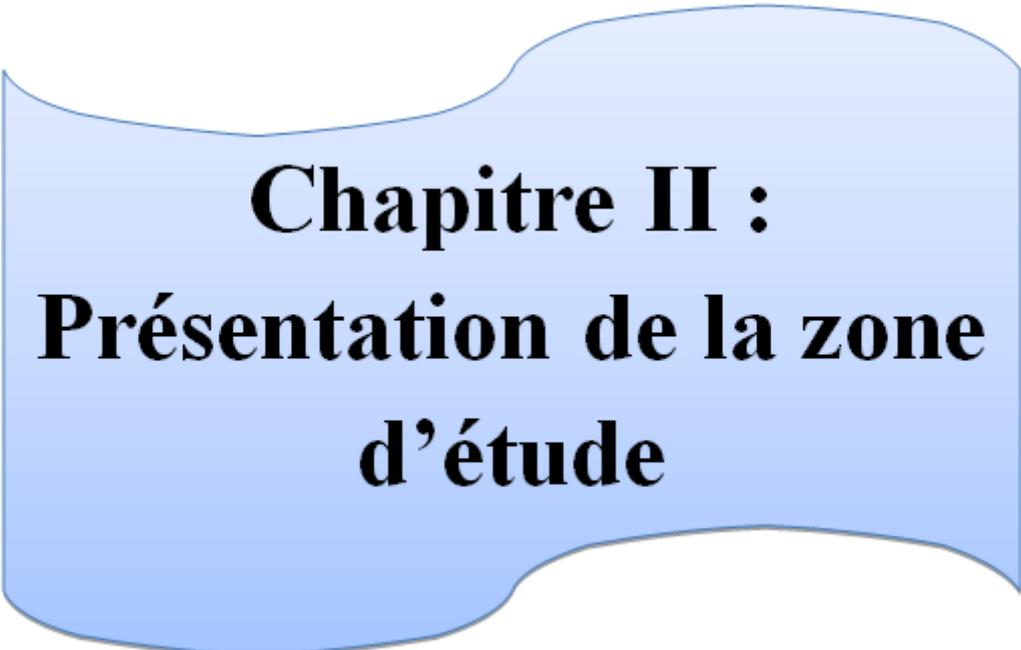
- Elle protège et consolide les berges.
- Elle retient les pollutions diffuses et élimine naturellement les nitrates.
- Elle évite le dessèchement et freine le ruissellement de l'eau.
- Elle abrite de nombreuses espèces.
- Elle fait office de corridor biologique.



Figure I.13 : Ripisylve

I.11 CONCLUSION

Les inondations sont engendrées des dégâts matériels, humains et un manque d'eau de consommation. Ces derniers à cause des crues spatiaux-temporaires qui sont caractérisées par leur débit de pointe et leur hydrogramme d'une part et à d'autre part les propriétés physiographique. Les eaux de ruissellement rapides entraînent l'érosion du sol et problèmes de dépôts de sédiment, lorsqu'elles s'accumulent avec le temps, elles endommagent les systèmes de drainage et compromettent les zones agricoles.



Chapitre II :
Présentation de la zone
d'étude

II INTRODUCTION

La présentation du lieu de l'étude est importante, parce qu'elle nous renseigne sur le terrain du point de vue topographique, géologique, hydrogéologique, climatique, la démographie, développement urbain pour mieux choisir le type d'aménagement hydraulique.

II.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

La ville de Khemisti est le chef-lieu de daïra, dont les coordonnées Lambert du centre sont :

$$X = 35,66 \text{ km} \quad Y = 195,00 \text{ km} \quad Z = 917,00 \text{ m}$$

Elle est située à 15 Km et dans la côte Nord-Est de la wilaya de Tissemsilt. Elle est limitée (Figure II.1) :

- Au Nord, par les communes de Theniet El Had et Sidi Boutouchent.
- Au sud, par la commune de Bougara (W. Tiaret).
- A l'Est, par la commune de Layoune.
- A l'Ouest, par les communes de Beni Chaib, Ouled Bessem et Tissimselt.

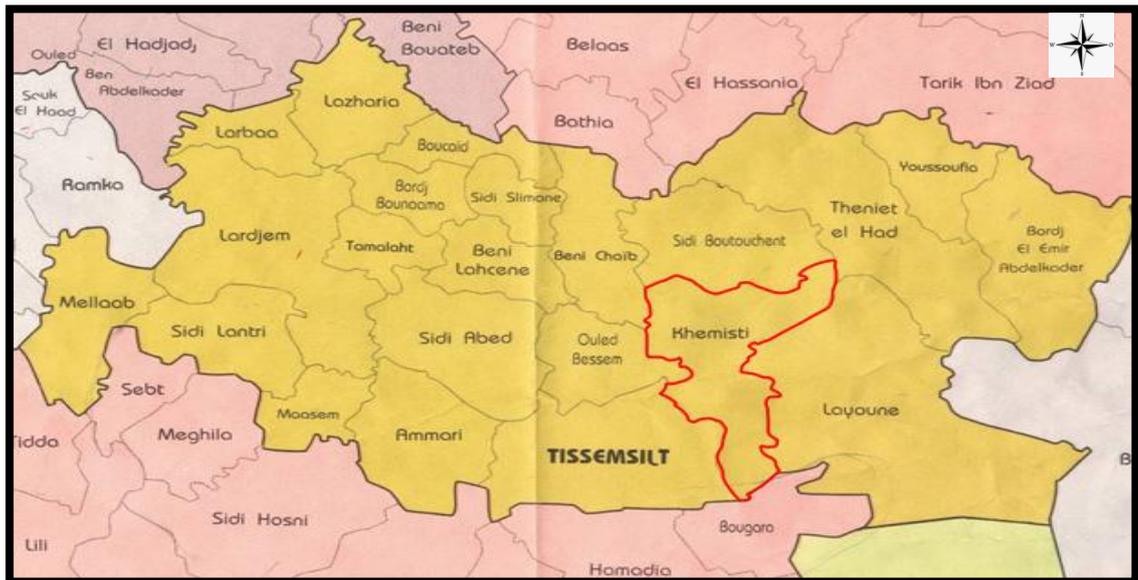


Figure II.1 : Situation géographique de la ville de Khemisti (DREW. Tissemsilt)

II.2 DONNEES NATURELLES DU SITE

II.2.1 Géologie de la région

La région de KHEMISTI est caractérisée par des formations d'âge Néogène caractéristiques les monts de Tiaret et le plateau du Sersou. Elle se trouve, en fait, confinée entre les formations du Mésozoïque des hauts massifs de l'Ouarsenis au nord et celle d'âge Pliocène du plateau du Sersou au Sud.

Stratigraphiquement, les formations qui affleurent au niveau de cette région sont d'âge Néogène et plus particulièrement du Miocène.

Du point de vue des formations lithologiques qui affleurent dans la région, elles se résument comme suit :

&- Le Crétacé

A. Crétacé inférieur

- L'Albien : Il est formé d'argiles brunes, gréseuses, alternant en petits lits avec de petits bancs gréseux. A divers niveaux, on y trouve des masses puissantes de grès quartzitiques d'apparence sporadique et se reliant presque brusquement avec les couches gréseuses rubanées dans lesquelles elles constituent une concentration d'apports sableux.

B. Crétacé supérieur

- Le Cénomaniens : En concordance avec l'étage précédent, le Cénomaniens s'en distingue facilement par sa composition bien différente. Cet étage est, en effet, essentiellement calcaire. Il comprend, à la base, une cinquantaine de mètres de calcaire marneux se délitant en plaquettes avec intercalation de quelques bancs plus durs. Ces calcaires sont surmontés de 100 à 150 mètres de marnes brunâtres dans lesquelles des bancs calcaires se présentent à tous les niveaux.
- Le Turonien : De nature lithologique similaire que le cénomaniens, il n'est différencié de celui-ci dans cette région que par le contenu paléontologique.

&- Eocène

Il encadre les formations miocènes de la région de Khemisti et est souvent en contact anormal avec l'oligocène de la région avec quelques indices de trias localement qui confirment le contact anormal entre ces deux terrains. Il est composés par :

- 1- Des marnes schisteuses violacées avec plaquettes de calcaires brèchiques.
- 2- Des brèches calcaires plus compactes couronnant les marnes avec poudingues intercalés.

&- L'oligocène

Les formations qui composent ce système sont forment une intercalation de poudingues rouges, de marnes blanches et de grès siliceux blanchâtres. Avec à la base, sur le Cénomaniens, dont les couches calcaires sont légèrement déversées au Sud, on trouve les poudingues et les grès d'âge Cartennien fortement redressés, formant un synclinal aigu.

&- Miocène

Les formations qui affleurent au niveau de cette région sont d'âge Miocène.

- Miocène inférieur : (Burdigalien - Aquitanien) : Les formations qui caractérisent ce sous-système sont :
 - A la base c'est des poudingues rouges et des grès blanchâtres fossilifères, dont l'amplitude varie considérablement d'une région à l'autre.
 - Des marnes grises feuilletées surmontent l'ensemble sus – cité avec à leur sommet quelques niveaux de marno-calcaires et calcaires plus durs.

- Miocène moyen : (Langhien- Serravalien) :
 - Poudingues, marnes et grès avec lentilles de Calcaire, à la base.
 - Marnes grises feuilletées, au-dessus du précédent.
- Miocène supérieur : N'est pas suffisamment différencié du miocène moyen pour être caractérisé dans cette région.

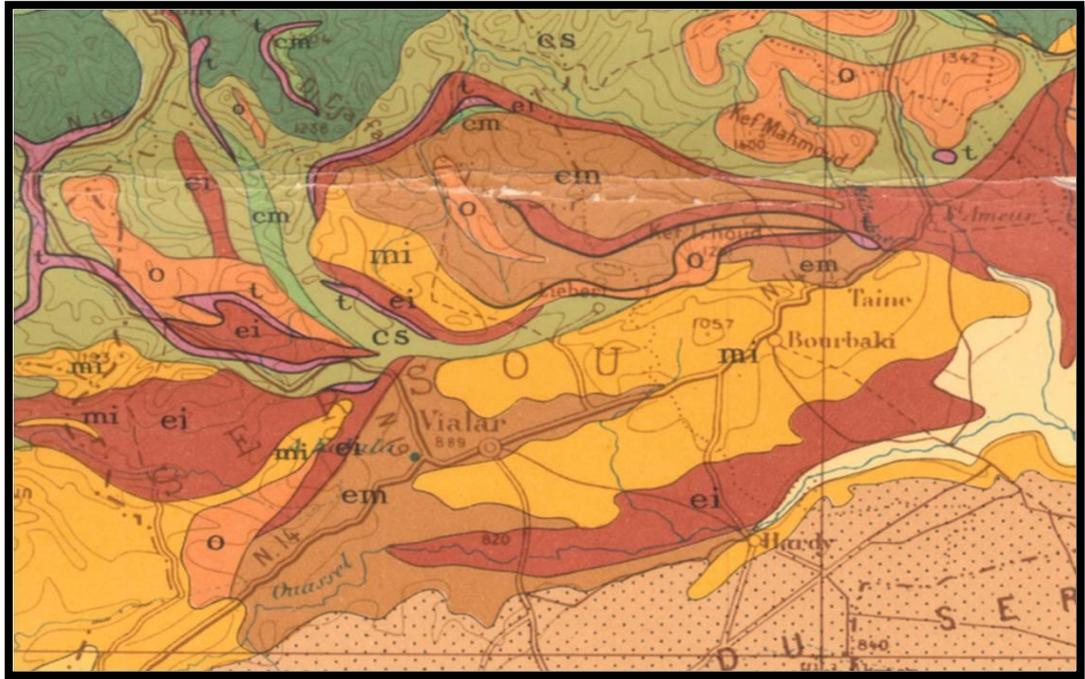


Figure II-2: Extrait de la carte géologique donnant un aperçu de la géologie de la région d'étude (Echelle : 1/500000)

TERRAINS		SÉDIMENTAIRES	
A		<i>Alluvions actuelles: lacs, marécages, deltas, chotts, sabkhas, limons et cratères éoliques actuels</i>	
D		<i>Dunes éoliennes</i>	
qt		Quaternaire continental: <i>alluvions, vases, terrasses</i>	
qu		Quaternaire marin: <i>plages anciennes et formations dunaires recouvertes qui les accompagnent</i>	
qC		Calabrien: <i>grès marins et formations dunaires associées</i>	
qV		Villafranchien: <i>calcaires lacustres, argiles à lignite, caillots rouges</i>	
pV		Pliocène continental et Villafranchien non séparés (pV)	
pe		Pliocène continental: <i>poudingues, calcaires lacustres</i>	
p		Pliocène marin: <i>conglomérats, marnes blanches, mollusques, grès et formations dunaires subordonnées</i>	
mjp		Pontien (équivalent des mc)	
mms		Miocène terminal marin et lagunaire: <i>caillots à Tripoli, marnes à gypse</i>	
mm		Miocène supérieur marin: <i>calcaires, grès, argiles</i>	
mc		Miocène continental antépointien	
mi		Miocène inférieur marin (Burdigalien)	
oa		Aquitainien continental (peuvent inclure localement la base du Burdigalien)	
oe		Oligocène continental (peuvent inclure localement l'Éocène sup. continental)	
o		Oligocène marin (incluent localement l'Éocène supérieur)	
em		Éocène moyen marin	
em		Éocène moyen et inférieur continental	
ei		Éocène inférieur marin	
es		Crétacé supérieur marin	
ese		Crétacé supérieur continental	
em		Crétacé supérieur marin non subdivisé	
em		Crétacé moyen (marin ou lagunaire)	
em		divisé éventuellement en: et Turonien	
en		en Cénomaniens	
e		Crétacé marin non subdivisé	

II.2.2 Situation topographique

La topographie joue un rôle très important dans l'évacuation d'eau qui est effectué par la gravité sauf dans le cas où le relief n'assure pas des pentes limites. La ville de Khemisti se trouve sur le versant sud d'une colline assez haute (1016 m au sommet). Le relief se caractérise par des pentes assez fortes au partant du sommet de la colline, elle devient plus douce en allant vers le sud ou elles laissent place à la plaine occupée par les terres agricoles. L'agglomération est traversée par des Oueds qui constituent un drain préférentiel pour les eaux de surface.

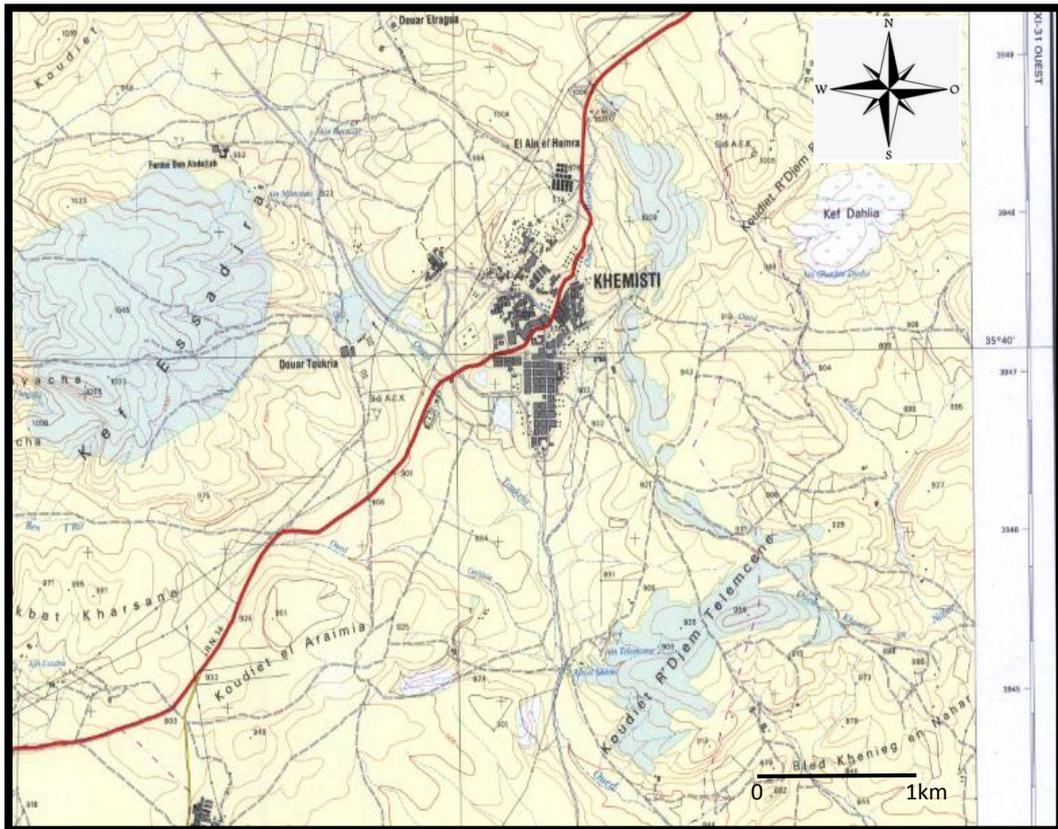


Figure II.3 : Extrait de la carte topographique de Tissemsilt (DREW. Tissemsilt)

II.2.3 Séismicité

Notre secteur d'étude est situé dans la zone sismique (II a) ; zone est caractérisée par une moyenne activité sismique, selon la classification (RPA 99). Le coefficient d'accélération est varié de 0.1 à 0.15 selon le tableau II.1

Tableau II.1 : Coefficient d'accélération sismique

Groupe	Zone I	Zone IIa	Zone IIb	Zone III	Classification des ouvrages selon leur importance
1A	0.15	0.25	0.30	0.40	Ouvrages d'importance vitale : Sécurité-Hôpitaux
1B	0.12	0.20	0.25	0.30	Ouvrages de grande importance : Scolaire et Culte
2	0.10	0.15	0.20	0.25	Ouvrages courants : Habitations-Bureaux
3	0.07	0.10	0.14	0.18	Ouvrages de faible importance : Hangars

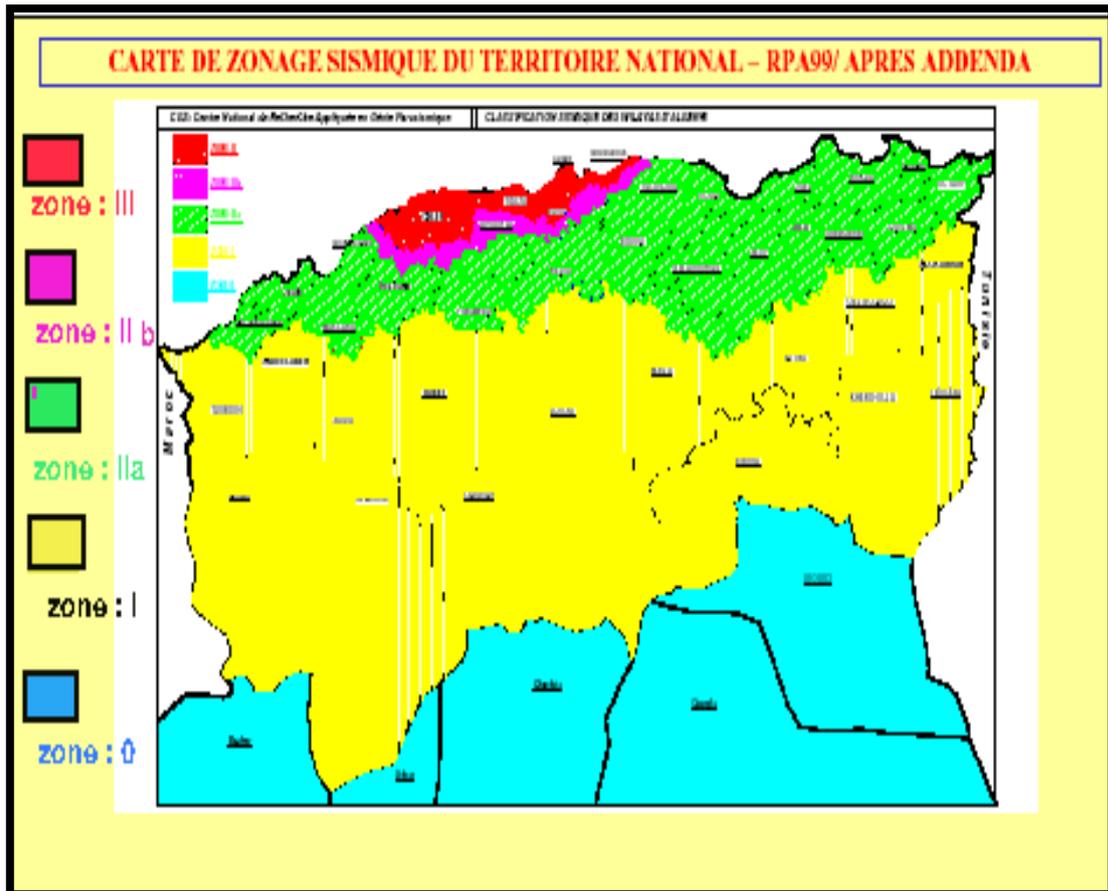


Figure II.3 : Carte de zonage sismique du territoire national

II.2.4 Situation climatique

Le climat de la région d'étude est de type méditerranéen, nuancé par les influences orographiques. C'est un climat relativement froid qui s'étend sur le massif de l'Ouarsenis, où l'amplitude des moyennes mensuelles entre l'été et l'hiver est environ de 20 °C.

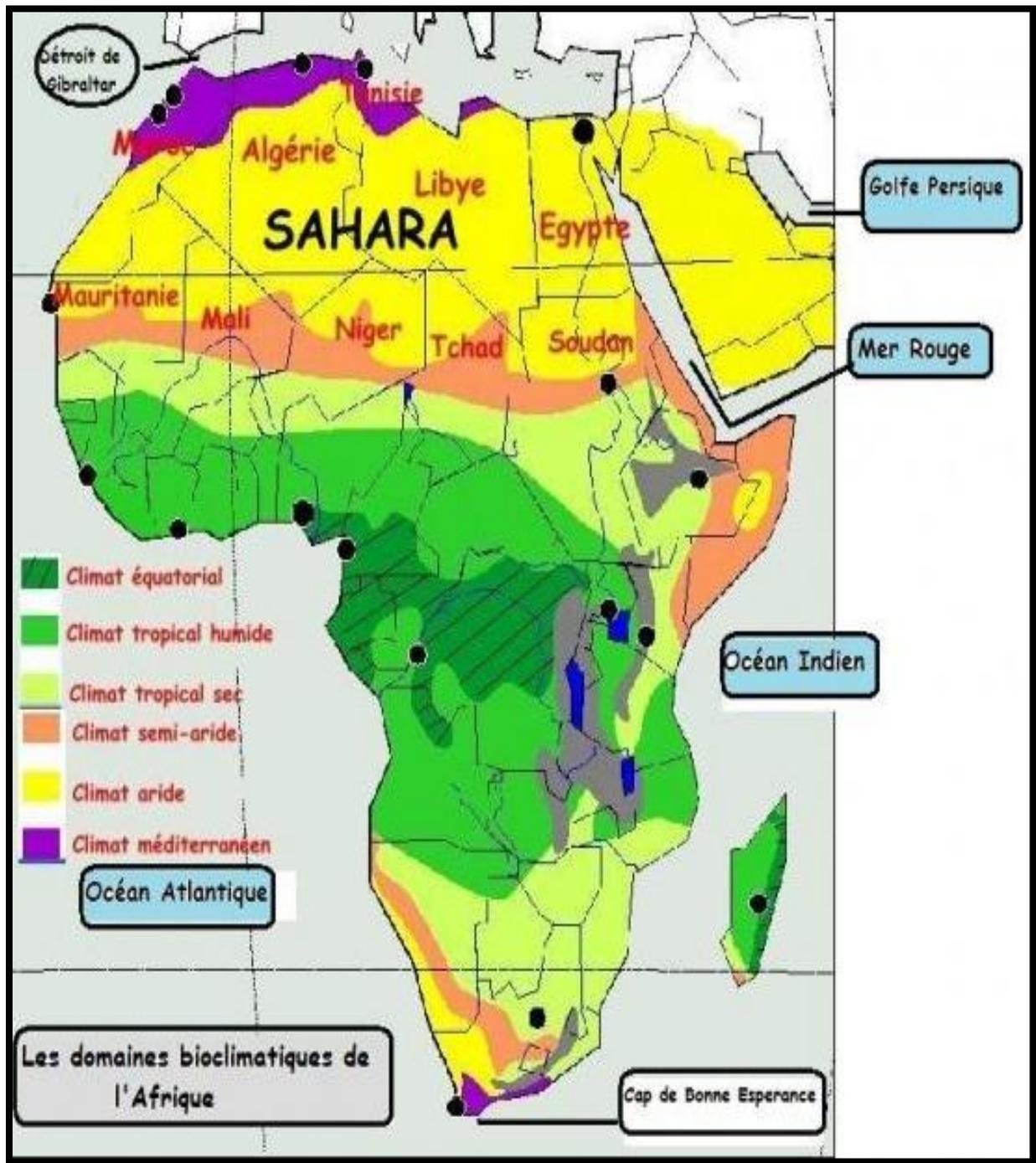


Figure II.4 : Extrait de la carte-thème de l'Afrique

&- Humidité relative

L'humidité relative est élevée à moyenne et varie d'un moi à l'autre durant toute l'année. Les données sont présentées dans le tableau II.2 ci-après.

Tableau II.2 : Humidité relative moyenne à la station de Tiaret 2014

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aou.
H(%)	53	60	77	86	82	78	79	61	57	51	41	37

Source O.N.M

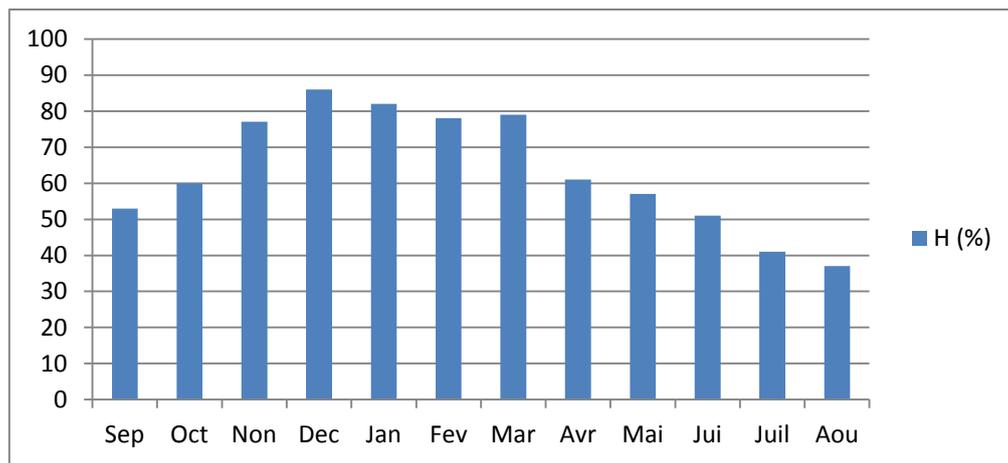


Figure II.5 : Répartition moyenne mensuelle de l'humidité relative à la station de Tiaret

&- Température

Cette région est de type méditerranéen, nuancé par les influences orographiques.

Tableau II.3 : Répartition moyenne mensuelle des températures à la station de Tiaret 2014

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aou.
$T_{\min} (^{\circ}\text{C})$	16.3	11.5	7.9	2.3	3.2	3.5	3.0	6.5	8.7	12.9	16.2	17.0
$T_{\max} (^{\circ}\text{C})$	30.3	25.1	17.1	10.5	12.0	13.1	13.9	21.6	25.9	29.4	33.8	35.0
$T_{\text{moy}} (^{\circ}\text{C})$	23.3	18.3	12.5	6.4	7.6	8.3	8.5	14.2	17.3	21.1	25.0	26.0

Source O.N.M

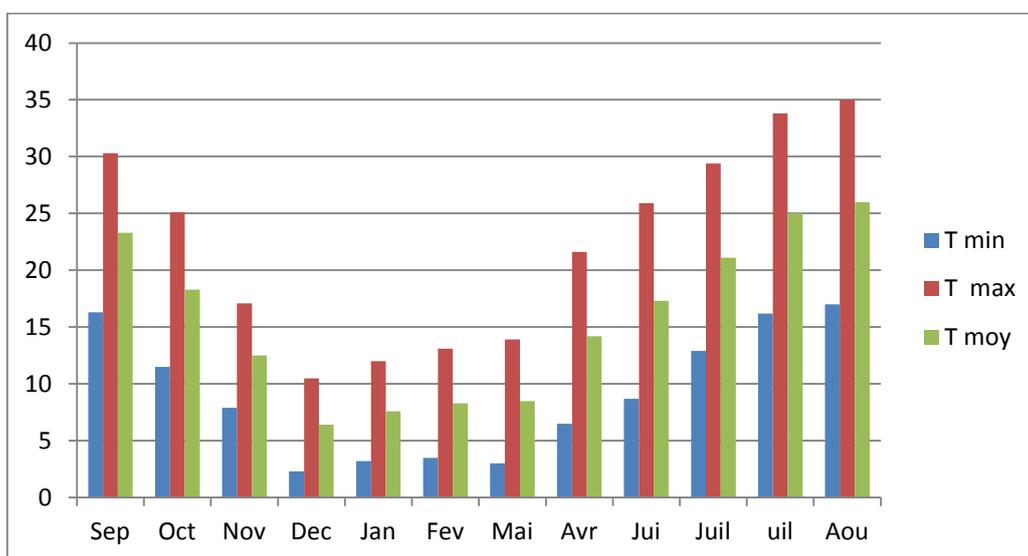


Figure II.6 : Répartition moyenne mensuelle des températures à la station de Tiaret

&- Le vent

Les vents sont chauds en été et sec et froid en Hiver, les directions dominantes des vents sont le Nord-Ouest et le Sud. Les accidents climatiques sont la grêle, les orages et le sirocco qui peut durer 15 jours en été.

Tableau II.4 : Vitesses moyennes mensuelles du vent à la station de Tiaret

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aou.
V _{moy} (m/s)	10.8	13.6	11.5	11.4	9.6	9.7	8.7	12.2	11.4	12.0	10.7	14.5

Source O.N.M

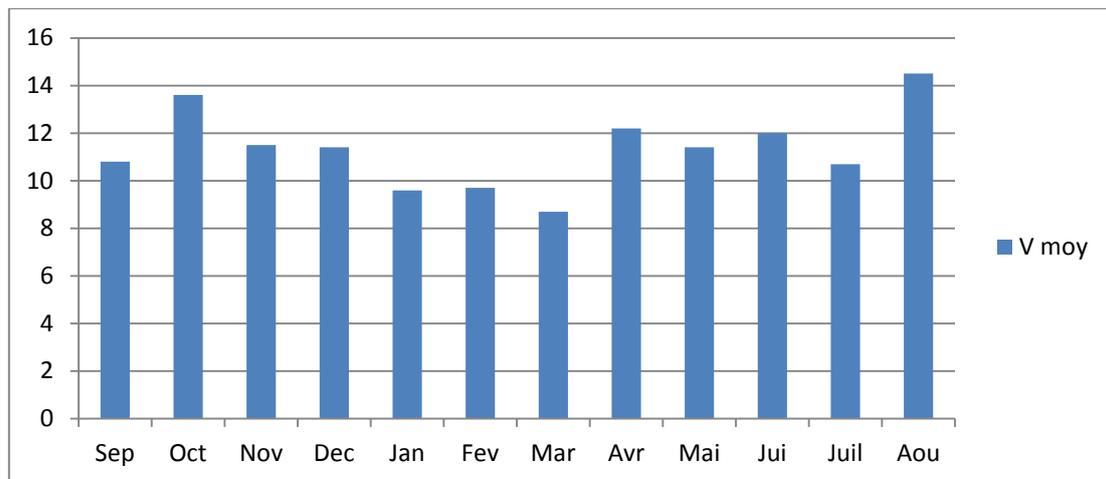


Figure II.7 : Répartition mensuelle de la vitesse moyenne à la station de Tiaret 2014

&- Evaporation

L'évaporation est un facteur essentiel pour établir le bilan hydro-climatique d'un bassin versant.

Tableau II-5: Répartition mensuelle de l'évaporation à la station de Tiaret

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Ao.
Eva (mm)	135	90	55	46	43	38	41	50	70	140	190	170

Source O.N.M

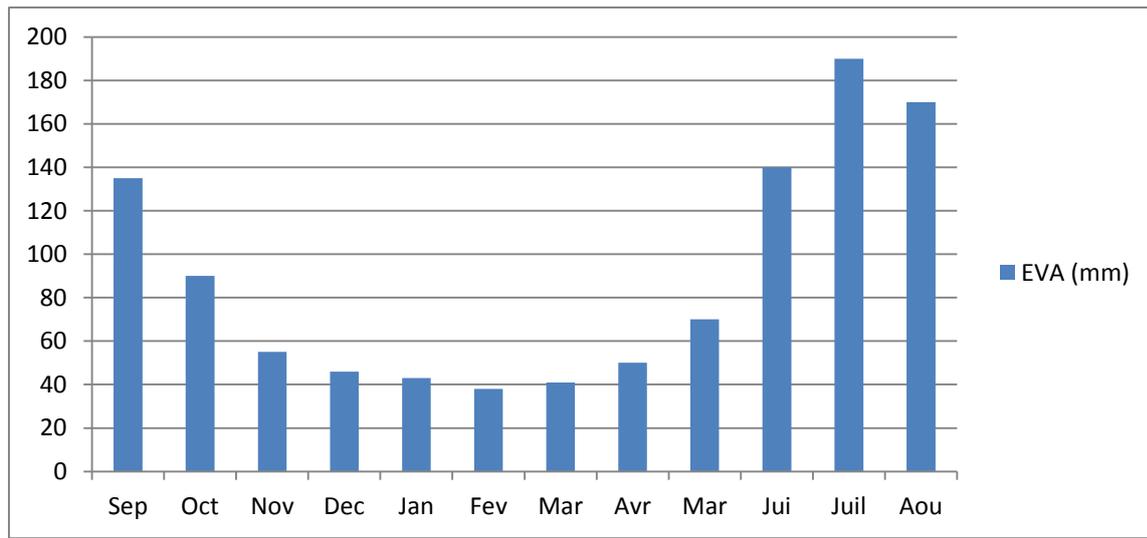


Figure II.8 : Répartition moyenne mensuelle de l'évaporation à la station de Tiaret

&- La pluviométrie

Il est nécessaire d'étudier la répartition des précipitations sur la surface de bassin, et leur répartition dans le temps au cours de la durée d'une averse.

Les précipitations constituent le facteur essentiel intervenant par les hauteurs totales annuelles. Leur répartition mensuelle influence directement sur les régimes hydrologiques et sur leurs totaux journaliers et surtout les averses génératrices des crues.

Tableau II.6 : Répartition cumuls mensuelle des précipitations à la station de Khemisti

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	O
P(mm)	111.2	32.9	56.6	62.5	60.6	53.4	98.2	3.4	9.6	55.2	0	3.0

Source O.N.M

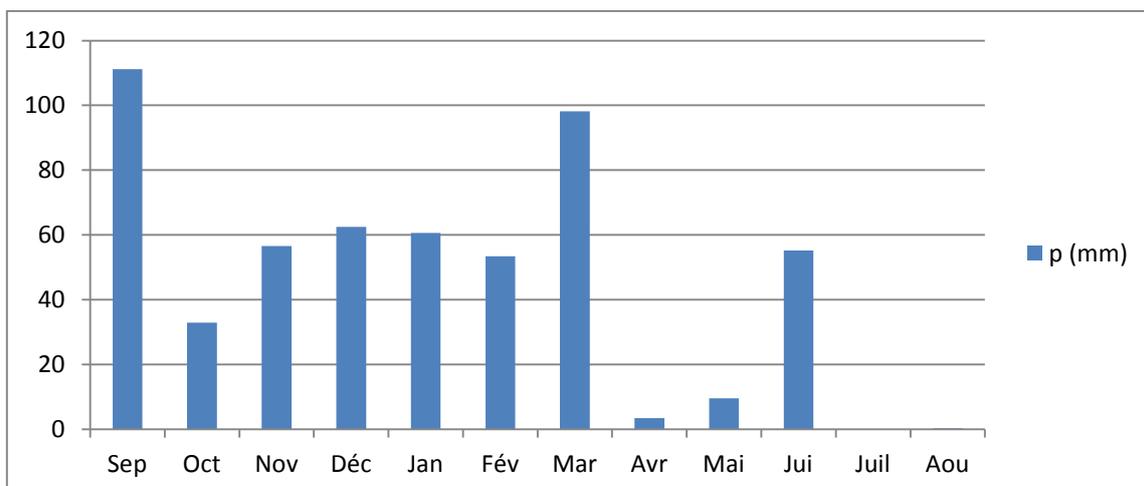
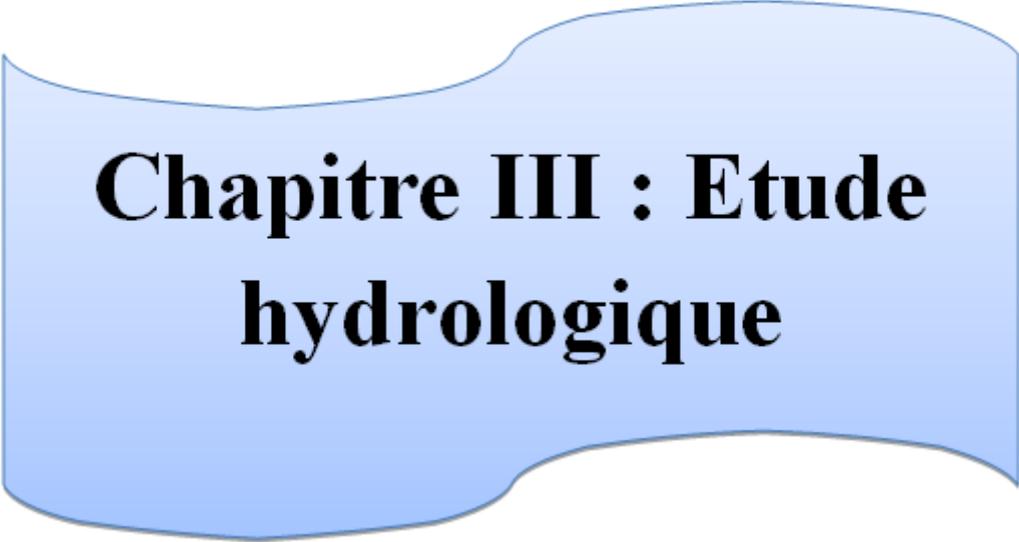


Figure II.9 : Répartition moyenne mensuelle des pluies à la station de Khemisti

II.3 CONCLUSION

La présentation de la zone d'étude est une partie la plus importante, elle collecte les informations brutes de la zone dont sa topographie, son climat et la situation de la commune, et tous ces informations permet de prendre une décision correcte, et évaluer les risques et d'estimer les catastrophes qui peuvent être engendré par un phénomène naturel comme les crues.



**Chapitre III : Etude
hydrologique**

III INTRODUCTION

L'estimation des débits des eaux pluviaux est importante pour le dimensionnement d'une canalisation, les ouvrages annexes et réseau d'aménagement. Celui-ci est lié à la probabilité de l'apparition de pluie max journalière pour une période de retour. Plusieurs régions sont menacées par des catastrophes hydrologiques (inondations) qui sont souvent intensifiés par une urbanisation impliquant une occupation des terres inondées et les rives des oueds. L'objectif de ce mémoire, s'agit de la protection de la ville de Khemisti (W. Tissemsilt) contre les risques des inondations.

III.1 LES CARACTERISTIQUES DU BASSIN

III.1.1 CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES DU BASSIN

&- Localisation du bassin versant

La commune de Khemisti se situe à 15 km dans la côte Nord-Est de la wilaya de Tissemsilt son chef-lieu de wilaya. Le bassin versant de la ville de Khemisti est délimité à partir de la carte topographique de Tissemsilt qui porte le numéro NI-31-XX-42 Est à l'échelle 1/25000, fait partir du grand bassin versant de Chélif (code 01), est à le sous bassin versant de code 01.10, où les coordonnées de son exutoire sont : $X = 1^{\circ} 57' 40''E$; $Y = 35^{\circ} 38' 45''N$.

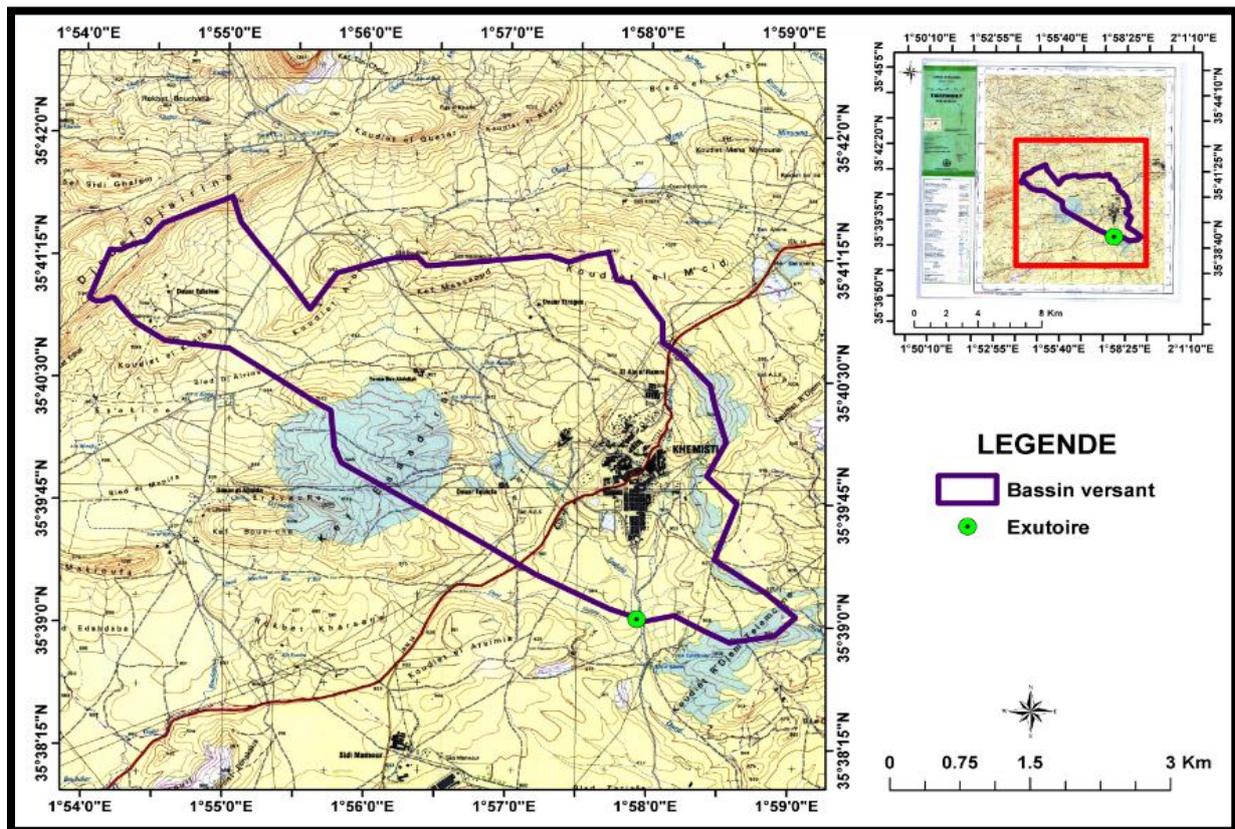


Figure III.1 : Bassin versant de la ville de Khemisti

III.1.2 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU BASSIN

A. Les caractéristiques géométriques

&- **La surface** : est l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau.

&- **Le périmètre** : correspond aux limites du bassin, et chaque un réagit aux précipitations en fonction ses caractéristiques.

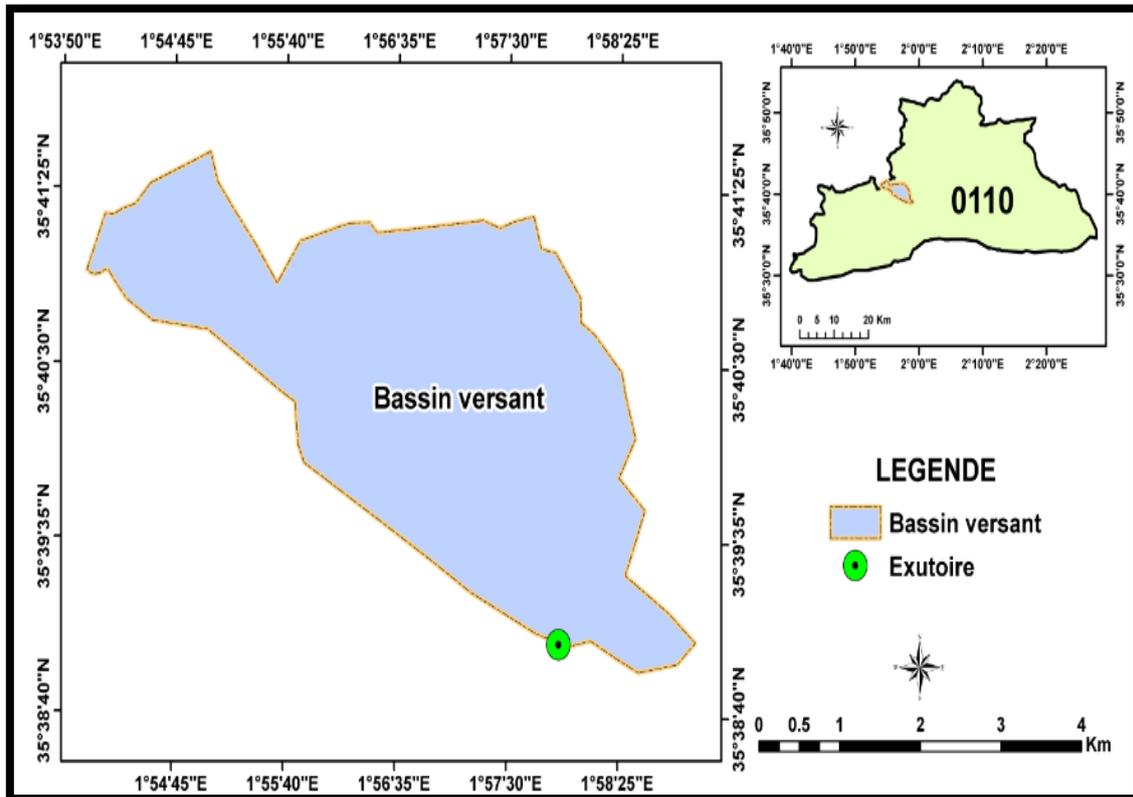


Figure III.2 : Localisation du bassin versant de la ville de Khemisti

B. Les caractéristiques hydro-morphologiques

1. Indice de compacité de Gravelius K_c (1914)

Il est défini comme le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface (André Musy, 2005).

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

Avec : K_c : Indice de compacité de Gravelius ;

P : Le périmètre du BV (km) ;

S : La surface du BV (km²).

2. Rectangle équivalent ou rectangle de Gravelius

C'est une transformation géométrique en un rectangle de dimensions L et l.

$$P=2(L+l) \quad \text{et} \quad S=L \cdot l$$

$$L, l = K_c \frac{\sqrt{S}}{1.128} \left(1 \pm \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{K_c} \right)^2} \right) \quad (\text{III.2})$$

La longueur du rectangle :

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

Avec :

K_c : l'indice de compacité.

S : la superficie du bassin versant km^2 .

P : le périmètre du bassin versant km.

Les résultats des paramètres morpho-métrique de bassin versant de la ville de Khemisti sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.1 : Caractéristiques morphométriques du bassin versant de la ville de Khemisti

Bassin versant	Surface (Km^2)	Périmètre (Km)	K_c	L (Km)	l (Km)
Valeur	16.62	21.52	1.478	8.793	1.890

Le sens d'écoulement

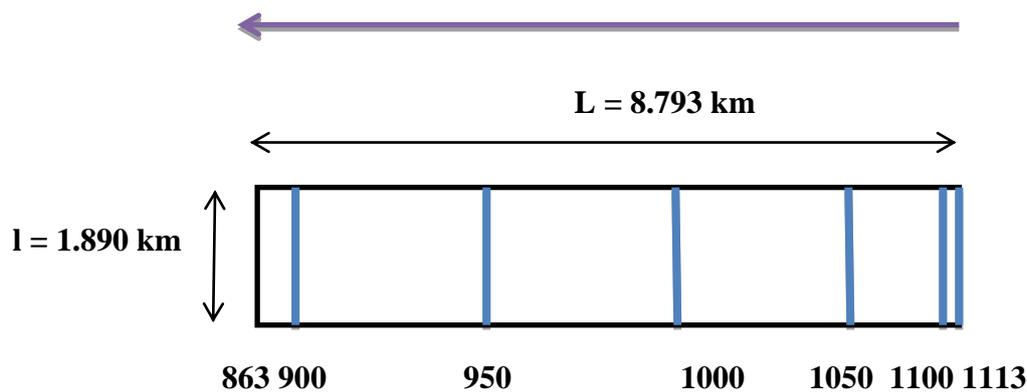


Figure III.3 : Rectangle équivalent

C. Les reliefs

Les reliefs influent directement sur les vitesses d'écoulements, car les paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude, et la morphologie du bassin. Sont caractérisés par :

a) La courbe hypsométrique

Cette courbe exprime la fraction de la superficie d'un bassin situé au-dessus d'une altitude donnée, et un outil pratique pour comparer plusieurs bassins entre eux ou les diverses sections d'un seul bassin. (André Musy, 2005).

Tableau III.2 : Distribution de la superficie du bassin versant en fonction de l'altitude

Altitude (m)	Altitude moy (m)	S_i (Km ²)	S_i cumul (Km ²)	S_i (%)	S_i (%) cumul	$hi * si$ (m.Km ²)
1113-1100	1106.5	0.0033	0.0033	0.02	0.02	3.6515
1100-1050	1075	0.1096	0.1129	0.66	0.68	117.82
1050-1000	1025	1.9645	2.0774	11.82	12.5	2013.6
1000-950	950	7.7017	9.7791	46.34	58.84	7316.615
950-900	925	5.2220	15.0011	31.42	90.26	4830.35
900 - 863	881.5	1.6187	16.62	9.74	100	1426.884

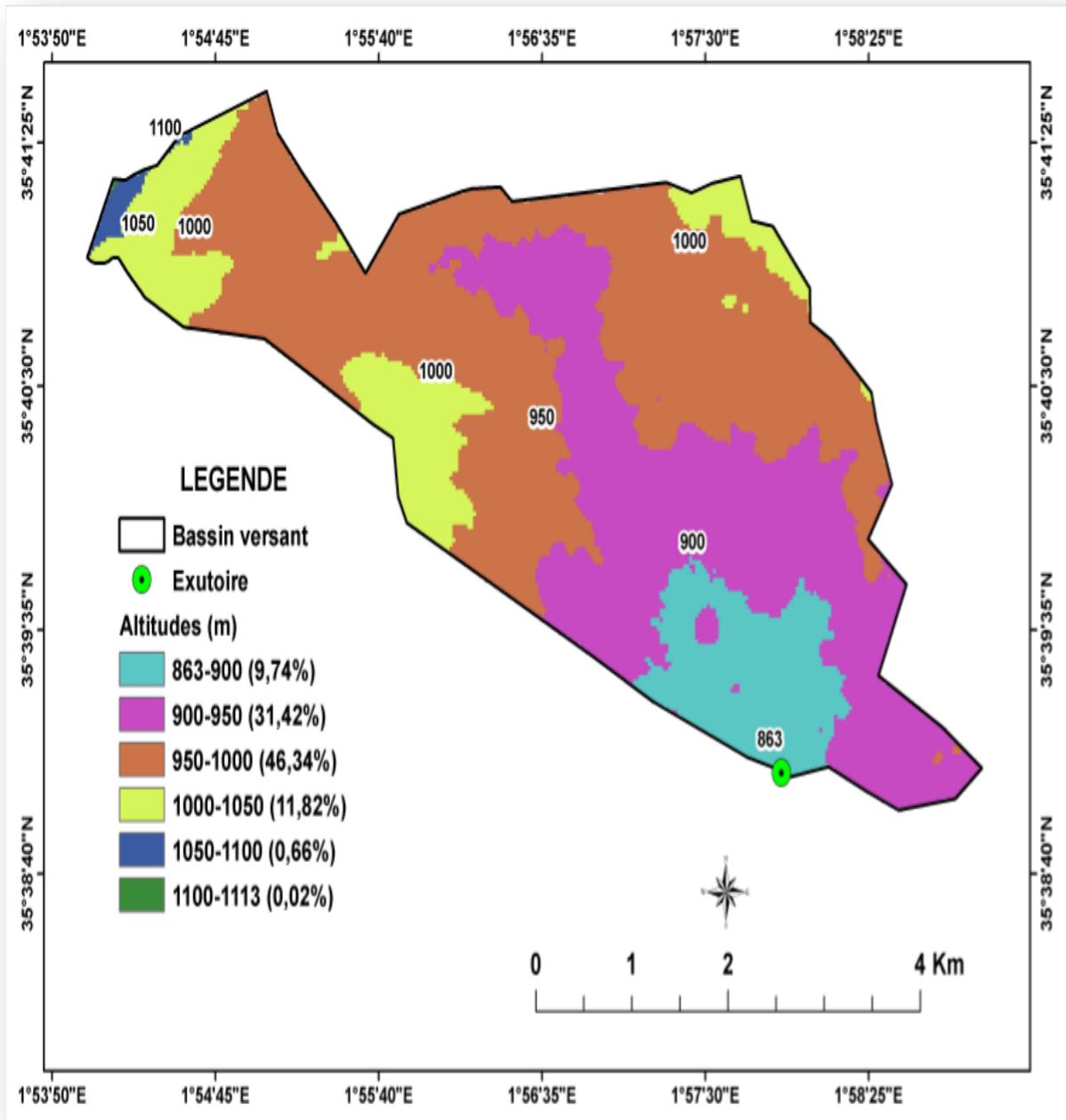


Figure III.4 : La carte hypsométrique du bassin versant de la ville de Khemisti

b) Les altitudes caractéristiques

1. Les altitudes maximale et minimale

Elles déterminent l’amplitude altimétrique du bassin versant et interviennent aussi dans le calcul de la pente (André Musy, 2005). L’altitude maximale représente le point le plus élevé, et l’altitude minimale est le point le plus bas.

AN : $H_{max} = 1113 \text{ m}$; $H_{min} = 863 \text{ m}$

2. L'altitude moyenne

Elle est parfois utilisée pour évaluer certains paramètres hydrométéorologiques.

$$H_{moy} = \frac{\sum S_i.H_i}{S} \quad (III.4)$$

Avec :

H_{moy} : altitude moyenne du bassin (m).

S_i : aire comprise entre deux courbes de niveau (km^2).

H_i : altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m).

S : superficie totale du bassin versant (km^2).

$$AN : H_{moy} = 945.18 \text{ m}$$

3. L'altitude médiane

Elle correspond à l'altitude au point d'abscisse 50 % de la surface totale du bassin.

$$AN : H_{méd} = 955 \text{ m}$$

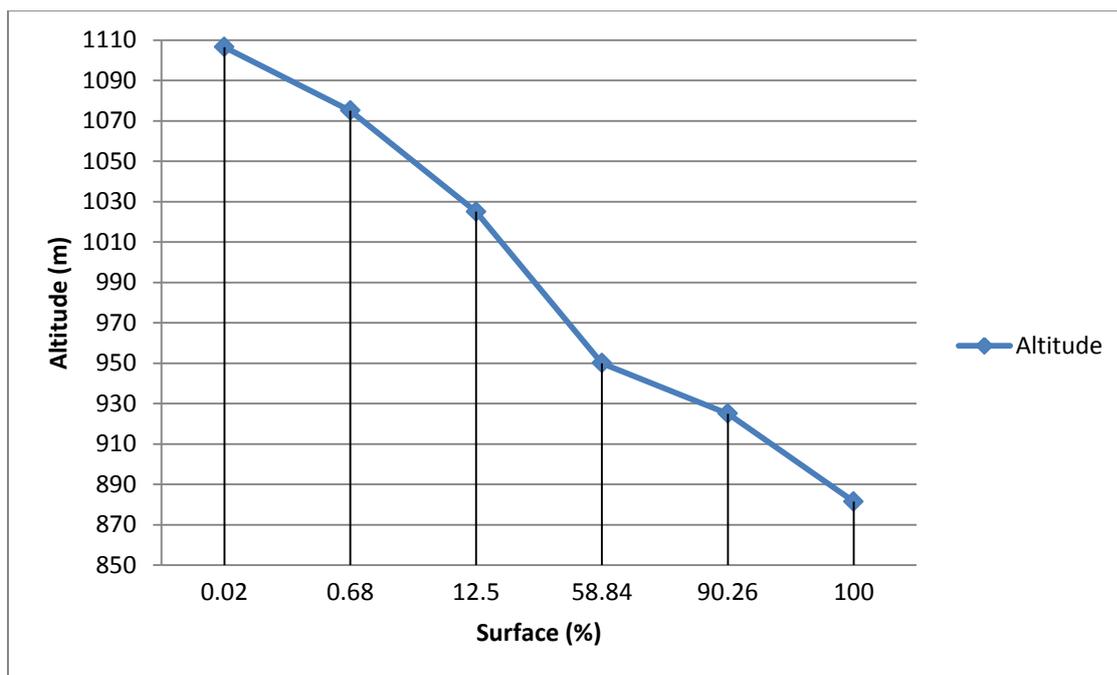


Figure III.5 : Représentation graphique de la courbe hypsométrique du bassin versant de la ville de Khemisti

c) Les indices

1) Pente moyenne I_m (Carlier et Leclerc, 1964)

Donne une bonne indication sur le temps de parcours du ruissellement direct et influence sur le débit de pointe lors d'un avers. (André Musy, 2005). Elle est donnée par la formule suivante :

$$I_m = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{\sqrt{S}} \quad (\text{III.5})$$

D'où :

H_{\max} : altitude maximale (m).

H_{\min} : altitude minimale (m).

S : superficie totale du bassin versant (km^2).

$$\text{AN : } I_m = 61.32 \text{ m/km}$$

2) Indice de pente globale I_g (P. Dubreuil, 1974)

Est le rapport entre l'altitude comprise entre 5 % et 95 % de la surface du bassin et la longueur du rectangle équivalent. On prend deux points S_1 , S_2 sur l'axe de l'abscisse telle que 90 % de la surface du bassin versant soit comprise entre ces deux valeurs et que 5 % de la surface totale du bassin versant soit inférieure à S_1 et 5 % soit supérieure à S_2 . (Touiabia, 2004).

$$I_g = \frac{D}{L} = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L} \quad (\text{III.6})$$

Avec :

D : Dénivelée entre $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$ (m).

L : Longueur du rectangle équivalent (km).

$H_{5\%}$ et $H_{95\%}$ sont respectivement les altitudes correspondantes à $S_{5\%}$ et $S_{95\%}$.

$$\text{AN : } H_{5\%} = 1055 \text{ m ; } H_{95\%} = 905 \text{ m ; } I_g = 17.059$$

• Classes du relief

La valeur d' I_g peut être utilisée comme paramètre de certains abaques.

Tableau III.3 : Classe de relief selon Bonnard et Gardel, 1996

Classe de relief	I_g (m/km)	Nature
R2	$2 < I_g < 5$	Bassins plaines
R3	$5 < I_g < 10$	Terrains intermédiaires entre la plaine et la zone à ondulation
R4	$10 < I_g < 20$	Ondulation de terrain
R5	$20 < I_g < 50$	Régions de collines
R6	$50 < I_g$	Régions montagneuse

Selon $I_g = 17.059$, on peut conclure que les reliefs de notre bassin versant est de classe **R4** (ondulation de terrain).

3) Indice de pente de Roche I_p (Roche, 1963)

Est la moyenne de la racine carrée des pentes mesurées sur le rectangle équivalent, et pondérée par les surfaces, et pondérée par les surfaces comprise entre deux courbes de niveau H_i et H_{i-1} . (Touiabia, 2004). Il est donné par la formule suivante :

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

Avec :

L : longueur de rectangle équivalent (m).

Si : surface partielle comprise entre deux courbes de niveau consécutives H_i et H_{i-1} .

$$\text{AN : } I_p = 18.7883$$

4) Dénivelée spécifique D_s

Est obtenue par la formule suivante (ORASTOM) :

$$D_s = D \sqrt{\frac{l_r}{L_r}} \quad (\text{III.8})$$

Avec :

D : dénivelée.

L_r : longueur de rectangle équivalent.

Largeur de rectangle équivalent l_r .

$$\text{AN : } D_s = 69.54$$

d) Les caractéristiques du réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est caractérisé par : sa hiérarchisation, son développement (nombres et longueurs des cours d'eau) et son profil en long. (Lalmas, 1993).

- **Hiérarchisation du réseau (Ordre d'un bassin versant)**

Pour chiffrer la ramification du réseau, et chaque cours d'eau reçoit un numéro en fonction de son importance. Il existe plusieurs méthodes, les plus utilisées sont celles de :

- STRAHLER.
- HORTON.
- GRAVELUIS.

Pour notre travail, on utilise celle de STRAHLER :

- Tout cours d'eau n'ayant pas d'affluent est dit d'ordre 1.
- Au confluent de deux cours d'eau de même ordre n , le cours d'eau résultant est d'ordre $n+1$.
- Un cours d'eau recevant un affluent d'ordre inférieur garde son ordre, ce qui se résume par : $n + n = n + 1$ et $n + m = \max(n, m)$.

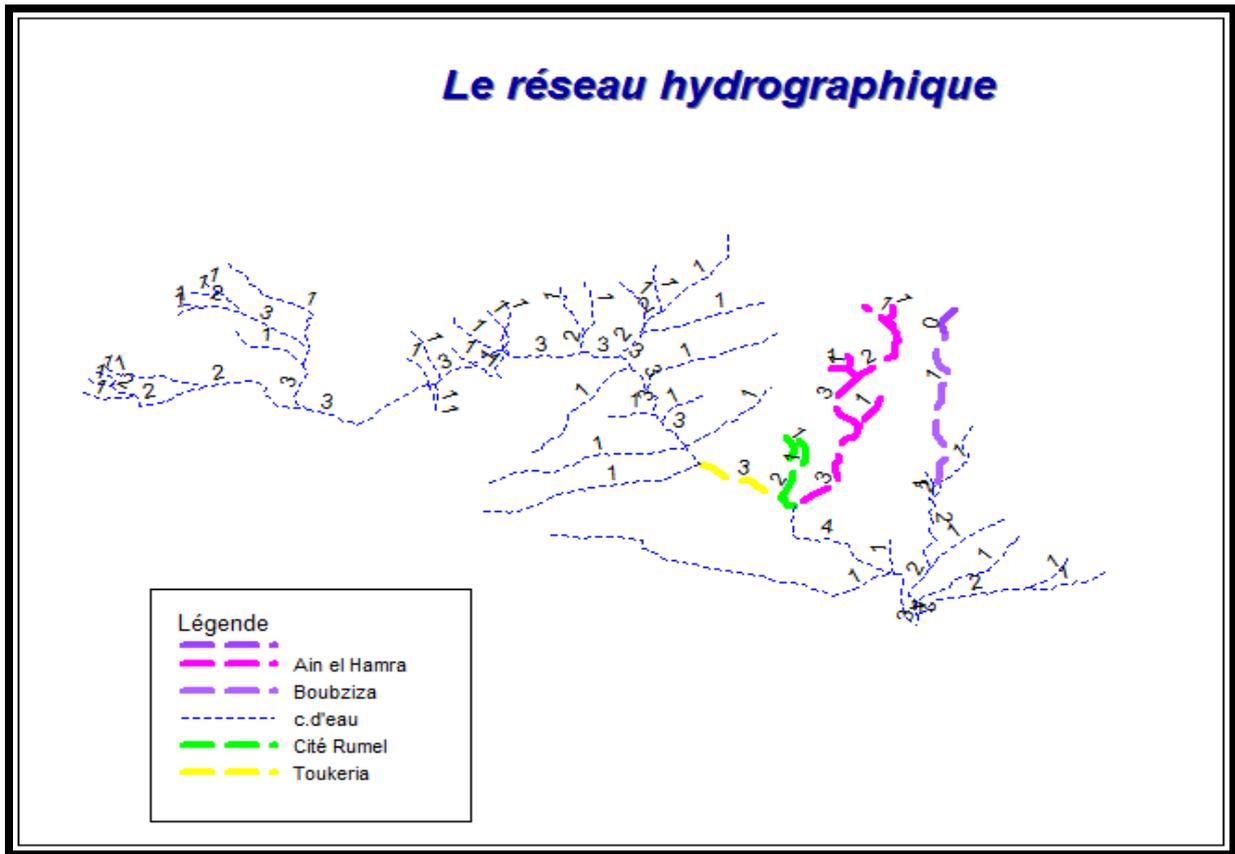


Figure III.6 : Réseau hydrographique du bassin versant de la ville de Khemisti

- **Densité de drainage Dd**

Est égalé au rapport entre longueur totale des segments de cours d'eau de tous ordres d'un bassin hydrographique, et la superficie du bassin. (André Musy, 2005).

Elle introduite par Horton, est la longueur totale du réseau par unité de surface du bassin.

$$Dd = \frac{\sum Li}{S} \quad (\text{III.9})$$

Avec :

Dd : densité de drainage (km/km²).

Li : longueur de cours d'eau (km).

S : surface du bassin versant (km).

AN : D_d = 0.481

- **Densité de thalweg élémentaire (thalweg/km²)**

$$F_1 = \frac{N1}{S} \quad (\text{III.10})$$

Avec :

N1 : Nombre de talweg d'ordre 1.

S : Superficie du bassin versant.

$$\text{AN : } F_1 = 2.948$$

- **Coefficient de torrentialité Ct**

Est le produit de la densité des thalwegs élémentaires et la densité de drainage.

$$Ct = F1 * Dd \quad (\text{III.11})$$

Avec :

Ct : coefficient de torrentialité.

F1 : densité des thalwegs élémentaires.

$$\text{AN : } Ct = 1.418$$

- **Pente moyenne du cours d'eau principale Ic**

Est le rapport entre la dénivelée et la longueur comprise entre deux points éloignés sur le cours d'eau principal.

$$I_c = \frac{\Delta H}{\Delta L} \quad (\text{m/km}) \quad (\text{III.12})$$

Avec :

I_c : pente moyenne du cours d'eau principale.

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

ΔL : distance entre ces deux points (km).

$$\text{AN : } I_c = 0.0156 ; I_c = 1.65 \%$$

- **Le temps de concentration T_c**

Définit comme la durée maximale nécessaire à une goutte d'eau plus éloignée pour arriver à l'exutoire. (André Musy, 2005).

Le temps de concentration est le temps qui sépare la fin de la pluie efficace de la fin du ruissellement direct. C'est le temps que met une goutte d'eau tombée sur le point plus éloigné en amont du bassin versant pour arriver à l'exutoire. C'est caractéristique importante de tout bassin versant. L'estimation du temps de concentration est obtenue grâce à des formules empiriques :

Formule de TURRAZA

$$T_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{S \cdot L}}{\sqrt{I}} \quad (\text{III.13})$$

Avec :

T_c : temps de concentration (h).

L : longueur du cours d'eau principale en km.

S : surface de bassin versant km^2 .

I : pente moyenne de cours d'eau principal en %.

$$\text{AN : } T_c = 0.441 \text{ h}$$

Formule de SCS (Soil Conservation Service, USA)

$$T_c = (0.87 * \frac{L^3}{H})^{0.387} \quad (\text{III.14})$$

Avec :

L : longueur de cours d'eau principal en km.

H : la différence en altitude max et altitude min en m.

$$\text{AN : } T_c = 1.25 \text{ h}$$

Formule de GIANDOTTI

$$T_c = \frac{4 * \sqrt{S} + 1.5L}{0.8 * \sqrt{H_{\text{moy}} - H_{\text{min}}}} \quad (\text{III.15})$$

Avec :

L : longueur de cours d'eau principale en km.

S : surface de versant en km^2 .

$H_{\text{moy}} - H_{\text{min}} = 945.18 - 863 = 82.18 \text{ m}$.

$$\text{AN : } T_c = 3.90 \text{ h}$$

On prend la valeur minimale : $T_c = 0.441 \text{ h}$

• Vitesse de ruissellement

Elle est donnée par la formule de « SOKOLOVSKY » (Touiabia B, 2004).

$$V_r = \frac{Lp}{T_c} \quad (\text{III.16})$$

Avec :

Lp : la longueur du thalweg.

T_c : le temps de concentration.

$$\text{AN : } V_r = 18.14 \text{ km/h}$$

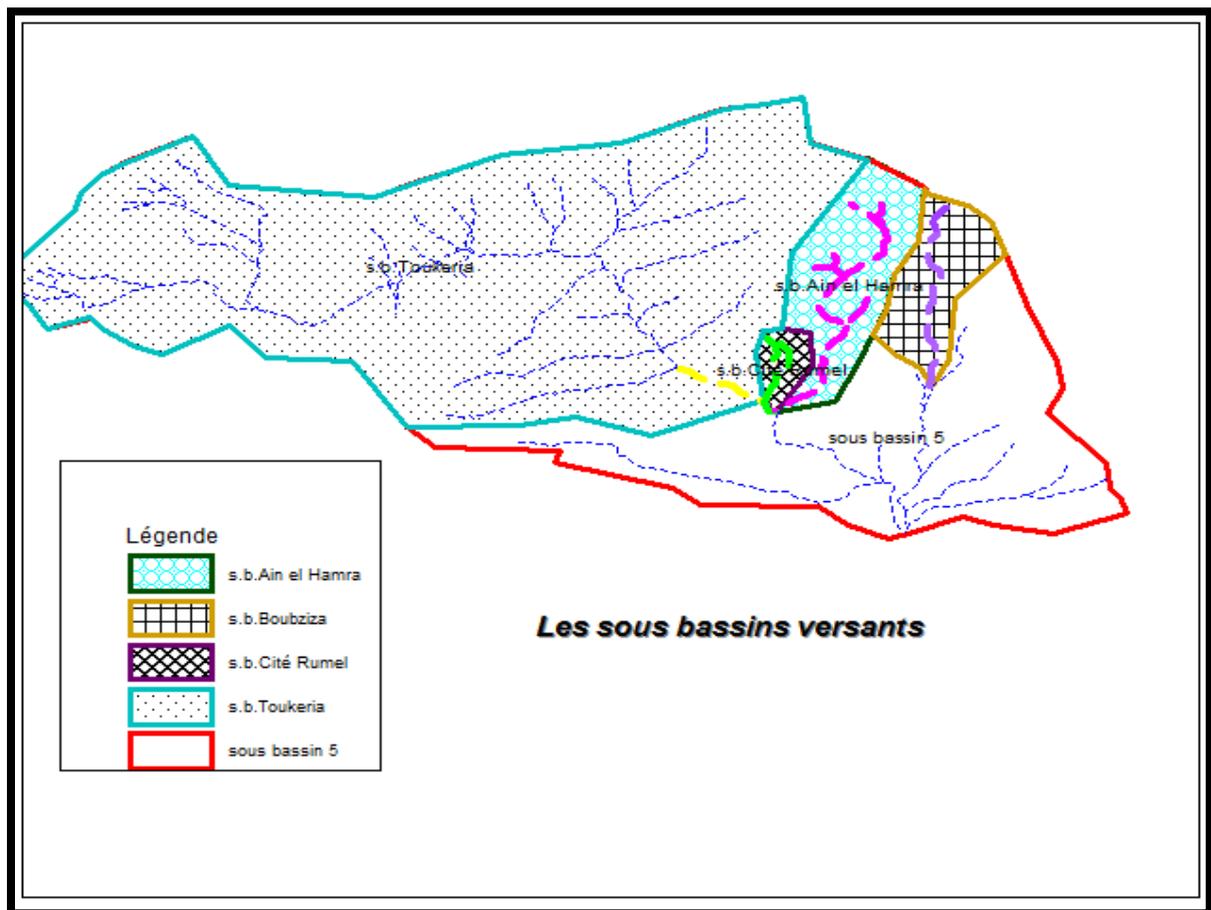


Figure III.7 : Délimitation des sous bassins du bassin versant de la ville de Khemisti

Les caractéristiques physiques de ces quatre sous bassins versants sont regroupées dans le tableau ci-après.

Tableau III.4 : Les caractéristiques physiques des sous bassins versants

Sous bassin	Toukeria	Cité Rumel	Ain El Hamra	Boubziza
Surface (km ²)	11.48	0.2203	1.348	0.8105
Périmètre (km)	17.37	1.931	5.701	4.238
Indice (K _c)	1.43	1.15	1.37	4.71
Longueur équivalent (km)	8.27	0.57	2.24	7.41
Largueur équivalent (km)	1.66	0.39	0.91	0.11
Altitude max (m)	1100	920	895	920
Altitude min (m)	905	895	1000	1010
Altitude moy (m)	1002.5	907.5	947.5	965
Longueur du talweg principal (km)	7.1	0.597	2.581	1.757
Pente moyenne (%)	0.94	7.9	2.75	8.68
Temps de concentration (h)	0.48	0.02	0.098	0.04
Vitesse moyenne (km/h)	14.79	29.85	26.34	43.9

III.2 ANALYSE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES

III.2.1 Présentation de la station pluviométrique et pluie moyenne annuelle

L'estimation de la pluie moyenne est faite à partir de station pluviométrique de Khemisti code 011004.

Tableau III-5: Station pluviométrique de Khemisti code 011004

Station	X (km)	Y (km)	Altitude Z (m)	Années d'observations	N
Khemisti	433.00	263.45	935	1969-2010	41

III.2.2 Analyse statistique des pluies maximales journalières

L'étude consiste à faire un ajustement pour la série de données des précipitations maximales journalières par une loi théorique afin de déterminer une intensité de pluie et de période de retour. Il existe plusieurs lois d'ajustement des séries pluviométrique, et l'ajustement des pluies maximales journalières sera effectuer à l'aide de logiciel « **Hyfran** » avec une comparaison des graphes de régression obtenue par les deux lois d'ajustements :

- ✓ La loi Log- normal (GALTON).
- ✓ La loi de Gumbel.

Et pour notre étude, on passe par les étapes suivantes :

- ✚ Classer la série des précipitations par ordre croissant ou décroissant selon qu'on travaille à la fréquence au dépassement ou au non dépassement.
- ✚ Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- ✚ Calcul de la fréquence expérimentale.
- ✚ Calcul des caractéristiques empiriques de la série de donnée.
- ✚ Reporter les points sur papier à probabilité approprié à chaque loi.
- ✚ Tracer la droite ou la courbe théorique appropriée.
- ✚ Calcul les quantiles et leur intervalle de confiance.

&- Les paramètres statistiques de l'échantillon

Les résultats des paramètres statistiques dans le tableau suivant :

Tableau III.6 : Les paramètres statistiques

Nombre d'observations	41
Minimum	21.0
Maximum	203
Moyenne	109
Ecart-type	48.2
Médiane	118
Coefficient de variation Cv	0.443
Coefficient d'asymétrie Cs	-0.170
Coefficient d'aplatissement	2.28

A) Ajustement à la loi Log - normal

La loi de GALTON à une fonction de répartition qui s'exprime selon la formule suivante :

$$F(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_u^{+\infty} e^{-\frac{1}{2}u^2} du \quad (\text{III.17})$$

$$\text{Ou} \quad U = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} \quad (\text{III.18})$$

Avec :

Ecart-type : δ .

Variable réduite de GAUSS U.

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

$$\text{Log}(x_{p\%}) = \overline{\text{Log}(x)} + \text{Log}(u_{p\%}) \quad (\text{III.19})$$

Les résultats de l'ajustement dans le tableau suivant :

Tableau III.7 : Résultats d'ajustement à la loi de Galton

Période de retour T (Ans)	Probabilité (q)	P_{jmax} (mm)	Ecart type (δ)	Intervalle de confiance (95%)
100	0.9900	387	71.8	246 – 528
50	0.9800	328	55.7	219 – 438
20	0.9500	257	37.8	182 – 331
10	0.9000	206	26.7	154 - 258

Le tracé de la droite de **GALTON** est représenté sur papier normal comme montre la figure suivante :

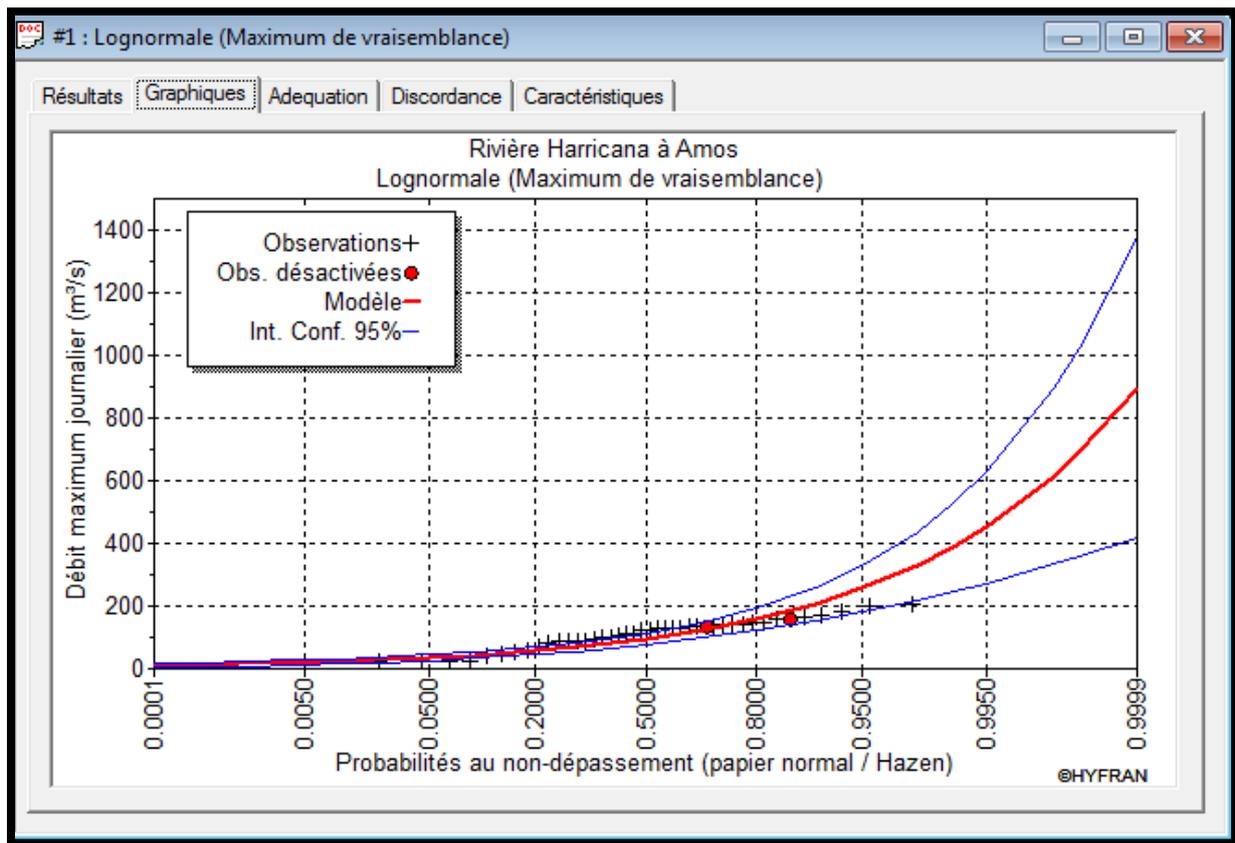


Figure III. 8 : Représentation graphique de l'ajustement à la loi Log- normal

B) Ajustement la loi de Gumbel

L'équation de droite de Gumbel :

$$P_{\max j} = \frac{1}{\alpha} Y + X_0 \quad (\text{III.20})$$

$$Y = -[\ln(-\ln(F(x)))] \quad (\text{III.21})$$

$$F(x) = \frac{m - 0.5}{N} \quad (\text{III.22})$$

Avec : Ordre de classement m , N : taille de l'échantillon.

$\frac{1}{\alpha}$, X_0 : sont déterminées par la méthode des moindres carrées.

Les résultats de l'ajustement dans le tableau suivant :

Tableau III.8 : Résultats d'ajustement à la loi de Gumbel

Période de retour T (Ans)	Probabilité (q)	$P_{j\max}$ (mm)	Ecart type (δ)	Intervalle de confiance (95%)
100	0.9900	302	30.7	242 – 362
50	0.9800	269	26.7	217 – 321

20	0.9500	225	21.4	183 – 267
10	0.9000	191	17.4	157 - 225

Le tracé de la droite de Gumbel est représenté sur papier log-normal comme le montre la figure suivante :

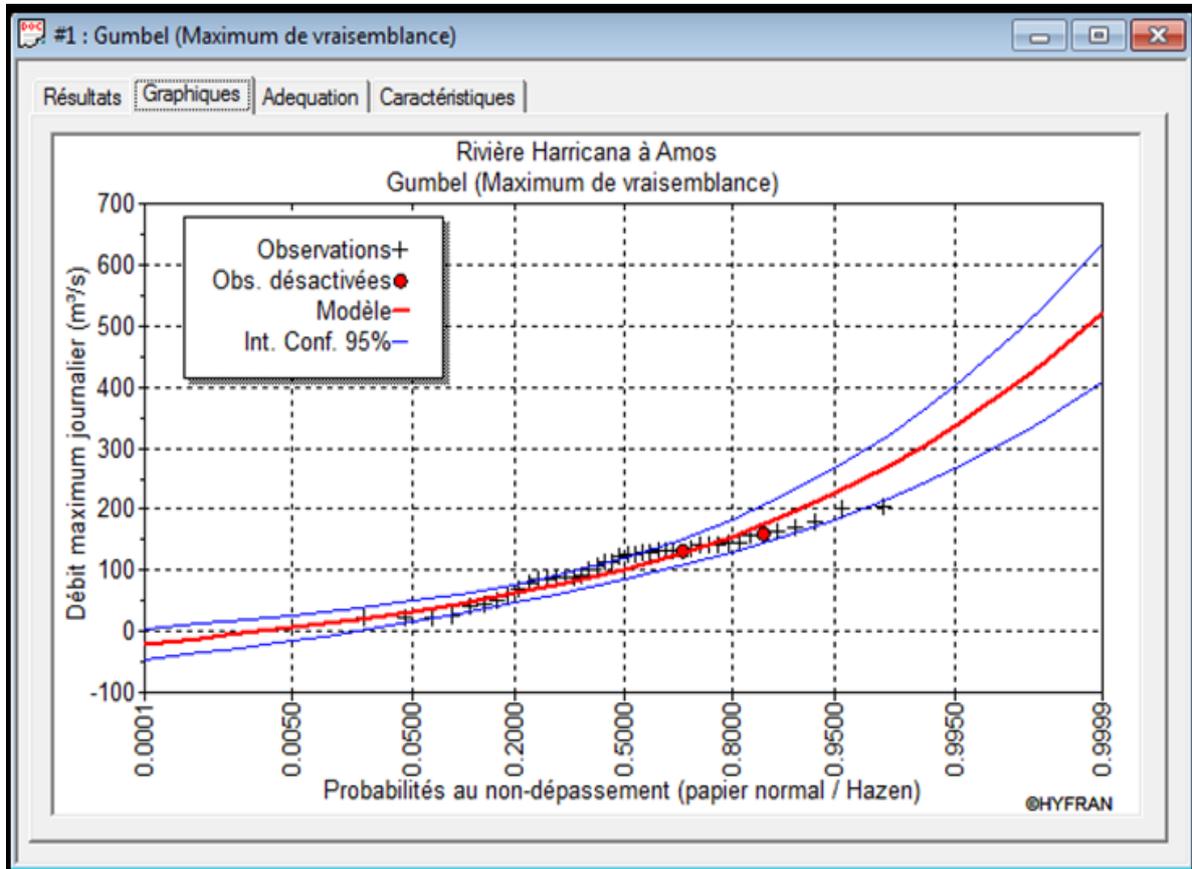


Figure III.9 : Représentation graphique de l’ajustement à la loi Gumbel

La droite d’ajustement est bien ajustée par rapport aux nuages des points qui sont inclus dans l’intervalle de confiance, le cas de la droite de Log normal, donc on prend les résultats de cette loi.

III.2.3 Pluie de courte durée

Elle est utilisée pour l’estimation des crues, la pluie qui donne la crue critique est la pluie de durée égale au temps de concentration d’où la formule de MONTANARI applicable pour les pluies de courte durée.

Pour déterminer les précipitations tombées pendant les averses de différentes durées, et pour une fréquence donnée, la formule de MONTANARI est utilisée. (Touiabia, 2004)

$$P_{t,p\%} = p_{\max,j,p\%} * \left[\frac{t}{24} \right]^b \quad (III.23)$$

Avec :

$P_{\max,j,p\%}$: pluie maximale journalière de probabilité donnée en (mm)

$P_{t,p\%}$: pluie de courte durée de probabilité donnée en (mm)

L'exposant climatique b la station de Khemisti est égal à **0.31**

Tableau III.9 : Pluies de courte durée du bassin versant de la ville de Khemisti pour les différentes fréquences

Période de retour	10	20	50	100
Fréquence %	10	5	2	1
$P_{\max i,p\%}$ (mm)	206	257	328	387
$P_{t,p\%}$ (mm)	59.67	74.45	95.01	112.10

Tableau III.10 : Pluies de courte durée en mm du sous bassin versant

Période de retour	10	20	50	100
Sous bassins				
Toukeria	61.26	76.43	97.54	115.09
Cité Rumel	22.87	28.54	36.42	42.97
Ain el Hamra	37.44	46.70	59.61	70.33
Boubziza	28.36	35.38	45.15	53.27

$$I_t = \frac{P_{ct}}{T_c} \quad (\text{III.24})$$

Avec :

I_t : L'intensité des pluies en (mm/h).

T_c : Temps de concentration en (h).

P_{ct} : Pluie de courte durée en (mm).

Tableau III.11 : Intensité des pluies du bassin pour différentes fréquences

Période de retour	10	20	50	100
I_t (mm/h)	135.31	168.82	215.44	254.20

Tableau III.12 : Intensité des pluies en mm/h du sous bassins

Période de retour	10	20	50	100
Sous bassins				
Toukeria	127.63	159.23	203.21	239.77
Cité Rumel	1141.5	1427	1821	2148.5
Ain el Hamra	382	476.5	608.27	707.65
Boubziza	709	884.5	1128.75	1331.75

Dans le calcul de dimensionnement des ouvrages hydrotechniques, une averse type de probabilité déterminée est de durée égale au temps de concentration. En effet, il n'est plus à demander que le débit maximum d'un court d'eau lors d'une épisode pluviale est celle gérée par une averse tombée pendant une durée déterminé appelée temps de caractéristique en temps de concentration. La répartition statistique des précipitations temporelles est donnée par la relation:

$$I_0 = \left(\frac{P_{ct}}{24}\right) \cdot \left(\frac{t}{24}\right)^{1-b} \quad (\text{III.25})$$

Avec : I_0 : pluie de courte durée (mm/h).

Les précipitations et les intensités pour les différentes fréquences sont regroupées dans le tableau ci-dessous

Tableau III-13: précipitations et les intensités du bassin pour les différentes fréquences

Fréquences % Temps (h)	10		5		2		1	
	P _{ct}	I ₀						
0.050	30.38	607.6	37.91	758.2	48.38	967.6	57.09	1141.8
0.100	37.67	376.7	46.99	469.9	59.98	599.8	70.77	707.7
0.150	42.72	284.8	53.29	355.27	68.01	453.4	80.24	534.93
0.200	46.70	233.5	58.26	291.3	74.36	371.8	87.73	438.65
0.250	50.05	200.2	62.44	249.76	79.68	318.72	94.01	376.04
0.300	52.96	176.53	69.30	231	84.32	281.07	99.84	332.8
0.350	55.55	158.71	72.23	206.37	88.44	252.69	104.35	298.14
0.400	57.89	144.73	79.66	199.15	92.18	230.45	108.76	271.9
0.441	59.67	135.31	74.45	168.82	95.01	215.44	112.10	254.20
1	76.91	76.91	95.96	95.96	122.46	122.46	144.49	144.49
2	95.35	47.68	118.96	59.48	151.82	75.38	179.13	89.56
3	108.12	36.04	134.89	44.96	172.15	57.38	203.12	67.71
4	118.21	29.55	147.47	36.87	188.21	47.05	222.07	55.52
5	126.67	25.33	158.03	31.61	201.69	40.34	237.97	47.59
6	134.04	22.34	167.22	27.87	213.42	35.57	251.81	41.97
7	140.60	20.09	175.41	25.06	223.87	31.98	264.14	37.73
8	146.54	18.32	182.82	22.85	233.33	29.17	275.30	34.41
9	151.99	16.89	189.62	21.07	242.00	26.89	285.54	31.73
10	157.04	15.70	195.92	19.59	250.04	25.00	295.02	29.50
11	161.75	14.70	201.79	18.34	257.54	23.41	303.86	27.62
12	166.17	13.85	207.31	17.28	264.58	22.05	312.17	26.01
13	170.34	13.10	212.52	16.34	271.23	20.86	320.01	24.62
14	174.30	12.45	217.15	15.53	277.53	19.82	327.45	23.39
15	178.07	11.87	222.15	14.81	283.53	18.90	334.53	22.30
16	181.67	11.35	226.64	14.17	289.26	18.08	341.29	21.33
17	185.11	10.89	230.94	13.58	294.75	17.34	347.76	20.45
18	188.42	10.46	235.07	13.06	300.01	16.67	353.98	19.67
19	191.61	10.08	239.05	12.58	305.09	16.06	359.96	18.95
20	194.68	9.73	242.88	12.14	309.98	15.50	365.73	18.29

21	197.65	9.41	246.58	11.74	314.70	14.99	371.31	17.68
22	200.52	9.11	250.16	11.37	319.27	14.51	376.07	17.12
23	203.3	8.84	253.63	11.03	323.70	14.07	381.93	16.61
24	206	8.58	257	10.71	328	13.67	387	16.13

III.3 ETUDE DES APPORTS

III.3.1 APPORTS LIQUIDES

&- Formule de SAMIE (1956)

$$L_e = P^2 \cdot (293 - 2.2\sqrt{S}) \quad (\text{III.26})$$

$$A = L_e \cdot S \quad (\text{III.27})$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle en (m).

P=0.114 m.

S : surface du bassin versant km².

L_e : la lame d'eau s'écoulé en (mm).

A : Apport moyen annuel Hm³.

$$\text{AN : } L_e = 3.69 \text{ mm}$$

$$A = 3.69 \cdot 0.001 \cdot 16.62 \cdot 10^6 = 0.06 \text{ Hm}^3$$

&- Formule de l'ANRH (1997)

$$A = 0.915 P^{2.684} S^{0.842} \cdot 10^6 \quad (\text{III.28})$$

$$\text{AN: } A = 0.029 \text{ Hm}^3$$

&- Formule de Mallet – Gauthier (1999)

$$A = 0.6 P (1 - 10^{-0.36 P^2}) \cdot S \quad (\text{III.29})$$

$$\text{AN: } A = 0.012 \text{ Hm}^3$$

Pour notre calcul, on prend la valeur maximal, donc : $A = 0.06 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Pour les lames d'eau et les apports liquides du sous bassins sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.14 : Les apports liquides et les lames d'eau du sous bassins versants

Sous bassins	Toukeria	Cité Rumel	Ain el Hamra	Boubziza
Lame d'eau mm	3.71	3.79	3.77	3.78
A. liquide (Hm ³)	42.59	0.83	5.08	3.06

III.3.2 APPORT SOLIDE EN SUSPENSION

a) Formule de SOGREAH (1969)

Ce modèle relie les apports solides en fonction du ruissellement annuel (R en mm) et la perméabilité du bassin α . Le modèle est le suivant :

$$A_s = \alpha R^{0.15} \quad (\text{III.30})$$

Ou :

A_s : apports solides (t/km²/an).

R : lame d'eau ruisselée en (mm).

Coefficient empirique qui varie en fonction de la perméabilité du terrain α .

Tableau III.15 : Différentes valeurs de « α »

Variation de perméabilité	α
Elevée	8.5
Moyenne	75
Faible à moyenne	350
Faible	1400
Imperméable	3200

$$\text{AN: } \alpha = 350$$

$$A_s = 425.72 \text{ t/km}^2/\text{an}$$

Les apports solides obtenues par chaque sous bassins sont les suivantes dans le tableau suivant :

Tableau III.16 : Les apports solides de chaque sous bassins

Sous bassins	Toukeria	Cité Rumel	Ain el Hamra	Boubziza
$A_s(\text{t/km}^2/\text{an})$	426	427	1319.5	1323

III.4 ETUDE DE CRUES

III.4.1 Introduction

Les débits de crues ont une influence directe sur le régime hydrologique à cause de la grande irrégularité, passant de débit nul à un débit de crue exceptionnel.

III.4.2 Définition

Une crue est un événement comprenant une ou plusieurs augmentations rapides et fortes du débit d'une rivière maintenant ce débit au-dessus d'un seuil donné. La crue simple, si elle présente une seule pointe. Elle est dite complexe si elle présente plusieurs points.

III.4.3 DIFFÉRENTES MÉTHODES D'ÉVALUATION DES CRUES

Les techniques utilisées pour la détermination des crues dépendent pour une grande part des données disponibles. Presque chaque problème qui se produit est uniquement, du aux variations des conditions et des données, qui fait que c'est la disponibilité des données plutôt que la nature des problèmes qui conditionnent la procédure. Il n'existe pas encore une unicité de calcul des crues, les méthodes de calcul diffèrent aussi selon la charge d'études.

Nous rappelons ci-dessous, les différentes méthodes de calcul des crues que chacune d'elles a ses avantages et ses inconvénients.

➤ **Méthode historique**

Etudes des archives, enquêtes auprès des populations et recherches d'anciennes traces des crues (les niveaux atteints par les crues du passé).

➤ **Méthode empirique**

Relations établies entre le débit et la surface du bassin versant, la pluie et la période de retour comme les formules de Greager, Fuller, Snyder, Possenti, etc ...

➤ **Méthode des courbes enveloppes**

Les pointes de crues maximales observées dans une région de caractéristiques hydrologiques homogènes sont reportées en fonctions de la surface du bassin versant, permettant de tracer une courbe enveloppée (Franco-Rodier, Chaumont...).

➤ **Méthode probabilistes**

Analyse des débits afin de déterminer la loi de probabilité à laquelle ils répondent (Gumbel, Galton, Pearson III, Log Pearson III.).Méthode du Gradex basée sur l'hypothèse que durant des pluies fortes, alors que le sol du bassin approche de la saturation, chaque augmentation de la pluie tend à produire une augmentation du débit. En conséquence, sur un graphique de Gumbel, les droites de répartitions des fréquences des pluies et des débits sont parallèles.

➤ **Méthode déterministe**

Modélisent fondamentalement le processus pluie - écoulement du bassin et elle a pour objectif de déterminer non seulement le débit de pointe mais également l'hydrogramme correspondant à la crue que celui aussi permet d'estimer le volume de cette crue.

➤ **Méthode de l'hydrogramme unitaire**

Basée sur un travail de dépouillement averse – crues (version de Sherman).Dans notre étude on va utiliser les méthodes empiriques.

III.4.3.1 LES FORMULES EMPIRIQUES D'ESTIMATION DU DEBIT DE POINTE

➔ **Application sur les bassins versants**

Partant des données morphologiques et pluviométriques existantes, une évaluation des débits de pointes des crues sera faite à partir des formules empiriques :

Mallet – Gauthier, Giandotti, Turazza, et Sokolovski. Ces relations sont celles qui traitent au mieux les petits bassins.

&- Formule de Mallet – Gauthier

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

$$Q_{\max,p\%} = 2K \log(1 + 20H) \frac{S}{\sqrt{L}} \sqrt{1 + 4 \log T - \log S} \quad (\text{III.31})$$

Avec :

K : constante comprise entre 1-3 on prend: K=1.5.

H : Précipitation moyenne interannuelle en m, H = 0,114 m.

S : Surface du bassin en Km², S=16.62 km².

L : Longueur du talweg principal en Km, L = 8 km.

T : Période de retour.

Les résultats sont cités dans le tableau suivant :

Tableau III.17 : Le débit maximal de crue du bassin pour différent période de retour

Période de retour (ans)	10	20	50	100
Q _{max, p%} (m ³ /s)	17.68	20.30	23.32	25.36

Les débits des crues des sous bassins versants sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.18 : Les débits des crues en m³/s des sous bassins pour différent période de retour

Période de retour Sous bassins	10	20	50	100
	Toukeria	13.26	15.15	17.33
Cité Rumel	1.05	1.15	1.28	1.37
Ain el Hamra	2.87	3.21	3.6	3.87
Boubziza	2.28	2.54	2.84	3.05

Hydro grammes des crues

Les Hydro grammes de crues pour diverses fréquences sont évalués par la méthode de Sokolovski qui assimile l'hydrogramme a deux équations paraboliques.

$$\text{La montée de la crue : } Q_{\max} = Q_{\max, p\%} \left[\frac{t}{t_m} \right]^m \quad (\text{III.32})$$

$$\text{La décrue : } Q_{\max} = Q_{\max, p\%} \left[\frac{t_d - t}{t_d} \right]^n \quad (\text{III.33})$$

Avec :

t_m: temps de montée de la crue.

t_m = t_c Selon SKOLOVSKI.

t_d: temps de la décrue.

t_d = δ t_m.

δ : Coefficient dépend des caractéristiques du bassin, δ = 2.3.

Pour notre bassin faiblement perméable donc δ varie 2 à 2.5.

m, n : puissance des équations m = 2, n = 3

&- Estimation du temps de base de la crue

D'après Sokolovski, le temps de base de la crue T est exprimé en fonction du temps de montée t_m , et il est exprimé comme suit

$$T_b = (1 + \gamma).T_m \quad (\text{III.34})$$

Où :

γ : paramètre de SKOLOVSKI : $\gamma = \frac{t_d}{t_m}$, $\gamma = 2.3$

$$\text{AN : } T_b = 1.46 \text{ h}$$

Les temps de bases pour chaque sous bassins sont cités dans le tableau suivant :

Tableau III.19 : Les différents paramètres pour différents sous bassins

Sous bassin	Toukeria	Cité Rumel	Ain el Hamra	Boubziza
$Q_{\max,1\%}$ (m^3/s)	18.82	1.37	3.87	3.05
$T_c=t_m$ (h)	0.48	0.02	0.098	0.04
t_d (h)	1.104	0.046	0.2254	0.092
Γ	2.3	2.3	2.3	2.3
T_b (h)	1.584	0.066	0.323	0.132

Les débits de montée et de descend des sons bassins sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau III.20 : Les débits de la crue centennale de sous bassin Toukeria

Temps (h)	Q (m^3/s)
0.00	0.000
0.05	0.204
0.10	0.817
0.15	1.838
0.20	3.267
0.25	5.105
0.30	7.352
0.35	10.006
0.40	13.069
0.45	16.541
0.48	18.820
0.50	3.082
0.55	2.378
0.60	1.791
0.65	1.309
0.70	0.922
0.75	0.6204

0.80	0.3929
0.85	0.2292
0.90	0.1187
0.95	0.0511
1.00	0.01573
1.05	0.0022
1.10	$8.95 \cdot 10^{-7}$
1.15	0.00

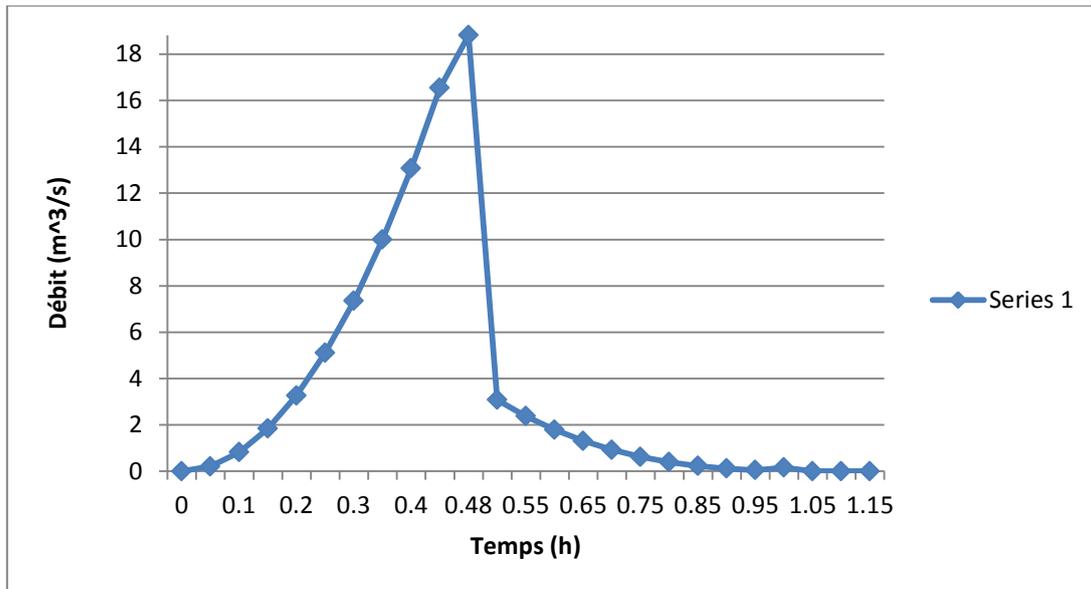


Figure III.10 L'hydrogramme de crue d'Oued Toukeria

Tableau III.21 : Les débits de la crue centennale de sous bassin Cité Rumel

Temps (h)	Q (m³/s)
0.00	0.00
0.001	0.003425
0.003	0.030825
0.005	0.085625
0.006	0.1233
0.009	0.277425
0.01	0.3425
0.02	1.37
0.030	0.057651
0.035	0.018734
0.040	0.00304
0.045	0.0000141
0.050	0.00
0.055	0.00
0.06	0.00

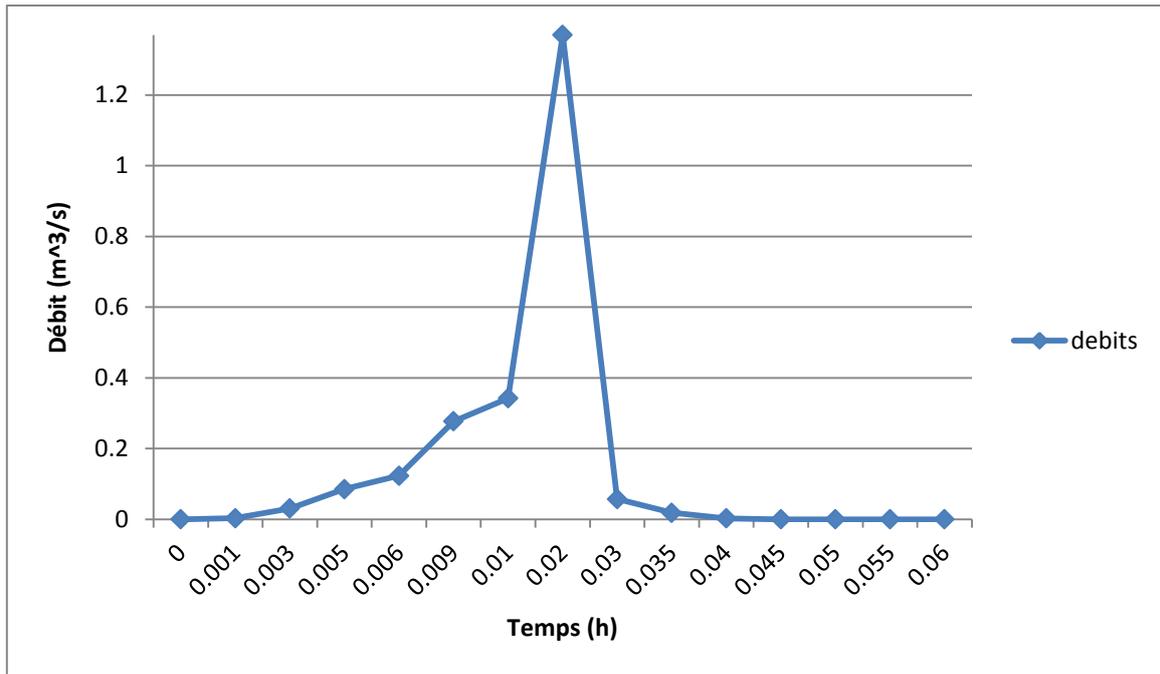


Figure III.11 : L'hydrogramme de cure d'Oued Cité Rumel

Tableau III.22 : Les débits de la crue centennale de sous bassin Ain el Hamra

Temps (h)	Débit Q (m³/s)
0.000	0.00
0.010	0.0403
0.020	0.1612
0.030	0.3627
0.040	0.6447
0.050	1.0074
0.080	2.5789
0.090	3.2640
0.098	3.87
0.100	0.6664
0.130	0.2934
0.150	0.14487
0.170	0.05746
0.200	0.005538
0.230	0.00321
0.250	0.00201
0.270	0.001364
0.300	0.000052
0.310	0.0000321
0.320	0.00000125
0.323	0.000

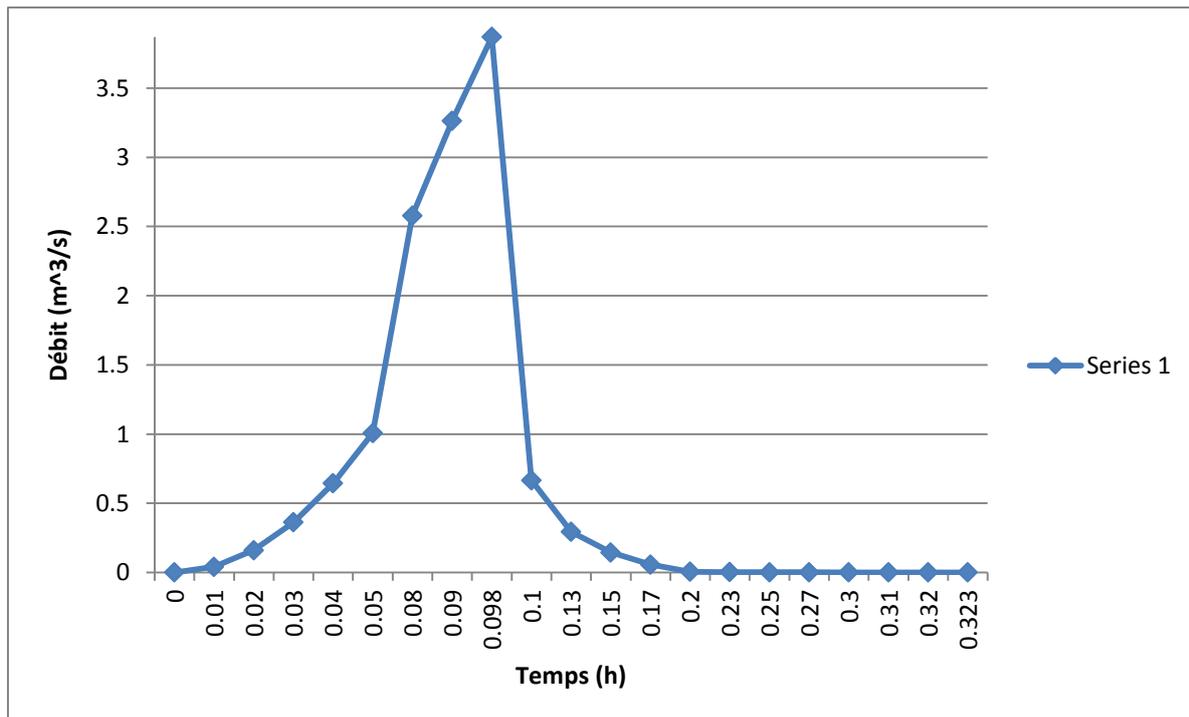


Figure III.12 : L'hydrogramme d'Oued Ain el Hamra

Tableau III.23 : Les débits de la crue centennale de sous bassin Boubziza

Temps (h)	Débit Q (m³/s)
0.00	0.00
0.001	0.00191
0.002	0.00763
0.010	0.19063
0.015	0.42891
0.02	0.7625
0.03	1.71563
0.04	3.05
0.06	0.12835
0.08	0.00677
0.10	0.00
0.11	0.00
0.12	0.00
0.13	0.00
0.132	0.00

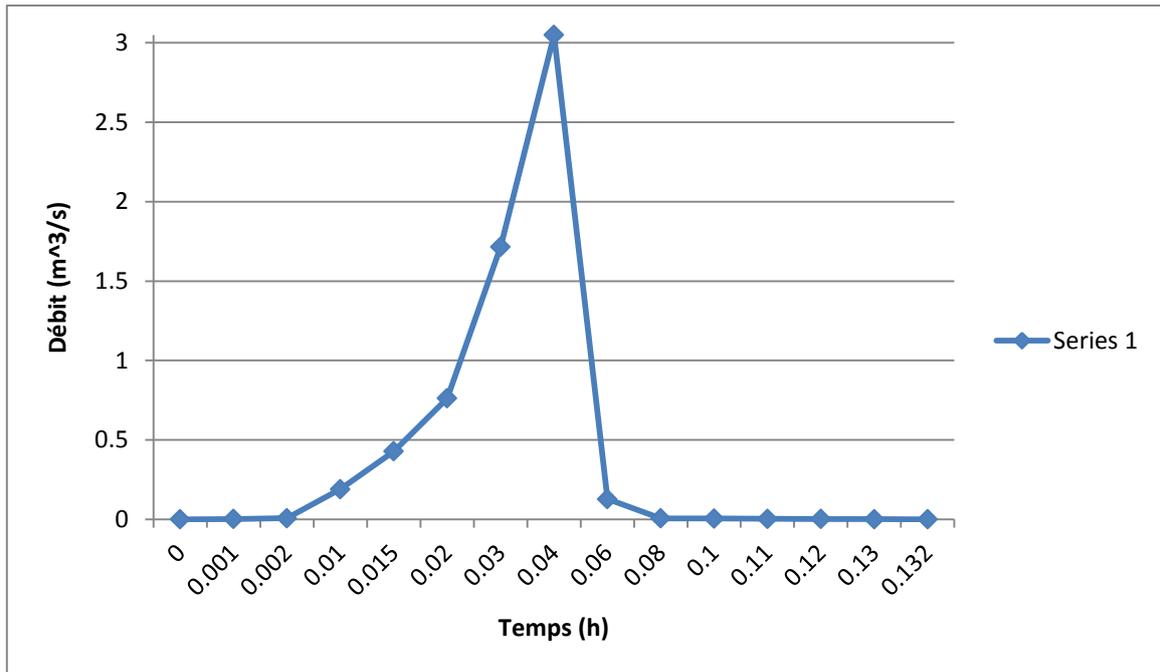
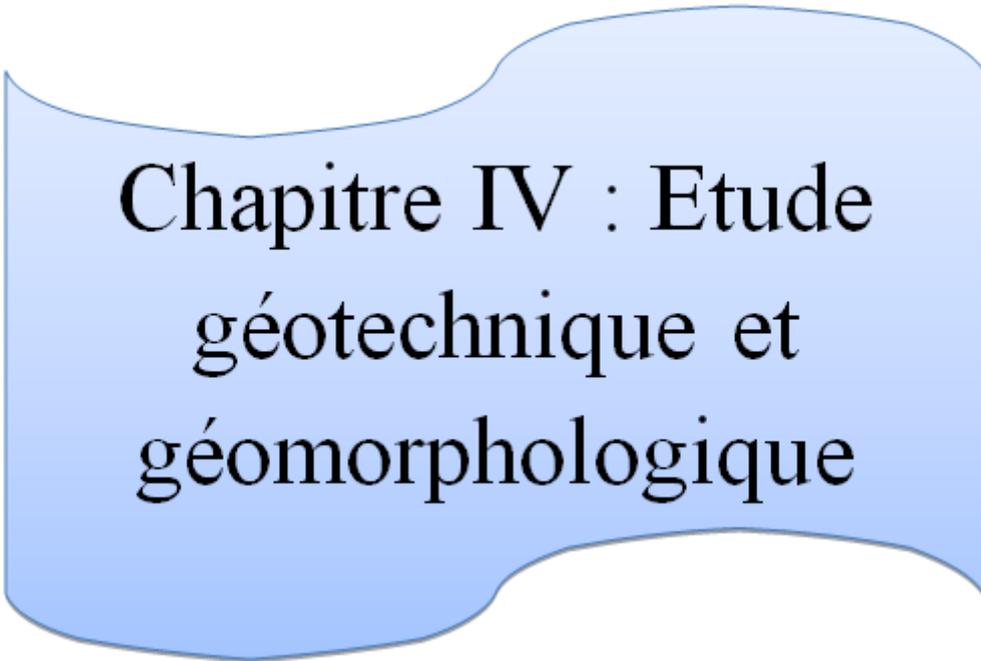


Figure III.13 : L'hydrogramme de crue d'Oued Boubziza

III.5 CONCLUSION

D'après cette étude qui est basée sur les caractéristiques physico-géographiques et morphologiques du bassin versant de la ville de Khemisti, et aussi le calcul des apports liquides, solides et l'hydrogramme de crues des différentes périodes de retour. Donc, nous choisissons pour notre projet les crues centennales. La valeur maximale de la crue centennale est évaluée à 18.82 m³/s à l'oued Toukeria.



**Chapitre IV : Etude
géotechnique et
géomorphologique**

IV INTRODUCTION

Cette étude est basée sur la collecte des données existantes sur les cartes géologiques, topographiques, les études réalisées au niveau de la région et les résultats des travaux de reconnaissances et essais géotechniques de laboratoire au niveau de site.

Cette étude permet de :

- Déterminer les éventuels risques de mouvement de terrain (glissement ou éboulement)
- Déterminer la géomorphologie du bassin de l'aire d'étude.
- Les terrains de fondations des ouvrages projetés et leurs caractéristiques géotechniques.

Les essais géotechniques de laboratoire ont été confiés au Laboratoire LTPO (antenne de Tissemsilt).

IV.1 TRAVAUX DE RECONNAISSANCES ET ESSAIS GEOTECHNIQUES DE LABORATOIRE

Pour la protection de la ville de Khemisti (W. Tissemsilt) contre les inondations, on doit connaître les terrains de fondations pour les ouvrages projetés à l'aide des travaux suivantes :

&- Sondages

Ont été réalisées au niveau des différents sites deux (02) sondages carottés avec une profondeur de 10 m de profondeur chacun et quatre (04) sondages par pénétration dynamique (PDL) poussés jusqu'au refus.

a) Sondages carottés

*. Sondage n° 01 : montre l'existence des formations géologiques suivantes, du haut en bas :

- **0.00 – 1.00m** : Sol remanié.
- **1.00 – 3.20m** : Argile sableuse marron jaunâtre à concrétion de calcaire blanchâtre, compacte.
- **3.20 – 10.00m** : Argile silto-sableuse verdâtre à gris verdâtre à concrétion de calcaire blanchâtre au sommet, compacte à légèrement indurée.



Figure IV.1 : Echantillon prélevé du sondage n° 01 (Profondeur 0.0 – 5.0 m)



Figure IV.2 : Echantillon prélevé du sondage n° 01 (Profondeur 5.0 – 10.0 m)

*. Sondage n° 02 : montre l'existence des formations géologiques suivantes, du haut en bas :

- **0.00 – 0.30m** : sol remanié.
- **0.30 – 7.00m** : Argile sableuse marron jaunâtre à concrétion de calcaire blanchâtre, compacte à gravelle.
- **7.00 – 10.00m** : Argile silto-sableuse verdâtre à gris verdâtre, compacte.



Figure IV.3 : Echantillon prélevé du sondage n° 02 (Profondeur 0.0 – 5.0 m)



Figure IV.4 : Echantillon prélevé du sondage n° 02 (Profondeur 5.0 – 10.0 m)

b) Sondage par pénétration dynamique

Ce type de sondage permet de déterminer la résistance du sol pour déterminer la profondeur d'ancrage des ouvrages. Les résultats obtenus dans le tableau suivant :

Tableau IV.1 : La variation de la résistance en fonction de profondeur

	K1 (bars)	K2 (bars)	K3 (bars)	K4 (bars)
RP à 1 m	34.4	25.8	25.8	17.2
RP à 2 m	47.4	39.5	47.4	39.5
RP à 3 m	37.4	29.6	66.6	37.0
RP à 4 m	27.6	41.4	34.5	48.3
RP à 5 m	38.4	32.0	44.8	51.2
RP à 6 m	36.6	42.7	42.7	42.7
RP à 7 m	57.0	51.3	68.4	39.9
RP à 8 m	86.4	64.8	102.6	91.8
RP à 9 m	78.0	109.2	83.2	124.8
RP à 10 m	63.7	78.4	78.4	122.5
RP à 11 m	75.2	145.7	79.9	263.2
RP à 12 m	76.5	/	72	/
Profondeur de refus	12.75	11.70	12.65	11.15

&- Essais géotechniques de laboratoire

Les essais sont réalisés pour les échantillons de sols prélevés au niveau des sondages carottés les suivants :

- ❖ Granulométrie-Sédimentométrie.
- ❖ Les limites d'Aterberg.
- ❖ Evaluation de la teneur en carbonate.
- ❖ Evaluation de la teneur en sulfate.
- ❖ Valeur de bleu méthylène.
- ❖ Cisaillement direct à la boîte de Casagrande.

IV.2 LES CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES DES SOLS DE FONDATION DES OUVRAGES PROJETES

Les résultats des essais géotechniques de laboratoire qui sont réalisés sur les échantillons de sols prélevés :

- **Granulométrie – Sédimentométrie**

L'analyse granulométrique montre un sol ayant une matrice fine dont les tamisât inférieur à 0.08 mm, sont oscille entre 56 % à 71 %, avec un taux d'argilosité varie entre 10 % à 14 %. Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 : Les résultats d'essai de granulométrie

N° sondage	Profondeur (m)	< 5 mm (%)	< 0.08mm (%)	< 0.02mm (%)
S ₁	1.6 – 1.9	100	60	10
	3.40 – 3.70	95	60	14
S ₂	3.4 – 3.6	100	56	10
	5.0 – 5.4	98	71	14

- **Limite d'ATTERBERG**

Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau IV.3 : Les limites d'ATTERBERG

N° sondage	Profondeur (m)	WL (%)	IP (%)	Nature
S ₁	1.6 – 1.9	24.8	9.96	Non plastique
	3.4 – 3.7	25.7	10.9	Non plastique
S ₂	3.4 – 3.6	24.6	9.96	Non plastique
	5.0 – 5.4	41.7	19.04	Peu plastique

- **Carbonate (CaCO₃)**

La teneur en carbonate (CaCO₃) est déterminée selon la norme NA-2789. Les résultats sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau IV.4 : La teneur en carbonate en fonction de profondeur

N° sondage	Profondeur (m)	CaCO ₃	Nature
S ₁	1.6 – 1.9	20	Sol carbonaté
	3.4 – 3.7	12	
S ₂	3.4 – 3.6	32	Sol légèrement carbonaté.
	5.0 – 5.4	20	

- **Valeur au bleu méthylène**

Le but de l'essai est d'évaluer la richesse d'un sol en argile d'une façon globale. Les résultats dépendent de la nature des argiles et de leur quantité dans le sol. Ces dernières absorbent une quantité de bleu méthylène en proportionnelle à la somme de leurs surfaces. Les résultats dans le tableau suivant :

Tableau IV.5 : Les valeurs de bleu méthylène en fonction de la profondeur

N° sondage	Profondeur (m)	BM (1gr/100gr)	Nature
S ₁	1.6 – 1.9	1.83	Sol Kaolinite peu sensible à l'eau
	3.4 – 3.7	1.58	
S ₂	3.4 – 3.6	1.73	Sol Kaolinite peu sensible à l'eau
	5.0 – 5.4	2.29	

- **Les sulfates (SO₄)⁻²**

Cet essai permet de définir les classes de l'agressivité des milieux environnant le béton. Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau IV.6 : La variation du sulfate en fonction de la profondeur

N° sondage	Profondeur (m)	(SO ₄) ⁻²	Nature
S ₁	1.6 – 1.9	0.37	Sol faiblement à Moyennement agressif
	3.4 – 3.7	0.42	
S ₂	3.4 – 3.6	0.63	
	5.0 – 5.4	0.71	

- **Essais de cisaillement direct à la boîte**

Les résultats obtenus des essais UU sont dans le tableau suivant :

Tableau IV.7 : Les caractéristiques mécaniques du sol

N° sondage	Profondeur (m)	Cohésion (bars)	Angle interne de frottement
S ₁	3.4 / 3.6	2.71	20
S ₂	5.0 / 5.6	2.70	18

- **Essais de compressibilité à l'oedomètre**

Pour connaître le comportement du sol sous l'effet des charges apportées par les constructions ainsi que son état de consolidation, nous avons réalisé un essai de compressibilité à l'oedomètre. Les résultats obtenus sont dans le tableau suivant :

Tableau IV.8 : L'état de consolidation du sol

Sondage	Profondeur (m)	P_c (bar)	C_t (%)	C_g (%)	Pa (bar)	Etat de consolidation
S ₁	3.4 / 3.6	3.8	26	12.5	0.74	Sol sur consolidé, fortement compressible, très gonflons

- **Des densités et des teneurs en eau**

$$1.98 < \gamma_h \text{ (t/m}^3\text{)} < 2.02$$

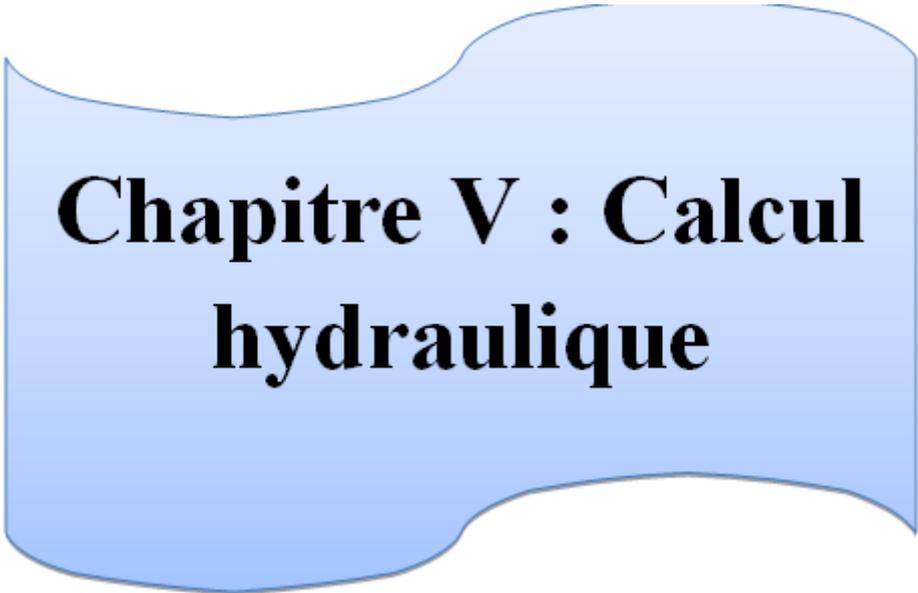
$$1.58 < \gamma_d \text{ (t/m}^3\text{)} < 1.64$$

$$22.76 < w \text{ (t/m}^3\text{)} < 26.53$$

$$91.70 < S_r \text{ (t/m}^3\text{)} < 98.20$$

IV.4.CONCLUSION

Au terme de notre investigation, le terrain choisi pour la construction et mis en place des ouvrages hydrauliques à la ville de Khemisti (W. Tissemsilt) est composé principalement d'une argile gréseuse, couvert par un remblai hétérogène. La couche d'argile gréseuse peut servir d'assise pour des fondations qui seront déterminées en fonction des charges et surcharges transmises au sol, ainsi que leurs répartitions sur l'emprise.



**Chapitre V : Calcul
hydraulique**

V INTRODUCTION

L'hydraulique est traitée des écoulements dans les canaux artificiels et naturels ayant une surface libre soumise à la pression atmosphérique et dont la forme peut varier.

Les aménagements doivent satisfaire les conditions de l'évacuation rapide et continue de toutes les quantités des eaux à travers le calcul hydraulique qui inspire la règle des valeurs extrêmes (débit et vitesse d'écoulement), pour assurer une protection suffisante contre les inondations.

V.1 LES DIFFERENTS AMENAGEMENT D'UN COURS D'EAU

- **Rectification** : pour les cours d'eaux sinueuses ou méandriiformes ont été artificiellement rectifiés sur longue distance, pour augmenter la débitante.
- **Recalibrage** : est l'un des types les plus fréquemment réalisé dans le monde. Ce type de travaux a été mis en œuvre très anciennement dans les zones urbaines et périurbaines. Il consiste à augmenter la débitante du lit mineur.
- **Dragage.**
- **Couverture de cours d'eau.**
- **Endiguement.**
- **Déplacement de cours d'eau** : certain cours d'eau ont été déplacé de leur position initial naturelle vers l'un ou l'autre côté du fond de vallée.

V.2 OBJECTIF D'AMENAGEMENT

L'objectif est la canalisation de l'oued de Khemisti, toutes en respectant les conditions d'écoulement, de protection et de stabilité des berges pour but protéger les habitants, leurs biens et les terres agricoles contre les inondations.

V.3 DONNEES DE BASE EXISTANTE POUR L'AMENAGEMENT

On utilise les cartes topographiques de la zone d'étude, du levé topographique et de l'étude hydrologique du bassin versant de l'oued de Khemisti.

V.4 DEBITS DE DIMENSIONNEMENT

Le débit utilisé pour le dimensionnement des ouvrages est choisit à partir des normes de protection et de sécurité contre les inondations, selon l'étude hydrologique et la période de retour choisi.

V.5 GENERALITES SUR LES ECOULEMENTS

V.5.1 Ecoulement à surface libre

Est défini comme un écoulement de liquide, avec une surface qui est en contact, avec l'air libre est la pression atmosphérique, ce cas d'écoulement se fait sous l'action de la force de gravité à cause de l'existence de la pente.

V.5.2 Ecoulement permanent

Est défini lorsque ces paramètres : vitesse, débit et profondeur restent invariables dans le temps en grandeur et en direction. C'est –à-dire

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dQ}{dt} = \frac{dh}{dt} = \frac{du}{dt} = 0 \quad (\text{V.1})$$

V.5.3 Ecoulement non permanent

Est défini lorsque ces paramètres : vitesse, débit et profondeur se varient dans le temps en grandeur et en direction. C'est-à-dire :

$$\frac{dv}{dt} \neq \frac{dQ}{dt} \neq \frac{dh}{dt} \neq \frac{du}{dt} \neq 0 \quad (\text{V.2})$$

V.5.4 Ecoulement uniforme

Est défini lorsque ces paramètres : vitesse, pente, rugosité, profondeur et section restent invariables dans l'espace. C'est-à-dire :

$$\frac{dv}{dx} = \frac{di}{dx} = \frac{dh}{dx} = \frac{ds}{dx} = 0 \quad (\text{V.3})$$

V.5.5 Ecoulement non uniforme

Est défini lorsque ces paramètres : vitesse, pente, rugosité, profondeur et section se varient dans l'espace. C'est-à-dire :

$$\frac{dv}{dx} \neq \frac{di}{dx} \neq \frac{dh}{dx} \neq \frac{ds}{dx} \neq 0 \quad (\text{V.4})$$

On distingue deux types :

- *Ecoulement non uniforme graduellement varié* : lorsque la variation de hauteur dans la direction d'écoulement est très faible typiquement six désigne une longueur d'écoulement et Δh une variation de hauteur, on a $\frac{\Delta h}{x} \ll 1$.
- *Ecoulement non uniforme rapidement varié* : lorsque la variation de hauteur dans la direction d'écoulement est très importante.

V.6 REGIME D'ÉCOULEMENT

L'écoulement d'un fluide engendre les forces d'inertie, de gravité et de frottement.

Les équations réduites du mouvement font intervenir des coefficients ou des nombres adimensionnels suivants :

- Le nombre de Froude : est le rapport entre les forces de pesanteur et les forces d'inertie.
- Le nombre de Reynolds : est le rapport entre les forces de frottement et les forces d'inertie.
- La rugosité relative : est le rapport entre la hauteur de la rugosité et une longueur caractéristique.

➔ Le rôle du nombre de Reynolds : est de permettre le classement des écoulements comme suit :

- ❖ Ecoulement laminaire $Re < 500$.
- ❖ Ecoulement transitoire $500 < Re < 2000$.
- ❖ Ecoulement turbulent $Re > 2000$.

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

➔ Le rôle du nombre de Froude : est de permettre le classement des écoulements comme suit

- ✚ Ecoulement fluvial : $Fr < 1$ Avec $Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$ (V.5)
- ✚ Ecoulement torrentiel : $Fr > 1$
- ✚ Ecoulement critique : $Fr = 1$

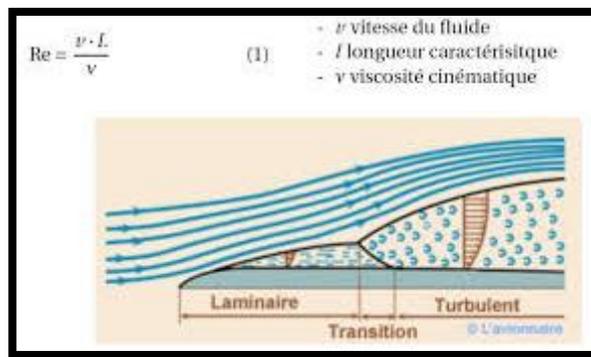


Figure V.1 : Les régimes d'écoulement

Dans la pratique on ne rencontre des trois types d'écoulements.

Par conséquent, les effets du nombre de Reynolds et du nombre de Froude donnent quatre régimes d'écoulement :

- ✚ Fluvial-Laminaire : $Fr < 1, Re < 500$
- ✚ Fluvial-Turbulent : $Fr < 1, Re > 2000$
- ✚ Torrentiel-Laminaire : $Fr < 1, Re < 500$
- ✚ Torrentiel-Turbulent : $Fr > 1, Re > 2000$

Finalement, un écoulement uniforme ou variant graduellement peut être caractérisé selon son régime : fluvial, critique ou torrentiel.

V.7 LES CANAUX A CIEL OUVERT

Canal est un système de transport de l'eau dont la surface libre est soumise à la pression atmosphérique. Elle est caractérisée par :

1. **Section d'écoulement S_m** : la section du canal limitée par les parois et la surface libre.
2. **Périmètre mouillé P_m** : longueur de la surface d'écoulement en contact avec le lit.
3. **Largeur au mémoire** : largeur de la section d'écoulement au niveau de la surface libre.
4. **Tirant d'eau** : profondeur maximale d'une section d'écoulement.

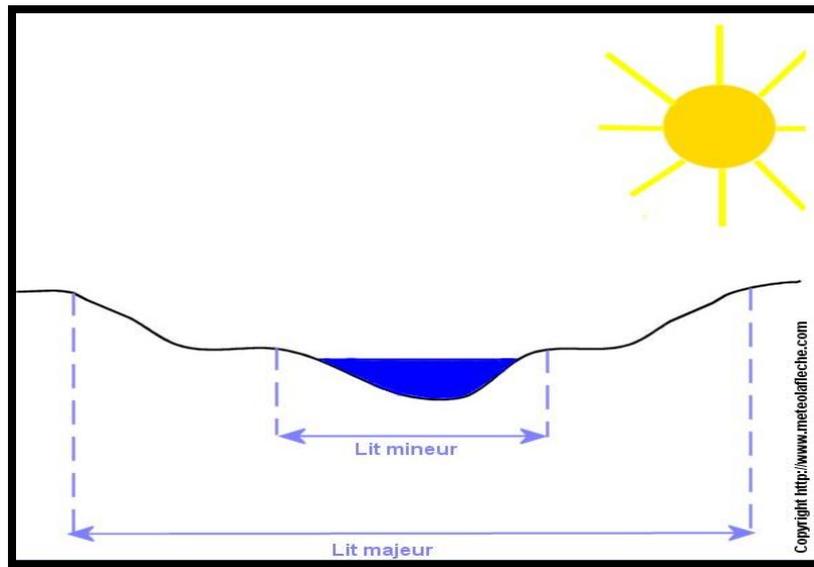


Figure V.2 : Canal naturel

V.7.1 LES TYPES DE CANAUX

- ✓ **Canaux naturels** : sont des canaux dont les cours d'eau existent naturellement sur terre.
- ✓ **Canaux artificiel** : sont des canaux dont les cours d'eau réalisés par l'homme.

V.7.2 DIMENSIONNEMENT DES CANAUX

Pour un écoulement à régime uniforme

V.7.2.1 Conditions de l'écoulement uniforme

- 1- le débit de l'eau dans chaque section des tronçons proposés est constant.
- 2- le canal est prismatique.
- 3- la profondeur h du courant est constante en sa longueur.
- 4- la pente de chaque section est constante.
- 5- la rugosité des parois est constante.
- 6- les résistances locales sont absentes.

V.7.2.2 Formules de calcul

$$Q = V * S \quad (V.6)$$

Avec :

S : section d'écoulement.

V : la vitesse moyenne.

Formule de Chézy.

$$V = C * \sqrt{R * I} \quad (V.7)$$

Donc on obtient :

$$Q = C * S * \sqrt{R * I} \quad (V.8)$$

C : coefficient de Chézy ($m^{0.5}/s$).

- Formule d'AGROSKINE

$$C = \frac{1}{n} + 17 * 72 \log R \quad (V.9)$$

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \quad (V.10)$$

Coefficient de rugosité n.

R : rayon hydraulique étant la surface mouillée S_m sur le périmètre mouillé P_m ; $R = \frac{S_m}{P_m}$.

I : pente de fond du canal ?

V.7.2.3 Le choix de la section de meilleure conductivité

Meilleure profil est le profil qui véhicule un débit maximum Q_{max} est celle où le rayon hydraulique R est maximal, et le périmètre P est minimale.

Notre choix portera sur la section trapézoïdale, dont les caractéristiques sont les suivantes :

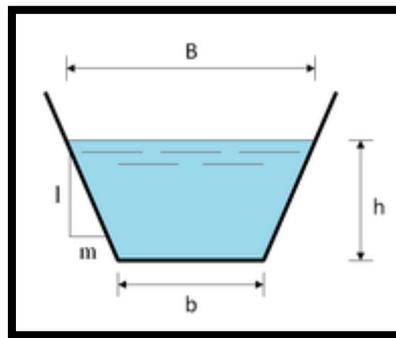


Figure V.3 : Canal à forme trapézoïdale

Avec :

Le fruit des talus m, $m = \cotg$ (la section la plus avantageuse).

Le tirant d'eau maximum h.

La largeur supérieure du canal B.

La largeur inférieure du canal b .

On définit la surface mouillée S et le périmètre mouillé P par :

$$S = h(b + m \cdot h) \quad (\text{V.11})$$

$$P = b + 2h\sqrt{1 + m^2} \quad (\text{V.12})$$

$$R = \frac{S}{P} \quad (\text{V.13})$$

Le rayon hydraulique sera max pour une valeur de p_{\min} pour $db = 0$

$$\text{On a } dS = h \cdot db + (b + mh) \cdot dh \quad (\text{V.13})$$

$$dp = db + 2(1 + m^2)^{0.5} dh = 0 \quad (\text{V.14})$$

$$\text{Alors } b = 2 \cdot h(1 + m^2)^{0.5} - m \quad (\text{V.15})$$

Tableau V.1 : Les paramètres géométriques d'un canal à section trapézoïdale

Désignation	Expression
B (m)	$b + 2mh$
b	$-m + 2h\sqrt{1 + m^2}$
S	$h \cdot (b + m \cdot h)$
R	$b + 2h \cdot \sqrt{1 + m^2}$
P	$\frac{S}{p}$

V.7.3 CALCUL DE LA PROFONDEUR NORMAL h_n

La détermination de la profondeur normale se fait par plusieurs méthodes

- La méthode graphique.
- La méthode itérative.
- La méthode de Bakhmteff.

V.7.4 CALCUL DE LA PROFONDEUR CRITIQUE h_{cr}

Ce calcul se fait aussi par plusieurs méthodes sont :

- La méthode graphique.
- La méthode d'AGROSKINE.
- La méthode itérative.

V.7.5 CALCUL DE LA PENTE CRITIQUE

Cette pente correspondant à la profondeur critique. Elle est donnée par la formule suivante :

$$Q = C \cdot S_{cr} \cdot \sqrt{R + I} \quad (\text{V.16})$$

V.8 CALCUL DE LA LIGNE D'EAU

V.8.1 L'EQUATION DE LA LIGNE D'EAU

L'énergie spécifique H_s (charge spécifique) d'une section transversale mouillée est la valeur moyenne de l'énergie des molécules du liquide de cette section par rapport à un plan de référence donnée ou choisi.

$$H_s = H_p + H_c \quad (\text{V.17})$$

Avec :

Energie potentielle est égale à h ; $H_p = h$

Energie cinétique est égale à H_c ; $H_c = \frac{v^2}{2g}$

L'équation de la surface libre de la ligne d'eau est basée sur l'équation d'énergie, et l'équation de la continuité :

$$H = Z + h + \frac{v^2}{2g} \quad (\text{V.18})$$

$$V = \frac{Q}{S} \quad (\text{V.19})$$

Dérivant l'équation d'énergie par rapport à x , on trouve :

$$\frac{dH}{dx} = \frac{dZ}{dx} + \frac{d}{dx} \left\langle \frac{Q}{S} \right\rangle^2 + \frac{dh}{dx} \quad (\text{V.20})$$

$$\text{Comme : } \frac{dz}{dx} = -J_f, \quad \frac{dH}{dx} = -\frac{\left\langle \frac{Q}{S} \right\rangle^2}{R.C^2} = -J_e \quad (\text{V.21})$$

Avec :

J_e : pente de la ligne d'eau.

J_f : pente de fond.

V.8.2 DIFFERENTES FORMES DE COURBE DE REMOUS

Les courbes de remous représentent la ligne d'eau.

$$\frac{Q}{\sqrt{I}} = S.C.\sqrt{R} = K \quad (\text{V.22})$$

$$S_n.C_n.\sqrt{R} = K_n \quad (\text{V.23})$$

$$\frac{dh}{dx} = J_f \frac{1 - \left\langle \frac{K_n}{K} \right\rangle^2}{1 - Fr^2} \quad (\text{V.24})$$

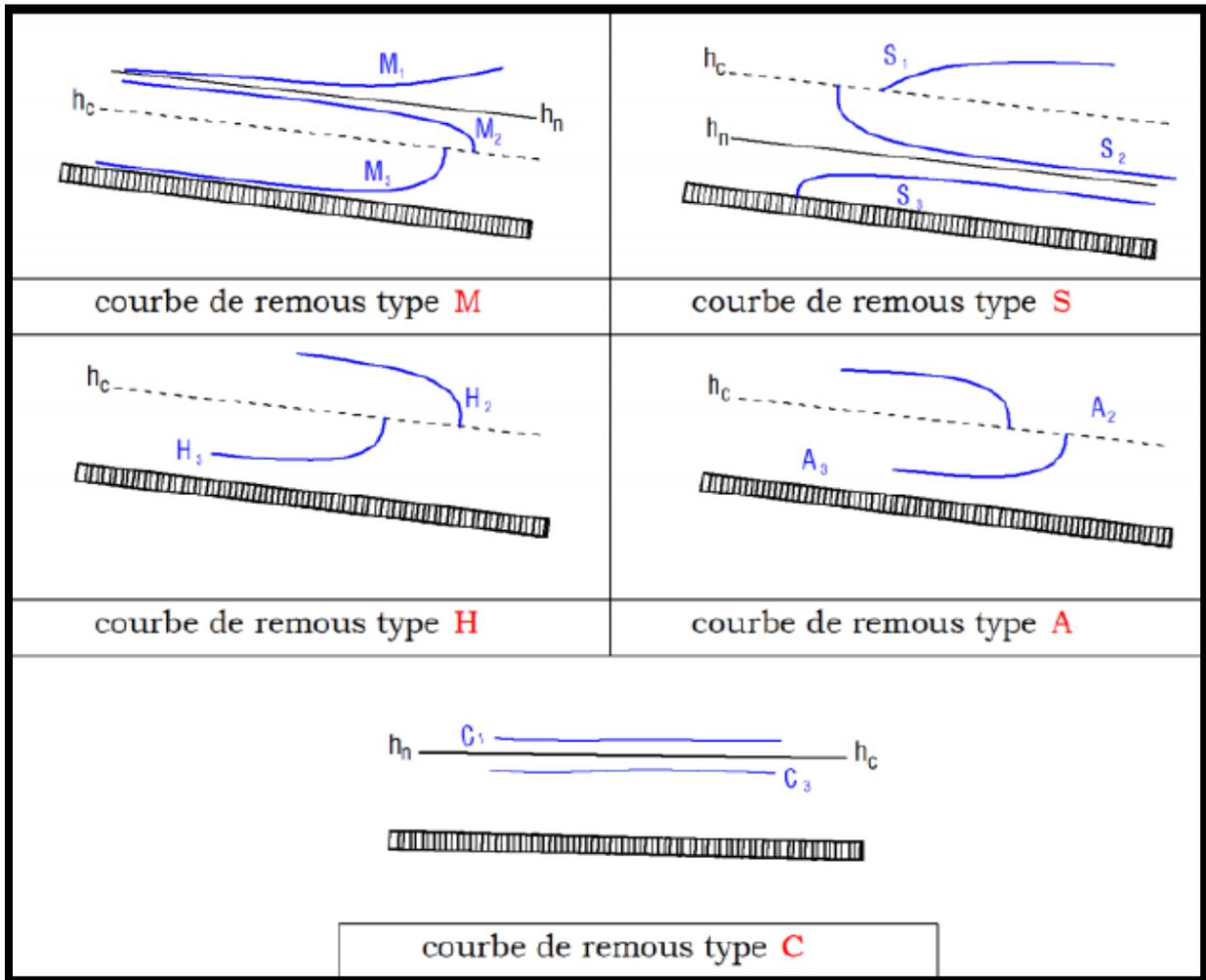


Figure V.4 : Différents courbes de Remous

Tableau V.2 : Différentes formes de courbes de remous

Conditions	$Kn/K = \frac{h_n}{h}$	Signe de numérateur	$Fr = \frac{h_c}{h_n}$	Signe de d'énomérateur	Signe de $\frac{dh}{dx}$	Nom de la courbe
$i > 0$ $i < i_c$ $h_n > h_c$	< 1	+	< 1	+	+	M1
	< 1	+	> 1	-	-	
	> 1	-	< 1	+	-	M2
$i > 0$ $i < i_c$ $h < h_n$	> 1	-	> 1	-	+	M3
	< 1	+	< 1	+	+	S1
	< 1	+	> 1	-	-	S2
$i > 0$ $i = i_c$ $h_n = h_c$	> 1	-	> 1	-	+	S3
	< 1	+	< 1	+	+	C1
	> 1	-	> 1	-	+	C3
$i = 0$ $h_n \rightarrow \infty$		-	< 1	+	-	H2
		-	> 1	-	+	H3
$i < 0$ $h_n \rightarrow \infty$		-	< 1	+	-	A2
		-	> 1	-	+	A3

V.8.3 CALCUL DE LA SURFACE D'EAU

Pour le tracé de la surface d'eau, on doit passer par l'intégration de l'équation. On peut distinguer pour cela 3 méthodes de calcul :

- ❖ La méthode par approximation successive.
- ❖ La méthode par intégration directe.
- ❖ La méthode par intégration graphique.

Dans notre cas, on utilise le logiciel HEC-RAS Version 5.0.3 développé US ARMY CORPS OF ENGINEERS, nécessite une banque de données bien fournie concernant les tronçons des deux oueds considérés.

➤ Les données géométriques relatives à chaque section

- Le profil en travers, défini par une série de couples distance-altitude.
- Les coefficients de rugosité du lit mineur et majeur.
- Les trois distances principales à la section suivante : rive gauche, droite et axe de lit mineur.

➤ **Les données hydrométriques à savoir le débit de projet et les conditions aux limites.**

Ce logiciel permet ainsi le diagnostic des systèmes d'eaux pluviales et le dimensionnement de réseaux, tout en prenant en compte les phénomènes d'influence aval. Les données d'entrées se caractérisent par leurs particularités du réseau (nœud, conduites, ...), les découpages en bassins versant (débit d'apport, ...) et par des données pluviométriques (hydro grammes en régime transitoire, débit de projet en régime permanent). Les résultats peuvent être exploités sous forme de tableaux (hauteur, vitesse, débits, volume, pour chaque ouvrage), par des résultats graphiques (vue en plan, profil en long) ou par une vision dynamique. (Armando Lancastre, 2010)

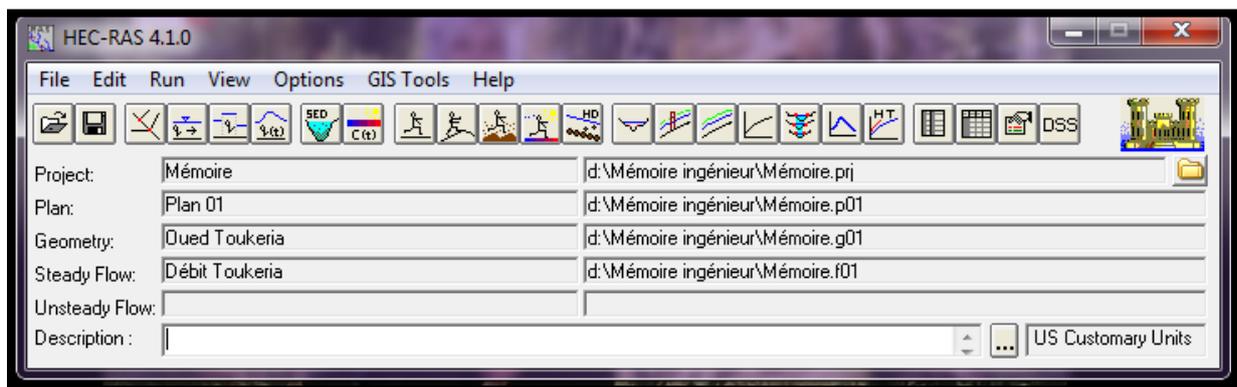


Figure V.5 : Fenêtre d'accueil de logiciel HEC-RAS

V.8.3.1 DEMARCHES DE LA SIMULATION

Cette démarche se fait en quatre étapes :

- Modélisation de la rivière.
- Modélisation de l'écoulement.
- Mise en marche de la simulation.
- Visualisation des résultats et constatation.

➔ Modélisation des rives

&- Oued Toukeria

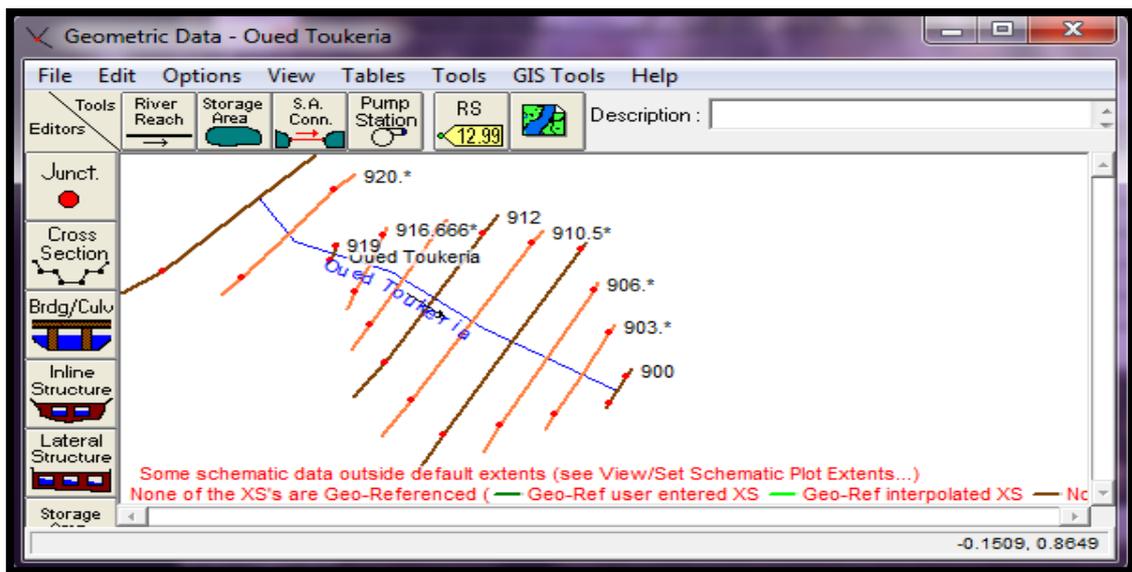


Figure V.6 : Définition du tracé de l'Oued Toukeria

➔ Modélisation de l'écoulement

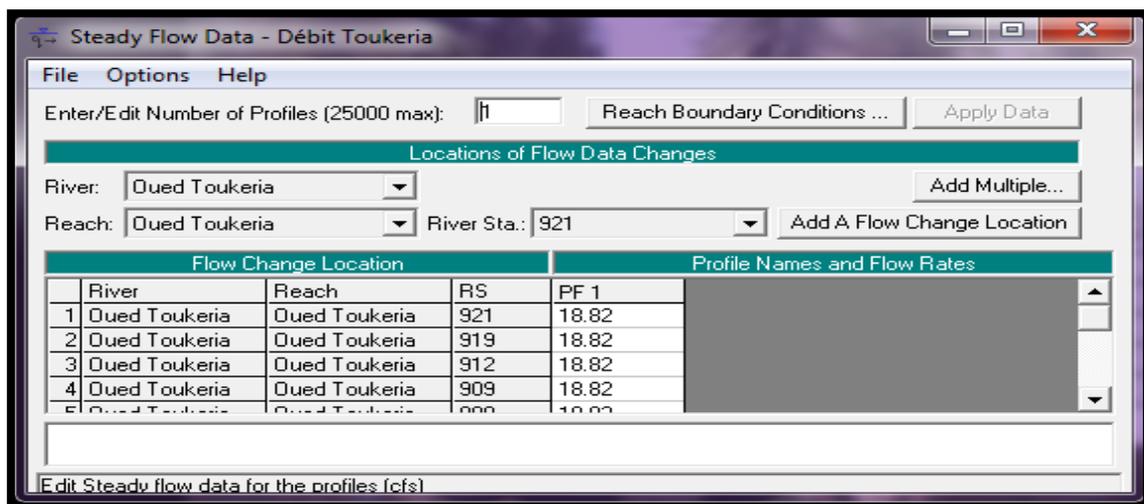
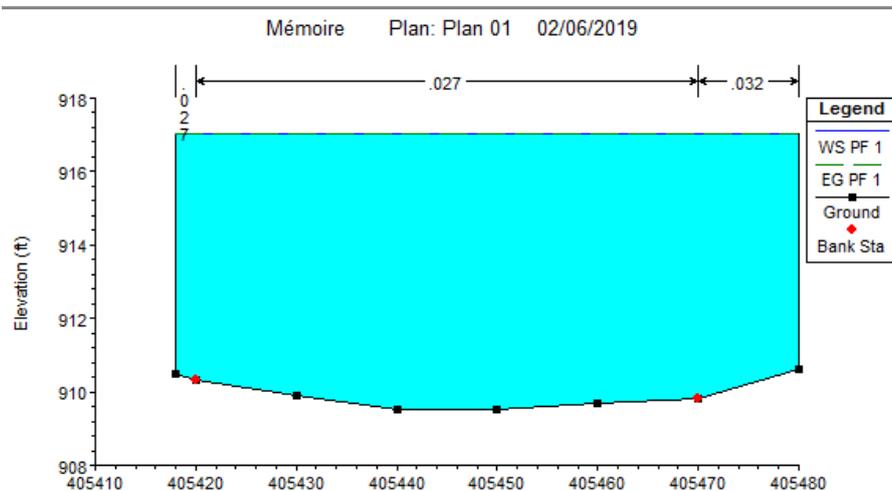
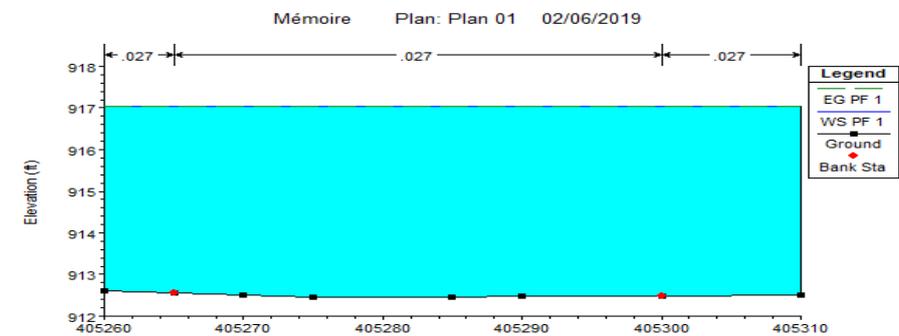
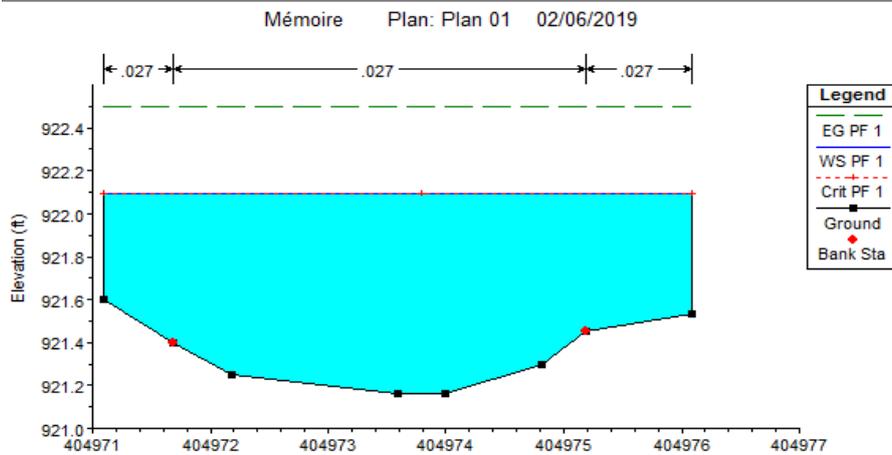
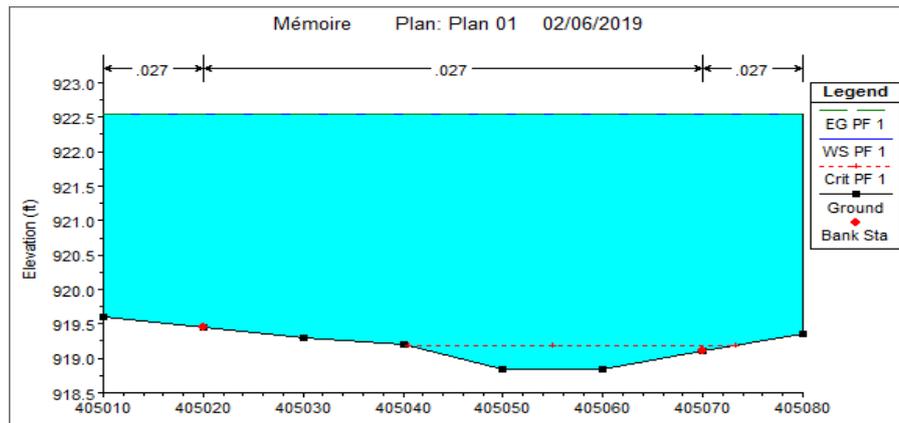


Figure V.7 : Définition de la crue de l'Oued Toukeria

➔ Les résultats de simulation



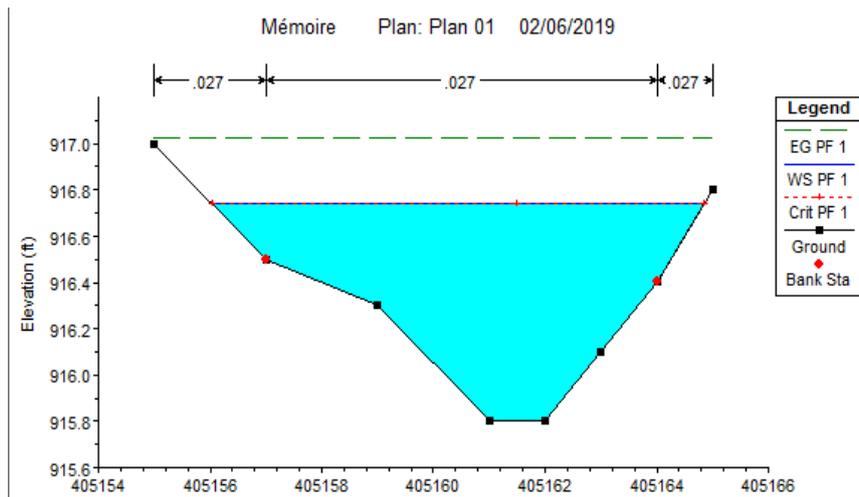


Figure V.8 : Les sections en travers des zones inondables

&- Oued Cité Rumel

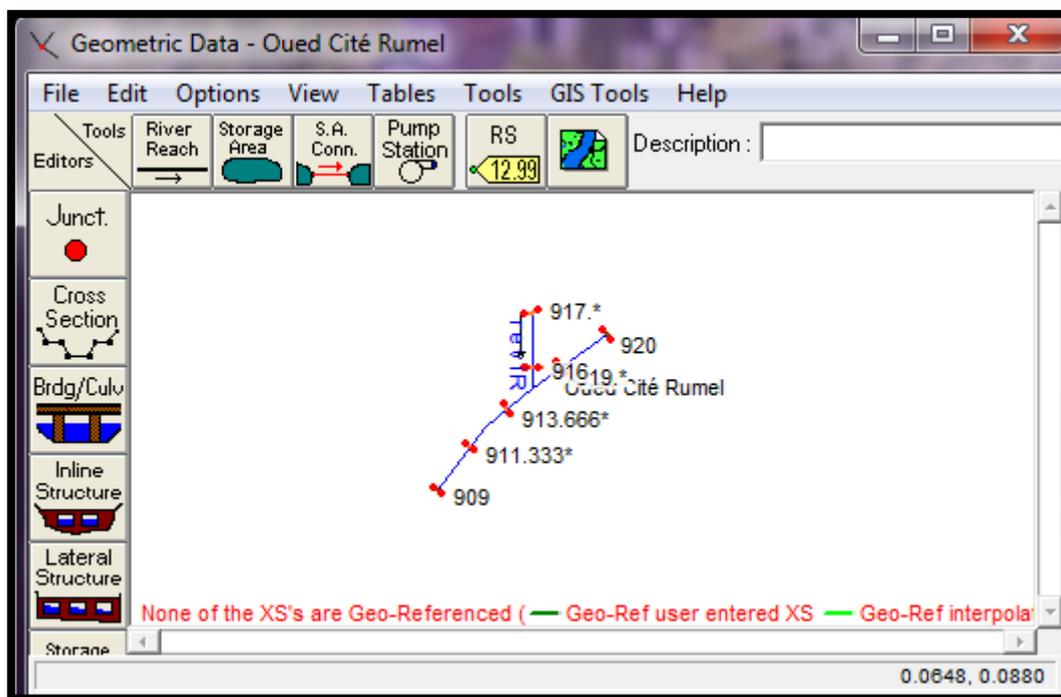


Figure V.9 : Définition du tracé de l'Oued Cité Rumel

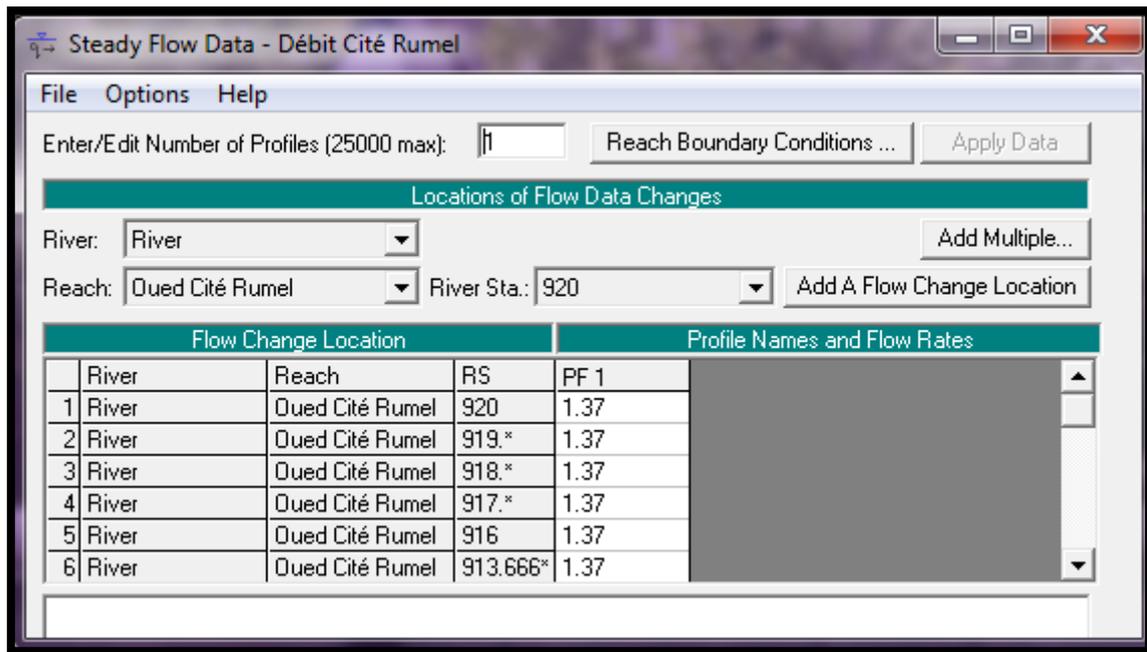
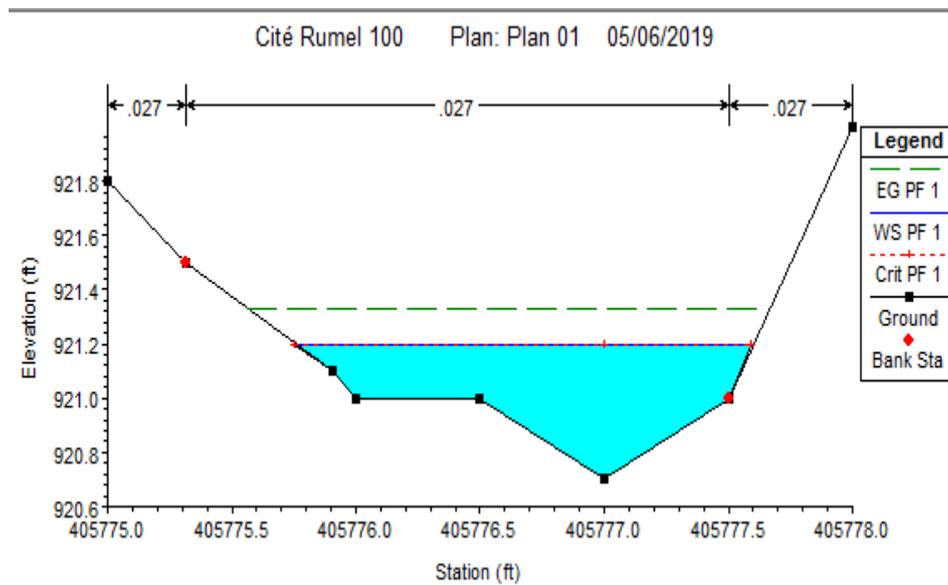
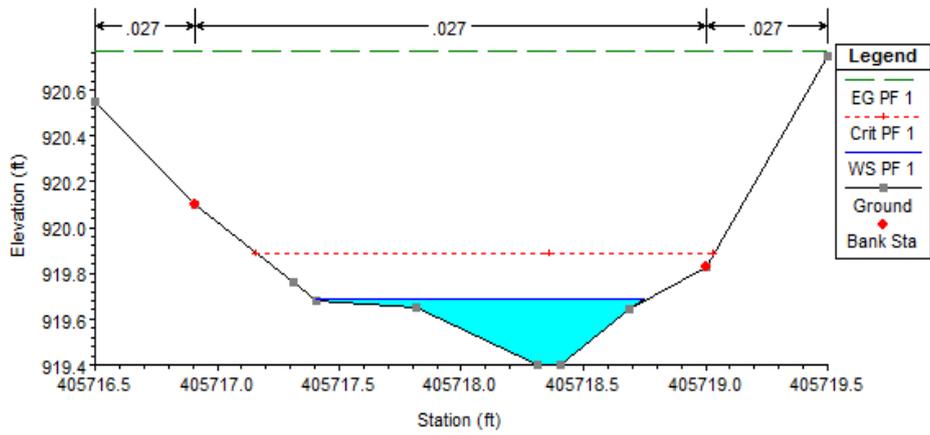


Figure V.10 : Définition de la crue de l'Oued Cité Rumel

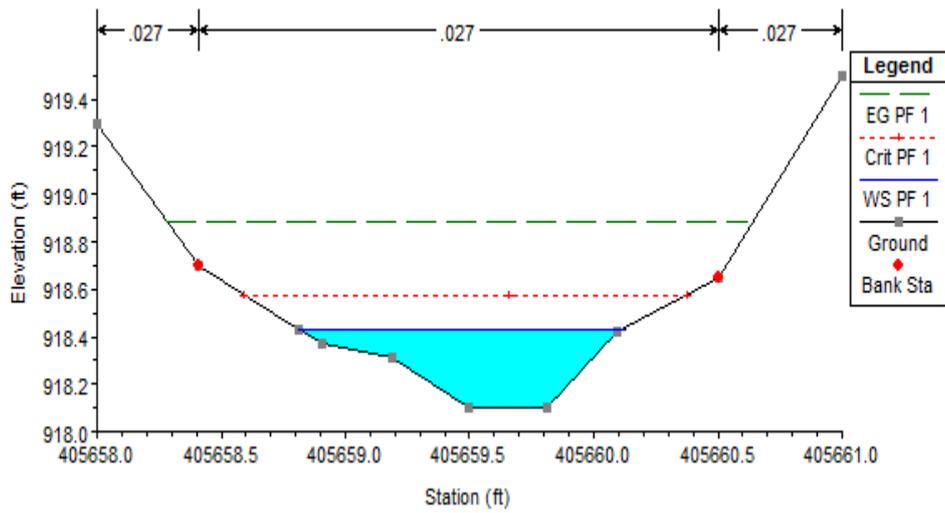
➔ **Les résultats de simulation**



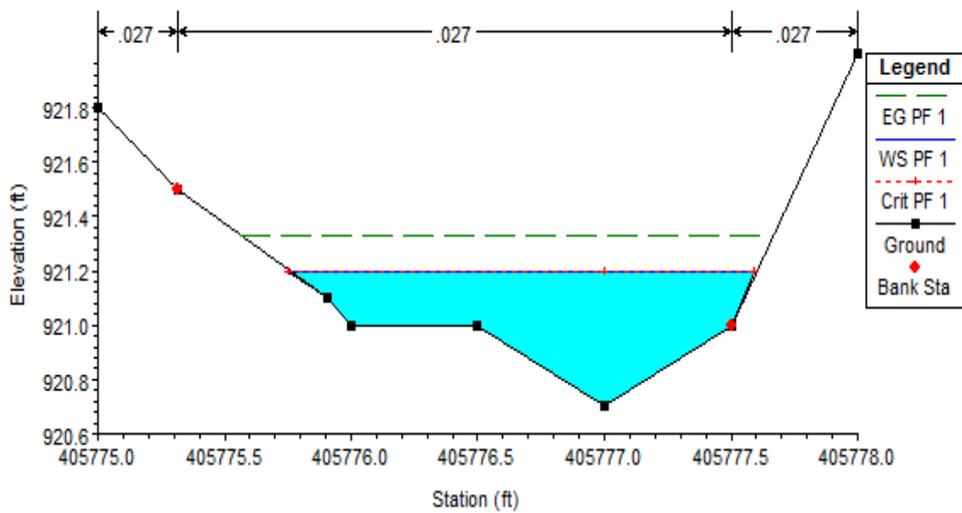
Cité Rumel 100 Plan: Plan 01 05/06/2019



Cité Rumel 100 Plan: Plan 01 05/06/2019



Cité Rumel 100 Plan: Plan 01 05/06/2019



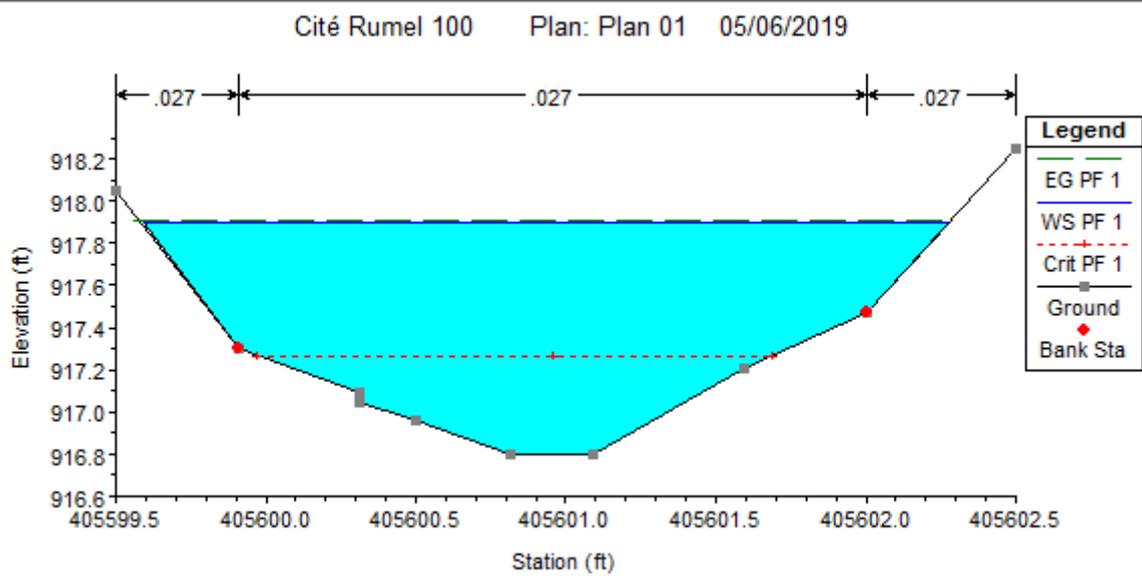
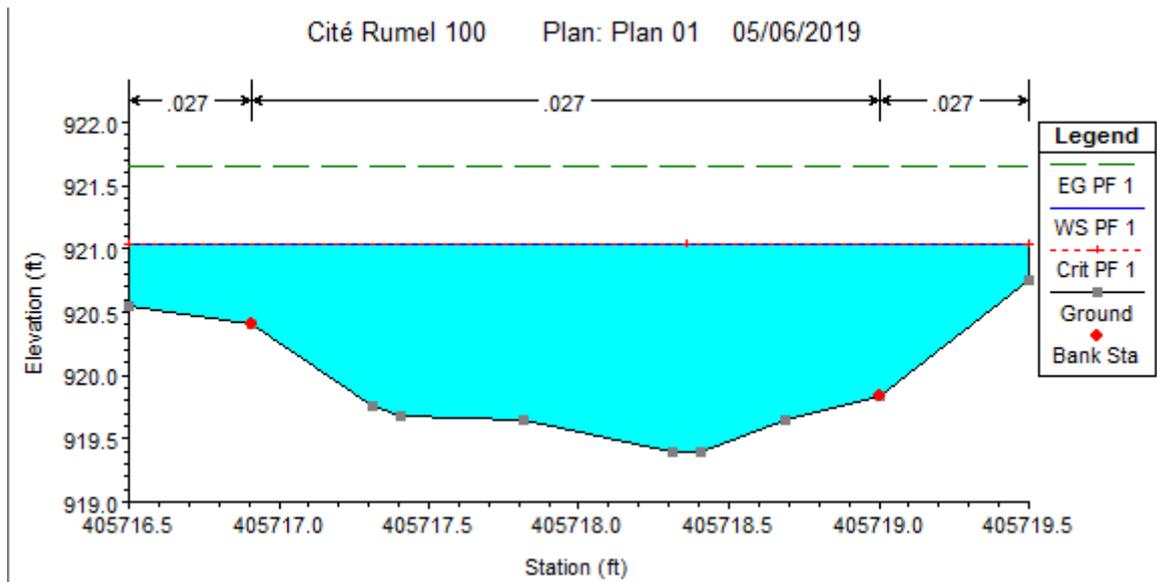


Figure V.11 : Les sections en travers des zones inondables

&- Oued Ain El Hamra

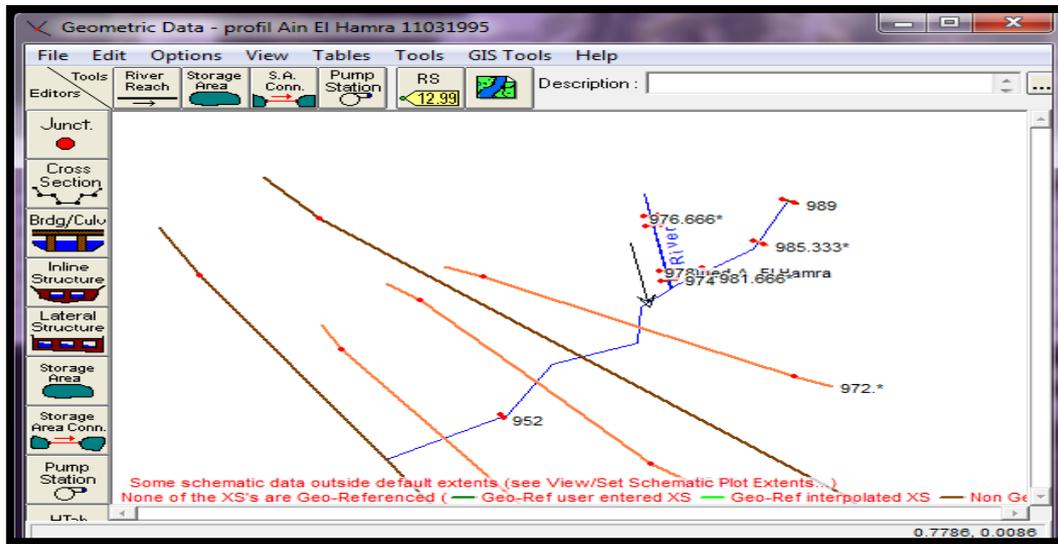


Figure V.12 : Définition du tracé de l'Oued Ain El Hamra

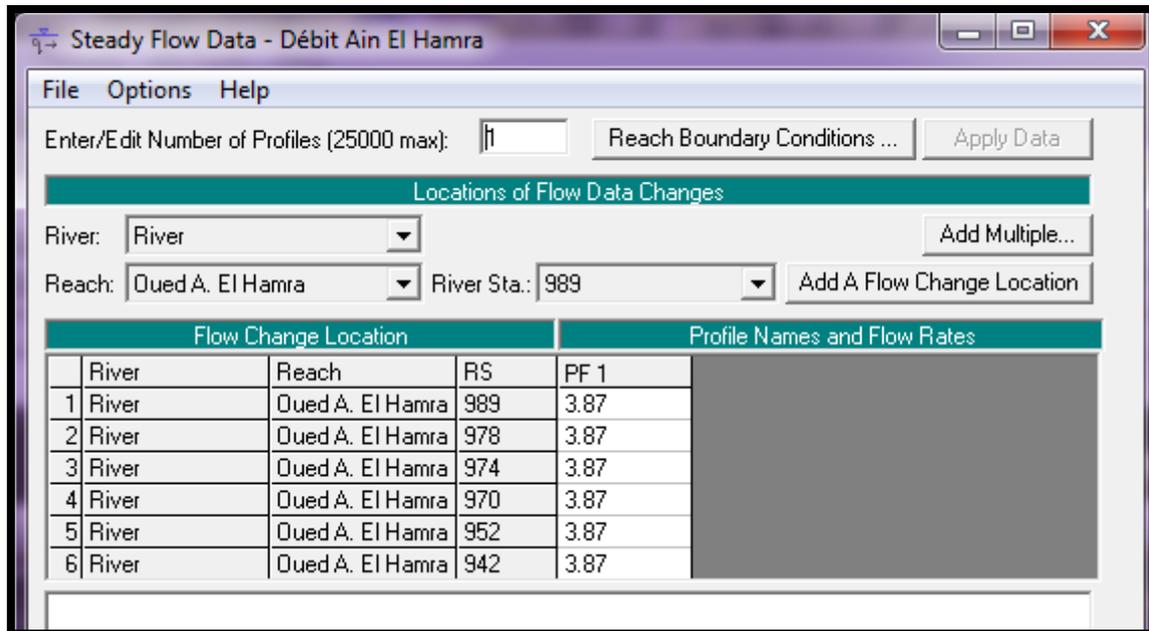
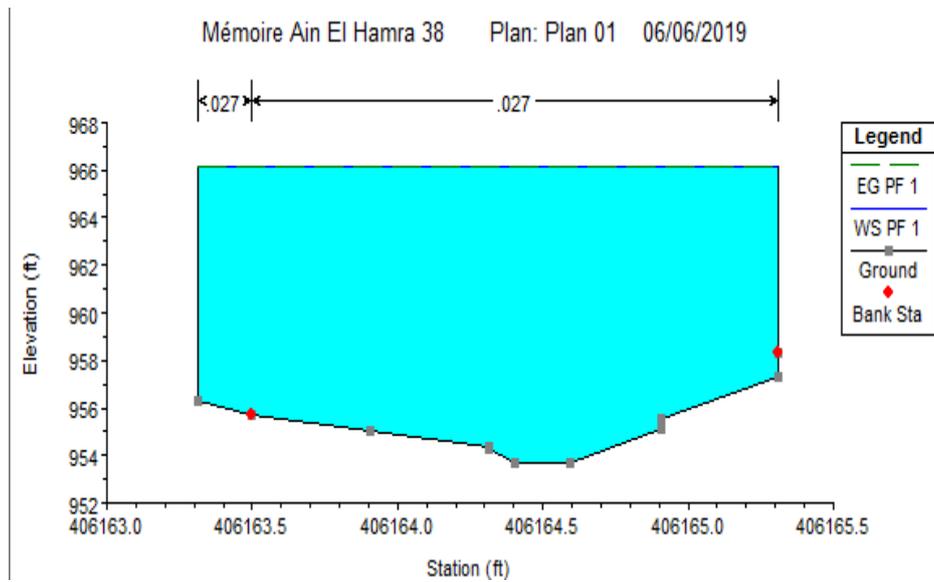
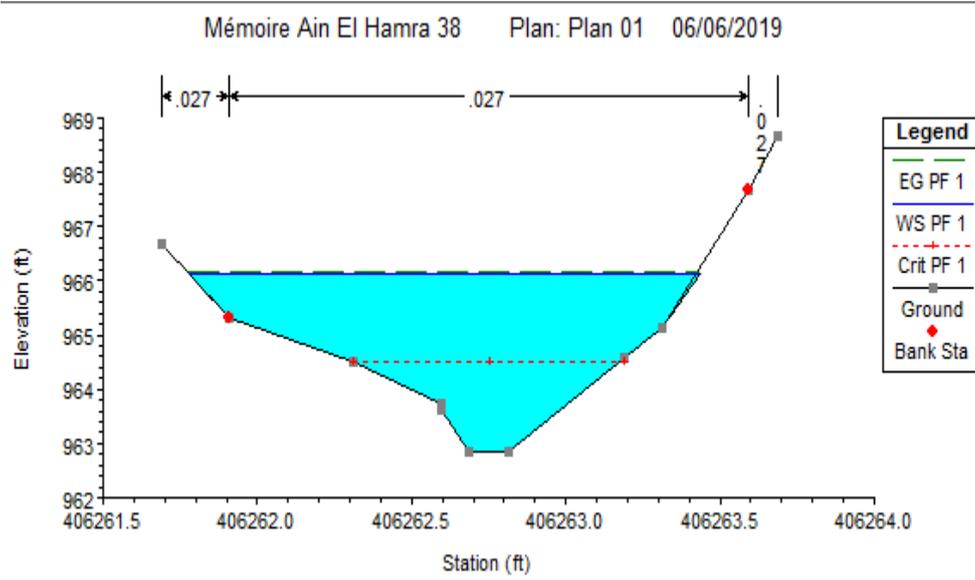


Figure V.13 : Définition de la crue de l'Oued Ain El Hamra

➔ Les résultats de simulation



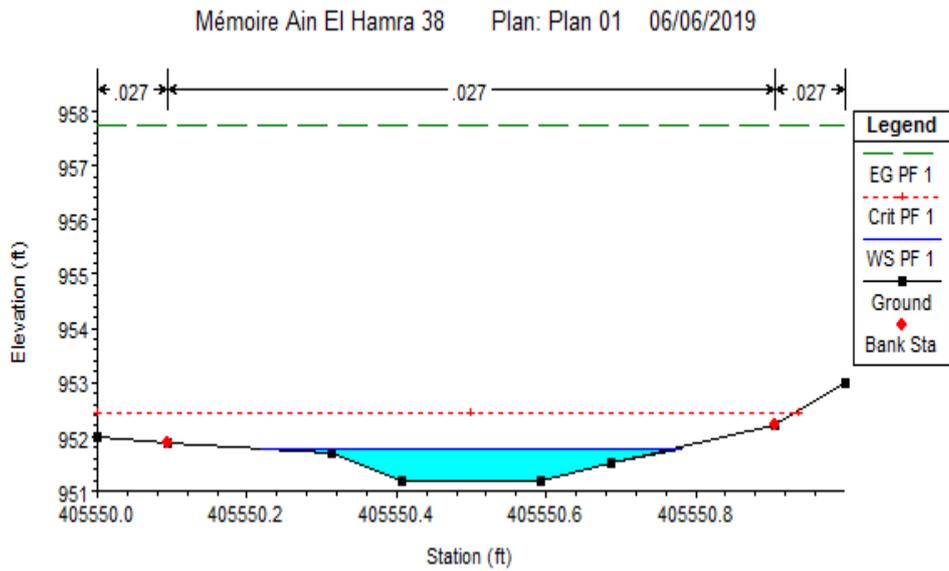


Figure V.14 : Les sections en travers des zones inondables

&- Oued Boubziza

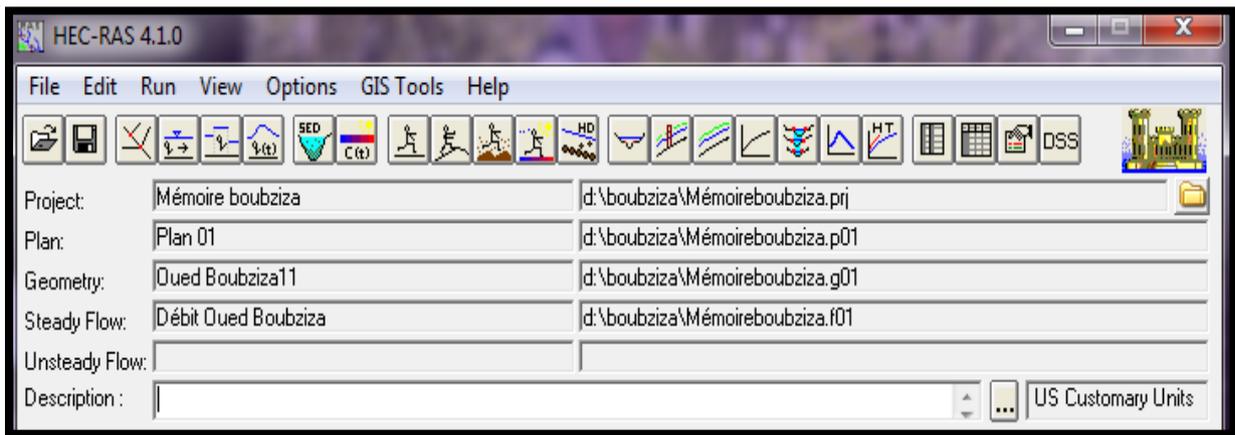


Figure V.155 : Définition du tracé de l'Oued Boubziza

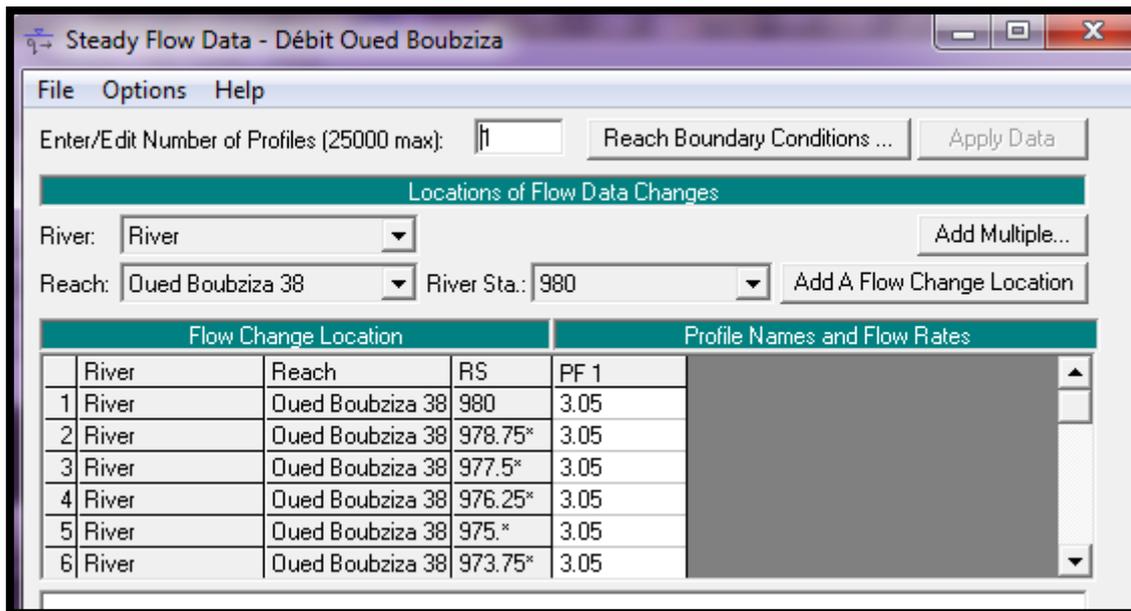
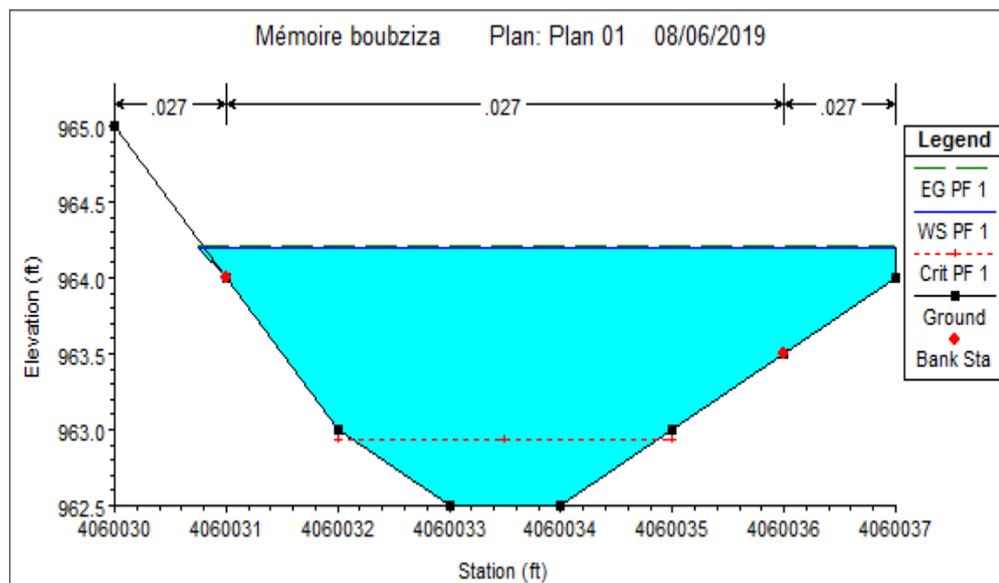


Figure V.16 : Définition de la crue de l'Oued Ain El Hamra

➔ Les résultats de simulation



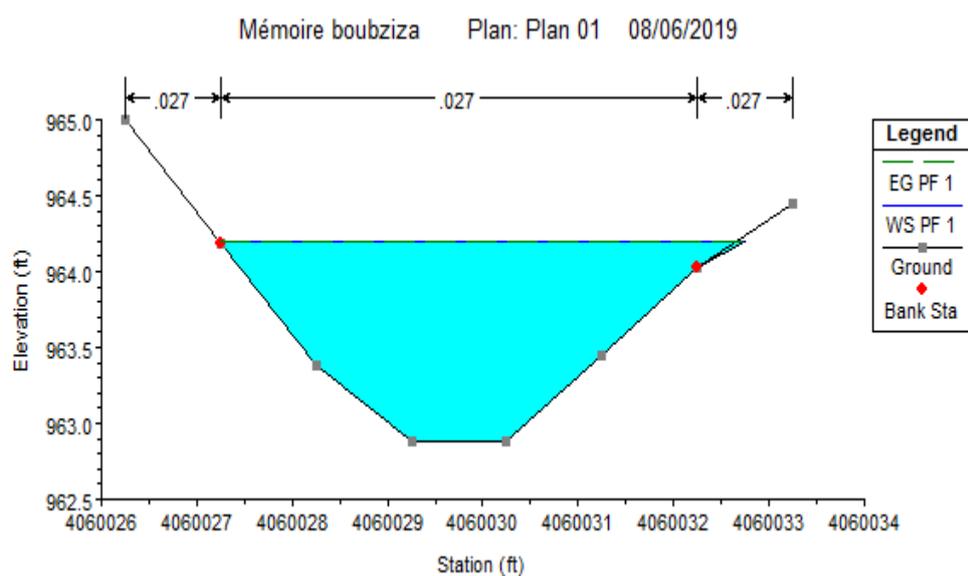
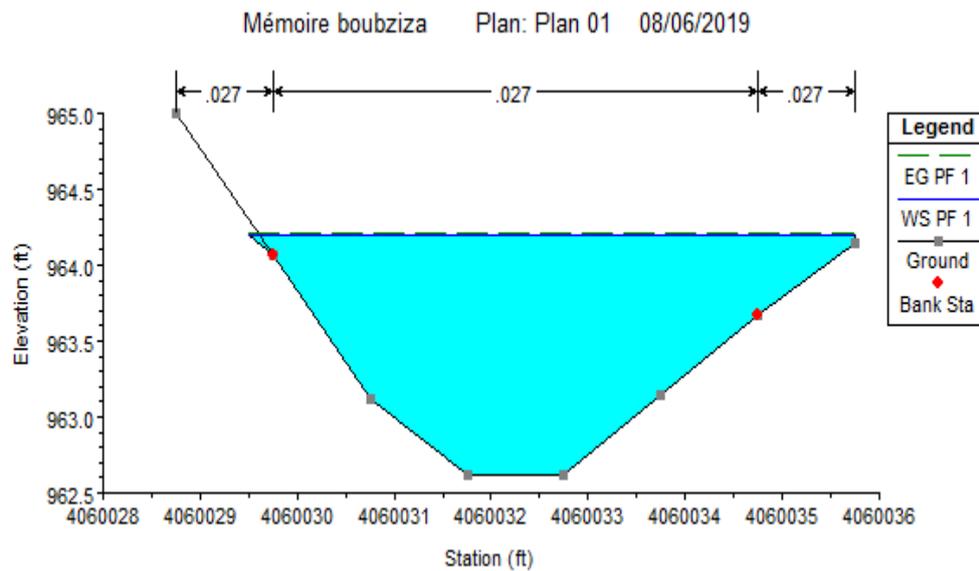


Figure V.17 : Les sections en travers des zones inondables

V.8.4 CALCUL DU RESSAUT

Le ressaut est une dissipation d'énergie, il produit lorsqu'un écoulement passe brusquement du régime torrentiel au régime fluvial. Il caractérise par :

- ✓ Hauteur conjuguée.
- ✓ Hauteur de ressaut.
- ✓ La longueur du ressaut.

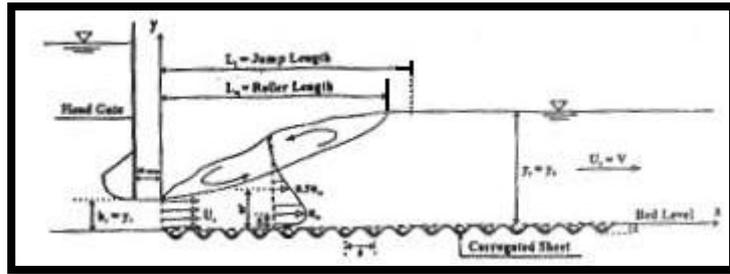


Figure V.188 : Schéma d'un ressaut hydraulique

Selon le nombre de Froude Fr , ressaut peut correspondre à différents types :

- ✚ Ressaut ondulé : $1 < Fr < 1.7$
- ✚ Ressaut faible : $1.7 < Fr < 2.5$
- ✚ Ressaut oscillant : $2.5 < Fr < 4.5$
- ✚ Ressaut stationnaire : $Fr > 4.5$

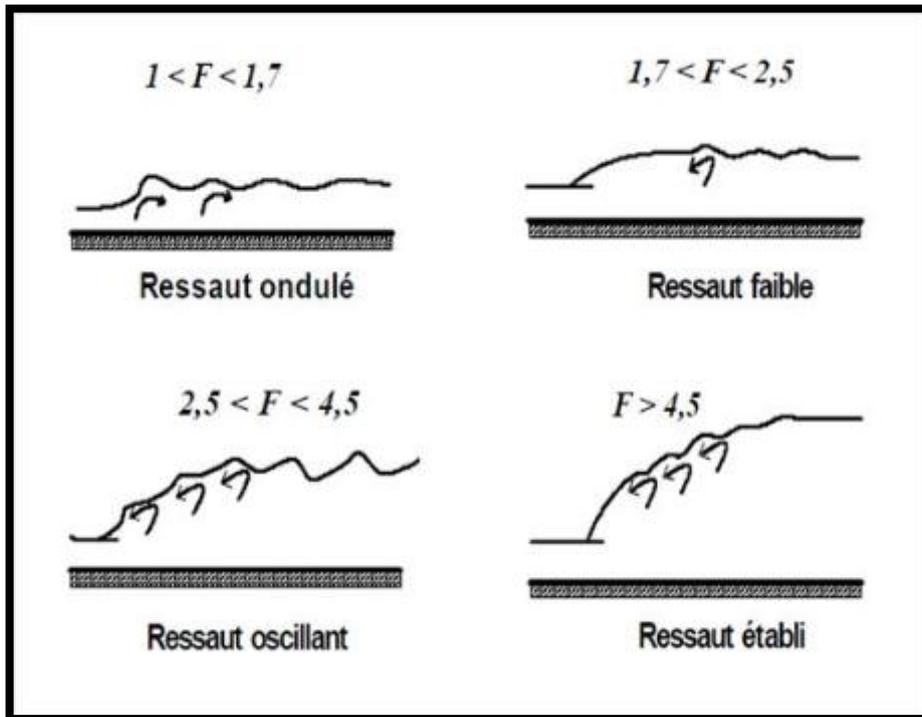


Figure V.199 : Typologie des ressauts

Tableau V.3 : Différents types de ressaut

Type de ressaut	Valeurs de Fr	Observation
Prés ressaut (ressaut ondulé)	1 -----→ 1.7	La surface présente des ondulations, les hauteurs conjuguées sont trop proches de la hauteur critique.
Un ressaut faible	1.7 -----→ 2.5	Des petits rouleaux apparaissent.
Un ressaut oscillant	2.5 -----→ 4.5	Le jet oscille tantôt vers le fond, tantôt vers la surface du canal.
Un ressaut stationnaire	4.5 -----→ 9	Forte dissipation d'énergie.
Un ressaut fort	> 9	Jet rapide est perturbé par la retombée des rouleaux et induit des ondes importantes vers l'aval.

V.9 CALCUL DE LA SURFACE D'EAU

Pour le tracé de la surface d'eau, il existe plusieurs méthodes, on peut distinguer 3 méthodes de calcul :

- La méthode par approximation successive.
- La méthode par intégration directe.
- La méthode par intégration graphique.

V.10 DALOT EN BETON ARME

V.10.1 DEFINITION

Le dalot est une canalisation rectangulaire en béton armé, utilisé sous les traverses de route et les évacuations des débits d'eau important.

V.10.2 LES CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES D'UN DALOT

Les caractéristiques géométriques sont citées dans le tableau ci-dessous.

Tableau V.4 : Les caractéristiques géométriques d'un dalot

Dim int L*H	L (mm)	H (mm)	EP (mm)	EG (mm)	Poids kg	Nombre des Ancre
3000*2150	3000	2150	220	200	9034	4*5T
2000*2000	2000	2000	200	200	6545	4*5T
1500*1500	1500	1500	150	150	3890	2*5T

V.10.3 LES TYPES D'UN DALOT

- ✓ Dalot 3000*2150.
- ✓ Dalot 2000*2000.
- ✓ Dalot 1500*1500.

V.10.4 LES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES D'UN DALOT

- **Béton** : la préparation du béton se fait par une centrale à commande automatique.
- **Les granulats utilisés** :
 - ✚ Ciment ACC CPJ 42.5 : 16.67 %.
 - ✚ Sable de carrière 0-3 : 31.25 %.
 - ✚ Gravier 3/8 : 31.25 %.
 - ✚ Gravier 8/15 : 20.83 %.

Formulation de béton : Il existe plusieurs méthodes de formulation du béton, plus ou moins précises et selon le domaine d'application. La méthode la plus utilisable est celle de Dreux Goriss (méthode des abaques).

Les granulats utilisés (selon élément à couler).



Choix de l'abaque (selon le diamètre max des granulats utilisés).



Résistance à la compression.



Consistance du béton.

- **Armatures** : Les armatures sont disposées en deux nappes suivant les charges : roulantes, militaires et exceptionnelles. Le dalot ALCAHYD est divisé en trois classes : classe C₁, classe C₂, classe C₃.
- **Marquage** : selon référentiel de certification NF 120 révision 4 d'octobre 2011, les produits d'assainissement sont marqués à l'extérieur de façon lisible et durable soit par jet d'encrage ou par tampon encreur, la lisibilité et la durabilité du marquage est assurées au moins jusqu'à la pose de produit.
- **Système de manutention et pose** :
 1. **Lit de pose** : est constitué d'une épaisseur de matériau supérieure ou égale à 10 cm sur sol normal et 15 cm sur sol dur ou rocheux. S'il est posé et fait en béton, il convient de poser au-dessus une couche de matériau permettant de niveler et éviter tout contact direct entre les surfaces en béton.
 2. **Pose** : une ligne de dalot est posée depuis l'extrémité située en aval avec les abouts femelles orientés vers l'amont pour recevoir le dalot suivant à poser.
 3. **Remblaiement** : il convient de remblayer le plus rapidement possible une fois les dalots posés, avec des couches n'excédant pas 200 mm, compacter avec un compacteur léger ou à main, et ce autour du dalot, et au moins jusqu'à la moitié de la hauteur. Il est indispensable d'assurer un compactage uniforme avec la moitié inférieure du dalot. Les produits sont manipulés et stockés dans des conditions non susceptibles de les détériorer.

V.11 DIMENSIONNEMENT D'UN DALOT

➔ Béton

Béton $f_{c28}=40\text{Mpa}$ (C40/50).

- Echantillon : Cylindrique.
- Densité : 24.53 KN/m^3
- Expansion thermique : $(1/^\circ\text{C})$

➔ Acier

- Les aciers sont de type haut adhérence FeE500.
- Module d'élasticité longitudinale de l'acier..... $E_s\text{Mpa}$.
- Contrainte limite admissible de l'acier à l'ELU..... $\delta_s\text{Mpa}$.
- Contrainte limite admissible de l'acier à ELS pour la protection des armatures :
 $\delta_s=500 \text{ Mpa}$ pour la fissuration peu nuisible (pas de limitation de contrainte)
 $\delta_s=250 \text{ Mpa}$ pour la fissuration préjudiciable.
 $\delta_s=200 \text{ Mpa}$ pour la fissuration très préjudiciable.
- Enrobage de 4 cm.

V.11.1 Hypothèse générale de calcul

Les calcul de ferrailage seront menés suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et construction en béton armé suivant la méthode des états limites dites règles BAEL91. Les routières seront définies conformément aux prescriptions de titre II fascicule 61.

- Densité du sol : $\gamma \text{ dt/m}^3$.
- L'angle de frottement : ϕ .
- Hauteur de remblai : H .

V.11.2 Les charges et surcharge

- G : poids propre des éléments.
- P_v : poids des remblais.
- P_t : poussée des terres.

CR : Action de convoi militaire Mc 120.

CRV: surcharge vertical Mc120.

CRH: surcharge Horizontal Mc120

1. Poussées active dynamique

Pour la détermination de la poussée active dynamique, qui s'exerce sur un écran de hauteur H , nous utiliserons la formule(4) de règlement (RPOA 2008) suivante :

$$\Delta F_{ad} = \frac{1}{2} H^2 [(1 \pm K_v) \cdot K_{ad} - K_a]$$

$$K_{ad} = \frac{\cos 2(\phi - \theta)}{\cos^2 \theta \left[1 + \left(\frac{\sin \phi \sin(\phi - \theta)}{\cos \theta} \right)^{0.5} \right]}$$

K_v : coefficient sismique vertical.

K_{ad} : coefficient de poussée dynamique, γ : poids volumique du sol.

K_a : coefficient de poussée statique.

Appliqué horizontalement à $H/2$ au-dessus de la base de la semelle du mur.

$$K_h = A, \quad K_v = 0.3 * K_h$$

A : coefficient d'accélération de la zone d'étude.

Avec : $\theta = \arctan \frac{kh}{1 + kv}$

2. Charge permanente

Le poids propre de la construction

Eléments de béton armés : γ KN/m³

a) poids propre du Dalot G

Eléments en béton armés : γ KN/m³

b) poids des remblais PV

La poussée verticale des remblais

$$P_v(H) = \gamma_s * H$$

Poids volumique du remblai (18KN/m³)

c) poussée des terres :

$$P_t = \gamma_s h_{\text{terr}} \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2} \right)$$

3. Surcharges d'exploitation

En service : Nous considérons les surcharges suivantes :

- La surcharge A(l) ;
- Camion Bc ;
- Tandem Bt ;
- Charges militaire Mc120 (le cas le plus défavorable)

V.11.3 LES COMBINAISONS D' ACTIONS

Les combinaisons des actions sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau V.5 : Les combinaisons d'actions

Action prépondérante	Combinaisons
E.L.U	1.35 (G+PV+PT) +1.5 (CRV+CRH)
E.L.S	G+PV+PT+CRV+CRH
E.L.A	G+PV+PT

V.11.4 LE FERRAILLAGE

➔ Calcul des actions d'acier

- 1) Calcul de section en Flexion Simple de la dalle supérieure.
- 2) Calcul de section en Flexion Simple de pieds droit.
- 3) Calcul de section en Flexion Simple de Travée.
- 4) Calcul de section en Flexion Simple de la dalle inférieure.

V.12 GALRIES

Elles sont appelées à évacuer un flot important des eaux pluviales sous une faible hauteur. Généralement ayant une section de forme circulaire, et leur diamètre et sa longueur ont choisi selon le débit et nos besoins.

V.13 LES BASSINS DE RETENTION

Définition

Les bassins sont des réservoirs d'accumulation d'eaux pluviales destinés à régulariser les débits de vidanges qui sera destiné soit à l'irrigation, soit à la station d'épuration.

Les types de bassins

Les bassins secs, les bassins en eau.

Détermination du volume

Le calcul de volume tient compte des certains paramètres qui sont pas négligeable :

- La quantité d'eau de pluie tombée directement sur la surface du bassin
- Des apports d'eau de ruissellement recueillis en amont pendant une précipitation
- Les sources alimentant de manière continue de la retenue
- Les débits d'évacuation
- Les pertes d'eau par évacuation
- Les pertes d'eau par infiltration

➔ Les méthodes de détermination du volume

Il existe deux méthodes pour déterminer le volume :

A) La méthode des pluies

Cette méthode est basée sur le principe hydraulique

$$V_1 = 3600 * Q_t \quad (V.25)$$

Avec :

V_1 : le volume évacué pendant un temps t

B) La méthode de débit

Cette méthode suppose le débit Q constant, et on détermine le débit Q'

$$Q' = \frac{360Q}{Sa} \quad (\text{V.26})$$

V.14 REGARD

Définition

Un ouvrage, leur rôle est de permettre l'accès aux ouvrages visitable, pour le débouage, le nettoyage des canaux, et l'aération des canaux.

Dispositions

La fonction doit respecter la forme du canal. L'emplacement et la distance entre deux regards varient avec la topographie du site, et la nature des ouvrages.

Un regard doit être installé sur les canalisations :

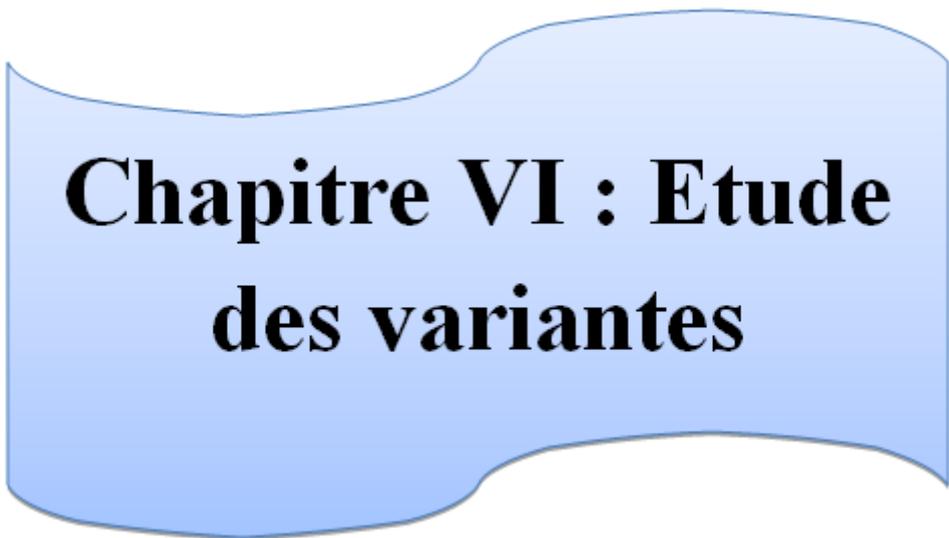
- * à tous les points de jonction, et au changement de direction
- * au changement de pente de canaux, et aux points de chute
- * pour les canalisations plus petites et non praticable.

➔ Les types de regards

- Regard simple avec conduite circulaire ou ovoïde.
- Regard latéral.
- Regard de jonction.
- Regard double.

V.15 CONCLUSION

Le meilleur profil véhicule le débit maximale Q_{\max} est celle où le rayon hydraulique est maximal et la section minimal.



Chapitre VI : Etude des variantes

VI INTRODUCTION

Le but de cette étude est de protéger la ville de Khemisti contre les inondations on utilise les meilleures solutions d'aménagement réalisables du point de vue technique et économique, bien adaptées au terrain. Parmi les propositions d'aménagement dans ce projet, on s'intéresse aux des variantes les plus réalisable :

- **Première variante** : protection à l'aide des ouvrages d'assainissement (conduites, regards, collecteurs, bassins de rétention).
- **Deuxième variante** : protection à l'aide d'un dalot en béton armé, et canal à ciel ouvert.

VI.1 PREMIERE VARIANTE D'AMENAGEMENTS

i. Oued Ain El-Hamra A

- **Travers 01** : deux conduites, diamètre 1000 mm, longueur 9.7 m.
- **Travers 02** : trois conduites, diamètre 800 mm, longueur 6.5 m.
- **Travers 03** : quatre conduites, diamètre 800 mm, longueur 6 m.
- **Travers 04** : deux conduites, diamètre 1000 mm, longueur 6 m.
- **Travers 05** : galerie, diamètre 1500 mm, longueur 125 m.
- **Travers 06** : conduite, diamètre 350 mm, longueur 300 m.

Tableau VI.1 : Les différents ouvrages utilisés avec leurs caractéristiques dans l'oued Ain El Hamra

Les points	L'ouvrage	Les caractéristiques de l'ouvrage
PK1---PK2	Bassin de rétention	
PK2---PK3	Travers01	-----
PK20---PK21	Travers 02	-----
PK3---PK34	Galerie rectangulaire	$h = 1.5 \text{ m}$ $b = 1.5 \text{ m}$
PK34---PK44	2 conduites	Diamètre 1000 mm
PK44---PK45	2 conduites	Diamètre 1000 mm
PK45---PK46	Travers04	-----
PK46---PK52	Conduite	Diamètre 1500 mm
PK52---PK53	Travers 05	-----
PK53---PK72	Collecteur	Diamètre 1500 mm
PK72--collecteur	Travers 06	-----
PK73---PK74	Bassin de rétention	
PK74---PK75	Travers 03	-----

ii. Oued Cité Rumel B

- **Travers 01** : conduite, diamètre 1000 mm, longueur 10 m.
- **Travers 02** : conduite, diamètre 1000 mm, longueur 12 m.
- On utilise aussi des regards et des collecteurs.

Tableau VI.2 : Les différents ouvrages utilisés avec leurs caractéristiques dans l'oued de Cité Rumel

Les points	L'ouvrage	Les caractéristiques de l'ouvrage
PK1---PK6	Caniveaux	$b = 0.6 \text{ m}$, $h = 0.6 \text{ m}$, $m = 0.5 \text{ m}$, $l = 1680 \text{ m}$
PK6---PK7	Travers 0	-----
PK7---PK8	Caniveau	$b = 0.6 \text{ m}$, $h = 0.6 \text{ m}$, $m = 0.5 \text{ m}$
PK8---PK9	Travers 02	-----
PK9---PK14	Collecteur	Diamètre 1000 mm

iii. Oued Toukeria C

- **Travers 01** : conduite, diamètre 200 mm, longueur 3.2 m.
- **Travers 02** : trois conduites, diamètre 1000 mm, longueur 7.2 m.

Tableau VI.3 : Les différents ouvrages utilisés avec leurs caractéristiques dans l'oued Toukeria

Les points	Les ouvrages	Les caractéristiques de l'ouvrage
PK1---PK2	Bassin de rétention	-----
PK2---PK3	Travers 01	-----
PK3---PK6	Canal trapézoïdale	$b = 2.5 \text{ m}$, $h = 2 \text{ m}$, $m = 0.75$
PK6---PK7	Travers 02	-----
PK7---PK13	Canal trapézoïdale	$b = 2.5 \text{ m}$, $h = 2 \text{ m}$, $m = 0.75$
PK14---PK16	Conduite	Diamètre 1500 mm
PK17---PK19	Galerie rectangulaire	$b = 2.5 \text{ m}$, $h = 2 \text{ m}$

iv. B + C

- **Travers 01** : deux conduites, diamètre 1000 mm, longueur 41 m.
- Galerie circulaire, diamètre 1500 mm.
- Galerie rectangulaire (deux dalots) $h = 1.5 \text{ m}$ et $b = 3 \text{ m}$.
- On utilise aussi des regards chaque 50m, des joints water stop et des gardes de corps.

VI.1.1 DEVIS DE LA PREMIERE VARIANTE

➔ Lot n° 01 : Ain El Hamra : Longueur 2725 m

1 : Bassin de rétention : d'une longueur de 50 m, en pierre posé avec béton (pavage) et sac de gabions.

- ❖ largeur de base $b = 8.00$ m.
- ❖ profondeur $h =$ variable.

2 : Galerie : d'une longueur totale de 1160 m, en béton armé.

- ❖ largeur de base $b = 1.50$ m.
- ❖ profondeur $h = 1.50$ m.

3 : Canal trapézoïdal : d'une longueur totale de 215.00 m.

- ❖ largeur de base $b = 1.00$ m.
- ❖ profondeur $h = 0.80$ m.
- ❖ pente du talus $m = 1/1.6$.

4 : Canal trapézoïdal : d'une longueur totale de 232.00 m.

- ❖ largeur de base $b = 1.20$ m.
- ❖ profondeur $h = 1.00$ m.
- ❖ pente des talus $m = 1/1$.

5 : Collecteurs DN1000 mm : sur une longueur de 418 m et **Collecteurs DN1500 mm** sur une longueur de 620 m avec 30 regards et 66 regards avaloire avec grille.

L'estimation des travaux est présentée dans le tableau suivant :

Tableau VI.4 : Estimation des travaux du lot n° 01 d'Ain El Hamra

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant total
Installation de chantier		F		17 000 000.00
Décapage	m^2	14 180	450.00	63 081 000.00
Déblai	m^3	13 975.5	Variable	90 804 075.00
Lit de sable	m^3	186	1650.00	2 900 160.00
Remblai	m^3	3 801	450.00	17 010 450.00
Béton propreté	m^3	578	6500.00	37 507 000.00
Béton armé	U	145	Variable selon l'ouvrage	12 400 000.00
Béton armé	m^3	1 710.5	605	10 304 852.5
Transport et pose conduites et les joints	ml	4 810	Variable selon le type de joint	40 950 000.00

Le montant total A = 169 963 735.00 DA

➔ Lot n° 02 : Cité Rumel : Longueur 1856 m

1 : Canal trapézoïdal : d'une longueur totale de 1636.00 m.

- ❖ largeur de base $b = 0.60$ m.
- ❖ profondeur $h = 0.60$ m.
- ❖ pente du talus $m = 1/0.5$.

2 : Collecteurs DN1200 mm : sur une longueur totale de 215 m avec 05 regards.

L'estimation des travaux est présentée dans le tableau suivant

Tableau VI.5 : Estimation des travaux du lot n° 02 de la cité Rumel

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant total
Installation de chantier		F		330 000.00
Décapage	m^2	2 980	450.00	1 341 000.00
Déblai	m^3	2 799	variable	7 084 350.00
Lit de sable	m^3	40	1 650.00	66 000.00
Remblai	m^3	895	450.00	402 750.00
Béton propreté	m^3	395	6 500.00	2 567 500.00
Béton armé	U	5	250 000	1 250 000.00
Transport et pose conduites et les joints	ml	535	Variable selon le type de joint	63 340 000.00

Le montant total B = 40 251 627.00 DA

➔ Lot n° 03 : Oued Toukeria: Longueur 1310m

1 : Bassin de rétention : d'une longueur totale de 50 m, en pierre posé avec béton (pavage) et sac de gabions.

- ❖ largeur de base $b = 8.00$ m.
- ❖ profondeur $h =$ variable.

2 : Galerie : d'une longueur totale de 230 m, en béton armé.

- ❖ largeur de base $b = 1.50$ m.
- ❖ profondeur $h = 1.50$ m.

3 : Canal trapézoïdal : d'une longueur totale de 950.00 m.

- ❖ largeur de base $b = 2.50$ m.
- ❖ profondeur $h = 2.00$ m.
- ❖ pente des talus $m = 1/1.33$.

4 : Collecteurs DN1200 mm : sur une longueur de 72 m.

L'estimation des travaux est présentée dans le tableau suivant

Tableau VI-6: l'estimation des travaux du lot n°3 d'Oued Toukeria

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant total
Installation de chantier		F		1 700 000.00
Décapage	m^2	10 330	450.00	4 648 500.00
Déblai	m^3	12 473	variable	8 107 450.00
Lit de sable	m^3	12	1 650.00	19 800.00
Remblai	m^3	1 240	450.00	1 140 750.00
Béton propreté	m^3	670	6 500.00	4 355 000.00
Béton armé	m^3	1 816	250 000	50388000
Transport et pose conduites, joints	ml	1 001	Variable sellent le type de joint	10 514 400

Le montant total C = 102 616 546.50 DA

➔ **Le Montant total : A+B+C : 312 831 909.00 DA**

Remarque : Ces ouvrages nécessite quotidiennement le curage et l'entretien, le rejet d'Ain El Hamra se fait dans le réseau d'assainissement.

VI.2 DEUXIEME VARIANTE D'AMENAGEMENTS

On propose comme deuxième variante un aménagement de l'oued reprofilage en canal trapézoïdal avec protection des berges par les géotextiles et Matelas Reno, et aussi on utilise des dalots dans les travers, et on change la direction de l'oued Ain El Hamra et le collecte avec l'oued Cité Rumel.

&- Oued Ain el Hamra A

Tableau VI.7 : Les paramètres et les caractéristiques d'oued Ain El Hamra

Paramètres	Débit (m^3/s)	V (m/s)	S (m^2)	S_{dim} (m^2)	Les caractéristiques
Oued A.e.Hamra	3.87	7.32	0.53	1	$m = 0.5, b = 0.5 m, h = 1 m$

Les travers

- **Travers 01 :** Dalot rectangulaire (1.5 m * 1.5 m).
- **Travers 02 :** Galerie de dalot (1.5 m * 1.5 m) sur une longueur de 200 m.
- Afin de la collecte avec Oued Cité Rumel.

&- Oued Cité Rumel B

Tableau VI.8 : Les paramètres et les caractéristiques d'Oued Cité Rumel

Paramètres	Débit	V	S	S_{dim}	Les caractéristiques
------------	-------	---	---	-----------	----------------------

	(m ³ /s)	(m/s)	(m ²)	(m ²)	
Oued Rumel	5.24	8.30	0.63	1	$m = 0.5 \text{ m}, b = 0.5 \text{ m}, h = 1 \text{ m}$

Les travers

- **Travers 01** : Dalot rectangulaire (1.5 m * 1.5 m).
- **Travers 02** : Dalot (3.0 m* 2.0 m).

&- Oued Toukeria : C

Tableau VI.9 : Les paramètres et les caractéristiques d'oued Toukeria

Les paramètres	Débit (m ³ /s)	V (m/s)	S (m ²)	S _{dim} (m ²)	Les caractéristiques
Oued Toukeria	18.82	4.11	4.5	5.25	$m = 1 \text{ m}, b = 2 \text{ m}, h = 1.5 \text{ m}$

Les travers

- **Travers 01** : Dalot (3.0 m * 2.0 m).
- **Travers 02** : Dalot (3.0 m * 2.0 m).

➔ B+C

Tableau VI.10 : Les paramètres et les caractéristiques des oueds cité Rumel et Toukeria

Les paramètres	Débit (m ³ /s)	V (m/s)	S (m ²)	S _{dim} (m ²)	Les caractéristiques
B+C	24.06	6.21	3.88	4.5	$m = 1 \text{ m}, b = 2 \text{ m}, h = 1.5 \text{ m}$

&- Oued Boubziza

Tableau VI-11: les paramètres et les caractéristiques d'oued Boubziza

Les paramètres	Débit (m ³ /s)	V (m/s)	S (m ²)	S _{dim} (m ²)	Les caractéristiques
Oued Boubziza	3.05	12.20	0.25	1	$m = 0.5 \text{ m}, b = 0.5 \text{ m}, h = 0.5 \text{ m}$

Les travers :

- **Travers 01** : Dalot (1.5 m * 1.5 m).
- **Travers 02** : Dalot (1.5 m * 1.5 m).
- **Travers 03** : Dalot (1.5 m * 1.5 m).

VI.2.1 Protection des berges

Pour protéger un cours d'eau, on distingue plusieurs façons, soit :

- Enrochement de berges.

- Murs en traversée urbaine.
- Palplanches de protection.
- Endiguement en béton sur les deux berges en zone urbanisée.

Pour nos cours d'eau, on propose les géotextiles et les Matelas Reno. Pour le lit mineur, on fait le curage et on protège le lit majeur par un couvert végétal.

➔ **Le géotextile :** Est défini comme une matière textile plane, perméable, et à base polymère, pouvant être non tissée, tricotée ou tissée. Utilisée en contact avec le sol ou avec d'autres matériaux dans le domaine de la géotechnique et de génie civil.

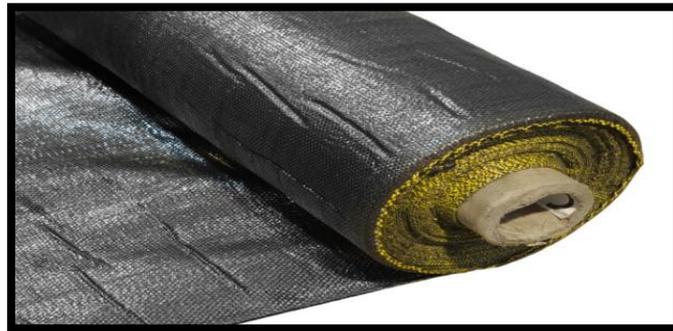


Figure VI-1: Géotextile

➔ **Gabions Matelas Reno en grillage métallique :** Le Gabion matelas est une structure métallique parallélépipédique de grande surface et faible épaisseur, fabriqué en grillage métallique à maille hexagonale double torsion type 60 x 80. Les matelas sont compartimentés tous les mètres par des cloisons appelées diaphragmes et fixées à la base. Le couvercle est, à priori, indépendant de la cage de base. Tous les bords des éléments grillagés sont renforcés par des fils de plus gros diamètre que ceux du grillage.

➔ **Les principales d'utilisations :** Les gabions matelas sont principalement utilisés pour la réalisation de protection de berges, perrés, masque drainant, tapis anti affouillement, lestage de conduites immergées. Grâce à des revêtements appropriés, ils peuvent être employés même dans le cas d'eaux particulièrement polluées/agressives.



Figure VI.2 : Gabion matelas Reno

&- Le curage

Les matériaux qui se déposent dans le lit mineur des cours d'eau sont d'origine minérale, végétale et organique. Ils comprennent des matériaux alluvionnaires minéraux (sable,

gravier...), ces matériaux n'ont pas de cohésion et leur dépôt est réversible, et les vases organiques. Ces dépôts sont de nature irréversible, leur enlèvement est appelé curage, ou bien dévasement. C'est une opération à renouveler périodiquement, si la vase restent longtemps sans que le courant ne les mobilise, elle se consolide et deviennent difficiles à prendre par les crues.

➔ Les techniques de curage

Les méthodes classiques d'enlèvement des vases sont le curage mécanique se fait à l'aide d'une pelle à godet, et le curage hydraulique se fait par aspiro-dragage (les vases sont mises en suspension par agitation ou par jet d'eau et sont aspirées par une pompe. On peut les déplacer vers les zones où elles sont moins gênantes, à l'aide d'une hélice ou d'air comprimé.

VI.2.2 Devis estimatif de la deuxième variante

➔ Lot n° 01 : Ain el Hamra :

Tableau VI.12 : Devis estimatif d'oued Ain El Hamra

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant total
Installation de chantier		F		1 700 000
Décapage	m^2	5 729	450.00	2 578 050
Déblai	m^3	1 400	3 900	5 460 000
Lit de sable	m^3	3.5	1 650	5 775
Remblai	m^3	153	450.00	68 850
Béton propreté	m^3	3.5	6 500	22 750
Dalots		135	44 304.94	5 981 166.90
Transport et pose conduites, dalots	ml	203	25 000.00	5 075 000
Protection	ml	40	3000	120 000

Montant total A = 21 011 591.90 DA

➔ Lot n° 02 : Cité Rumel :

Tableau VI.13 : Devis estimatif d'oued Cité Rumel

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant total
Installation de chantier		F		1 700 000
Décapage	m^2	4151	450.00	1 867 950
Déblai	m^3	1000	3900	3 900 000
Lit de sable	m^3	2	1650.00	3 300
Remblai	m^3	2	450.00	900
Béton propreté	m^3	2	6500.00	13 000
Dalots	nombre	4	44304.94----83428.63	255 467.14
Transport et pose conduites, dalots	ml	6	25000.00	150 000
Protection	ml	20	3000	60 000

Montant total B = 7 950 617.14 DA

➔ **Lot n° 03 : Oued Toukeria :**

Tableau VI.14 : Devis estimatif d'oued Toukeria

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant total
Installation de chantier		F		1 700 000
Décapage	m^2	5558	450.00	2 501 100
Déblai	m^3	2000	3900.00	7 800 000
Lit de sable	m^3	3	1650.00	4 950
Remblai	m^3	3	450.00	1 350
Béton propreté	m^3	3	6500.00	19 500
Dalots	nombre	4	83428.63	333 714.52
Transport et pose conduites, dalots	ml	6	25000.00	150 000
Protection	ml	30	3000.00	90 000

Montant total C = 12 570 614.52 DA

➔ **Lot n° 04 : Oued Boubziza :**

Tableau VI.15 : Devis estimatif d'oued Boubziza

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant total
Installation de chantier		F		1 700 000
Décapage	m^2	2108.4	450.00	948 780
Déblai	m^3	1100	3900	
Lit de sable	m^3	3	1650.00	4 950
Remblai	m^3	7	450.00	3 150
Béton propreté	m^3	3	6500.00	19 500
Dalots	ml	6	44304.94	265 829.64
Transport et pose conduites, dalots	ml	10	30000.00	300 000
Protection	ml	10	3000	30 000

Montant total D = 7 562 209.64 DA

➔ **Le Montant total ABCD = 49 095 033.2 DA**

VI.3 ETUDE DE LA STABILITE DES CANAUX

Il est nécessaire d'en garantir la stabilité, afin d'éviter les érosions provoquées par les forces hydrodynamiques engendrées par l'écoulement. Les conditions dans lesquelles les particules du matériau on cohérent qui constituent le fond et les berges d'un canal commencent à se déplacer, appelées conditions critiques, peuvent s'exprimer en fonction des vitesses l'écoulement (vitesses critiques), ou des tensions tangentiels exercées sur les particules (forces tractrices critiques). (Chaudhry.M.Hanif, 2007).

Les étapes de l'étude de stabilité du fond du canal suivant cette méthode sont comme suit :

- ✓ Détermination de la contrainte tangentielle admissible à partir du diamètre moyen des grains.
- ✓ Calculer la contrainte tangentielle au fond.
- ✓ Calculer la contrainte tangentielle des berges.

- **Force tractrice critique du fond**

Vérification que la contrainte tangentielle au fond τ_0 est inférieure à la contrainte admissible.

- **Calcul la contrainte tangentielle au fond**

$$\tau_0 = \gamma_w \cdot R_h \cdot i \quad (\text{N/m}^2)$$

τ_0 : la tension tangentielle critique exercée sur le fond (N/m^2).

R : le rayon hydraulique (m).

γ_w : Poids volumique de l'eau (N/m^3).

i : la pente du fond.

- **Calcul la contrainte tangentielle des berges**

On suit les étapes suivant :

- Calculer le paramètre de réduction K tel que :

$$K = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \phi}}$$

Avec :

θ : l'angle du talus avec l'horizontale avec $m = \cotg\theta$.

Φ : l'angle du repos du matériau ($\phi = 32^\circ$).

- Calculer la contrainte tangentielle admissible des talus en multipliant K par la contrainte tangentielle admissible du fond τ_{adm} .
- Calculer la contrainte tangentielle au niveau des berges par la formule suivante :

$$\tau_{0berges} = 0.76\gamma_w Ri$$

Avec :

$T_{0berges}$: La tension tangentielle critique exercée sur les berges (N/m^2).

R : Le rayon hydraulique (m).

i : La pente du fond.

γ_w : Poids volumique de l'eau (N/m^3).

Tableau VI.16 : Vérification de la stabilité des berges des oueds

Oueds	A. El Hamra	Cité Rumel	Toukeria	Boubziza
Contraintes				
τ_0	0.1004	0.2884	0.079	0.2014
τ_{0adm}	0.29	0.29	0.1	0.29
θ	35	35	35	35
ϕ	38	38	38	38
K	0.32	0.32	0.32	0.32
$T_{0 talu adm}$	0.0928	0.0928	0.032	0.0928
T_{berge}	0.0763	0.0192	0.0200	0.0531

Interprétation :

$$T_0 < \tau_{0adm}$$

$$T_{0berge} < \tau_{0 adm talu}$$

La contrainte tangentielle au fond est inférieure à la contrainte admissible, la stabilité du fond est bien vérifiée.

VI.4 LE CHOIX DE LA VARIANTE D'AMENAGEMENT

VI.4.1 Les critères d'évaluation

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

- Efficacité hydraulique.
- Difficultés de réalisation.
- Enjeux environnementaux.
- Durabilité.
- Entretien.
- Coût.

VI.4.2 La variante choisit

Le but de ces deux variantes d'aménagement est évacué le débit de la crue sans débordement, mais si on prend en compte les critères d'évaluation, on choisit la deuxième variante.

VI.5 CONCLUSION

A la fin de cette étude on a choisi la variante d'aménagement la plus favorable est la deuxième variante, nous utilisons des canaux trapézoïdales en terre (reprofilage) et protège les talus avec des matelas Reno.



**Chapitre VII :
Organisation de
chantier**

VII INTRODUCTION

L'organisation de chantier cherche la meilleure façon d'utiliser tous les moyens matériels et humains pour réaliser des projets à temps et avec économie. Elle consiste à définir les méthodes d'exécution, les modes opératoires, les tâches et la structure des postes.

VII.1 INSTALLATIONS DU CHANTIER

Elle permet de positionner le chantier pour travailler dans un ordre, et sans accidents.

VII.1.1 INSTALLATIONS DE PERSONNEL

Sont les installations sanitaires, les bureaux.....

VII.1.2 INSTALLATION DU STOCKAGE DES MATERIAUX :

Les agrégats sont stockés en plein air, d'une manière séparable pour éviter leur mélange. Le béton doit stocker dans un milieu fermé et l'acier est stocké dans des endroits loin de l'humidité.

VII.1.3 INSTALLATION DE LA REPARATION DES ENGINES :

Il faut disposer d'un espace bien équipé pour assurer l'entretien courant.

VII.1.4 INSTALLATION DES ELEMENTS DE LA PREFABRICATION :

Des hangars pour protéger les éléments préfabriqués.

VII.1.5 SUCCESSION DES OPERATIONS DU CHANTIER

- Travaux préparatoires : préparation des pistes de circulation des engins, et des endroits de stockage de matériaux.
- Exécution de l'ouvrage : par excavation des tranchées, et construction de l'ouvrage.

VII.2 TECHNOLOGIE DES PRINCIPAUX TRAVAUX

Les engins utilisés sont :

- Pour le transport des terres nous utilisons des camions.



Figure VII.1 : Camion

- Pour mélanger les matériaux de béton et le transporter nous utilisons centrale à béton et un malaxeur



Figure VII.2 : Malaxeur

- Pour les déblais nous utilisons la pelle hydraulique.



Figure VII.3 : Pelle hydraulique

- Pour poser les dalots nous utilisons la grue



Figure VII.4 : La grue

- Nous utilisons des chargeurs pour le chargement.



Figure VII.5 : Chargeur

VII.3 PLANIFICATION

VII.3.1 Définition

C'est une méthode pour avoir un travail efficace, elle consiste

- ↳ L'installation des postes de travail.
- ↳ L'observation instantanée.
- ↳ L'analyse des tâches.
- ↳ Le chronométrage.
- ↳ La définition des objectifs et des attributions.
- ↳ La simplification des méthodes.
- ↳ La stabilisation des postes de travail.

VII.3.2 Techniques de la planification

Il existe quatre méthodes de planification

- ✚ Méthode basée sur le calcul d'un réseau à nœud.
- ✚ Méthode basée sur le calcul d'un réseau à flèche.
- ✚ Méthode d'un tableau.
- ✚ Méthode graphique.

➔ Définition du réseau

Le réseau est une représentation graphique d'un projet qui permet d'indiquer la relation entre différentes opérations. On distingue deux types de réseaux :

✓ Réseau à flèches :

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



✓ **Réseau à nœuds :**

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

➔ **Calcul du réseau**

Le calcul d'un réseau permet de déterminer les paramètres suivants :

- ✚ La durée totale du projet.
- ✚ Le chemin ou les chemins critiques.
- ✚ Les taches critiques.

➔ **Construction du réseau**

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

- 1) Etablissement d'une liste des taches.
- 2) Détermination des taches antérieures.
- 3) Construction des graphes partiels.
- 4) Regroupement des graphes partiels.
- 5) Détermination des taches de début et fin de l'ouvrage.

VII.4 LES ETAPES DE LA PLANIFICATION

La planification est un processus de conduite des travaux à réaliser, elle comprend les étapes suivantes :

- Collection des informations.
- Décomposition du projet.
- Relations entre les taches : Il existe deux relations essentielles entre les taches à réaliser, l'une porte sur un enchaînement logique et l'autre sur un enchaînement préférentiel.
- Choix de la méthode de calcul

VII.5 LES PARAMETRES DE LA METHODE DE TABLEAU ET LA METHODE GRAPHIQUE

Les paramètres indispensables dans l'exécution de ces deux méthodes sont les suivantes :

DCP	TR
DFP	DCPP
DFPP	MT

Avec :

TR : temps de réalisation.

DCP : date de commencement au plus tôt.

DCPP : date de commencement au plus tard.

DFP : date de finition au plus tôt.

DFPP : date de finition au plus tard.

MT : marge total.

$$DFP = DCP + TR$$

$$DCPP = DFPP - TR$$

&- Chemin critique (c.c)

C'est le chemin qui donne la durée totale du projet (DTR) reliant les opérations possédant la marge totale nulle (0).

Donc pour retrouver un chemin critique il suffit de vérifier le double condition suivante

$$MT = 0$$

$$\sum TR_{cc} = DTP$$

VII.6 ELABORATION DU RESEAU

Pour la construction du réseau, on doit établir les différentes tâches. Notre projet comporte trois (03) oueds (A, B, C).

Ces taches sont les suivantes :

Tableau VII-1: Les taches d'oued Ain El Hamra (A)

Désignation de l'opération	Code	La durée de réalisation en jours
Décapage	D	25
Déblai	Db	27
Curage	C	30
Lit de sable	Ls	2
Pose dalot	Pd	2
Remblai	R	2
Protection	P	9

Détermination de la durée totale de projet par la méthode du tableau :

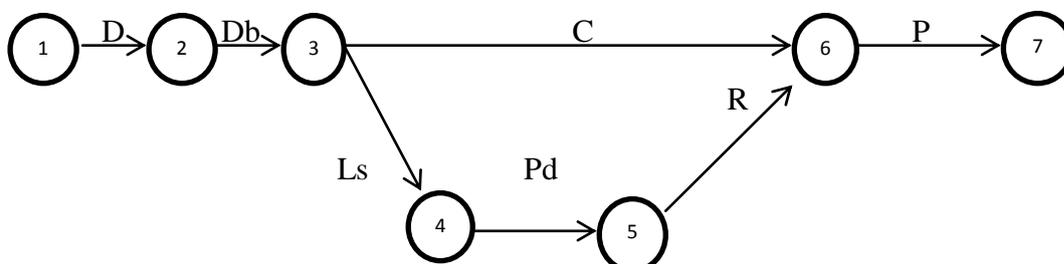


Tableau VII.2 : Calcul la durée de projet par la méthode de tableau

Opération	T (jours)	Dp		Dpp		MT
		DCP	DFP	DCPP	DFPP	
1---2	25	0	25	0	25	0
2---3	27	25	52	25	52	0
3---4	2	52	54	76	78	24
3---6	30	52	82	52	82	0
4---5	2	54	56	78	80	24
5---6	2	56	58	80	82	24
6---7	9	82	91	82	91	0

La durée totale de projet est : **91 jours.**

Le chemin critique est : 1 → 2 → 3 → 6 → 7

Les taches critiques sont : D, Db, C, P

Tableau VII.3 : Les taches d'oued Cité Rumel (B)

Désignation de l'opération	Code	La durée de réalisation en jours
Décapage	D	21
Déblai	Db	22
Curage	C	27
Lit de sable	Ls	2
Pose dalot	Pd	2
Remblai	R	2
Protection	P	7

Tableau VII.4 : Calcul la durée de projet par la méthode de tableau

Opération	T (jours)	Dp		Dpp		MT
		DCP	DFP	DCPP	DFPP	
1---2	21	0	21	0	21	0
2---3	22	21	43	21	43	0
3---4	2	43	45	64	66	23
3---6	27	43	70	43	70	0
4---5	2	45	47	66	68	21
5---6	2	47	49	68	70	21
6---7	7	70	77	70	77	0

La durée totale de projet est : **77 jours.**

Le chemin critique est : 1 → 2 → 3 → 6 → 7

Les taches critiques sont : D, Db, C, P

Tableau VII.5 : Les taches d'oued Toukeria (C)

Désignation de l'opération	Code	La durée de réalisation en jours
Décapage	D	12
Déblai	Db	14
Curage	C	18
Lit de sable	Ls	2
Pose dalot	Pd	2
Remblai	R	2
Protection	P	3

Tableau VII.6 : Calcul la durée de projet par la méthode de tableau

Opération	T (jours)	Dp		Dpp		MT
		DCP	DFP	DCPP	DFPP	
1---2	12	0	12	0	12	0
2---3	14	12	26	12	26	0
3---4	2	26	28	38	40	12
3---6	18	26	44	26	44	0
4---5	2	28	30	40	42	12
5---6	2	30	32	42	44	12
6---7	3	44	47	44	47	0

La durée totale de projet est : **47 jours.**

Le chemin critique est : 1 → 2 → 3 → 6 → 7

Les taches critiques sont : D, Db, C, P

Tableau VII.7 : Les taches d'oued Boubziza (D)

Désignation de l'opération	Code	La durée de réalisation en jours
Décapage	D	16
Déblai	Db	18
Curage	C	22
Lit de sable	Ls	2
Pose de dalot	Pd	2
Remblai	R	2
Protection	P	5

Tableau.8 : Calcul la durée de projet parla méthode de tableau

Opération	T (jours)	Dp		Dpp		MT
		DCP	DFP	DCPP	DFPP	
1---2	16	0	16	0	16	0
2---3	18	16	34	16	34	0
3---4	2	34	36	50	52	16
3---6	22	34	56	34	56	0
4---5	2	36	38	52	54	16
5---6	2	38	40	54	56	16
6---7	5	56	61	56	61	0

La durée totale de projet est : **61jours**.

Le chemin critique est : 1 → 2 → 3 → 6 → 7

Les taches critiques sont : D, Db, C, P

VII.7 CONCLUSION

On peut conclure que l'organisation de chantier est nécessaire avant le commencement les travaux, elle nous permet élaborer le chantier, définie tous les engins utiliser et aussi d'avoir le cout total du projet.



Chapitre VIII :
Protection et sécurité
au travail

VIII INTRODUCTION

Le concept de sécurité au travail appuie son exigence sur un postulat de départ assez simple : toute activité professionnelle engendre des risques pour la sécurité d'un travailleur, à des degrés plus ou moins élevés. Encadrée par la loi française, la notion de sécurité au travail ne cesse de donner naissance à de nouvelles réglementations, de nouvelles mesures, des innovations. Bien que les chiffres de la sécurité au travail révèlent que l'homme est en cause dans plus de deux tiers des accidents de travail, la tâche des dirigeants d'entreprises est de réduire au maximum les risques afin de protéger leurs salariés et de préserver leur intégrité physique et moral.

VIII.1 ACCIDENT DE TRAVAIL

La définition de l'accident du travail dans le régime général de sécurité sociale, qui est de loin le régime le plus important, est donnée par l'article L411 du code de la sécurité sociale « Est considéré comme accident du travail quelle qu'en soit la cause, l'accident survenu par le fait ou à l'occasion du travail à toute personne salariée ou travaillant à quelque titre que ce soit pour un ou plusieurs employeurs ou chefs d'entreprise ».

La jurisprudence des tribunaux caractérise l'AT par l'existence d'un fait accidentel et d'un lien entre le fait accidentel et le travail. Lorsque ces deux conditions sont réunies la victime bénéficie de la présomption d'imputabilité.



Figure VIII.1 : Accident de travail

VIII.2 MALADIE PROFESSIONNELLE

Une maladie professionnelle est un état pathologique résultant de l'exposition habituelle à une nuisance déterminée au cours du travail. Il est très difficile de donner une définition plus précise, tant les formes clinique de ces maladies ne diffèrent pas des formes sans exposition professionnelle. C'est pour cela qu'ont été définies les maladies professionnelles indemnissables.



Figure VIII.2 : Maladie professionnelle

VIII.3 LES INDICES STATISTIQUES DES AT ET MP

Taux de fréquence des accidents avec arrêts

$TF = (\text{nombre d'accident AT} \times 1000000) / \text{nombre d'heures de travail.}$

Taux de gravité

$TG = (\text{nombre de journées indemnisées} \times 1000) / \text{nombre d'heures de travail.}$

Indice de fréquence des accidents avec IP

$IF = (\text{nombre d'accident grave} \times 1000) / \text{nombre de salariés.}$

Indice de gravité des accidents avec IG

$IG = (\text{somme des taux d'IP} \times 1000) / \text{nombre de salariés.}$

VIII.4 LES CAUSES D'ACCIDENT DE TRAVAIL ET MALADIE PROFESSIONNELLE

Les enquêtes effectuées après les accidents des causes font toujours apparaître une multitude de causes s'ajoutant les unes aux autres pour provoquer et aggraver l'accident. Ces causes sont classées en deux catégories :

Facteurs Matériels : concerne les conditions dangereuses susceptibles d'être évaluées au cours du travail :

- Installations non protégées.
- Installation mal protégée.
- Protection individuelle inexistante, Protection faible
- Outillage, engin en mauvais état.

Facteurs humains : concerne les actions dangereux :

- Intervenir sans précaution sur des machines en mouvement.
- Ne pas utiliser l'équipement de sécurité individuelle.
- Imprudence durant le travail.
- Plaisanté.

VIII.5 LES ACTEURS DE PREVENTION AU NIVEAU NATIONAL

En Algérie, la prévention des risques professionnels est placée sous la responsabilité du ministère chargé du travail de l'emploi et de la sécurité sociale et du ministère de la santé.



Figure VIII.3 : Les acteurs nationaux de prévention contre les risques

VIII.6 ERGONOMIE

L'ergonomie est l'étude scientifique de la relation entre l'homme et ses moyens, méthodes et milieux de travail.

VIII.7 POSTE DE TRAVAIL

Un poste de travail est le lieu dans lequel une personne dispose des ressources matérielles lui permettant d'effectuer son travail.

VIII.8 LES AMBIANCES DU POSTE DE TRAVAIL

- Dimensions des bureaux.
- Aération-Assainissement.
- Ambiance thermique.
- Eclairage.
- Bruit.

VIII.9 LES AVANTAGES DE LA PROTECTION ET SECURITE

- Moins d'absentéisme.
- Moins de problème d'organisation.
- Une meilleure ambiance de travail.
- Une bonne image de l'entreprise.
- Moins de risque d'accident.
- Une meilleure motivation.

VIII.10 PRINCIPAUX RISQUES DE TERASSEMENT

- ❖ Eboulement dans les fouilles de tranchée.
- ❖ Le renversement des engins.
- ❖ Collision entre les engins.
- ❖ Les obstacles cachés.
- ❖ Le contact direct avec les câbles électriques.
- ❖ Le bruit.
- ❖ L'explosion quotidienne.

VIII.11 LES DEMARCHES DE PREVENTION

- ✚ Eviter les risques.
- ✚ Evaluer les risques qui ne peuvent être évités.
- ✚ Combattre le risque à la source.
- ✚ Adapter le travail à l'homme.
- ✚ Tenir compte de l'évolution de la technique.
- ✚ Remplacer ce qui est dangereux par ce qui est moins dangereux.
- ✚ Planifier la prévention.
- ✚ Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle.
- ✚ Donner des instructions appropriées aux travailleurs.

VIII.12 LA PROTECTION COLLECTIVE

Définition : un dispositif, un mécanisme, un appareil ou une installation est capable d'assurer la protection des salariés contre un ou plusieurs risques.

La prévention collective

- ↳ Entretien régulier de l'engin.
- ↳ Cabine insonorisée et climatisée.
- ↳ Poste de conduite ergonomique avec siège adapté.
- ↳ Entretien des pistes de circulation.
- ↳ Plan de circulation du chantier.
- ↳ Adéquation de l'engin à son usage.

VIII.13 LES EQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE

Définition : une pièce d'équipement ou un équipement, porté ou tenu par une personne, contre un ou plusieurs risques, susceptibles de menacer sa santé ou sa sécurité.

But : diminuer considérablement le risque de lésion.

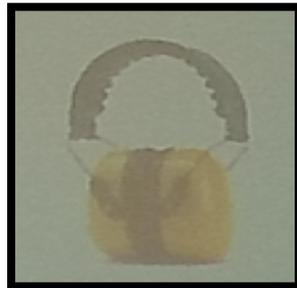
Types et utilisation :

* Tête



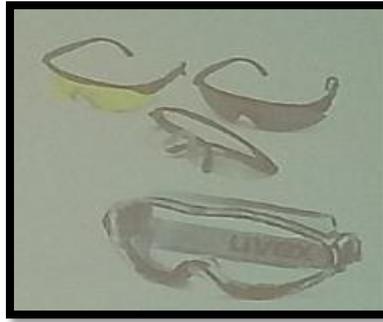
Casques

* L'ouïe



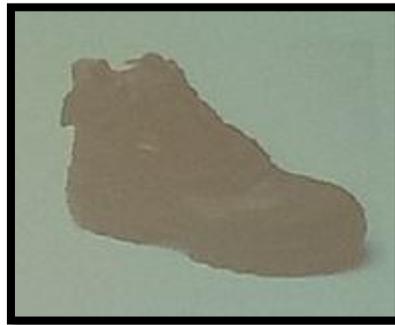
Anti bruit

***Visage et yeux**



Lunettes

*** Pieds et jambes**



*** Vêtements**

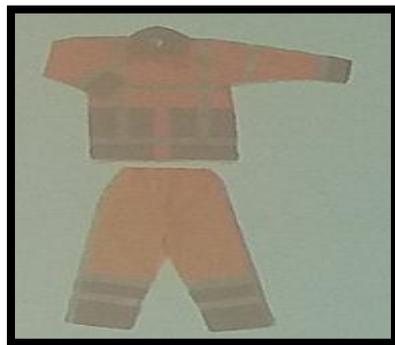


Figure VIII.4 : Les différents types de la protection individuelle

VIII.15 CONCLUSION

On peut conclure que la prévention contre les risques et les maladies professionnelles est très important dans quel que soit le type de chantiers, parce que avec elle on peut réaliser notre projet dans la durée qu'il faut dans la planification.

Conclusion générale

L'inondation est une composante intégrante de cycle de l'eau, la gestion de l'eau devrait être une partie intégrante des politiques d'aménagements, le pouvoir et surtout le devoir d'agir doit être mené avec une grande coordination pour freiner ou réduire les dégâts.

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

La protection de l'agglomération de la ville de Khemisti (W ; Tissemsilt) contre les crues à nécessiter une étude hydrologique bien détaillée à travers laquelle on a quantifié le débit de projet à l'aide des formules empiriques.

Nous avons d'abord estimé le débit de crue maximal à évacuer par les cours d'eau à travers l'estimation de l'hydrogramme de crues.

En second lieu nous avons déterminé les zones susceptibles à être inondées, par la simulation de l'écoulement dans les cours d'eau non aménagés par le logiciel HEC-RAS en se basant sur le modèle de Saint-Venant monodimensionnel et à l'aide d'Autocad.

Finalement, nous avons choisi un aménagement adéquat après une analyse technico-économique pour choisir la variante finale qui répond à notre objectif d'étude. En effet, la variante choisie comprend un aménagement, par reprofilage des canaux au sein des zones inondables. Le coût de ce projet est estimé à **49 095 033.20 DA**, et comme tout projet celui-ci se doit être suivi afin de garantir un meilleur service et une longévité acceptable.

Références bibliographiques

- Boumesseneh A .2007** : Les inondations dans la ville de Biskra, causes et impacts. Mémoire de Magister, 120p. Université de Batna Algérie.
- Bouzegag A. 2018** : Etude pour la protection du centre du T'Kout contre les inondations d'oued Chennaoura. Mémoire d'ingénieur, ENSH (Blida).
- Degoutte G. année** : Diagnostic, aménagement et gestion des rivières, 544p.
- Djebali K. 2014** : Etude de protection d'une ville contre les inondations. Cas de la vallée d'El Abadia (W. Ain DEFLA).
- Iguedlane S. 2015** : Etude de protection de la ville de Metlili (W. Ghardaïa) contre les inondations. Mémoire d'ingénieur, ENSH (Blida).
- Lahlah S. 2004** : Les inondations en Algérie.
- Lamas J. 1993.** Hydrologie générale. Principes et applications, deuxième édition. Gaétan Morin Editeur. Québec. Canada. 527p.
- Merabet A. 2006** : Etude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbés contre les inondations. Mémoire de Magister, Université de Djilali Liabes, Sidi Abbés.
- Musy A. 2005** : Hydrologie générale ; Cours virtuel de l'Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Laboratoire d'Hydrologie et Aménagements (HYDRAM) Institut des Sciences et Technologies de l'Environnement (ISTE).
- Oualit M. 2009.** Les indicateurs de la durabilité du béton dans le contexte algérien. Mémoire d'ingénieur, Université M'Hamed Bougara (Boumerdes)
- Ratiat A. 2006.** : Etude d'un aménagement hydraulique en vue de la protection de la ville de Lardjem (W.Tissemsilt) contre les inondations. Mémoire d'ingénieur, ENSH.
- Touiabia B. 2004.** Manuel pratique d'hydrologie, 166p. Edition Madani. Blida. Algérie.

ANNEXE 01

Répartition pluies maximales journalière et annuelle de la station de Khemisti

(Période : 1969 – 2010)

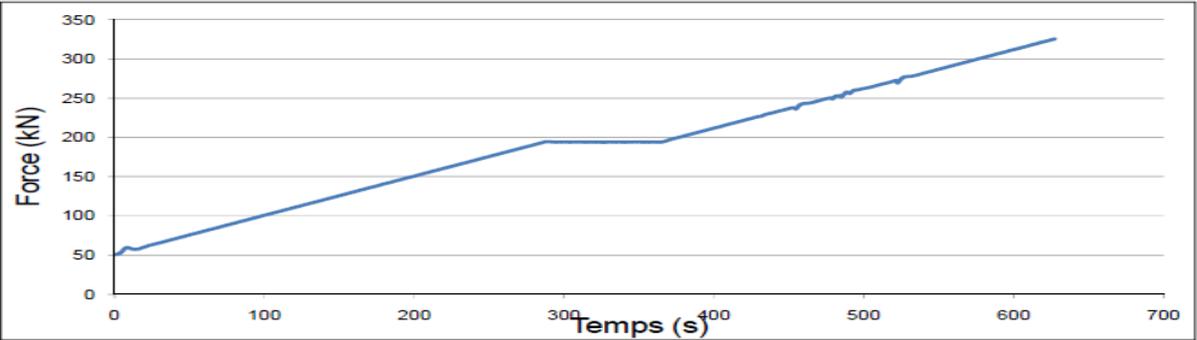
Les années	S	Oc	No	Dé	Ja	Fé	Ma	Av	Mai	Ju	Jui	Ao	P _{jmax} (mm)	P _{max} Annuelle (mm)
1969	11.4	26.3	19.5	40	21.5	0	15	11.6	10	1.8	0.9	0	40	158
1970	0	2.3	1.5	8	11.5	8	12.7	33	11	0	0	0	33	88
1971	5.3	31.2	26.5	12	30.8	19.7	36	11.8	20.3	5.6	0	4.2	30.8	203.4
1972	14.8	34	23.7	6.3	4.2	14.2	8.8	26.5	0	9.2	0	0	34	141.7
1973	0	3.5	4.5	19.5	3	14	47	26	5.5	16	3	3	47	145
1974	3.5	10	13	4	18	22.5	25	11	4.5	5.5	2.2	3.2	22.5	122.4
1975	1.6	0	3.3	2.4	2.5	3.6	2.2	3.1	1.9	1.8	2	1.3	3.6	25.7
1976	1.8	2.5	2.6	3.2	2.4	2	0.8	4.2	2.1	1.1	0.3	0.8	4.2	23.8
1977	0.6	1.6	2.1	2.6	2.5	2.3	3.4	2.6	2.2	0.7	0	0.4	3.4	21
1978	0.6	5.5	5	3	6.8	18	20.3	3.2	1.6	3.1	0	0.8	20.3	67.9
1979	4.6	3.4	3.4	18	2.7	2.3	3.3	2.8	2.2	1.3	0	1	18	45
1980	2.6	1.8	1.8	22	18	2.8	2.8	1.8	1.4	1.9	0	1.7	22	58.6
1981	1.5	1.2	0	4	3.1	3	1.5	3	2.4	1.6	0.6	0.5	4	22.4
1982	1.1	2.9	23.3	2.6	0	17.1	1.7	1.6	0.6	0	0	0.6	23.3	51.5
1983	0	1	2.8	2.1	2	1.8	21	9.2	1.7	1.1	0	0	21	42.7
1984	2.3	3.4	3.5	22	22	11.5	13.6	0.6	6.4	0.6	0.2	0.2	22	86.3
1985	18.1	4.6	7.1	14.3	23.9	16.5	14.8	4.1	11.6	12	0	15.3	23.9	142.3
1986	18.1	4.6	7.1	14.3	23.9	16.5	14.8	4.1	11.6	12	0	15.3	23.9	180.7
1987	20.9	18.3	21.7	11.8	24.5	23	4.8	3.7	15.3	9.9	22.3	4.6	24.5	162.1
1988	8	7	6.2	11	6.4	7.2	12.8	14.2	4.2	10	4.2	5.9	14.2	97.9
1989	15.4	13	9.2	8.8	11	1.3	25.5	18.8	14.4	4.6	9.4	1	25.5	132.4
1990	18.1	4.7	6.3	14.2	11	11.8	18.6	17	13	4.4	2.6	4.8	18.6	126.5
1991	0.5	55	14.2	11.8	19.8	6.3	19.4	14.2	12.3	7.6	6.4	3.4	55	170.9
1992	5.4	11	7.7	10.4	5.5	15.8	14	11.6	23.8	0	0	8.2	23.8	113.4
1993	21.2	8.4	15.9	16.3	11.6	15	3.6	14.8	4.8	0	6.8	11	21.2	129.4
1994	16.5	22.6	10.5	6.6	18.6	14.6	18.4	11.2	7.2	6.8	0	12.3	22.6	145.3
1995	18.4	11.1	10.4	9.8	15.7	28.8	28.8	14.6	11.6	26	21	6.4	28.8	202.4
1996	7.5	11.2	8.9	19.8	20	8.6	0	20.9	12.8	0.1	2.7	15.1	20.9	127.6
1997	16	12.8	21.4	10.4	8.7	7.2	3.1	34.5	18	0	0	9.2	34.5	141.3
1998	11.1	2.7	5.4	5.6	10.5	13	25.5	0	1.5	0.5	0	8.4	25.5	83.8
1999	25.5	19.2	6.8	17.7	0.5	0	0.8	6.8	3.4	5.5	0.4	0.7	25.5	87.4
2000	3.9	10.8	22.1	20.6	25.7	22.4	1.6	16.9	4	0	6.7	0.9	25.7	135.6
2001	13.2	9.1	9	12	3	7.5	4.7	12	10.9	4.7	0	5.6	13.2	91.7
2002	10.5	12	15	4.6	16.7	24.1	1.5	7.5	2	18	6.6	7.6	24.1	126.4
2003	4	19.1	17.3	26	6	9.3	9.9	13.8	14.6	0	1.5	11.8	26	133.3
2004	17.7	12.4	0.8	6	3.5	21.5	6.8	3.1	3	11	1.5	0	21.5	87.6
2005	5.8	33.1	24.3	5.4	18	13.3	11.3	23.1	19.2	0	7	0	33.1	160.5
2006	6.3	0	0	11.5	4.5	11	23.2	23.9	3.7	0	0	16.6	23.9	100.7
2007	15	8.8	19	1.1	3.5	6.3	26.3	1	12.8	9.8	0.8	1.8	26.3	106.2
2008	4	18	26	14.6	9.5	6.2	24.2	15	7.6	0	1.6	4.5	26	131.12
2009	9.5	1	12.7	17.4	10.8	31	25.2	9	6	5	0	5.4	31	132.7
2010	0	7	16	6.8	9.1	14	12.3	12.1	10.3	11	0	15.6	16	113.9

Source : ANRH, BLIDA

ANNEXE 02

Les résultats des essais sur les dalots

 ALGERIENNE DES CANALISATIONS HYDRAULIQUES LABORATOIRE	CONTRÔLE DE LA RESISTANCE D'ECRASEMENT DES CADRES Selon NF EN 14844	USINE DE AIN DEFLA Réf : Date : lundi 3 avril 2017	
certificat de qualité			
FABRICANT	SPA ALCAHYD LOT N° 38/39 Z.I AIN DEFLA E-mail : alcahyd@alcahyd.com		
PRODUIT	CADRES ENTERREES EN BETON ARME		
DONNEES D'ECHANTILLONNAGES			
Dimensions du cadre	2000X2000	Date et N° du cadre	06/03/2017
Classe et type du cadre	C1 Armé	Age du cadre	28 jours
		Date d'essai	03/04/2017
Longueur Utile en mètre Lu =		1.5 m	
CHARGES SELON LA NOTE DE CALCULE			
charge ELU (Fn)	:	273.00	KN
charge ELS (Fc)	:	194.00	KN

RESULTATS			
Valeur d'apparition de fissure	:	0.00	KN
charge de rupture Fu (Fu ≥ Fn)	:	325.69	KN
coefficient de sécurité Fu/Fn	:	1.19	
COURBE D'ESSAI			
			
CONCLUSION :			
Suite aux resultats d'essai nous declaron le cadre 2000x2000 est conforme selon la norme NF EN 14844.			

certificat de qualité

FABRICANT

SPA ALCAHYD LOT N° 38/39 Z.I AIN DEFLA

E-mail : alcahyd@alcahyd.com

PRODUIT

CADRES ENTERREES EN BETON ARME

DONNEES D'ECHANTILLONNAGES

Dimensions du cadre	1500X1500	Date et N° du cadre	23/02/2017
Classe et type du cadre	C1 Armé	Age du cadre	28 jours
		Date d'essai	23/03/2017

Longueur Utile en mètre Lu = 1.5 m

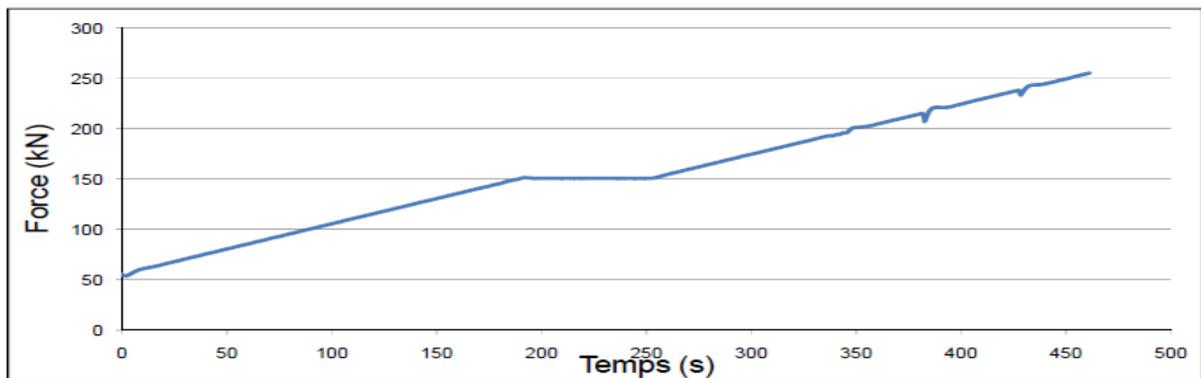
CHARGES SELON LA NOTE DE CALCULE

charge ELU (Fn)	:	202.00 KN
charge ELS (Fc)	:	151.00 KN

RESULTATS

Valeur d'apparition de fissure	:	0.00 KN
charge de rupture Fu (Fu ≥ Fn)	:	255.88 KN
coefficient de sécurité Fu/Fn	:	1.27

COURBE D'ESSAI



CONCLUSION :

Suite aux resultats d'essai nous declarons le cadre 1500x1500 est conforme selon la norme NF EN 14844.

ANNEXE N°03

Liste des coordonnées des points de l'oued Ain El Hamra A

Points	Abscisse (m)	Ordonnée (m)	Points	Abscisse (m)	Ordonnée (m)
PK1	406195.14	3948792.53	PK42	406011.38	3947762.40
PK2	406216.44	3948767.32	PK43	406028.97	3947748.47
PK3	406216.44	3948760.01	PK44	406060.46	3947732.11
PK4	406257.09	3948732.77	PK45	406021.36	3947606.43
PK5	406284.00	3948700.16	PK46	406010.37	3947611.36
PK6	406336.52	3948612.34	PK47	405988.70	3947612.52
PK7	406370.71	3948591.32	PK48	405973.15	3947609.24
PK8	406372.80	3948579.97	PK49	405931.62	3947578.75
PK9	406366.80	3948546.82	PK50	405891.18	3947515.76
PK10	406364.83	3948534.94	PK51	405886.53	3947500.20
PK11	406368.80	3948518.23	PK52	405881.33	3947468.71
PK12	406380.20	3948502.90	PK53	405863.56	3947345.98
PK13	406390.95	3948492.27	PK54	405867.09	3947305.55
PK14	406397.61	3948464.12	PK55	405857.63	3947263.47
PK15	406396.72	3948446.46	PK56	405848.91	3947255.63
PK16	406385.99	3948416.19	PK57	405844.39	3947195.57
PK17	406372.49	3948383.85	PK58	405855.17	3947166.50
PK18	406370.59	3948379.51	PK59	405837.00	3947156.92
PK19	406365.06	3948328.75	PK60	405820.34	3947151.96
PK20	406361.28	3948316.99	PK61	405806.55	3947149.89
PK21	406359.35	3948305.29	PK62	405754.97	3947140.81
PK22	406316.14	3948275.62	PK63	405726.68	3947134.27
PK23	406264.72	3948259.47	PK64	405704.36	3947125.57
PK24	406232.70	3948236.54	PK65	405655.86	3947104.80
PK25	406197.04	3948244.65	PK66	405631.78	3947095.50
PK26	406189.47	3948211.61	PK67	405599.75	3947084.91
PK27	406192.24	3948189.13	PK68	405550.43	3947065.51
PK28	406146.25	3948143.78	PK69	405511.39	3947049.88
PK29	406052.97	3948126.46	PK70	405487.98	3947007.74
PK30	406026.09	3948109.85	PK71	405503.50	3946975.45
PK31	405993.14	3948091.28	PK72	405503.37	3946970.02
PK32	405984.69	3948081.45	PK73	406066.87	3948332.77
PK33	405973.62	3948057.15	PK74	406054.78	3948309.83
PK34	405970.40	3948029.08	PK75	406052.01	3948289.42
PK35	405933.16	3948000.42	PK76	406042.73	3948282.42
PK36	405909.90	3947956.03	PK77	406041.77	3948280.13
PK37	405921.88	3947875.09	PK78	406059.19	3948236.83
PK38	405935.05	3947848.35	PK79	406085.82	3948206.36
PK39	405946.53	3947824.87	PK80	406100.03	3948175.62
PK40	405954.50	3947817.83	PK81	406107.41	3948138.24
PK41	405980.38	3947798.32			

Liste des coordonnées des points de l'oued cité Rumel

Points	Abscisse (m)	Ordonnée (m)	Points (Regards)	Abscisse (m)	Ordonnée (m)
PK1	405776.30	3947642.62	PK8	405529.19	3947268.17
PK2	405766.45	3947631.30	PK9	405523.68	3947256.10
PK3	405663.01	3947437.79	PK10	405516.77	3947225.21
PK4	405587.47	3947329.01	PK11	405504.94	3947197.89
PK5	405582.56	3947326.34	PK12	405498.86	3947177.64
PK6	405554.11	3947316.94	PK13	405471.87	3947145.30
PK7	405542.56	3947312.46	PK14	405445.26	3947113.66

Liste des coordonnées des points de l'oued Toukeria C

Points	Abscisse (m)	Ordonnée (m)	Points (Regards)	Abscisse (m)	Ordonnée (m)
PK1	404951.05	3947650.05	PK11	405393.94	3947220.80
PK2	404971.47	3947621.51	PK12	405415.32	3947185.48
PK3	404973.60	3947618.92	PK13	405482.27	3947003.84
PK4	405028.51	3947549.30	PK14	405481.47	3947002.23
PK5	405089.78	3947477.88	PK15	405483.80	3946998.83
PK6	405150.07	3947739.10	PK16	405501.73	3946969.58
PK7	405156.78	3947432.42	PK17	405504.48	3946969.44
PK8	405191.48	3947398.55	PK18	405538.88	3946951.44
PK9	405262.29	3947361.56	PK19	405549.60	3946922.14
PK10	405309.19	3947316.91			