



DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE URBAINE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

OPTION : CONCEPTION DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT

THEME :

**PROTECTION DU LOCALITE AIN FERRADJA
CONTRE LES INNONDATIONS W.TISSEMSSILT**

Présenté par :

M^r : DERIAS Mohamed

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M ^r AMMARI Abdelhadi	M.C.B	Président
M ^{me} BELABES Salima	M.A.A	Examinatrice
M ^r MERABTI Abdelaziz	Doctorant	Examineur
M ^r BOUFAKANE Abdelmadjid	M.A.A	Examineur
M ^{me} KAHLERRAS Malika	M.A.A	Promotrice

Novembre 2015

DÉDICACE



DALIA , MERIAM ET SOFIA !!!

Que dieu les gardes pour moi !!

Remerciement

Arrivé au terme de ce mémoire, il m'est particulièrement agréable d'exprimer ma gratitude et mes remerciements tous ceux qui, par leurs enseignements, leurs soutiens et leurs conseils, m'ont aidé à sa réalisation.

Je voudrais tout d'abord adresser toute ma gratitude à mon encadreur Mme KAHLERASS Malika, qui m'a honoré de sa confiance en m'acceptant et en croyant en mes capacités, je le remercie pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion, et j'ai particulièrement été impressionné par ses qualités scientifiques et humaines sans oublié le soutien de Mlle BALEH Kahina de SYSTRA .

Que Mesdames, Messieurs les membres du jury trouvent ici l'expression de ma reconnaissance pour avoir accepté de juger mon travail.

Je tiens remercier mes parents pour le soutien inconditionnel dont ils ont fait preuve depuis que mon projet professionnel est défini. Merci pour le soutien financier, moral, psychologique et matériel. Si je suis ici aujourd'hui, c'est grâce à vous!

Je souhaite surtout remercier, mon frère Halim et ma sœur Teldja pour leur amour et leur incontestable appui, ainsi que leurs confiance en moi et leurs soutiens sans faille, que dieu protège notre famille et qu'il illumine nos jours par sa bénédiction.

A mes chers amis Yahya (yakatoura) , Khadidja (doudou) et Mahdy pour tout le soutien qu'ils m'ont apporté set pour leur aide dans les moments les plus durs, sincèrement bénis sois le jour ou je vous ai connus.

Finalement, Je voudrais aussi remercier mes enseignants de l'école primaire à l'ENSH, en particulier Mr BOUKHLIFA, Mr YAHIAOUI .., ainsi que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation.

Enfin, il me serait difficile d'omettre de remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce travail. Qu'ils trouvent dans ses quelques lignes l'expression de mes sincères remerciements.

DERIAS Mohamed

Novembre 2015

ملخص:

الغرض من هذه الدراسة هو حماية بلدة عين فراجة ولاية تيسمسيلت ضد فيضان واد ملاح الواقع وسط هذه البلدة.

إبتدنا الدراسة بتحديد الخصائص المناخية التابعة للحوض, التي تعتبر ضرورية للدراسة الهيدرولوجية, التي تهدف إلى تنبؤ هطول أمطار المتعلقة بالمشروع, ثم شرع في عملية التحول من المطر الصافي إلى التدفق من أجل تحديد تدفق الفيضانات.

إن تشخيص الأرضية تمكننا من تحديد الحالات الشاذة و تقييم قابلية التعرض للكوارث و تحديد مختلف العوامل الهيدروليكية والهندسية للتدفق. ووفقا لهذا الدليل التشخيصي. اقترحنا بعض الحلول التي من شأنها أن تكون دراسة تقنية و اقتصادية للاحتفاظ بالأفضل و الأكثر ملائمة. أخيرا قمنا بمناقشة البديل المختار بتفاصيل مع تحديد تكاليف تنفيذ هذا المشروع.

Résumé:

L'objet de cette étude est de protéger la localité d'Ain Ferradja wilaya de Tissamssilt contre les inondations, causées par le débordement de l'oued Mellah situés au milieu du village.

L'étude a été débutée par la détermination des caractéristiques climatiques ainsi celles du bassin versant, qui sont des éléments indispensables pour une étude hydrologique, dont le but est la prévision de la pluie de projet. Ensuite, nous avons procédé à la transformation de la pluie nette en écoulement, afin de déterminer le flux de la crue centennale.

Le diagnostic du terrain, nous ont permis de recenser les anomalies et évaluer la vulnérabilité ainsi que la détermination des différents paramètres hydrauliques et géométriques de l'écoulement. Nous avons proposé selon la notice de ce diagnostic des solutions qui ont fait l'objet d'une étude technico-économique afin de retenir la meilleure variante et la plus adéquate. Finalement, la variante retenue est traitée en détail avec la détermination du coût de réalisation du projet.

Abstract:

The purpose of this study is to protect the town of Ain Ferradja, Tissamssilt against floods caused by the wadi Mellah located in the middle of the village.

The study started by the determination of climatic characteristics of the basin, the latter are essential for a hydrological study, which aims to predict the rainfall of the project. Then we proceeded to the transformation of net rain to flow to determine the central flood flow.

The diagnosis of the field, we identified anomalies and assess vulnerability and determination of various hydraulic and geometric parameters of flow. According to the results of this diagnosis we propose technical and economical solutions in order to retain the best and most adequate. Finally, the variant adopted is discussed in detail with the determination of the project implementation costs.

SOMMAIRE

Introduction Générale.....1

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DE LA REGION DE L'ETUDE

Introduction:	Erreur ! Signet non défini.
I-1. Situation géographique:	Erreur ! Signet non défini.
I-2. Démographie et situation socio-économique:	Erreur ! Signet non défini.
I-3. Description géomorphologique:	Erreur ! Signet non défini.
I-4. Réseau hydrographique :	Erreur ! Signet non défini.
I.5. Description géologique :	Erreur ! Signet non défini.
I.6. Description urbanistique.....	Erreur ! Signet non défini.
I.7. Climat :	Erreur ! Signet non défini.
I.7.1.Température.....	Erreur ! Signet non défini.
I.7.2. L'humidité :	Erreur ! Signet non défini.
I.7.3. Evaporation :	Erreur ! Signet non défini.
I.7.4. Le vent :	Erreur ! Signet non défini.
I.7.5. La grêle :	Erreur ! Signet non défini.
I.7.6. La neige :	Erreur ! Signet non défini.
I.8. Situation hydrologique :	Erreur ! Signet non défini.
I.8.1. Situation de la région d'étude:	Erreur ! Signet non défini.
I.8.2. Description du sous bassin de 01-10:	Erreur ! Signet non défini.
I.9. Description et état de fait de l'aire d'étude:	Erreur ! Signet non défini.
I.10. Les zones inondables :	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion :	Erreur ! Signet non défini.

CHAPITRE II : ETUDE HYDROLOGIQUE

Introduction.....	Erreur ! Signet non défini.
II.1 Caractéristiques géomorphologique de bassin versant	Erreur ! Signet non défini.
II.1.1. Définition du bassin versant.....	Erreur ! Signet non défini.
II.1.2.Morphométrie.....	Erreur ! Signet non défini.
II.1.2.1. La surface	Erreur ! Signet non défini.
II.1.2.2. La forme	Erreur ! Signet non défini.
II.1.2.3. Le périmètre.....	Erreur ! Signet non défini.
II.1.3. Caractéristique de forme	Erreur ! Signet non défini.
II.1.3.1. Indice de compacité de Gravelius.....	Erreur ! Signet non défini.

II.1.3.2. Le rectangle équivalent	Erreur ! Signet non défini.
II.1.4. Les reliefs	Erreur ! Signet non défini.
II.1.4.1. Les altitudes caractéristiques	Erreur ! Signet non défini.
II.1.4.2. Répartition et courbe hypsométrique	Erreur ! Signet non défini.
II.1.4.3. Indice de pente globale (Ig).....	Erreur ! Signet non défini.
II.1.5. Le réseau d'écoulement	Erreur ! Signet non défini.
II.1.5.1. La densité de drainage	Erreur ! Signet non défini.
II.1.5.2 Coefficient de torrentialité:.....	Erreur ! Signet non défini.
II.1.5.3 Temps de concentration :.....	Erreur ! Signet non défini.
II.1.5.3 Vitesse moyenne de ruissellement:.....	Erreur ! Signet non défini.
II.2.Analyse et traitement des équipements hydrologiques:	Erreur ! Signet non défini.
II.2.1. Equipements du bassin versant d'Oued El-Mellah:	Erreur ! Signet non défini.
II.2.1.1.Postes pluviométriques:	Erreur ! Signet non défini.
II.2.1.2.Station hydrométrique	Erreur ! Signet non défini.
II.2.2. Motivation du choix du poste représentatif « 01-10-06 »:	Erreur ! Signet non défini.
II.3.Analyse des précipitations moyennes mensuelles et annuelles :	Erreur ! Signet non défini.
II.4. Analyse des pluies journalières maximales:	Erreur ! Signet non défini.
II.4.1.Caractéristiques empiriques de la série :	Erreur ! Signet non défini.
II.4.2.homogénéité de la série.	Erreur ! Signet non défini.
II.4.2.1.Test de corrélation sur le rang (Kendall) :	Erreur ! Signet non défini.
II.4 .2 .2. Test de Pettitt :	Erreur ! Signet non défini.
II.4 .2 .3.Test de Buishand :	Erreur ! Signet non défini.
II.4.3.Ajustement des pluies journalières maximales à la loi de Gumbel:	Erreur ! Signet non défini.
II.4.3.1.Méthode des moments :.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.3.2. Méthode de maximum de vraisemblance :.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.3.3.Comparaison des deux méthodes d'ajustement:	Erreur ! Signet non défini.
II.4.3.4. Interprétation des résultats d'ajustement :.....	Erreur ! Signet non défini.
II.5. Etude des crues:	Erreur ! Signet non défini.
II.5.1. Pluies de courte durée	Erreur ! Signet non défini.
II.5.2. Calcul des apports liquides:	Erreur ! Signet non défini.
II.5.2.1.Formule de SAMIE :	Erreur ! Signet non défini.
II.5.2.2.Formule de COUTAGNE :	Erreur ! Signet non défini.
II.5.2.3.Formule dite Algérienne (A.N.R.H):.....	Erreur ! Signet non défini.
II.5.3. Calcul du débit de crue:.....	Erreur ! Signet non défini.

II.5.3.1. Formule de C.SAMIE: Erreur ! Signet non défini.

II.5.3.2. Formule de GIANDOTTI :..... Erreur ! Signet non défini.

II.5.3.3. Formule de SOKOLOVSKY :..... Erreur ! Signet non défini.

II.5.3.4. Formule de TURAZZA :..... Erreur ! Signet non défini.

Conclusion.....Erreur !
Signet non défini.

CHAPITRE III : ETUDE DES VARIANTES ET CALCULE HYDRAULIQUE

Introduction..... Erreur ! Signet non défini.

III.1. Méthodologie de Calcul et dimensionnement des ouvrages :... Erreur ! Signet non défini.

III.1.1. Les paramètres géométriques :..... Erreur ! Signet non défini.

III.1.2. Les paramètres hydrauliques :..... Erreur ! Signet non défini.

III.2. Principes d'aménagement..... Erreur ! Signet non défini.

III.2.1. Les mesures structurelles :..... Erreur ! Signet non défini.

III.2.2. Les mesures non structurelles :..... Erreur ! Signet non défini.

III.3. Adoption de la crue de projet :..... Erreur ! Signet non défini.

III.4. Variantes d'aménagement :..... Erreur ! Signet non défini.

III.4.1. Variante n°01 Recalibrage :..... Erreur ! Signet non défini.

III.4.1.1. Avantages de la variante n°01 :..... Erreur ! Signet non défini.

III.4.1.2. Inconvénients de la variante n°01 :..... Erreur ! Signet non défini.

III.4.1.3. Les travaux de réalisation de la variante n°01 :..... Erreur ! Signet non défini.

III.4.1.4. Calcule hydraulique de la variante n°01 :..... Erreur ! Signet non défini.

III.4.2. Variante n°02 Gabionnage revêtu en béton légèrement armé :... Erreur ! Signet non défini.

III.4.2.1. Avantages de la variante n°02 :..... Erreur ! Signet non défini.

III.4.2.2. Inconvénients de la variante n°02 :..... Erreur ! Signet non défini.

III.4.2.3. Calcule hydraulique de la variante n°02 :..... Erreur ! Signet non défini.

III.4.3. Variante n° 03 Maçonnerie :..... Erreur ! Signet non défini.

III.4.3.1. Avantages de la variante n°03 :..... Erreur ! Signet non défini.

III.4.3.2. Inconvénients de la variante n°03 :..... Erreur ! Signet non défini.

III.4.3.3. Calcule hydraulique de la variante n°03 :..... Erreur ! Signet non défini.

III.4.4. Variante n° 04 Mix (pavage + Béton) :..... Erreur ! Signet non défini.

III.4.4.1. Avantages de la variante n°04 :..... Erreur ! Signet non défini.

III.4.4.2. Inconvénients de la variante n°04 :..... Erreur ! Signet non défini.

III.4.4.3. Calcule hydraulique de la variante n°04 :..... Erreur ! Signet non défini.

III.5. Etude financière comparative des variantes:..... Erreur ! Signet non défini.

III.5.choix de la variante optimal :	Erreur ! Signet non défini.
III.6.Dimensionnement des ouvrages :	Erreur ! Signet non défini.
III.6.1.Les traversées routières :	82
III.6.2.Les ouvrages d'entrés (sortie) :	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion	Erreur ! Signet non défini.

CHAPITRE IV : ORGANISATION DU CHANTIER

Introduction :	Erreur ! Signet non défini.
IV.1 Généralités	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.1 Rôles et responsabilités	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.2 Les moyens de chantier	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.2.1 Les moyens humains	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.2.2 Les moyens matériels	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.3 Installation du chantier	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.3.1 Installations destinées au personnel	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.3.2 Installation destinées au stockage des matériaux	Erreur ! Signet non défini.
IV.2 Succession des opérations du chantier	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.1 Travaux préparatoires	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.2Exécution de l'ouvrage	Erreur ! Signet non défini.
IV.3Détermination des différents volumes	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.1Volume des déblais des tranchés	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.2Volumes des remblais des tranchés	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.3Volume du lit du gravier	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.3.1Pour les canaux	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.3.2 Pour les ouvrages d'entrés (sortie)	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.4Volume du lit de propreté	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.4.1Pour les canaux	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.4.2Pour les ouvrages d'entrés	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.5Volume du béton armé	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.5.1Pour les canaux	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.5.2Pour les ouvrages d'entrés	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.6 Volume du pavage	Erreur ! Signet non défini.
IV.4.Devis quantitatif et estimatif des travaux	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion :	Erreur ! Signet non défini.

CHAPITRE V : PROTECTION ET SECURITE DU TRAVAIL

Introduction.....	Erreur ! Signet non défini.
V.1. Les Causes des accidents	Erreur ! Signet non défini.
V.2. Les actions et conditions dangereuses	Erreur ! Signet non défini.
V.3. Organisation de la prévention des accidents du travail.....	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion.....	Erreur ! Signet non défini.

Conclusion Générale	99
----------------------------------	-----------

References bibliographique

Annexes

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DE LA REGION DE L'ETUDE

Figure I.1: Plan de situation géographique de la Commune de Khemisti (W.TISSEMSILT)..	3
Figure I.2: Représentation mensuelle de la température.....	5
Figure I.3 : localisation du bassin versant du chellif.....	9
Figure I.4: Délimitation des sous bassins du B.V Chélif.....	10
Figure I.5: La carte des zones inondables	12

CHAPITRE II : ETUDE HYDROLOGIQUE

Figure II.1 : La courbe hypsométrique du bassin versant.....	18
Figure II.2 : Répartition des précipitations moyennes annuelles du poste Pluviométrique 01-10-06.....	27
Figure II.3: Répartition des précipitations moyennes mensuelles.....	28
Figure II.4: Répartition des précipitations max journalière du poste Pluviométrique 01-10-06 au non dépassement.....	32
Figure II.5: Résultat obtenus par le logiciel Hyfran du test de Kendall.....	33
Figure II.6 : Ajustement à la loi de Gumbel (Méthode des moments).....	39
Figure. II.7 : Ajustement à la loi de Gumbel (Méthode de maximum de vraisemblance).....	42
Figure. II.8: Comparaison des deux méthodes d'ajustement.....	44
Figure II.9 : Courbes des pluies de courtes durées.....	48
Figure II.10: Courbes intensité durée fréquence (IDF).....	48

CHAPITRE III : ETUDE DES VARIANTES ET CALCULE HYDRAULIQUE

Figure III.1 :Canal de section trapézoïdale.....	60
Figure III.2 : Canal de section rectangulaire.....	60
Figure III.3 : Les différents piquets de l'aménagement.....	62
Figure III.4 : Recalibrage d'un cours d'eau.....	63
Figure III.5 : Le débroussaillage d'une rivière.....	64
Figure III.6 :Reprofilage longitudinale d'un cours d'eau.....	64
Figure III.7 : endiguement d'un cours d'eau.....	65
Figure III.8 : coupe transversal de la variante n°01 (canal 21).....	66

Figure III.9 : canal en gabion.....	67
Figure III.10 : coupe transversal de la variante n°02 (canal 21).....	68
Figure III.11 : canal en maçonnerie.....	69
Figure III.12 : coupe transversal de la variante n°03 (canal 21).....	72
Figure III.13 : coupe transversal de la variante n°04 pavage A1-A2 (canal 21).....	74
Figure III.14 : coupe transversal de la variante n°04 béton A2-A3 (canal 21).....	75
Figure III.15 : coupe transversal de la variante n°04 pavage A3-A4 (canal21).....	76
Figure III.16 : coupe transversal du dalot A2 (A3) (canal 21).....	80
Figure III.17: coupe type de l'ouvrage d'entrée de l'oued Malleh avec ses dimensions.....	81
Figure III.18: coupe type de l'ouvrage de sortie de l'oued Malleh avec ses dimensions.....	81

CHAPITRE IV : ORGANISATION DU CHANTIER

Figure IV.1: Pelle à chenilles avec godet à position rétro.....	86
Figure IV.2: bulldozer.....	86
Figure IV.3: chargeur pneumatique.....	87
Figure IV.4:Camion à benne.....	87
Figure IV.5: Bétonneuse.....	88

CHAPITRE V : PROTECTION ET SECURITE DU TRAVAIL

Figure V.1 : Organisation de la prévention des accidents du travail.....	96
--	----

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DE LA REGION DE L'ETUDE

Tableau I.1:Répartition mensuelle de la température.....	5
Tableau I.2: Répartition mensuelle de l'évaporation.....	6
Tableau I.3: Vitesse du vent moyenne mensuelle.....	6
Tableau I.4: Nombre moyen de jours de grêle.....	7
Tableau I.5: Nombre moyen de jours de neige.....	7

CHAPITRE II : ETUDE HYDROLOGIQUE

Tableau. II.1 : Paramètres morphométriques du bassin versant.....	16
Tableau. II.2 : Paramètres du relief du bassin versant.....	17
Tableau II.3: Intervalle de l'indice de pente en fonction du relief.....	19
Tableau II.4: l'indice de pente globale du bassin versant.....	19
Tableau II.5: Classification du réseau hydrographique du Bassin versant d'Oued El-Mallah selon la classification de Shumm.....	20
Tableau II.6: la densité de draine du bassin versant.....	20
Tableau II.7: coefficient de torrentialité du bassin versant.....	21
Tableau II.8 :Temps de concentrations des sous bassins versant d'étude.....	22
Tableau II.9 : vitesses moyennes de ruissellement du bassin versant.....	23
Tableau II.10: Tableau récapitulatif des Caractéristiques Hydromorphométriques des différents sous bassin d'Oued El-Mallah.....	23
Tableau II.11: Caractéristiques du poste pluviométrique de Tissemsilt.....	24

Tableau II.12: Série d'observation des précipitations moyennes mensuelles et annuelles du poste pluviométrique de Tissemsilt (01-10-06), sans lacunes.....	26
Tableau II.13: Répartition pluviométrique des moyennes mensuelles du poste pluviométrique de Tissemsilt.....	28
Tableau II.14: Série d'observations des précipitations maximales journalières du poste pluviométrique de Tissemsilt (01-10-06), sans lacunes.....	30
Tableau II.15: Caractéristiques empiriques de la série d'observation.....	32
Tableau II.16 : Classement en fonction de la probabilité associée au test de Pettitt.....	33
Tableau II.17: Les pluies maximales journalières à la loi de Gumbel.....	36
Tableau II.18: Résultat de l'ajustement à la loi de Gumbel (Méthode des moments).....	37
Tableau II.19: Résultat de l'ajustement à la loi de Gumbel (Méthode de maximum de vraisemblance).....	38
Tableau II.20: Pluies et Intensités maximales de durée t (h) et de période retour (ans) pour les sous bassins d'oued El-Mellah.....	46
Tableau II.21: Récapitulatif de calcul de l'apport moyen annuel Selon différentes formules utilisées.....	49
Tableau II.22: Débit maximal du sous bassins d'Oued El-Mellah Selon la formule de C.SAMIE.....	51
Tableau II.23: Débit maximal du sous bassins d'Oued El-Mellah Selon la formule de GIANDOTTI.....	52
Tableau II.24: Débit maximal sous bassins d'oued El-Mellah Selon la formule de Sokolovsk.....	53
Tableau II.25: Valeurs du coefficient de ruissellement C.....	54
Tableau II.26: Débit maximal des sous bassins d'Oued El-Mellah Selon la formule de TURAZZA.....	54
Tableau II.27 : Les débits centennaux du bassin versant oued El-Mellah calculé par différentes formules).....	55

CHAPITRE III : ETUDE DES VARIANTES ET CALCULE HYDRAULIQUE

Tableau III.1 : caractéristique de la variante n°01.....	65
Tableau III. 2 : Les paramètres optimums de la variante n°01.....	66
Tableau III. 3 : Les paramètres hydrauliques de la variante n°01.....	67
Tableau III.4 : caractéristique de la variante n°2.....	68
Tableau III. 5 : Les paramètres optimums de la variante n°02.....	68
Tableau III.6 : Les paramètres hydrauliques de la variante n°02.....	68
Tableau III.7 : caractéristique de la variante n°03.....	71
Tableau III. 8 : Les paramètres optimums de la variante n°03.....	71
Tableau III.9 : Les paramètres hydrauliques de la variante n°03.....	71
Tableau III.10 : caractéristique de la variante n°04.....	73
Tableau III. 11 : Les paramètres optimums de la variante n°04 pavage A1-A2.....	74
Tableau III.12 : Les paramètres hydrauliques de la variante n°04 pavage A1-A2.....	74
Tableau III. 13 : Les paramètres optimums de la variante n°04 béton A2-A3.....	75
Tableau III.14 : Les paramètres hydrauliques de la variante n°04 béton A2-A3.....	76
Tableau III. 15 : Les paramètres optimums de la variante n°04 pavage A3-A4.....	77
Tableau III.16 : Les paramètres hydrauliques de la variante n°04 pavage A1-A2.....	77
Tableau III.17: Estimation financière des variantes pour Oued El Mellah.....	78
Tableau III. 18 :Les paramètres hydrauliques du ponceau au piquet A2.....	79

Tableau III. 19 :Les paramètres hydrauliques du ponceau au piquet A3.....	80
--	-----------

CHAPITRE IV : ORGANISATION DU CHANTIER

Tableau IV.1: Volume des travaux de l'oued Malleh.....	91
Tableau IV.2: Le devis des différents travaux de l'oued Malleh.....	92

LISTE DES PLANCHES

Planche N°1 : Délimitation du bassin versant Ain Ferradja W.Tissemsilt.

Planche N°2 : L'aménagement projeter de oued Malleh W.Tissemsilt.

Planche N°3 : Profil en long oued Malleh W.Tissemsilt.

Planche N°4 : Profil en travers oued Malleh W.Tissemsilt.

Introduction générale

Tremblements de terre, tsunamis, éruptions volcaniques, glissements de terrains, inondations... ; des événements exceptionnels qui déploient une violence accrue d'année en année et qui sont à l'origine de désordres souvent importants, qui n'ont cessé de secouer le bien être de l'homme. Un de ces phénomènes qui s'accroissent et qui deviennent récurrents dans le monde, c'est bien les débordements d'eau qui submergent les terrains environnants, qu'on nomme les inondations.

L'envergure des inondations dans le monde est recensée à environ un milliard, et la majeure partie est provoquée par les crues ; leurs effets sont essentiellement : les pertes humaines, et matérielles se caractérisant par les mouvements de terrain – écroulements, éboulements, glissements..., les destructions d'ouvrages – barrages, ponts...

Les inondations figurant parmi les catastrophes naturelles les plus fréquentes et les plus dévastatrices en Algérie. Touchant plusieurs régions, atteignant parfois l'ampleur d'une catastrophe nationale telles que : Les inondations de Mars 1974 des bassins versants de l'algérois et du Séba ou, les inondations de décembre 1984 sur tout l'Est Algérien ou celles du 9 et 10 novembre 2001 sur la cote Algéroise (Bab El Oued-plus d'un milliard de morts et dégâts matériels importants). Notre projet est dans ce sens, vu que la localité d'Ain Ferradja est traversée par un affluent de moyenne importance, qui est à l'origine de débordements récurrents, cause des complications pour les riverains, ainsi que les usagers de la route vers Beni Chaïbet les agriculteurs de cette région. Pour y remédier à cette situation l'objet de notre travail, est de concevoir un système de protection.

Afin de bien mener cette étude nous avons opté pour un plan de travail scindé en 5 chapitres :

- Présentation de la zone d'étude.
- Etude hydrologique.
- Etude des variantes et calculs hydrauliques.
- Organisation de chantier.
- Protection et sécurité de travail.

Introduction:

Pour que nous puissions faire des aménagements au sien d'un bassin versant, et appréhender les différentes composantes de l'écoulement et sa réponse à un évènement pluvieux et comment cette réponse manifeste dans le temps et dans l'espace, nous devons analyser, les différentes caractéristiques du bassin versant, du site, les interpréter afin de cerner l'ensemble des facteurs déclenchant cette problématique, nommée l'inondation.

I-1. Situation géographique:

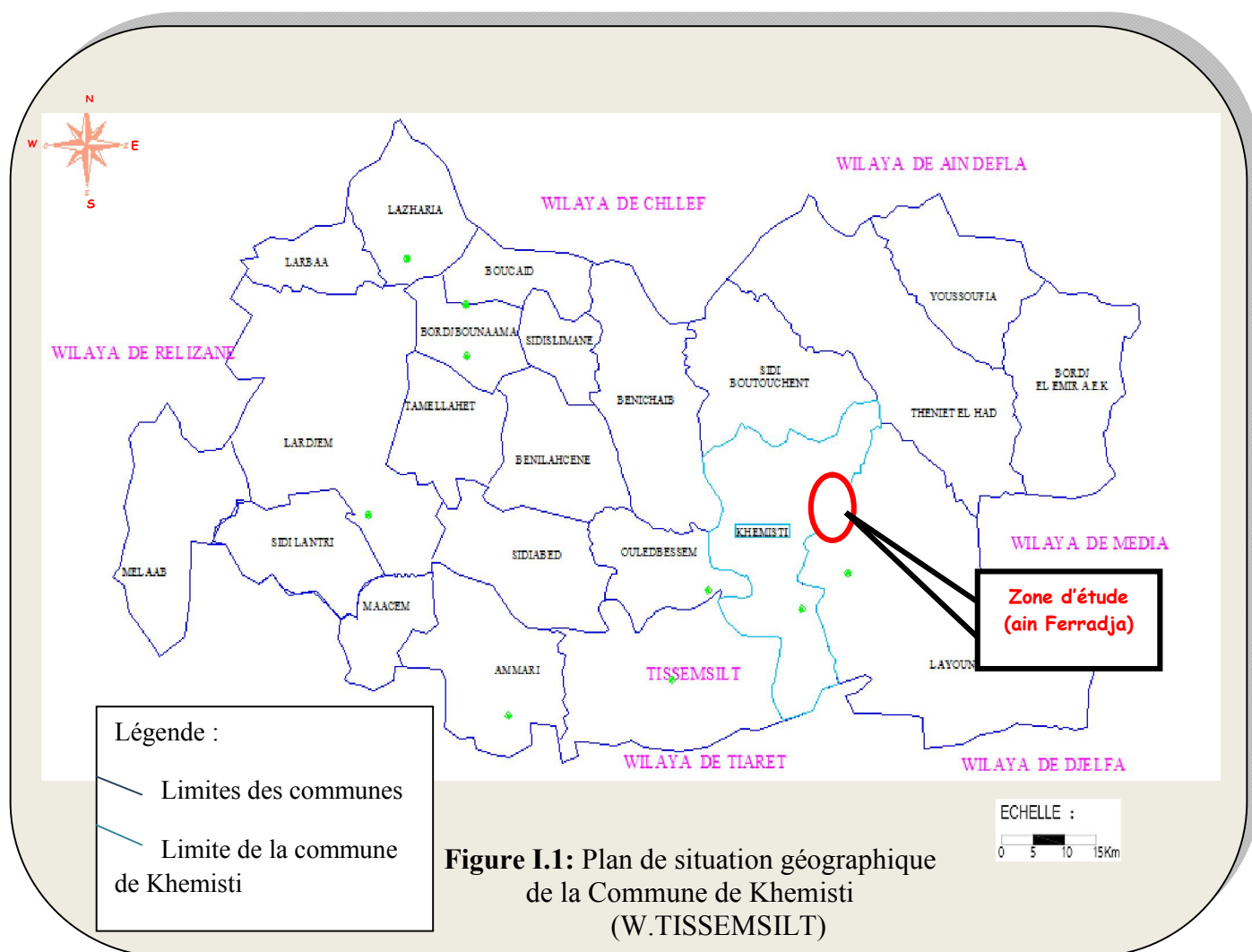
Ain Ferradja est une agglomération secondaire de la commune de Khemisti. Située à 13 kilomètres à l'EST du chef-lieu de la commune, cette agglomération était à l'origine un hameau ou vivaient les familles Fradjel, propriétaires des terres agricoles de cette région.

La commune de khemisti est située au Nord du chef-lieu de Wilaya, à environ 17 KM Administrativement, la commune en étude est limitée par: **(figure N°I.1):**

- ❖ Au nord : par Theniet-El-Had, à une distance de 32 Kms
- ❖ Au Sud : par Bougara et Hamadia.
- ❖ A l'Ouest: par Tissemsil à une distance de 17 Kms et Ouled Bessem.
- ❖ A l'Est : par Laâyone.

De par sa position géographique intéressante- vue son accessibilité par la RN 14, ainsi que l'existence de plusieurs chemins de wilaya dans les environs. Son proximité avec le chef-lieu de la commune et la commune de Laâyone.

Ce qui la rend incontournable pour assure un développement urbain important.



I-2. Démographie et situation socio-économique:

L'agglomération d'Ain Ferradja abrite environ de 948 habitants (Recensement 2008 RGPH). Il est à noter qu'Ain Ferradja a attiré, dans les années 90, la population des zones éparses. On note cependant un pic, entre 1994 et 1998, avec un T.AG de 9%, qui est dû à la situation sécuritaire de certaines régions isolées de la commune. Par ailleurs, Ain Ferradja a perdu ces dernières années des habitants (APC khemisti).

Les terrains urbanisés (9 hectares environ), contiennent l'ensemble du parc de logement (131 logements) et quelques équipements. Sa structure urbaine est le produit dans certains endroits, à l'instar du Derb, d'une implantation aléatoire des constructions. Néanmoins, on note une certaine volonté d'organiser les quartiers, avec une structure orthogonale pour les 100 logements récemment construits (APC Khemisti).

I-3. Description géomorphologique:

L'aire d'étude est implantée sur un bassin versant incliné du Nord-Ouest au Sud-Est. Elle est caractérisée par des terrains très accidentés et présentent des pentes importantes et variant entre 4% et 25%, avec des endroits singuliers, dus aux lignes d'écoulement des eaux de ruissellement, nécessitant une attention particulière quant à l'aménagement des zones à proximité. En revanche, la partie déjà urbanisée présente des terrains relativement plats avec de faibles pentes régulières, et donc sujettes à des inondations en cas d'averse.

I-4. Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique est défini comme étant l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement, c'est l'une des caractéristiques les plus importantes du bassin.

I.5. Description géologique :

L'analyse du sol effectuée dans le cadre du PDAU, caractérise les terrains de la région par une composition de grés plus ou moins calcaire et marneux et des argiles, formant ainsi la majeure partie des terrains agricoles. (Source bureau d'étude Ben Zimamouche),

I.6. Description urbanistique:

Du point de vue urbanistique, l'agglomération d'Ain Ferradja « objet de cette étude » de type purement rurale. Elle est constituée par des habitations dont la majorité est éparses et non planifiées.

I.7. Climat :

Les données climatiques considérées concernent essentiellement les précipitations, les températures et d'autres phénomènes climatiques (vent, insolation, humidité, grêle, neige, orage, etc.).

Les conditions climatiques de la région jouent un rôle capital dans le comportement hydrologique des cours d'eau. Ce sont les précipitations surtout liquide qui constituent le facteur essentiel; les autres paramètres climatiques tel que la température et l'évaporation dans leur ensemble forment des variables aléatoires dans le temps et l'espace permettent d'expliquer quantitativement les variations des composantes du régime hydrologique dans sa conception la plus large.

Les éléments climatologiques dont nous sommes servis pour traiter le climat de la région de TISSEMSILT sont: La température; L'humidité; L'évaporation; Le vent.

Ces paramètres ont été obtenus de l'office national de la météorologie (ONM) de la Station Tissamsilt (01.10.06) période (1973-2006).

I.7.1.Température

La température de l'air est l'un des effets le plus important de la radiation solaire et un grand nombre de phénomènes physiques (évaporation, gel de l'eau, gelée blanche, dilatation) et de multiples formes de l'activité humaine sont liés à la température de l'air.

Tableau I.1:Répartition mensuelle de la température de la Station Tissamsilt (01.10.06) période (1973-2006).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	Moyenne interannuelle
T.Max (c°)	12.1	12.8	15.3	17.7	21	27.5	32.2	31.1	27.7	21.7	16	12.8	20.7
T.Min (c°)	5.4	6	7.2	9.3	11.8	17.2	21.2	20.2	17.4	13	8.7	6.8	12
T.Moy (c°)	8.3	9	10.8	13	15.9	22	26.3	25.1	21.7	16.7	11.9	9.2	15.8

(Source ONM)

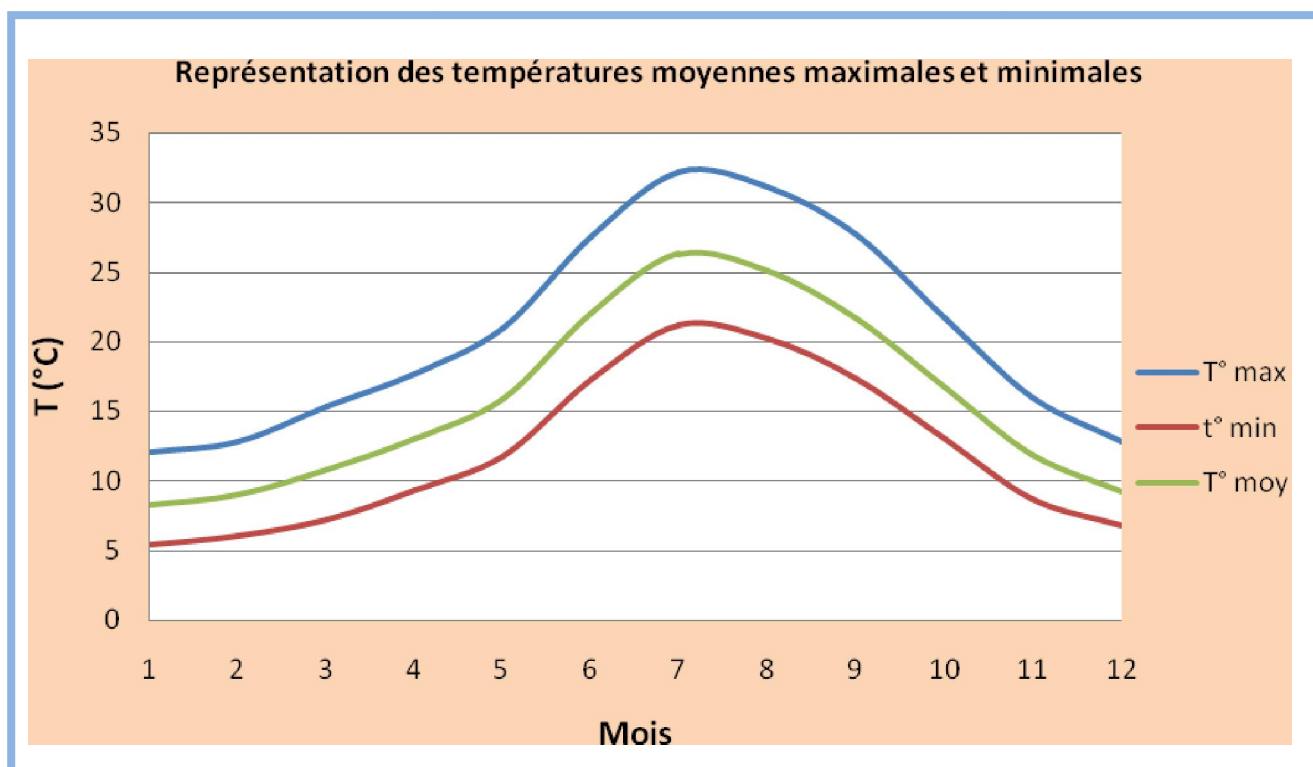


Figure I.2: Représentation mensuelle de la température.

La température moyenne mensuelle est d'environ 15.8°C. Les températures extrêmes enregistrées sont 12°C et 32°C localisées en janvier et en juillet atteintes avec des fréquences faibles. Dans le

mois de janvier, la température moyenne mensuelle varie le plus souvent entre 5°C et 12°C alors qu'en juillet elle est située entre 20°C et 32°C.

I.7.2.L'humidité :

L'humidité relative mensuelle moyenne varie de 70 à 83 % et de 63% respectivement pour les périodes allant de mois de Novembre au mois de Mars et du mois d'Avril au mois d'Octobre.

I.7.3.Evaporation :

La valeur moyenne annuelle de l'évaporation estimée à 1256 mm, avec la distribution mensuelle présentée dans le Tableau suivant :

Tableau I.2: Répartition mensuelle de l'évaporation de la Station Tissamsilt (01.10.06) période (1973-2006).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Moyenne interannuelle
Ev.Max (mm)	74.4	66.7	80.6	96	114.7	165	235.6	204.6	129	120.9	75	62	1454.5
Ev.Min (mm)	40.3	34.8	68.2	78	80.6	117	158.1	148.8	114	80.6	51	34.1	1005.5
Ev.Moy (mm)	55.8	52.2	77.5	84	99.2	150	207.7	182.8	138	96.1	60	52.7	1256
%	4.44	4.16	6.17	6.68	7.9	11.94	16.54	14.55	10.99	7.65	4.78	4.2	100

(Source ONM)

I.7.4.Le vent :

Les vents dominants chargés d'humidité soufflent dans la direction W-NW durant la période allant du mois d'Octobre au mois de Mai, et d'E-SE de Juin à septembre avec une fréquence à 14%. Ces vents sont généralement modérés, leurs vitesses moyennes mensuelles varient entre 2.5 à 3.5 m/s.

Tableau I.3: Vitesse du vent moyenne mensuelle de la Station Tissamsilt (01.10.06) période (1973-2006).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	A n
Vent (m/s)	2,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,7	3,7	3,4	3,2	3,2	3,5	3,6	3,5

(Source : ONM)

I.7.5.La grêle :

La grêle étant un phénomène généralement très localisé, une chute déterminée peut n'être enregistrée que dans un nombre restreint de stations.

La grêle tombe presque durant tous les mois de l'année. On en constate très peu dans le mois de Juillet jusqu'au Septembre qui peuvent être considérés comme mois de transition entre les deux semestres chaud et froid.

Tableau I.4: Nombre moyen de jours de grêle de la Station Tissamsilt (01.10.06) période (1973-2006).

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	An
Nombre de jours	0,5	0,4	0,7	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	3,0

(Source : ONM)

La grêle est une pluie congelée qui tombe par grains. Elle cause des grands dommages à l'agriculture, et à d'autres branches des activités économiques, c'est pour cela, qu'il est intéressant d'en connaître les fréquences.

I.7.6.La neige :

La neige qui joue un rôle régulateur du ruissèlement tout en influent favorablement sur l'alimentation des nappes souterraines peut cependant avoir un rôle négatif lors de son effondrement rapide en ravinant le sol noyant les cultures et inondant les agglomérations à risques.

Tableau I.5: Nombre moyen de jours de neige

Localisation (Station)	Altitudes (m)	Nbre moy des jours d'enneigement.
Bordj Bounâama	1100	22.1
Théniet El hâd	1160	22

D'une manière générale le climat de la région d'Ain Ferradja se caractérise, par un climat continental, semi-aride, avec seulement deux saisons distinctes : un été chaud et un hiver froid avec des gelées tardives et des chutes de neige.

Les températures enregistrées dépassent rarement les 40°C. Quant à la saison hivernale, la température peut atteindre 5°C au-dessous de zéro, avec des gelées fréquentes : cette dernière période apparaît le mois de Décembre et peut durer jusqu'au mois d'Avril.

Les vents dominant la région présente les caractéristiques des hautes plaines telliennes avec une direction dominante : Nord-Ouest.

I.8. Situation hydrologique :

I.8.1. Situation de la région d'étude:

La région objet de cette étude, est située dans le bassin versant du Chélif, portant le code 01 de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques « A.N.R.H », comme illustré sur **la figure N°I.3**, portant la localisation du bassin versant du Chélif.

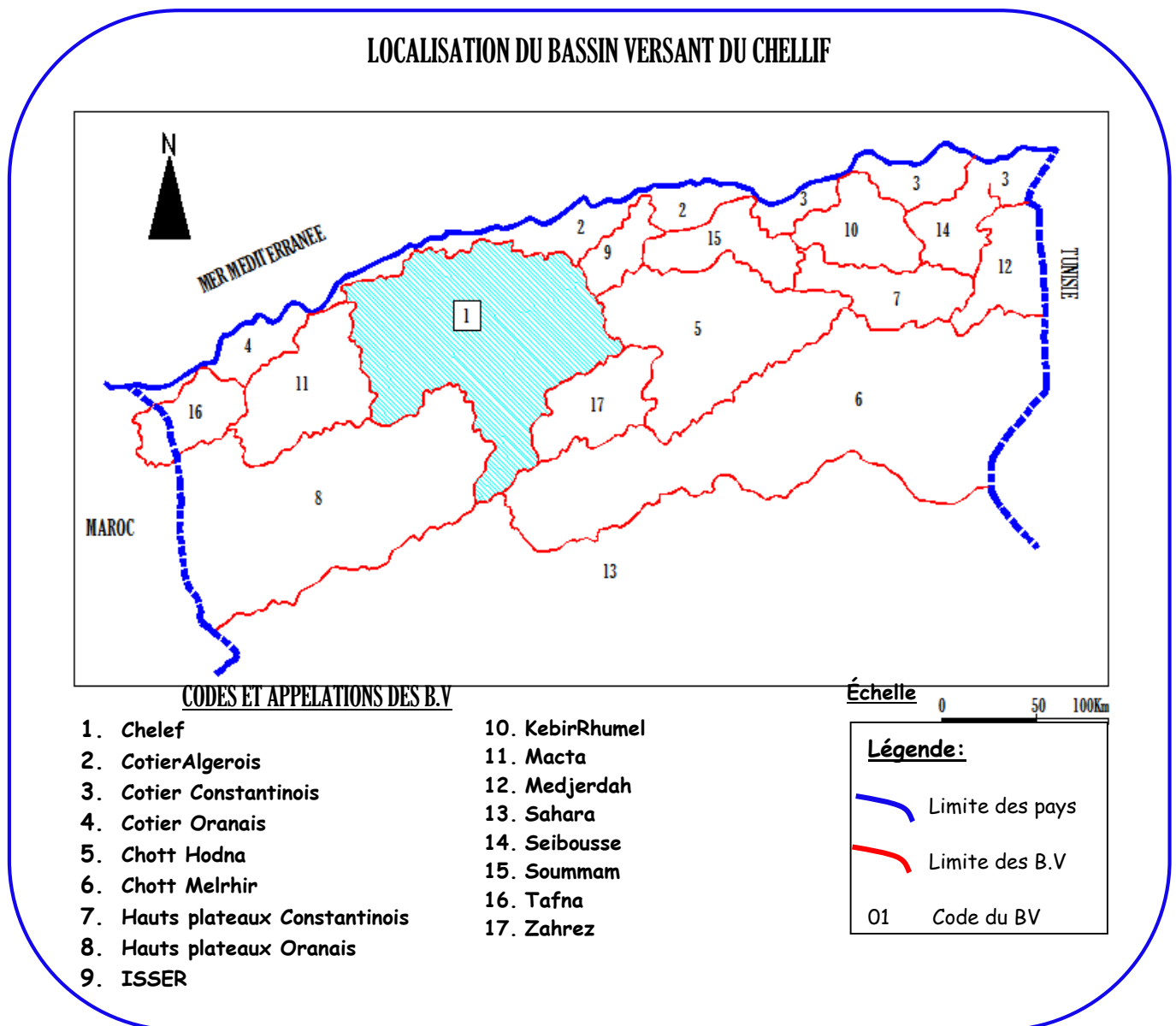
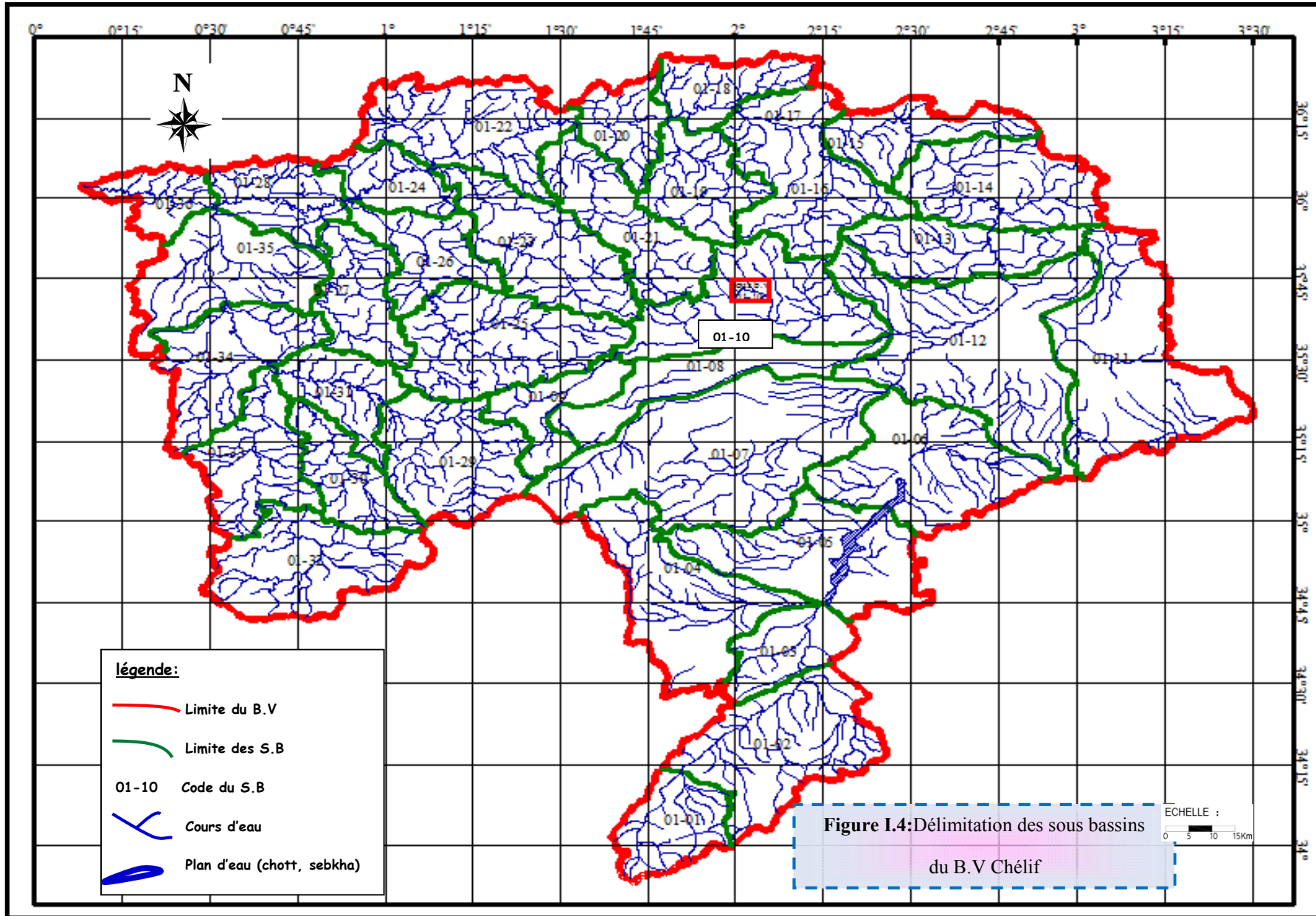


Figure I.3 : localisation du bassin versant du chellif

Elle est située, plus précisément, à l'intérieur du sous bassin 01-10 dénommé « Theniet El Had », comme l'illustre **la figure I.4**, portant la délimitation des sous bassins du Chélif.



I.8.2. Description du sous bassin de 01-10:

Le sous bassin versant de Theniet El Had (01-10), est situé au centre du bassin versant Chéelif.

Il est drainé par les cours d'eaux ci-après :

- Oued Bou Skif
- Oued Nahr Ouassle
- Oued El- Mellah

I.9. Description et état de fait de l'aire d'étude:

Les différentes sorties de reconnaissances et enquêtes sur terrain (annexe 1) , ont permis d'aboutir à la description de la problématique du phénomène des inondations du chef-lieu de Ain Ferradja, comme suit:

- ✓ Les inondations, sont causées par Oued El Mellah ; ce cours d'eau temporaires, prennent naissance plus loin en amont à la cote 1071 m, en dressant le sous bassin du Nord –Ouest au Sud Est, parallèlement à la route reliant Laâyoune à Sidi Boutouchent, et qui traversent le centre urbain, avec un flux important lors des fortes crues.
- ✓ Les traversées de routes ne sont pas adéquates et ne peuvent répondre aux exigences des crues éventuelles.
- ✓ De plus la formation de quelques talwegs suite au changement du régime hydrologique et dans la partie Ouest de la localité.
- ✓ On ajoute un grand plateau au milieu du centre urbain. Ce qui favorise l'accumulation des eaux de crues et leur stagnation, ce qui fait de cette partie du périmètre d'étude une zone inondable.
- ✓ Distribution anarchique et non planifiée des habitations et surtout les hangars dans le lit d'oued sans l'aménagement de ce dernier, ce qui favorise le débordement des eaux de ruissèlement.
- ✓ On ajoute l'aménagement aléatoire d'une partie de oued El Mellah dans la partie centrale du centre urbain (point de confluence de Oued El Mellah avec chabaat El Djenane) ; canal de forme rectangulaire à ciel ouvert, sous dimensionnée.
- ✓ Transgression du domaine public Hydraulique (DPH) en utilisant le canal comme dépotoir et décharge publique, ce qui provoque un très grand problème de dépôts ainsi que l'envasement de l'aménagement

I.10. Les zones inondables :

D'après le diagnostic du cours d'eau (annexe1) les zones inondables sont :

- ❖ **Les terrains agricoles :** Le cours d'eau d'oued El-Mellah continue son expansion cheminement, l'absence du lit d'Oued El Mellah au niveau des terrains agricoles.

Cette situation provoque l'inondation des terrains agricoles, par conséquence une perte des cultures en place qui est le revenu principale des agriculteurs de la région.

- ❖ **Le centre urbain :** l'absence du cheminement de Oued El Mellah au niveau des hangars à l'entrée du centre urbain,

On a enregistré une perte totale de la volaille élevé dans ces hangars après les inondations de 2008.

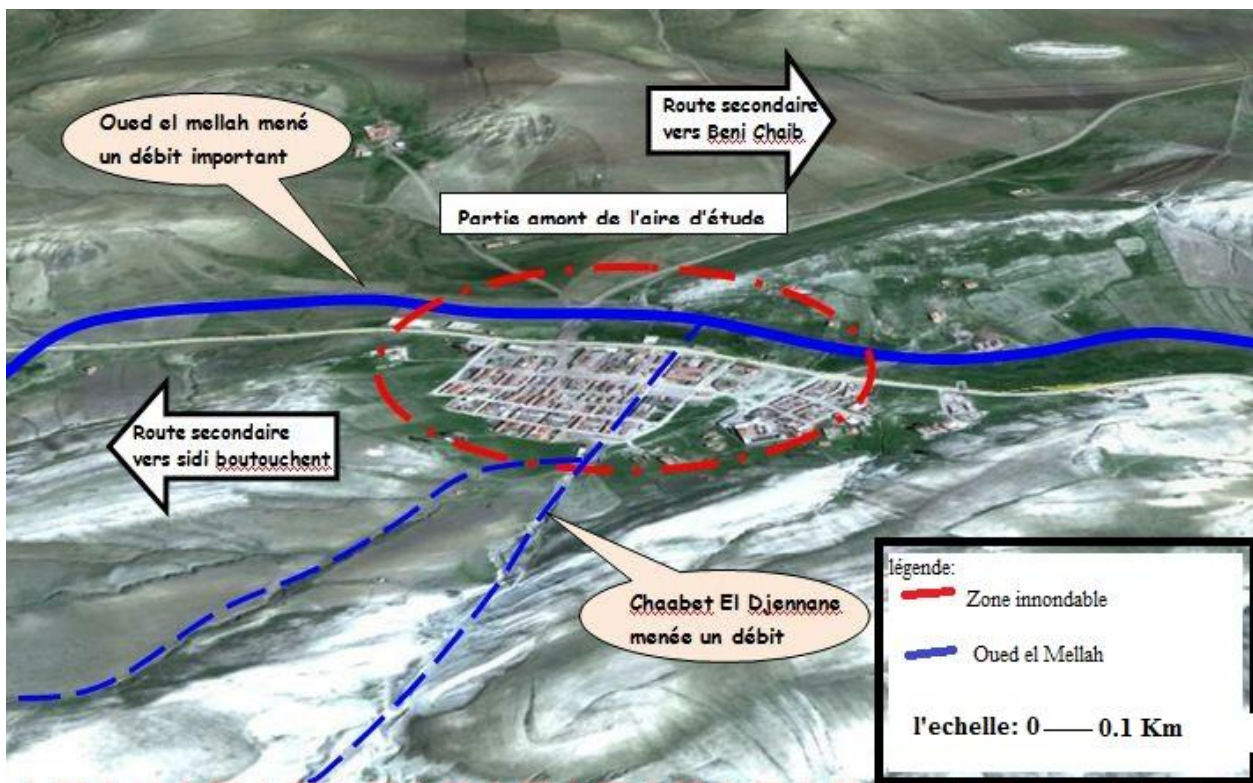


Figure I.5:La carte des zones inondables

Conclusion :

Après la définition des données concernant notre agglomération du point de vue géographique, topographique, climatologique et démographique, nous procédons à élaborer une étude qui consiste à aménager l'oued el Mellah pour protéger l'agglomération de la localité de Ain Ferradja contre les inondations en temps de crues.

Introduction

La connaissance des principes de bases de l'hydrologie de façon qu'il soit en mesure de poser les problèmes, d'élaborer certaines solutions et de devenir interlocuteur valable au sein d'une équipe multidisciplinaire. Le dimensionnement, la sécurité et la bonne exploitation des ouvrages hydrauliques sont toujours liés à une évaluation saine non seulement des débits disponibles en moyenne mais surtout des débits extrêmes.

L'examen des événements catastrophiques survenus dans notre région d'étude montre que sur son bassin versant la superficie importante de terres agricoles, des plaines et des agglomérations sont fréquemment par la furie des eaux en crue.

Le but principal de cette étude est de déterminer la pluviométrie maximale journalière à différents fréquences, les crues les différentes fréquences, l'apport solide et l'apport liquide dans la région d'Ain Ferradja.

II.1 Caractéristiques géomorphologique de bassin versant

II.1.1. Définition du bassin versant

Le bassin versant est une unité géographique définie à partir d'une section droite d'un cours d'eau et qui comprend toute la surface en amont de cette section de telle sorte que toute l'eau qui arrive sur cette surface, forme un point unique de l'espace qu'on appelle l'exutoire

Selon la nature de terrains, on peut distinguer deux types de bassins versants :

- Bassin versant topographique: il est limité par des lignes de crêtes et des lignes de plus grands pente.
- Bassin versant hydrogéologique: on ajoutera aux considérations topographiques des considérations hydrogéologiques qui définies par les eaux souterraines.

II.1.2.Morphométrie

La région objet de cette étude, est située dans le bassin versant du Chéelif, portant le code 01 de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques « A.N.R.H » portant la localisation du bassin versant du Chéelif.

L'aire d'étude, est plus précisément, située à l'intérieur du sous bassin de « Theniet El Had » codé 01-10 portant la délimitation des sous bassins du Chéelif.

II.1.2.1. La surface

Le bassin versant étant l'air de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau. La surface du bassin versant peut être mesurée par superposition d'une grille dessinée sur papier transparent, par l'utilisation d'un planimètre ou par un logiciel (exemple : Auto CAD) sur la carte topographique.

II.1.2.2. La forme

La forme est un élément essentiel du bassin versant. On distingue :

- Bassin versant de forme allongée
- Bassin versant de forme ramassée

Même si ces deux bassins sont placés dans les mêmes conditions météorologiques mais ils ne réagissent pas de la même façon.

II.1.2.3. Le périmètre

Le périmètre correspond à la limite extérieure du bassin. Il est mesuré par le curvimètre ou par un logiciel (exemple : Auto CAD) sur la carte topographique.

II.1.3. Caractéristique de forme

II.1.3.1. Indice de compacité de Gravelius

Indice de Gravelius « Kc ». Appel aussi indice de forme. Cet indice caractérise la forme du bassin et exprime l’allongement des bassins versants.

$$k_c = \frac{P}{2\sqrt{(\pi \cdot S)}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}} \dots\dots\dots\text{II.1}$$

Avec :

P_{BV}: Périmètre du bassin versant,

S_{BV}: Surface du bassin versant.

Plus le Kc ne sera proche de 1. Plus le bassin aura une forme ramassée et plus le temps de concentration sera court.

II.1.3.2. Le rectangle équivalent

On suppose que l’écoulement sur un bassin versant donnée est le même que sur un rectangle de même superficie. Ayant le même indice de Gravelius. La même répartition hypsométrique. La même distribution des sols et de la végétation. La même densité de drainage.

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

La longueur du rectangle équivalent

$$L = \frac{K_c \sqrt{S}}{1,12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right] \dots\dots\dots\text{II.2}$$

La largeur du rectangle équivalent

$$l = \frac{K_c \sqrt{S}}{1,12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right] \dots\dots\dots \text{II.3}$$

Les résultats des paramètres morphométries sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau. II.1 : Paramètres morphométries du bassin versant

Bassin versant	Surface (km ²)	Périmètre (km)	Longueur du cours d'eau principal (Km)	Kc	L (Km)	L(Km)
Oued El-Mellah	17.41	22.18	7.03	1.49	9.21	1.89

II.1.4. Les reliefs

Le relief est défini comme étant la variation des altitudes. Ces variations influent sur des facteurs comme l'écoulement, la précipitation, la végétation, ...etc. Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques suivants :

- Les altitudes caractéristiques.
- La courbe hypsométrique.
- L'indice de pente globale.

II.1.4.1. Les altitudes caractéristiques

Elles sont obtenues directement à partir de cartes topographiques (voir annexe 6)

- L'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin tandis que l'altitude minimale considère le point le bas (généralement à l'exutoire).
- L'altitude médiane ou H50% est déterminée sur la courbe hypsométrique.
- L'altitude moyenne Hmoy est calculée par la formule suivante :

$$H_{moy} = \frac{\sum H_i.S_i}{S} \dots\dots\dots \text{II.4}$$

Avec :

Hi: altitude moyenne entre 2 courbes de niveaux consécutives en m :

$$H_i = \frac{H(n) + H(n+1)}{2} \dots\dots\dots \text{II.5}$$

Si: surface partielle comprise entre 2 courbes de niveaux consécutives en km²,

S: surface totale du bassin versant en km².

Les résultats des paramètres du relief du bassin versant de la région d'étude sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau. II.2 : Paramètres du relief du bassin versant :

Altitudes		Altitudes	Surfaces partielles		Surfaces cumulées		H*Si
		Moyennes					
(m)		(m)	Si (m ²)	Si (%)	Si (m ²)	Si (%)	(m*m2)
1400	1350	1375	0,062	0,357	0,062	0,357	85,525
1350	1300	1325	0,101	0,578	0,163	0,935	133,428
1300	1250	1275	0,143	0,822	0,306	1,758	182,580
1250	1200	1225	0,264	1,513	0,570	3,271	322,788
1200	1150	1175	0,397	2,279	0,967	5,550	466,358
1150	1100	1125	0,637	3,657	1,603	9,207	716,513
1100	1050	1075	1,059	6,078	2,662	15,286	1137,888
1050	1000	1025	3,377	19,394	6,039	34,679	3461,733
1000	950	975	7,719	44,327	13,759	79,006	7526,318
950	910	930	3,656	20,994	17,415	100,000	3400,080
			17,415	100,000			17433,208
						H_{moy}(m)	1001,074

II.1.4.2. Répartition et courbe hypsométrique

Les courbes hypsométriques demeurent un outil pratique pour comparer plusieurs bassins entre eux ou les diverses sections d'un seul bassin. Elles peuvent en outre servir à la détermination de la pluie moyenne sur un bassin versant et donnent des indications quant au comportement hydrologique et hydraulique du bassin et de son système de drainage. Cette courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude.

Elle porte en abscisse la surface (ou le pourcentage de surface) du bassin qui se trouve au-dessus (ou au-dessous) de l'altitude représentée en ordonnée. Elle exprime ainsi la superficie du bassin ou le pourcentage de superficie. Au-delà d'une certaine altitude.

La courbe hypsométrique du bassin versant de la région d'étude est :

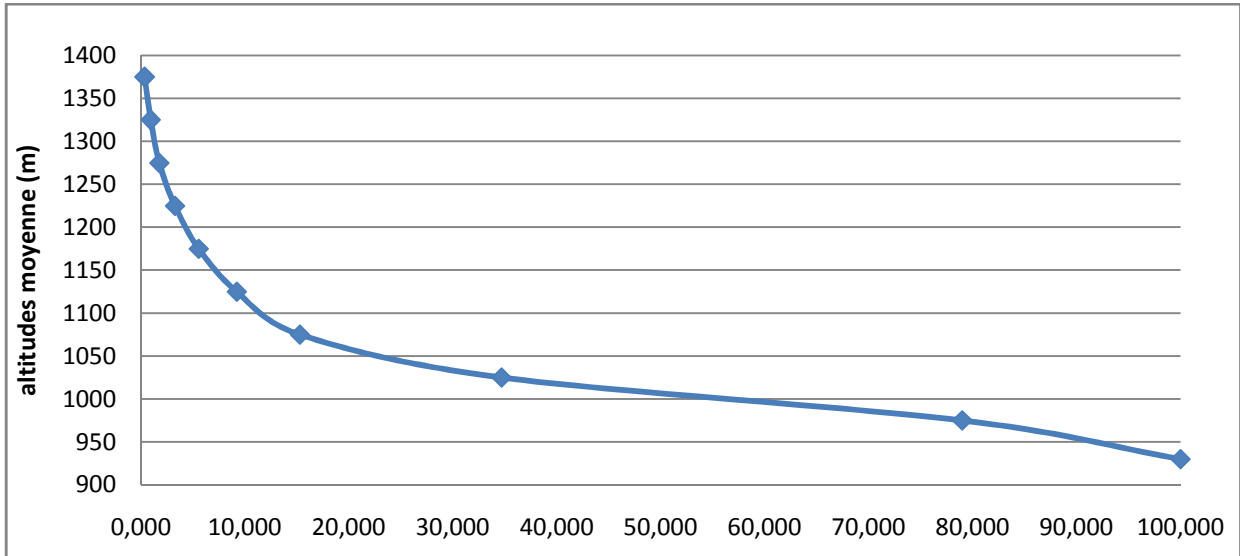


Figure II.1 : La courbe hypsométrique du bassin versant

II.1.4.3. Indice de pente globale (I_g)

Il est défini comme étant 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 S1 et S2 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 S1 et 5% soit supérieure à S2.

Les altitudes correspondantes sont lues la courbe hypsométrique et donné par la formule suivante :

$$I_g = \frac{D}{L} \dots\dots\dots II.6$$

Avec :

D : Dénivelée entre H5% et H95% (m),

L : longueur du rectangle équivalent (Km),

H5% et H95% : sont respectivement Les altitudes correspondantes à S5% et S95%,

Tableau II.3: Intervalle de l'indice de pente en fonction du relief.

Relief très faible	$I_g < 0.002$
Relief faible	$0.002 < I_g < 0.005$
Relief assez faible	$0.005 < I_g < 0.01$
Relief modéré	$0.01 < I_g < 0.02$
Relief assez fort	$0.02 < I_g < 0.05$
Relief fort	$0.05 < I_g < 0.1$
Relief très fort	$1 < I_g$

(source : [1])

Les résultats de l'indice de pente globale sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau II.4: l'indice de pente globale du bassin versant

Bassins Versant	Indice de pente	Type de relief
Bassin versant d'Oued El-Mellah	0,027	Relief assez fort

II.1.5. Le réseau d'écoulement

La connaissance des réseaux hydrographiques, nous permet de bien se renseigner sur le mode de drainage des bassins versants, ainsi que leurs aptitudes au ruissellement. Egalement, elle permet la détermination de certains paramètres liés au ruissellement, tels que la Densité de drainage et le coefficient de torrentialité.

Pour le calcul de ces paramètres, il a été procédé à une classification et numérotation des Thalwegs en utilisant la méthode de SCHUMM, la plus utilisée pour les petits bassins versants (voir annexe 4).

Tableau II.5: Classification du réseau hydrographique du Bassin versant d’Oued El-Mellah selon la classification de Shumm

N° d'ordre	Nombre de tronçons Nx	Longueur des tronçons Lx (Km)
1	136	41.360
2	64	15.722
3	33	10.407
4	19	4.054
5	15	2.147
TOTAL	267	73.691

II.1.5.1. La densité de drainage

La densité de drainage est définie comme étant le rapport entre la longueur totale de tous les talwegs (L_i) du bassin versant à la surface totale (S). Elle reflète la dynamique du bassin, la stabilité du chevelu hydrographique et le type de ruissellement de surface. Elle est exprimée en Km/ Km²

$$D_d = \frac{\sum L_i}{S} \dots\dots\dots \text{II.7}$$

Avec:

D_d : densité de drainage [km/km²],

$\sum L_i$: longueur de cours d'eau [km],

S: surface du bassin versant [km²].

Les résultats de calcul de la densité de draine est portés dans le tableau suivant :

Tableau II.6: la densité de draine du bassin versant

Bassins Versant	Valeur de la D_d (Km/Km ²)
Bassin versant d’Oued El-Mellah	4,231

II.1.5.2 Coefficient de torrentialité:

Il est apparu que le coefficient de torrentialité est le paramètre hydrographique le plus représentatif de la sensibilité à l’érosion. C’est le rapport adimensionnel entre le produit de la densité de drainage par la fréquence des talwegs élémentaires.

$$C_t = D_d \cdot F \dots\dots\dots \text{II.8}$$

Avec:

F : fréquence des talwegs élémentaire $F = N/S$,

D_d : densité de drainage [km/km^2],

N: nombre des talwegs d'ordre 1,

S : surface du bassin versant.

Le résultat de calculs de coefficient de torrencialité est illustré dans le tableau ci-après:

Tableau II.7: coefficient de torrencialité du bassin versant

Bassins Versant	F	C_t
Bassin versant d'Oued El-Mellah	7,809	33,045

II.1.5.3 Temps de concentration :

Le temps de concentration est un paramètre à intégrer dans le calcul des débits.

Le temps de concentration T_c est le temps que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée hydrologiquement de l'exutoire pour parvenir à celui-ci. Il est composé de trois termes différents :

T_h : Temps d'humectation c'est le temps nécessaire à l'imbibition du sol par l'eau qui tombe avant qu'elle ne ruisselle.

T_r : Temps de ruissellement ou d'écoulement c'est le temps qui correspond à la durée d'écoulement de l'eau à la surface ou dans les premiers horizons de sol jusqu'à un système de collecte (cours d'eau naturel, collecteur, ...).

T_a : Temps d'acheminement c'est le temps mis par l'eau pour se déplacer dans le système de collecte jusqu'à l'exutoire.

Plusieurs méthodes et relations permettent le calcul de ce paramètre, d'une grande importance pour les études hydrologiques. Ce pendant on a procédé à l'application de trois (03) différentes formules de : GIANDOTTI, S.C.S (U.S.A.) et Ventura, pour l'évaluation du temps de concentration.

Ces formules sont données par les relations suivantes :

Formule de GIANDOTTI:

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8 \sqrt{(H_{moy} - H_{min})}} \dots\dots\dots \text{II.9}$$

Formule de S.C.S. (U.S.A.)

$$T_c = \left(0.87 \frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \dots\dots\dots \text{II.10}$$

Formule de VENTURA

$$T_c = 0,1272 \sqrt{\frac{S}{I_g}} \dots\dots\dots \text{II.11}$$

Avec :

Tc : temps de concentration (h)

S : superficie du bassin versant (Km²)

L : longueur du talweg le plus long. (Km)

Hmoy et Hmin : Altitudes moyennes et minimales du bassin versant. (m)

H = Hmax-Hmin (en m).

Ig: Indice de pente globale.

La formule de GIANDOTTI, est la plus adaptée au climat Algérien et la plus utilisée par les hydrologues Algériens, notamment par l’A.N.R.H, puisque elle tient compte de tous les paramètres géométriques du sous bassin.

Les résultats du temps de concentrations sont mentionnés dans le tableau suivant:

Tableau II.8 : Temps de concentrations des sous bassins versant d’étude

Sous Bassins	Formules			
	Giandotti (H)	S.C.S (H)	Ventura (H)	Valeur Adopté (H)
Bassin versant (oued El-Mellah)	3,81	1,00	3,25	3,81

II.1.5.3 Vitesse moyenne de ruissellement:

Cette vitesse est donnée par la formule :

$$V_R = \frac{L_P}{T_c} \dots\dots\dots \text{II.12}$$

Avec :

L : Longueur de talweg le plus long en [Km];

T_c : temps de concentration en [heure].

Les résultats des vitesses de ruissellement sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau II.9 : vitesses moyennes de ruissellement du bassin versant

sous bassin	V _r (km/h)
Bassin versant (oued El-Mellah)	2,170

Tableau II.10: Tableau récapitulatif des Caractéristiques Hydromorphométriques du bassin versant 'Oued El-Mellah

Caractéristiques	symboles	Unités	Bassin versant principal
Superficie du bassin	S	km ²	17.415
Altitudes caractéristiques	Hmax	m.NGA	1400,00
	Hmoy	m.NGA	1001,07
	Hmin	m.NGA	910,00
	H50%	m.NGA	1008,00
Longueur du talweg principal	Lp	km	7.027
Périmètre	P	km	22.185
Longueur rectangle équivalent	L	km	9,199
Largeur rectangle équivalent	l	km	1,893
Indice de forme	K _C	/	1,49

Indice de pente global	Ig	Km/km	0,027
Densité de drainage	Dd	Km/km ²	4,231
Coefficient de torrentialité	Ct	Km/km ²	33,045
Temps de concentration	T _C	h	3,81
Vitesse moyenne de ruissellement	V _R	Km/h	2,170

II.2. Analyse et traitement des équipements hydrologiques:

II.2.1. Equipements du bassin versant d'Oued El-Mellah:

II.2.1.1. Postes pluviométriques:

Les précipitations représentent un facteur essentiel dans le bilan hydrologique, sa quantification est faite au niveau de plusieurs stations pluviométriques implantées à travers le territoire Algérien dans le but d'avoir une information précise sur ce paramètre.

Le sous bassin versant en étude ne dispose d'aucun équipement pluviométrique et cela suite à sa taille très réduite; cependant, il a été procédé à une sélection à partir des postes les plus proche du sous bassin. Ainsi, le poste pluviométrique de Tissemsilt portant le code 01-10-06, a fait objet d'adoption au sous bassin.

Tableau II.11: Caractéristiques du poste pluviométrique de Tissemsilt

Nom du poste	Coordonnées Lambert			Code (ANRH)	période de Fonctionnement	Nombre d'années d'observations sans lacunes
	X(Km)	Y(Km)	Z(m)			
Tissemsilt	420.2	257	858	01-10-06	1916-1961	1976-2006 31ans
					1973-2006	

II.2.1.2. Station hydrométrique

Le bassin versant en étude ne dispose d'aucune station de jaugeage des débits.

II.2.2. Motivation du choix du poste représentatif « 01-10-06 »:

Situé à l'intérieur du bassin versant en étude 01-10, et disposant d'une série d'observation de 31 années, sans lacunes; cette série est suffisante pour le calcul de ce type d'ouvrage, son altitude étant de 858.00m et par conséquent, ce poste est dans le même étage climatique du bassin.

En conclusion, il y'a lieu de noter que le poste pluviométrique 01-10-06, est celui adopté comme poste représentatif du bassin de Oued El-Mellah, pour les raisons suivantes :

Du point de vue situation hydrologique, le poste de Tissemsilt est implanté à, l'intérieur du bassin en étude.

Du point de vue géographique, c'est le poste le plus proche de la zone d'étude qui possède un nombre d'années d'observations suffisante pour le calcul des ouvrages d'évacuation des eaux de crues.

Les autres postes qui sont à l'intérieur du bassin ont soit un manque d'années d'observation, soit beaucoup de lacunes au niveau des observations.

II.3. Analyse des précipitations moyennes mensuelles et annuelles :

Les séries des observations des pluies, annuelles, mensuelles et journalières maximales du poste de Tissemsilt, sont insérées dans les tableaux ci-après:

Tableau II.12: Série d'observation des précipitations moyennes mensuelles et annuelles du poste pluviométrique de Tissemsilt (01-10-06), sans lacunes.

N° d'Ordre	Année d'observation	Total Annuel (mm)	N° d'Ordre	Année d'observation	Total Annuel (mm)
01	1976	371.3	17	1992	260.3
02	1977	375.6	18	1993	319.8
03	1978	348.1	19	1994	480.2
04	1979	611.3	20	1995	755.3
05	1980	296	21	1996	414.2
06	1981	409.3	22	1997	506.3
07	1982	182	23	1998	210.7
08	1983	291	24	1999	253.8
09	1984	260.5	25	2000	454.7
10	1985	397.4	26	2001	298.5
11	1986	321.8	27	2002	382.6
12	1987	275.6	28	2003	768.7
13	1988	276	29	2004	288.8
14	1989	291.2	30	2005	562.9
15	1990	348.8	31	2006	356.5
16	1991	406.1	/	/	/

(Source ANRH Bir Mourad Rais)

La représentation graphique des pluies moyennes annuelles au fil des années, nous montre bien leur irrégularité dans le temps, très apparente dans la figure , ci-après :

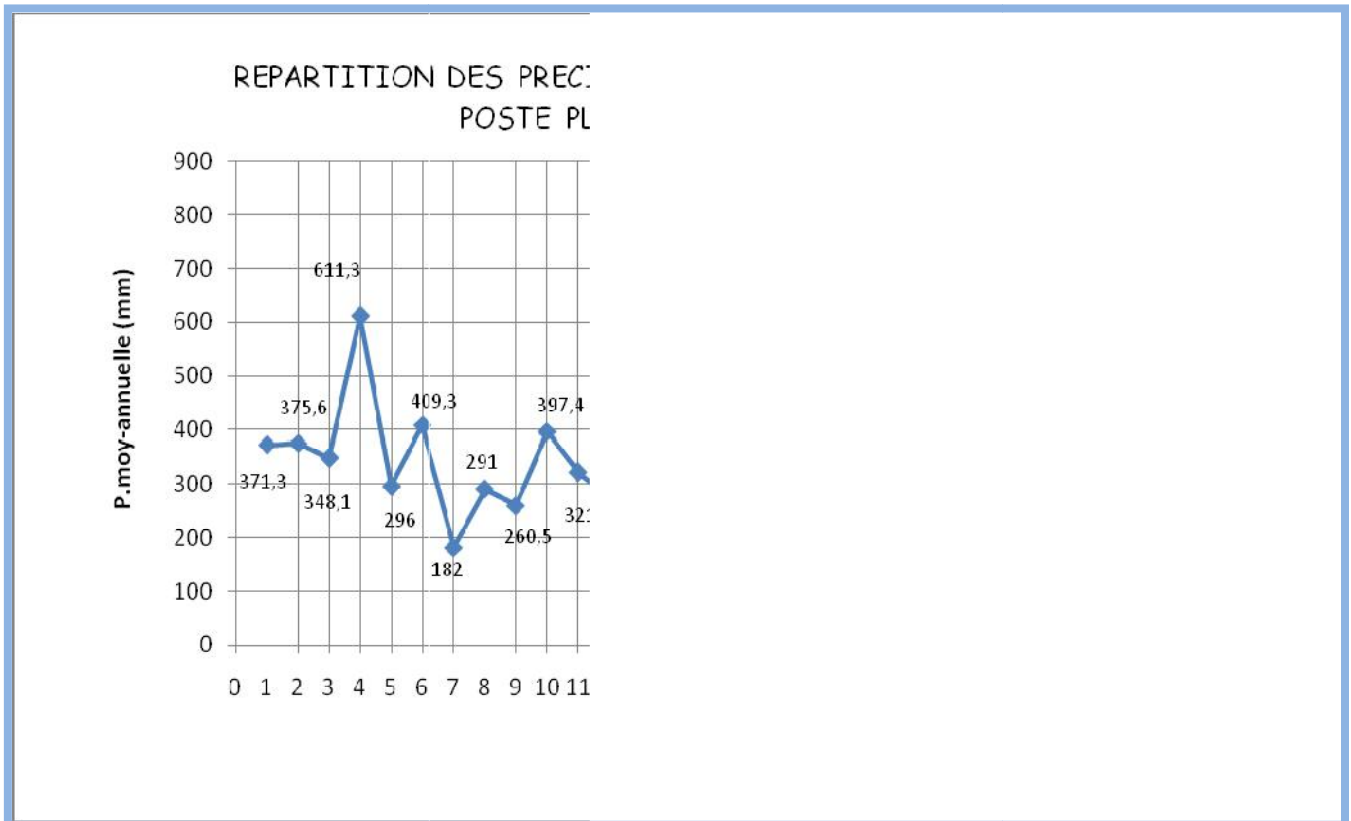


Figure II.2 : Répartition des précipitations moyennes annuelles du poste Pluviométrique01-10-06.

L'interprétation de la courbe de répartition des précipitations moyennes inters- annuelles illustrée plus haut, montre bien l'irrégularité du régime hydrologique de la région dans le temps, comme d'ailleurs le cas de l'ensemble régime hydrologique Algérien, cette irrégularité est marquée par un pic de pluies atteignant les 768.7 mm/an, enregistré en 2003, qui représente le maximum et une chute de pluie annuelle au 182 mm/an, enregistré en 1982

Quant au reste des valeurs des pluies moyennes annuelles, elles oscillent entre les 200.00 mm/an et 500.00 mm/an.

Tableau II.13: Répartition pluviométrique des moyennes mensuelles du poste pluviométrique de Tissemsilt

Temps (en Mois)	Pluies moyennes mensuelles		Ecart type (en mm)	Coefficient de variation Adimensionnel
	(en mm)	(en %)		
Septembre	31,381	8,24	34,77	1,11
Octobre	40,647	10,67	35,14	0,86
Novembre	41,616	10,93	34,48	0,83
Décembre	45,41	11,92	26,59	0,59
Janvier	51,210	13,45	39,71	0,78
Février	42,258	11,10	30,70	0,73
Mars	31,626	8,31	23,80	0,75
Avril	39,593	10,40	26,61	0,67
Mai	29,713	7,80	21,19	0,71
Juin	19,214	5,05	28,37	1,48
Juillet	6,81	1,79	10,80	1,59
Août	9,883	2,60	11,98	1,21

Cette configuration graphique peut caractériser l'année hydrologique, sur 31 ans d'observations par trois périodes bien distinctes, comme le montre les histogrammes ci dessus :

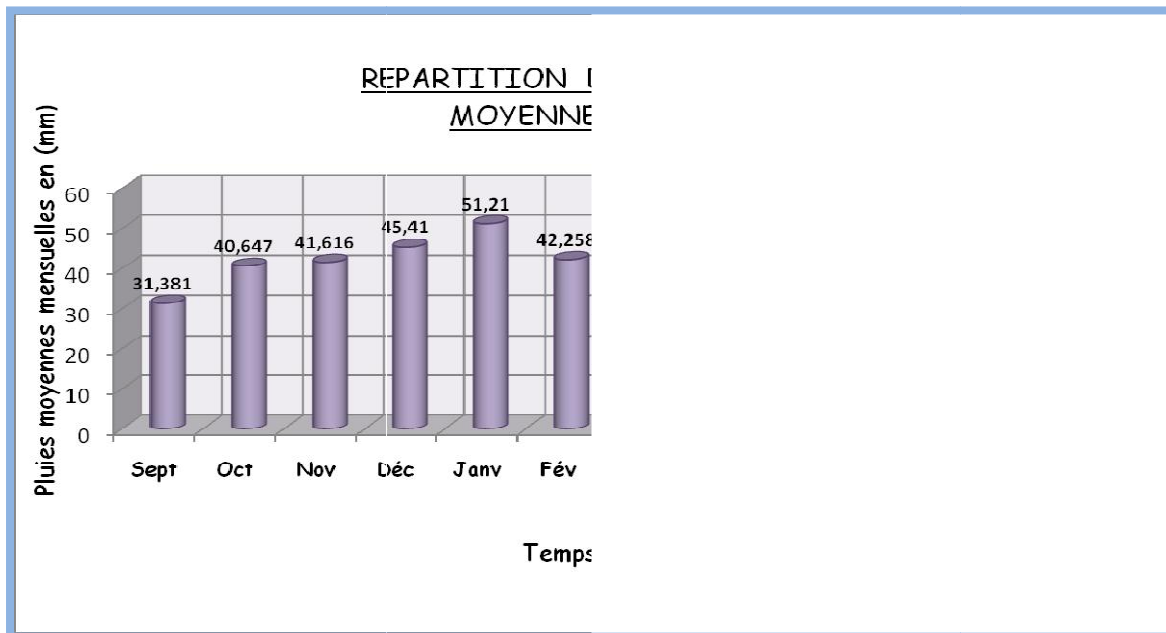


Figure II.3: Répartition des précipitations moyennes mensuelles

Une période fortement pluvieuse répartie sur six mois à partir d'Octobre jusqu'au mois de Février, en atteignant son maximum en mois de Janvier, totalisant 221.14 mm, soit 58% des précipitations de toute l'année.

Une période moyennement pluvieuse couvrant les mois de Septembre en Automne, Mars, Avril et Mai au Printemps, totalisant 132,31.41mm, soit 34% de la pluie moyenne annuelle.

Une période sèche représentant les mois de Juin, Juillet et Août (été). où le bassin versant ne reçoit en moyenne mensuelle que 35.9 mm, soit 9% de la pluie moyenne annuelle.

Cette répartition des pluies moyennes mensuelles, permet de conclure que la région en étude présente une très forte irrégularité des pluies dans l'année.

Avec toutefois une saison fortement pluvieuse enregistrant un Pic au mois de Janvier en hiver de l'ordre de 51.21 mm et une saison à très faible pluviométrie en Eté avec un Pic trop sec au mois de Août de l'ordre de 6.81 mm.

II.4. Analyse des pluies journalières maximales:

Sachant que l'analyse des précipitations journalières maximales, en matière des études hydrotechniques, telle que les études des cours d'eaux, entrent d'une façon directe pour le dimensionnement des ouvrages d'évacuation des crues, cette partie représente la partie la plus rigoureuse de l'étude.

Etant donné que le climat Algérien est très aléatoire et irrégulier, cependant le choix d'une loi statistique dissymétrique est indispensable voir même imposée.

La protection contre les dégâts des eaux nécessite de s'intéresser aux pluies extrêmes.

Tableau II.14: Série d'observations des précipitations maximales journalières du poste pluviométrique de Tissemsilt(01-10-06), sans lacunes

N° d'Ordre	Année d'observation	P.J.Max de l'Annuel (mm)	N° d'Ordre	Année d'observation	P.J.Max de l'Annuel (mm)
01	1976	36,5	17	1992	25,1
02	1977	31,2	18	1993	22,7
03	1978	30,2	19	1994	49,3
04	1979	72,1	20	1995	41,8
05	1980	29,6	21	1996	51,2
06	1981	82,5	22	1997	36,4
07	1982	32	23	1998	19,6
08	1983	52,4	24	1999	44
09	1984	34	25	2000	29,6
10	1985	50,7	26	2001	28,1
11	1986	21,5	27	2002	28,4
12	1987	28,6	28	2003	34,8
13	1988	21,5	29	2004	21,1
14	1989	22,3	30	2005	69,7
15	1990	30,2	31	2006	42,4
16	1991	22	/	/	/

(Source ANRH Bir Mourad Rais).

L'analyse de la série d'observations des précipitations journalières maximales, montre bien un maximum de 82.5 mm, enregistré en 1981. Cette valeur constitue un maximum relativement élevé, en comparaison du régime hydrologique Algérien.

II.4.1. Caractéristiques empiriques de la série :

Les paramètres statistiques de la série d'observation sont représentés dans le tableau ci-dessus :

La moyenne arithmétique "X" :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{31} xi}{n} \dots\dots\dots \text{II.13}$$

AN : $\bar{X} = 36,82 \text{ mm}$

La variance :

$$\tau^2 = \frac{\sum_{i=1}^{31} (xi - \bar{x})^2}{(n-1)} \dots\dots\dots \text{II.14}$$

$\tau^2 = 252,38$

L'écart type :

$$\tau = \sqrt{\tau^2} \dots\dots\dots \text{II.15}$$

$\tau = \sqrt{252,38} = 15,88$

Coefficient de variation :

$$Cv = \frac{\tau}{\bar{X}} \dots\dots\dots \text{II.16}$$

$Cv = \frac{15,88}{36,82} = 0,43$

Coefficient de symétrie :

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^{28} (xi - \bar{x})^3}{(n-1)\tau^3} \dots\dots\dots \text{II.17}$$

On a : $Cs = 1.39$

Tableau II.15: Caractéristiques empiriques de la série d'observation

Caractéristique	Valeur calculée
Minimum	19 mm
Maximum	82.5 mm
Moyenne	36.82 mm
Ecart-type	15.88 mm
Médiane	31
Coefficient de variation (Cv)	0.43
Coefficient d'asymétrie (Cs)	1.39

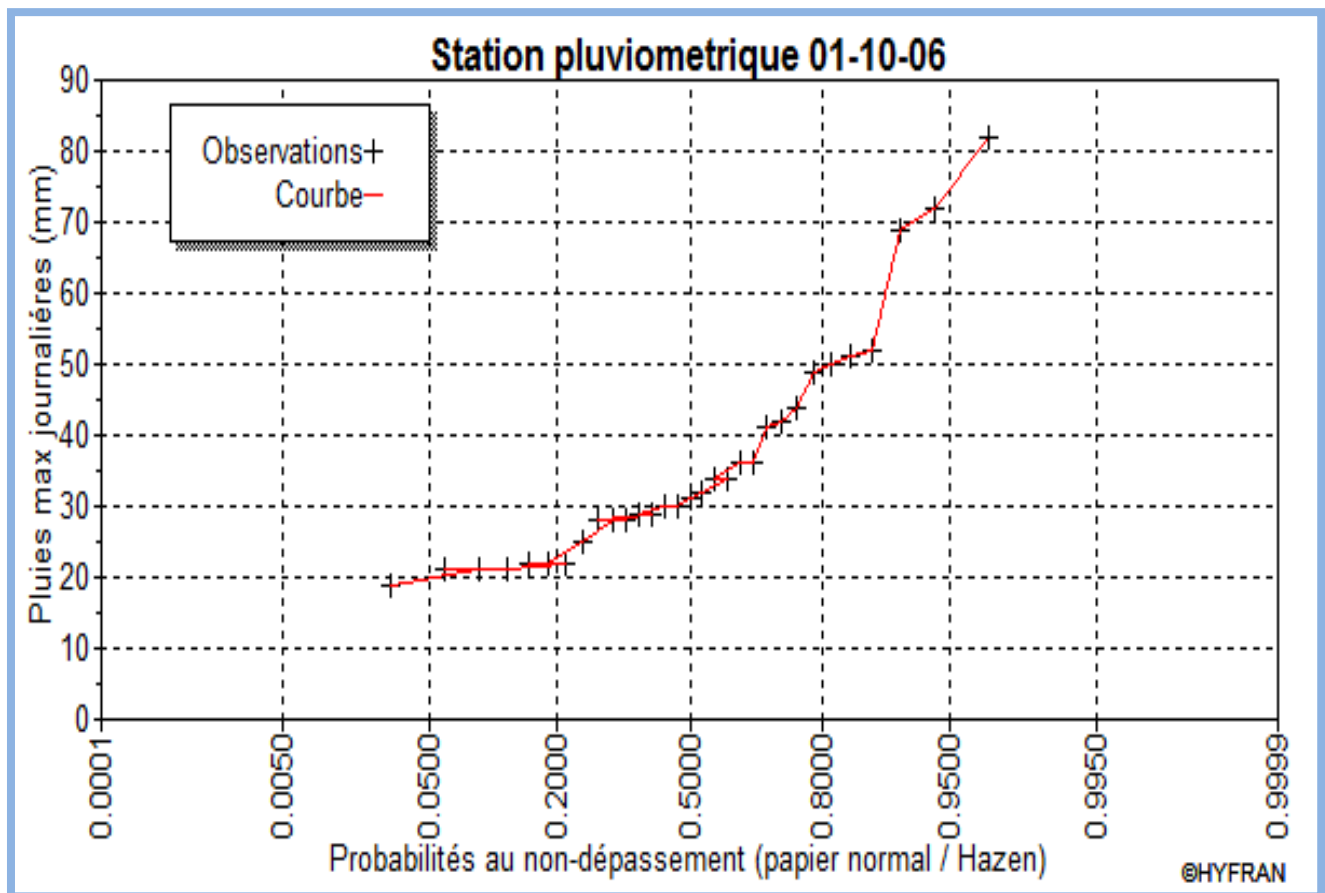


Fig. II.4: Répartition des précipitations max journalière du poste Pluviométrique 01-10-06 au non dépassement.

II.4.2.homogénéité de la série.

L'analyse statistique des séries chronologiques de données hydrométéorologiques est un des outils d'identification des variations hydro-climatiques. Cette analyse consiste généralement à la mise en œuvre et à l'interprétation de tests statistiques d'homogénéité des séries.

Les procédures concernées, sont le test de corrélation sur les rangs (test de Kendall), le test de Pettitt, le test Buishand, la procédure bayésienne de Lee et Heghinian, et la procédure de segmentation des séries hydrométéorologiques de Hubert et Carbonnel.

II.4.2.1.Test de corrélation sur le rang (Kendall) :

Le test de Kendall est basé sur le calcul du nombre P de paires (Xi, Xj) pour lequel Xj> Xi (j>i, i= 1,..., N-1). Sous l'hypothèse nulle (H0) de stationnarité de la série, la variable ω définie par :

$$\omega = \frac{4P}{N(N - 1)} - 1 \dots\dots\dots\text{II.18}$$

Suit une distribution normale de moyenne nulle et de variance égale à :

$$\sigma_t^2 = \frac{2(2N + 5)}{9N(N - 1)} \dots\dots\dots\text{II.18}$$

Pour un risque α de première espèce donné, l'acceptation de H0 est définie par l'appartenance de ω à l'intervalle $[-U_{1-\alpha/2}\sigma_t, U_{1-\alpha/2}\sigma_t]$, $U_{1-\alpha/2}\sigma_t$ désignant la valeur de la variable normale réduite de probabilité de non dépassement 1-α/2.

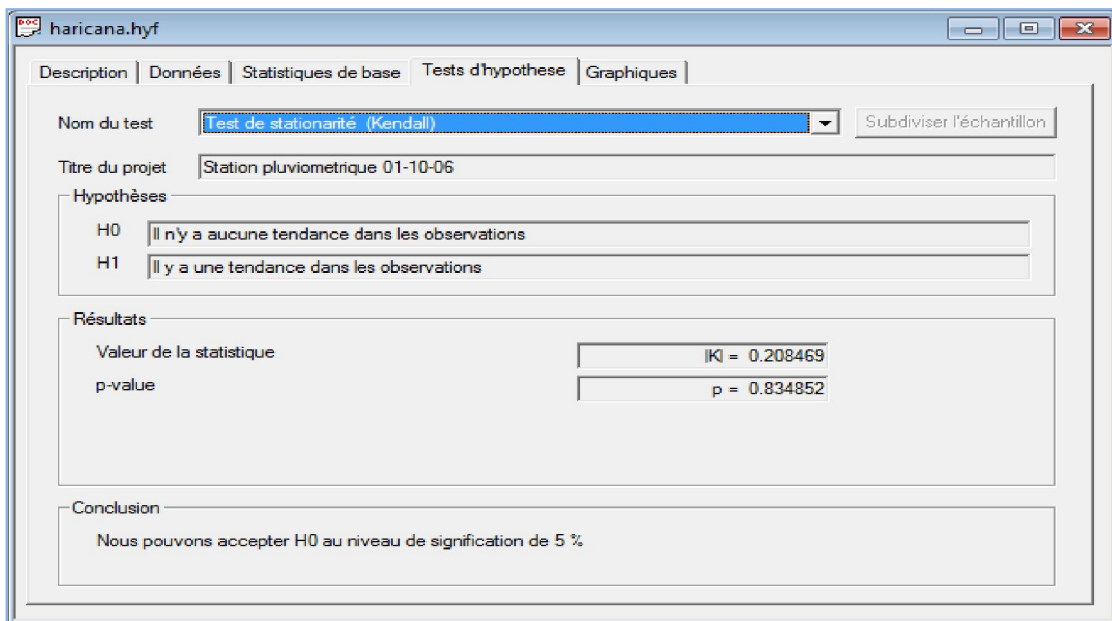


Figure II.5:Test d'hypothèse par logiciel Hyfran ,test de Kendall

L'hypothèse alternative de ce test est celle d'une tendance.

II.4 .2 .2. Test de Pettitt :

Le test de Pettitt (1979) est un test adapté à la détection d’une rupture au sein d’une série chronologique. Pettitt considère une séquence de variables aléatoires indépendantes de n valeurs x_i , $i=1, \dots, n$. La séquence est censée contenir un point de rupture à τ si les x_t pour $t=1, \dots, \tau$ ont une distribution commune $F_1(x)$, et les x_t pour $t=\tau+1, \dots, n$ ont une distribution commune $F_2(x)$ différente de $F_1(x)$. L’hypothèse nulle de « non-rupture », $H_0 : \tau=n$ contre l’hypothèse alternative de « rupture » $H_1 : 1 \leq \tau < n$, est testée au moyen d’un test statistique non paramétrique.

Aucune condition particulière n’est requise pour les formes fonctionnelles de F_1 et F_2 excepté la continuité.

Ce test est défini par la variable $U_{\tau,n}$ telle que :

$$U_{\tau,n} = \sum_{i=1}^{\tau} \sum_{j=\tau+1}^n \text{signe}(x_i - x_j), \text{ Avec : } \begin{cases} \text{Signe}(x) = 1, \text{ si } x > 0 \\ \text{Signe}(x) = 0, \text{ si } x = 0 \\ \text{Signe}(x) = -1, \text{ si } x < 0 \end{cases}$$

Pour tester H_0 contre H_1 Pettitt propose d’utiliser la variable :

On calcule ensuite p probabilité de dépassement de la valeur $k : K_n = \max |U_{\tau,n}|$

$$p(K_n > k) = 2 \exp(-6k^2 / (n^3 + n^2))$$

Si p est inférieur à α , l’hypothèse H_0 de stationnarité (non-rupture) est rejetée au seuil α . Dans ce cas, la série présente une rupture au temps $t=\tau$ définissant K_n .

Ce test est plus particulièrement sensible à un changement de moyenne.

Un classement qualitatif peut être effectué en tenant compte des valeurs de la probabilité associée à la statistique du test. Il est donné dans le tableau suivant.

Tableau II.16: Classement en fonction de la probabilité associée au test de Pettitt

Probabilité associée	Classe
< 1%	Rupture très significative
Entre 1 et 5%	Rupture significative
Entre 5 et 20%	Rupture peu significative
> 20%	Série homogène

II.4 .2 .3. Test de Buishand :

La statistique de Buishand est dérivée d'une formulation originale donnée par Garden(1969). La statistique de Garden utilisée pour un test bilatéral de rupture en moyenne à un instant inconnu s'écrit :

$$G = \sum_{k=1}^{n-1} P_k \{S_k / \sigma_x\}^2 \text{ avec } S_k = \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})$$

P_k désigne la probabilité a priori que la rupture survienne juste après la k ème observation.

Cette formulation suppose que la variance σ_x^2 est connue. Si elle est inconnue, elle peut être remplacée par la variance de l'échantillon D_x^2 et si P_k est choisie uniforme, on obtient finalement la statistique U définie par :

$$U = \frac{\sum_{k=1}^{n-1} (S_k / D_x)^2}{n(n+1)} \text{ Avec } D_x^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n$$

Des valeurs critiques de la statistique U sont données par Buishand (1982) à partir d'une méthode de Monte Carlo.

Pour tout changement de moyenne survenant au milieu de la série, la statistique U s'avère performante. La statistique U est une statistique robuste qui reste valide même pour des distributions de la variable étudiée qui s'écartent de la normalité.

La construction d'une ellipse de contrôle (l'ellipse de bois) permet d'analyser l'homogénéité de la série de (x_i) . Cette méthode complète le test de la statistique U de Buishand. La variable S_k , définie ci-dessus, suit une distribution normale de moyenne nulle et de variance $k(n-k)$ $n-1$, $k = 0, \dots, n$, sous l'hypothèse nulle d'homogénéité de la série des (x_i) . Il est donc possible de définir une région de confiance dite ellipse de contrôle associée à un seuil de confiance contenant la série des S_k sous l'hypothèse nulle

Parmi les lois de distribution qui peuvent rendre compte de la statistique des phénomènes extrêmes, c'est la loi de Gumbel qui s'adapte le mieux aux variables pluviométriques.

Remarque :

L'analyse statistique des séries chronologiques de données hydrométéorologiques est un des outils d'identification des variations hydro-climatiques. Cette analyse consiste généralement à la mise en œuvre et à l'interprétation de tests statistiques d'homogénéité des séries.

Dans notre cas, on travail avec les pluies maximales journalières donc homogénéité de cette dernière est non demander.

II.4.3. Ajustement des pluies journalières maximales à la loi de Gumbel:

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

$$\Rightarrow \quad F(x) = e^{-e^{-y}} \quad y = \text{Ln}(-\text{Ln}(F(x)))$$

Si $C_s > 2$. CV $\Rightarrow F(x) = \frac{m-0,3}{n+0,4} \cdot 100$

Si $C_s < 2$. CV $\Rightarrow F(x) = \frac{m-0,4}{n+0,2} \cdot 100$

Pour notre cas : $C_s = 1,3 > 2$. CV = 2 (0,43) $\Rightarrow F(x) = \frac{m-0,3}{n+0,4} \cdot 100$

Tableau II.17: Les pluies maximales journalières à la loi de Gumbel

N° d'Ordre (m)	P _{max;J = x} (mm)	F(x) = $\frac{m-0,3}{n+0,4}$	Y = - Ln (-Ln (F(x)))
01	36,5	0,022	-1,336
02	82,5	0,054	-1,070
03	72,1	0,086	-0,898
04	69,7	0,118	-0,760
05	52,4	0,150	-0,641
06	51,2	0,182	-0,534
07	50,7	0,213	-0,435
08	49,3	0,245	-0,340
09	44	0,277	-0,250
10	42,4	0,309	-0,161
11	41,8	0,341	-0,074
12	36,4	0,373	0,013
13	34,8	0,404	0,0996
14	34	0,436	0,187

15	32	0,468	0,276
16	31,2	0,5	0,367
17	30,2	0,532	0,460
18	30,2	0,564	0,556
19	29,6	0,596	0,657
20	29,6	0,627	0,763
21	28,6	0,659	0,875
22	28,4	0,691	0,996
23	28,1	0,723	1,126
24	25,1	0,755	1,268
25	22,7	0,787	1,427
26	22,3	0,818	1,608
27	22	0,850	1,8193
28	21,5	0,882	2,076
29	21,5	0,914	2,409
30	21,1	0,946	2,888
31	19,6	0,978	3,792

Avec :

$y = \alpha(x - x_0)$; Variable réduite de Gumbel. , α , x_0 : Coefficients d'ajustement estimés par :
 $1/\alpha = 0,780 \sigma_x$ $x_0 = \bar{x} - 0,577/\alpha$

$1/\alpha$: La pente de la droite de Gumbel.

x_0 : paramètre de position en (mm).

x : précipitation maximale journalière (mm)

Cette variable x (précipitations maximales journalières) est exprimée en fonction de la variable réduite y par l'équation de la droite de Gumbel.

$$P_{\max,j,p\%} = \left(\frac{1}{\alpha}\right)y + x_0 \dots \dots \dots \text{II.19}$$

II.4.3.1.Méthode des moments :

Les paramètres estimés
$X_0 = 29.3121$
$1/ \alpha = 12.3689$

Tableau II.18: Résultat de l'ajustement à la loi de Gumbel (Méthode des moments)

Période de retour (années)	Probabilité (q)	P_{max_j} (mm)	écart type	Intervalle de confiance 95%
1000.0	0.999	114.747	16.4715	82.456 - 147.038
200.0	0.995	94.8152	12.7683	69.784 - 119.846
100.0	0.99	86.2107	11.1802	64.293 - 108.128
50.0	0.98	77.5746	9.59738	58.760 - 96.389
20.0	0.95	66.0500	7.51445	51.319 - 80.781
10.0	0.9	57.1466	5.94851	45.485 - 68.808
5.0	0.8	47.8647	4.40411	39.231 - 56.498
3.0	0.6667	40.4777	3.32283	33.964 - 46.991
2.0	0.5	33.8455	2.61518	28.719 - 38.972

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

$T = 1/(1-q)$

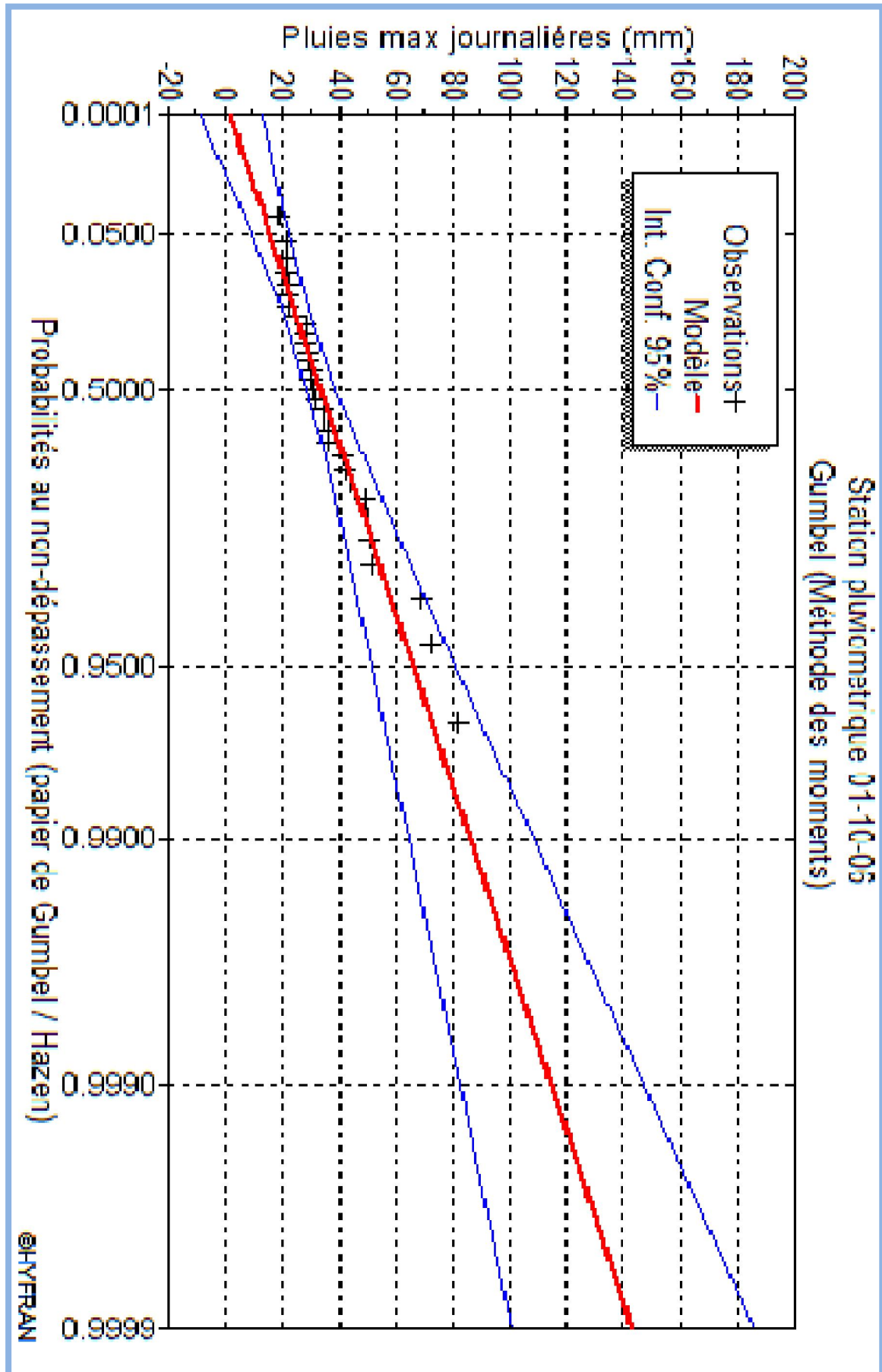


Figure II.6 : Ajustement à la loi de Gumbel (Méthode des moments).

Test d'adéquation (test de khi-deux)

Le test de khi-deux, c'est le test le plus pratique et le plus utilisé.

*Hypothèses :

H0 : L'échantillon provient d'une loi Gumbel.

H1 : L'échantillon ne provient pas d'une loi Gumbel.

*Résultats :

Khi-deux calculé par Hyfran $\chi^2 = 4,90$

D'après la table de khi-deux $\chi_{5\%}^2 = 9,488$

Degrés de liberté 4

Nombres des classes 7

Le quantile observé est de 4.90, comparé au quantile théorique qui est de 9.48, valide l'ajustement à la loi Log Normal par la méthode des moments.

*Conclusion :

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5%.

II.4.3.2.Méthode de maximum de vraisemblance :

Les paramètres estimés
$X_0 = 33.5341$
$1/\alpha = 13.5398$

Tableau II.19: Résultat de l'ajustement à la loi de Gumbel (Méthode de maximum de vraisemblance)

Période de retour (années)	Probabilité (q)	$P_{\max j}(\text{mm})$	écart type	Intervalle de confiance 95%
1000.0	0.9990	103.477	11.3785	81.170 - 125.783
200.0	0.9950	86.2497	8.94719	68.709 - 103.790
100.0	0.9900	78.8126	7.90629	63.313 - 94.312
50.0	0.9800	71.3482	6.87030	57.879 - 84.816
20.0	0.9500	61.3873	5.50995	50.586 - 72.188
10.0	0.9000	53.6918	4.48959	44.890 - 62.493
5.0	0.8000	45.6692	3.48217	38.843 - 52.495
3.0	0.6667	39.2845	2.76317	33.867 - 44.701
2.0	0.5000	33.5520	2.24476	29.151 - 37.953

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

$T = 1/(1-q)$

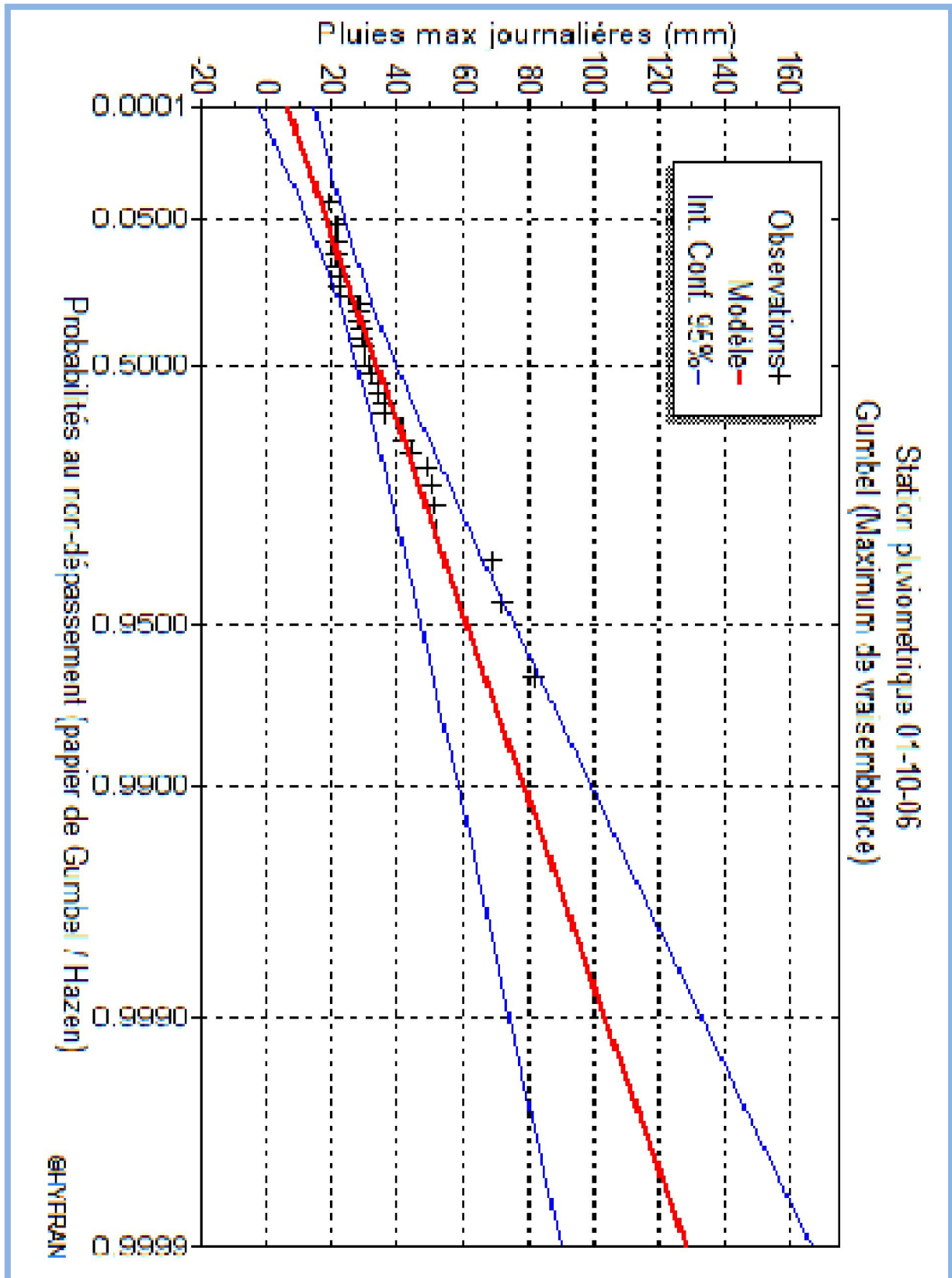


Figure. II.7 : Ajustement à la loi de Gumbel (Méthode de maximum de vraisemblance).

Test d'adéquation (test de khi-deux) :

Le test de khi-deux, c'est le test le plus pratique et le plus utilisé.

*Hypothèses :

H0 : L'échantillon provient d'une loi Gumbel

H1 : L'échantillon ne provient pas d'une loi Gumbel

*Résultats :

Khi-deux calculé par Hyfran $\chi^2=8,97$

D'après la table de khi-deux $\chi_{5\%}^2=9,488$

Degrés de liberté 4

Nombres des classes 7

Le quantile observé est de 8.97, comparé au quantile théorique qui est de 9.48, valide l'ajustement à la loi Log Normal par la méthode de maximum de vraisemblance.

*Conclusion :

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5%.

II.4.3.3. Comparaison des deux méthodes d'ajustement:

Pour comparer les deux méthodes, nous avons tracé sur le même graphique les deux courbes d'ajustement.

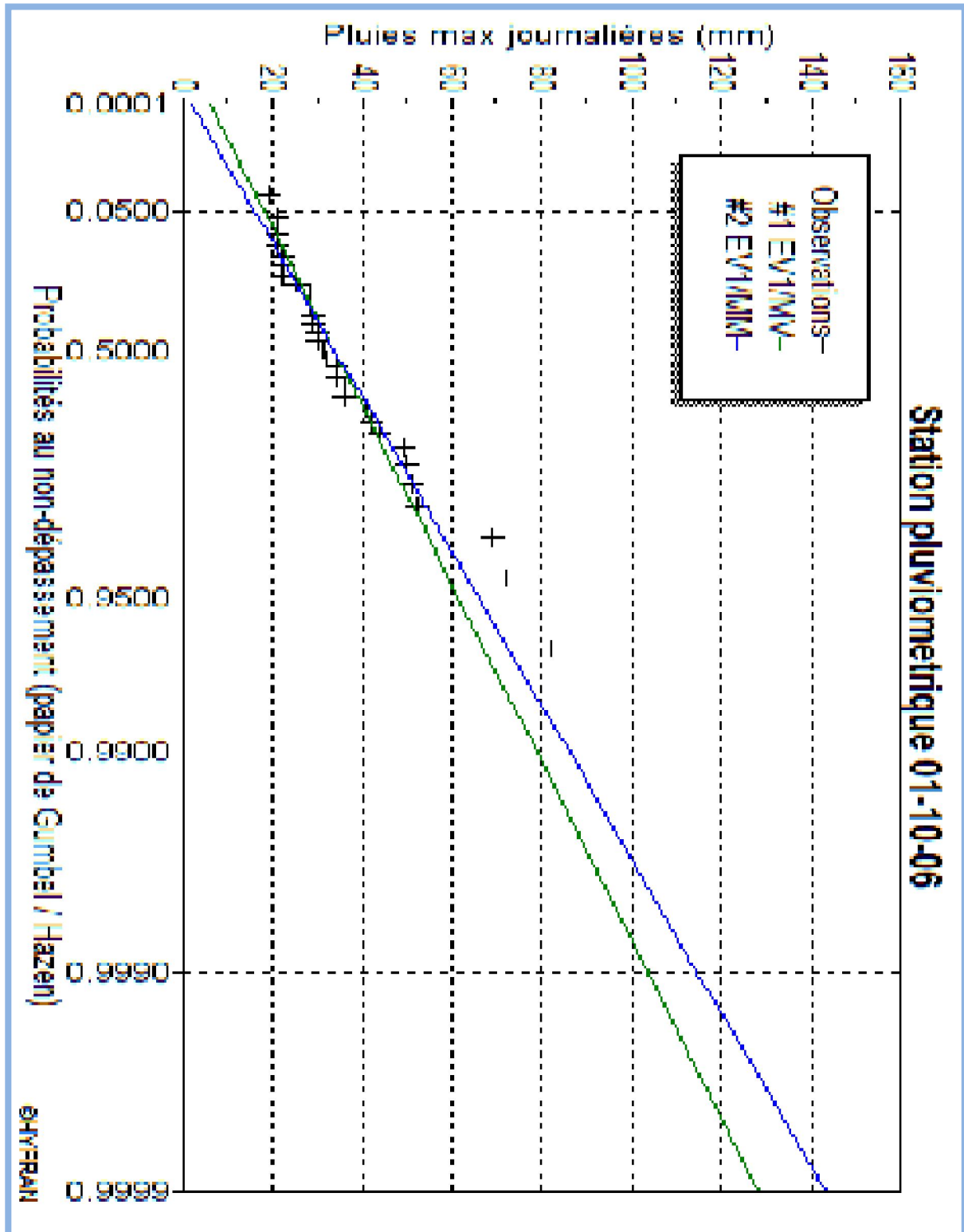


Figure. II.8: Comparaison des deux méthodes d'ajustement

II.4.3.4. Interprétation des résultats d'ajustement :

*D'après le test de khi-deux on constate que l'échantillon s'ajuste bien à la loi Gumbel.

*D'après la comparaison graphique, on conclue que l'échantillon s'ajuste mieux à la méthode des moments qu'à la méthode de maximum de vraie semblance.

* Les ajustements graphiques de la série pluviométrique (station de Tissemsilt) à la loi de Gumbel (loi de maximum de vrais semblance montre que les points sont inclus dans l'intervalle de confiance à 95% avec un niveau significatif de 5%, ce qui nous donne une meilleure corrélation suivant la loi Gumbel.

* Sur la base de la comparaison graphique et pour des raisons de sécurité, nous adoptons de travailler avec les pluies maximales journalières estimées par la méthode des moments.

L'étude des variations spatiales des précipitations annuelles moyenne et journalière maximales issues de notre station sont valables pour connaître les totaux précipités et leurs répartitions en fonctions de l'intervalle de récurrence sur la totalité de la superficie du bassin versant.

Il s'agit donc de passer de cette information ponctuelle (résultat d'ajustement) à une estimation valable de la lame d'eau, l'estimation des écoulements a été basée sur les formules empiriques cités, ci-après.

II.5. Etude des crues:

Les crues constituent une situation extrême dans le comportement des cours d'eau. Le volume liquide qu'elles mettent en jeu peut provoquer d'énormes dégâts en matière d'inondation.

Le type de crues le plus fréquent sous climat méditerranéen est les crues d'averses qui sont provoquées par des averses exceptionnelles soit par leur durée, intensité, extension géographique, leur répétition ou la combinaison de plusieurs de ces caractères. La puissance des crues dépend des intensités des averses, de la nature des sols et surtout de la couverture végétale, de la morphométrie, du réseau hydrographique et du relief.

II.5.1. Pluies de courte durée

Il est bien connu que l'intensité de la pluie est très variable. Il apparaît qu'il ya certaines règles observables qui régissent le phénomène.

De l'observation on déduit que, plus la durée analysée augmente, plus l'intensité diminue: les averses les plus brèves sont souvent les plus violentes; au contraire les longues pluies, d'automne par exemple, sont généralement de faible intensité « assez tranquilles ».

Pour mieux caractériser le phénomène, on associe à chaque événement une probabilité d'apparition.

Pratiquement les ingénieurs et les hydrologues parlent de temps de retour: tel événement se produit, en moyenne sur une longue période, toutes les X années. On parle de fréquence d'apparition « F ».

Ainsi, par l'observation soigneuse des précipitations et l'analyse statique des résultats il est possible d'établir une loi de comportement qui lie l'intensité, la durée et la fréquence : c'est une courbe « IDF »

Le passage des pluies journalières maximales aux pluies de courtes durées est effectué au moyen de la formule K. BODY (ANRH 1984).

$$P_{ct} = P_{maxj} \left(\frac{t}{24} \right)^b \dots\dots\dots \text{II.20}$$

P_{ct} : pluies de courte durée (mm) de fréquence égale à celle de P_{maxj} .

P_{maxj} : pluies maximales fréquentielles.

t: durée de l'averse en heure.

b : exposant climatique (b = 0,45 selon les études régionales de l'A.N.R.H).

Les intensités maximales (I_t) de période t (h) et période de retour T (ans) sont calculées par la relation :

$$I_t = \frac{P_{ct}}{t} \dots\dots\dots \text{II.21}$$

Avec : I_t : Intensité maximale de période t(h) (mm/h)

Les précipitations et les intensités maximales pour différentes durées sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau II.20: Pluies et Intensités maximales de durée t (h) et de période retour (ans) pour les sous bassins d'oued El-Mellah.

Période de retour	1000		200		100		50		10	
	T (h)	P _{ct}	P _{ct}	I _t	P _{ct}	T (h)	P _{ct}	I _t	P _{ct}	I _t
0,1	9,742	97,420	8,050	80,502	7,319	73,192	6,586	65,857	4,852	48,520
0,2	13,308	66,540	10,997	54,984	9,998	49,991	8,996	44,981	6,628	33,140
0,3	15,972	53,239	13,198	43,993	12,000	39,999	10,797	35,990	7,955	26,516
0,31	16,209	52,287	13,394	43,207	12,178	39,284	10,958	35,347	8,073	26,042
0,39	17,973	46,085	14,852	38,082	13,503	34,624	12,150	31,154	8,952	22,953
0,4	18,179	45,448	15,022	37,555	13,658	34,145	12,289	30,723	9,054	22,635
0,41	18,382	44,835	15,190	37,049	13,811	33,685	12,427	30,309	9,155	22,330
0,47	19,547	41,590	16,153	34,368	14,686	31,247	13,214	28,115	9,736	20,714
0,48	19,734	41,112	16,307	33,972	14,826	30,887	13,340	27,792	9,828	20,476
0,50	20,099	40,199	16,609	33,218	15,101	30,202	13,587	27,175	10,011	20,021
0,51	20,279	39,763	16,758	32,858	15,236	29,874	13,709	26,880	10,100	19,804
0,53	20,633	38,931	17,050	32,170	15,502	29,249	13,948	26,318	10,277	19,390
0,55	20,980	38,146	17,337	31,521	15,763	28,659	14,183	25,787	10,449	18,999
0,57	21,320	37,404	17,618	30,908	16,018	28,102	14,413	25,285	10,619	18,629
0,6	21,818	36,363	18,029	30,048	16,392	27,320	14,749	24,582	10,866	18,111
0,63	22,302	35,400	18,429	29,253	16,756	26,597	15,077	23,931	11,108	17,631

0,69	23,234	33,673	19,199	27,825	17,456	25,299	15,707	22,763	11,572	16,771
0,7	23,385	33,407	19,324	27,606	17,569	25,099	15,809	22,584	11,647	16,639
0,8	24,833	31,042	20,521	25,651	18,657	23,322	16,788	20,985	12,368	15,460
0,83	25,248	30,420	20,864	25,137	18,969	22,854	17,068	20,564	12,575	15,151
0,9	26,185	29,095	21,638	24,042	19,673	21,859	17,701	19,668	13,042	14,491
1	27,457	27,457	22,688	22,688	20,628	20,628	18,561	18,561	13,675	13,675
1,5	32,952	21,968	27,230	18,153	24,757	16,505	22,276	14,851	16,412	10,941
1,53	33,247	21,730	27,474	17,957	24,979	16,326	22,476	14,690	16,559	10,823
1,6	33,923	21,202	28,032	17,520	25,487	15,929	22,933	14,333	16,896	10,560
1,66	34,490	20,777	28,501	17,169	25,913	15,610	23,316	14,046	17,178	10,348
2	37,507	18,753	30,993	15,497	28,179	14,090	25,355	12,677	18,680	9,340
3	45,014	15,005	37,197	12,399	33,819	11,273	30,430	10,143	22,419	7,473
3,18	46,210	14,532	38,185	12,008	34,718	10,918	31,239	9,823	23,015	7,237
3,81	50,126	13,156	41,421	10,872	37,660	9,884	33,886	8,894	24,965	6,553
4	51,236	12,809	42,338	10,585	38,494	9,623	34,636	8,659	25,518	6,380
8	69,990	8,749	57,836	7,229	52,584	6,573	47,314	5,914	34,859	4,357
16	95,609	5,976	79,006	4,938	71,832	4,489	64,633	4,040	47,618	2,976
24	114,747	4,781	94,820	3,951	86,210	3,592	77,570	3,232	57,150	2,381

Les courbes sont :

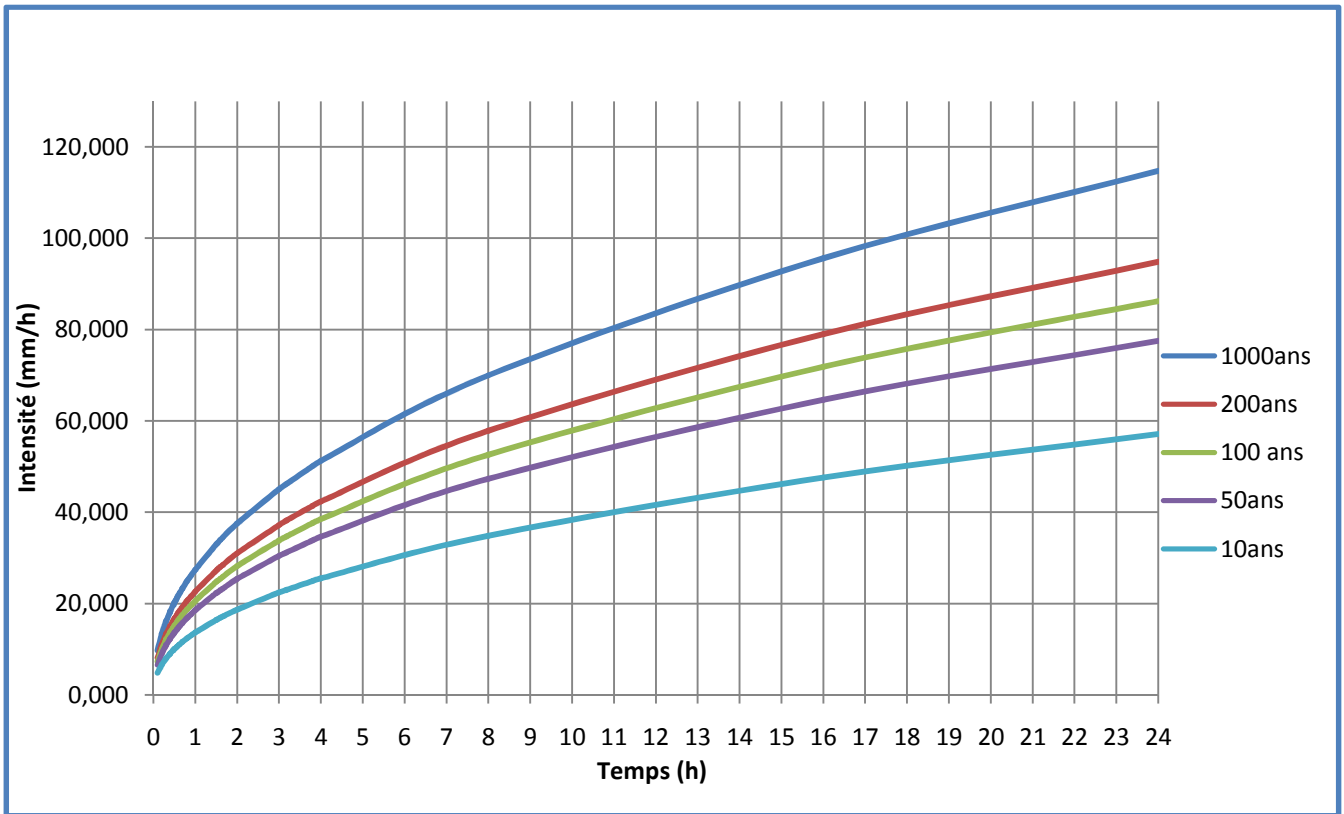


Figure II.9 : Courbes des pluies de courtes durées

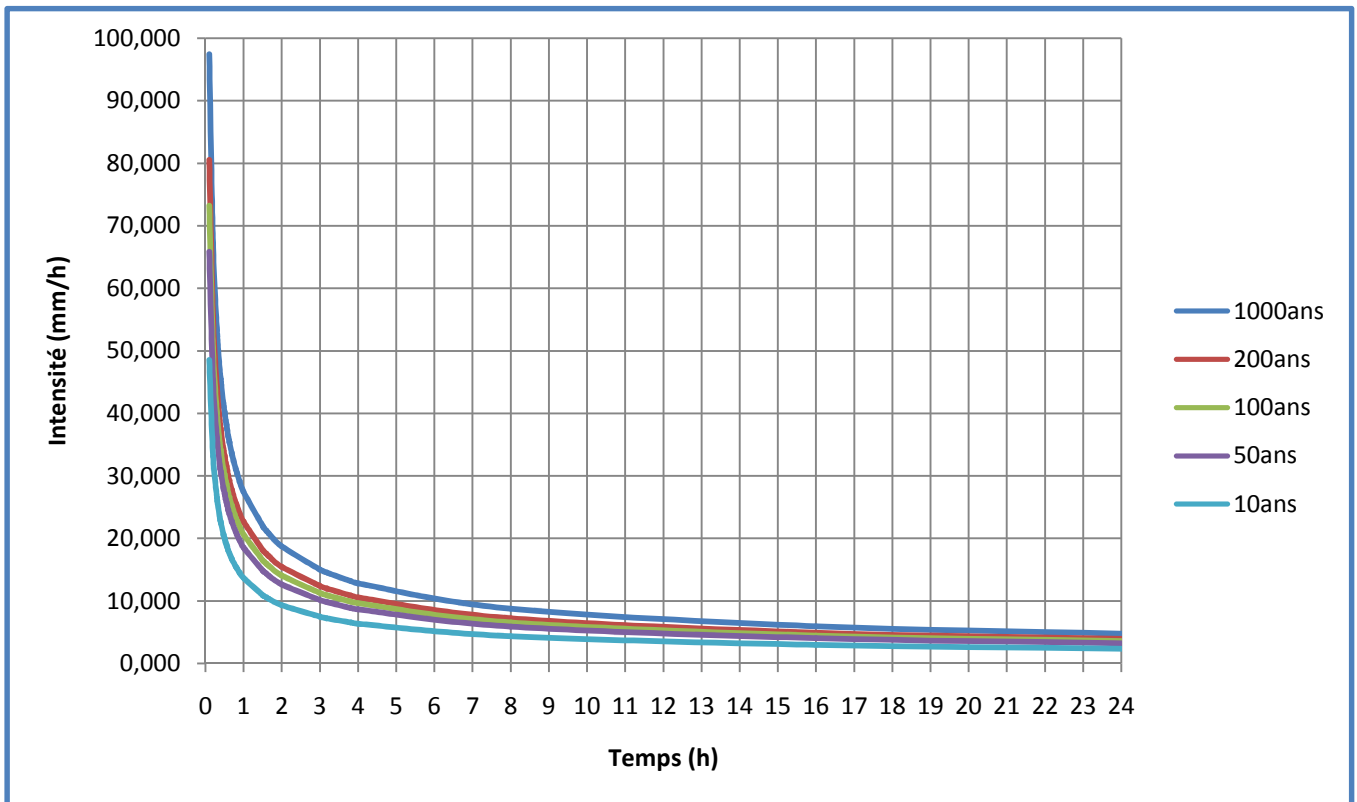


Figure II.20: Courbes intensité durée fréquence (IDF)

II.5.2. Calcul des apports liquides:

Pour le calcul de l'apport moyen annuel, il a été procédé à l'application des formules empiriques les plus utilisées en régime hydrologique Algérien, notamment par l'A.N.R.H.

II.5.2.1. Formule de SAMIE :

$$A = L_e \times S \quad \dots\dots\dots \text{II.22}$$

$$L = P^2 (293 - 2.2\sqrt{S}) \quad \dots\dots\dots \text{II.23}$$

Dans la quelle :

L : Représente l'apport moyen annuel, exprimé en lame d'eau, en mm.

P : Représente la pluviométrie moyenne annuelle, (en M). (P= 407.59 mm)

S : Est la surface du micro bassin versant en Km².

A = Apport moyen interannuel en hm³.

II.5.2.2. Formule de COUTAGNE :

$$L = (0.164 - 0.00145 \sqrt{S}) P \quad \dots\dots\dots \text{II.24}$$

Avec :

L : Représente l'apport moyen annuel, exprimé en lame d'eau, en M

II.5.2.3. Formule dite Algérienne (A.N.R.H):

$$L = P (1 - 10^{-kp^2}) 10^3 \quad \dots\dots\dots \text{II.25}$$

Avec :

L : Représente l'apport moyen annuel, exprimé en lame d'eau, en M

K : $K = a - 0.01 \log s$

Tableau II.21: Récapitulatif de calcul de l'apport moyen annuel Selon différentes formules utilisées

Sous bassin d'étude	Formules							
	SAMIE		COUTAGNE		Algérienne (A.N.R.H)		Valeur Adopté	
	Le(mm)	A(hm ³)	Le(mm)	A(hm ³)	Le(mm)	A(hm ³)	Le (mm)	A(hm ³)
Bassin versant oued El Mellah	47,151	0,821	64,378	1,121	25,310	0,441	64,378	1,121

L'analyse des résultats obtenus, de l'apport moyen annuel, exprimé en lame d'eau ruisselée, permet de conclure que les valeurs avancées par les trois formules sont très proches, ce qui explique la fiabilité de l'adoption de ces formules au régime hydrologique Algérien.

Pour des raisons de sécurité, la valeur retenue par notre étude est celle avancée par la formule de COUTAGNE.

II.5.3. Calcul du débit de crue:

Le débit de crue constitue le paramètre hydrologique, qui permet le dimensionnement de différents ouvrages hydrotechniques, selon leurs importances.

Pour le calcul de ce paramètre, on a procédé à l'application des formules les plus adaptées à notre régime hydrologique, la formule de C.SAMIE, GIANDOTTI, TURAZZA et celle de SOKOLOVSKY qui sont les plus utilisées en Algérie.

II.5.3.1. Formule de C.SAMIE:

Cette formule permet de calculer le débit journalier maximum de fréquence donnée (Qmax%), en fonction de la pluie journalière maximale de même fréquence (p.j.max %) et d'autres paramètres hydrologiques, tels que, la surface du bassin versant et le coefficient de ruissellement.

La formule de C.SAMIE, s'écrit de la forme suivante:

$$Q_{max} = \frac{P_{jmax} * S * Cr * 10^3 * Ka}{86400} \dots\dots\dots II.26$$

Avec :

Qmax= débit maximal à une fréquence donnée en m³/s.

Pjmax=Pluie maximale journalière à la même fréquence (mm).

Cr= Coefficient de ruissellement adimensionnel, tabulé en fonction de p.j.max, la taille du bassin versant et la nature du sol du cours d'eau. (Fixé 0,9)

S : Superficie du bassin versant (Km²).

Ka = coefficient d'amortissement de la crue

Les résultats sont répertoriés dans le tableau ci-après :

Tableau II.22: Débit maximal du sous bassins d'Oued El-Mellah Selon la formule de C.SAMIE.

Fréquence %	10	5	2	1	0.9	0.1
Période de retour (ans)	10	20	50	100	200	1000
P_{J/max}	57.75	66,05	77.57	86.21	94.82	114.75
Q (BV Oued El-Mellah)	11,519	13,313	15,636	17,375	19,111	23,129

II.5.3.2. Formule de GIANDOTTI :

La formule de GIANDOTTI, est donnée par la relation suivante:

$$Q_{max}/Q_{moy} = KC = (P_{tc} / P_{jamx}) * (24 / T_c) \dots\dots\dots \text{II.27}$$

Dans la quelle Q_{moy} est le débit moyen qui se calcule comme suit :

$$Q_{moy} = \frac{C_r * P_t * S}{108} \dots\dots\dots \text{II.28}$$

Pluie de courte durée et leurs intensités a différentes fréquences :

Pour une période donnée, la quantité de pluie tombée dans un temps donné « t » est donnée par la formule de Body :

$$P_{tc} = P_{jmax} P\% (T_c / 24)^b \dots\dots\dots \text{II.29}$$

Avec :

P_{tc} : Pluie de courte durée (mm).

P_{jmax}P%: Pluie maximale journalière pour différentes fréquences (mm).

T_c: Durée en heures.

b : exposant climatique régional (pour la région b=0.45)

Cr est le coefficient de grande crue = 0.9 (fixé par M. SAMIE)

S : superficie du bassin versant (en Km²).

Les résultats sont répertoriés dans le tableau ci-après :

Tableau II.23: Débit maximal du sous bassins d'Oued El-Mellah Selon la formule de GIANDOTTI

Fréquence %		10	5	2	1	0.9	0.1
Période de retour (ans)		10	20	50	100	200	1000
(Pjmax) (mm)		57,15	66,05	77,57	86,20	94,82	114,75
Bassin versant (oued El-Mellah)	Ptc (mm)	24,968	28,858	33,893	37,662	41,426	50,134
	Qmoy (m3/s)	3,6235	4,1880	4,9187	5,4657	6,0119	7,2757
	Kc	2,7512	2,7512	2,7512	2,7512	2,7512	2,7512
	Qmax (m3/s)	9,9689	11,5220	13,5324	15,0373	16,5399	20,0169

II.5.3.3. Formule de SOKOLOVSKY :

Le débit maximum probable est donné par la formule suivante :

$$Q_{\max p\%} = 0.28 \frac{(X_{p\%t_c} - H_0) \cdot \alpha_{p\%} \cdot S \cdot f}{t_m = t_c} \dots\dots\dots \text{II.30}$$

αp% : coefficient de ruissellement pour la crue probable.

$$\alpha_{p\%} = \frac{\sqrt{X_{ct\%}} - \sqrt{H_0}}{\sqrt{X_{ct\%}} + \sqrt{H_0}} \dots\dots\dots \text{II.31}$$

S : Surface du bassin versant en Km²

f : Coefficient de forme de la crue

Tc : Temps de concentration du bassin versant en h

Xp%, tc : précipitation en mm, de probabilité p% correspondant à un temps tc.

H0 : pertes initiales en mm, Au nord de l'Algérie H0=7 mm

0.28 : coefficient de changement d'unité

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

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

Pour $S < 50 \text{ Km}^2$ on a $\gamma = 2$

Pour des petits bassins non boisé, sol peu perméable, on a $\gamma = (2 \div 2.5)$

Pour bassin boisé, sol perméable on a $\gamma = (3 \div 4)$

Puisque les bassins versant ont une surface inférieure à 50 Km^2 on prend $\gamma = 2$ alors:

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

Les débits de crues des bassins versants par la formule de Sokolovsky sont représentés dans les tableaux suivants:

Tableau II.24: Débit maximal sous bassins d’oued El-Mellah Selon la formule de Sokolovsky.

Fréquence %		10	5	2	1	0.9	0.1
Période de retour (ans)		10	20	50	100	200	1000
(Pjmax) (mm)		57,1466	66,050	77,5746	86,2017	94,8152	114,747
Bassin versant (oued El-Mellah)	Xp%tc(mm)	0,3076	0,3400	0,3751	0,3975	0,4174	0,4560
	Qmax(m3/s)	8,4859	11,4103	15,4864	18,7126	22,0587	30,1945

II.5.3.4. Formule de TURAZZA :

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

$$Q_{maxP\%} = \frac{C \cdot \bar{i}_{tc} \cdot S}{3.6} \dots\dots\dots\text{II.33}$$

S : Surface du bassin versant

\bar{i}_{tc} : Intensité moyenne maximale des précipitations pendant une durée égale au temps de concentration en mm/h.

C : coefficient de ruissellement de la crue considérée pour une probabilité P%.

Tableau II.25: Valeurs du coefficient de ruissellement C.

Fréquence %	0.1	1	2	5	10	20	50
Période de retour	1000	100	50	20	10	5	2
C	0.9	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6	0.5

(Source : [1])

Tableau II.26: Débit maximal des sous bassins d'Oued El-Mellah Selon la formule de TURAZZA

Fréquence %		10	5	2	1	0.1
Période de retour (ans)		10	20	50	100	1000
Bassin versant (oued El-Mellah)	Intensité	6,5509	7,5715	8,8926	9,8816	13,1538
	Qmax (m3/s)	20,5985	25,6391	32,2636	38,2417	57,2685

L'intérêt économique de la prédétermination du débit maximum probable des crues en un point en raison des effets destructifs bien connus et de la nécessité de calculer certains ouvrages d'art en vue de leur éventualité (... la protection contre les inondations,...etc.) sont essentiellement déterminés par le maximum probable de la crues auxquels ces ouvrages devons faire face, compte tenu de certaines considérations économiques

On opte pour une fréquence centennale pour le dimensionnement des ouvrages de protection d'Ain Ferradja contre les crues.

Les débits centennaux calculés par les formules précédant sont regroupé dans le tableau suivant :

Tableau II.27: Les débits centennaux du bassin versant oued El-Mellah calculé par différentes formules.

Formule	C.SAMIE	GIANDOTTI	SOKOLOVCKY	TURAZZA
Q (100 ans)	17.38	15.04	18.77	38.24

L'analyse des résultats nous permet d'avancer ce qui suit:

On remarque que les résultats obtenus par la méthode de TURAZZA sont plus grandes par rapport aux valeurs données par les formules de SAMIE, GIANDOTTI et SOKOLOVSKY.

Du moment que l'objectif de cette étude est la protection d'une ville contre les inondations; autrement dit, une protection des vies humaines, des biens publics et privés, des équipements et terres agricoles,...etc. Ainsi et pour des raisons de sécurité des ouvrages à projeter, nous optons pour les plus grandes valeurs que peut atteindre le débit de crue, et de là nous adoptons les résultats obtenus par la formule de TURAZZA.

Conclusion

Ce présent document comporte l'analyse des principaux paramètres hydrologiques intervenant d'une manière implicite dans la mise en évidence des aménagements proposés pour la protection de la localité d'Ain Ferradja contre les crues.

La série des précipitations moyenne maximales a été ajustée à différentes lois de probabilité, d'après le test de khi-deux on constate que l'échantillon s'ajuste bien à la loi Gumbel et sur la base de la comparaison graphique et pour des raisons de sécurité, nous adoptons de travailler avec les pluies maximales journalières estimées par la méthode des moments.

Du moment que l'objectif de cette étude est la protection d'une ville contre les inondations; autrement dit, une protection des vies humaines, des biens publics et privés, des équipements et terres agricoles,...etc. Ainsi et pour des raisons de sécurité des ouvrages à projeter, nous optons pour les plus grandes valeurs que peut atteindre le débit de crue, et de là nous adoptons les résultats obtenus par la formule de TURAZZA.

On opte pour une fréquence centennale pour le dimensionnement des ouvrages de protection d'Ain Ferradja contre les crues avec un débit $Q_{100}=38,24 \text{ m}^3/\text{s}$

Introduction

En dehors des fortes crues et à l'état naturel, tout cours d'eau, draine son bassin versant, en suivant son acheminement dans son lit mineur naturel, bien défini, jusqu'à l'exutoire. Durant ce parcours, le volume du flux est peu élevé et les conséquences sur son environnement immédiat sont assez minimales, en provoquant des cicatrices et des affouillements aux niveaux des berges, des méandres et des points sensibles du lit naturel, pouvant porter atteinte aux assiettes de la chevelure hydrographiques. En drainant son bassin versant, le débit est peu élevé, d'où la notion d'entretiens des lits mineurs et majeurs des cours d'eau, notamment par les opérations des curages périodiques.

En période de crues, le flux peut provoquer des changements remarquables des différents paramètres hydrologiques et hydrauliques au moment des fortes pluies. Ces changements brusques et généralement inattendus ; engendrent l'élévation du débit et par conséquent ; l'augmentation de la hauteur d'eau et la croissance rapide de la vitesse, ce qui entraîne une érosion des berges assez forte et un transport solide intense. En outre, la divagation du lit favorise la formation des bancs de sable qui entraîne l'élévation de la hauteur d'eau et par conséquent l'augmentation de la superficie des champs d'inondation.

De plus et comme le cas précis de la chevelure hydrographique en étude ; les différents points noirs de cette dernière, à savoir le sous dimensionnement et le manque total des opérations d'entretien des ouvrages de traversées de routes, l'absence quasi-totale de curage des cours d'eaux et enfin les empiétements en grand nombre, constituant des grands obstacles à l'écoulement et rendent la situation de la chevelure alarmante. Durant leur cheminement, les cours d'eaux sortent entièrement de leurs lits naturels et provoquent ainsi des dégâts considérables suite aux phénomènes des inondations.

D'après les enquêtes menées sur les lieux du projet, les interprétations des différentes représentations graphiques du bassin versant et les conclusions sur les valeurs calculées des différents indices et paramètres morpho métriques et hydrographiques, nous avons arrivé à axer ses recommandations et propositions de différentes variantes de systèmes permettant la résolution de la problématique des inondation au niveau de cette agglomération secondaire de la commune de Khemisti contre les inondations.

L'objectif de l'étude des variantes est de dégager, la solution adéquate pour la protection des zones traversées contre les eaux de crues par la prise de mesures nécessaires à la lutte contre le problème des inondations.

L'aménagement préconisé doit pouvoir drainer les eaux pluviales du bassin versant les canaliser et les évacuer vers l'exutoire en respectant toutes les conditions d'écoulement, de protection et de stabilité des berges.

III.1.Méthodologie de Calcul et dimensionnement des ouvrages :

Le dimensionnement proprement dit, consiste à calculer en écoulement à surface libre la hauteur d'eau dans le canal en fixant sa largeur, selon les valeurs trouvées, on augmente ou on diminue la largeur. A cette hauteur d'eau dite «Normale» s'ajoute une revanche qui est prise comme mesure de sécurité.

III.1.1. Les paramètres géométriques :

Le dimensionnement des ouvrages se fait par l'application de la formule des écoulements à surface libre, qui s'écrit comme suit :

$$Q_D = SC \sqrt{R_H I} \dots\dots\dots \text{III.1}$$

➤ Q_D : Débit de dimensionnement (m^3/s) ;

➤ S : Surface mouillée (m^2) ;

$$S = H_{CANAL}(mH_{CANAL} + B) \dots\dots\dots \text{III.2}$$

➤ P : périmètre mouillée (m) ;

$$P = B + H_{CANAL} \sqrt{1 + m^2} \dots\dots\dots \text{III.3}$$

➤ C : Coefficient de Chézy ;

$$C = \frac{1}{n} R_H^{\frac{1}{6}} \dots\dots\dots \text{III.4}$$

➤ n : Coefficient de Manning ; (dépend du type de sol).

➤ R_H : Rayon hydraulique (m) ;

$$R_H = \frac{S}{P} \dots\dots\dots \text{III.5}$$

➤ I : Pente du canal (m/m).

➤ H_{CANAL} : Hauteur du canal (m)

➤ m : Fruit du talus.

➤ B : Largeur du canal.

Pour le dimensionnement, il a été procédé à la détermination de la hauteur d'eau normale dans le canal H_{EAU} , la hauteur des vases H_{VASE} et une hauteur correspondant à la revanche de sécurité $H_{REVANCHE}$.

$$H_{CANAL} = H_{EAU} + H_{VASE} + H_{REVANCHE} \dots\dots\dots \text{III.6}$$

Généralement, la hauteur de la vase est incluse dans la hauteur d'eau, puisque le débit solide représente une partie de débit général du bassin versant.

➤ $H_{REVANCHE} = (3/7)H_n$ pour un canal trapézoïdal.

➤ $H_{REVANCHE} = (1/3)H_n$ pour un canal rectangulaire.

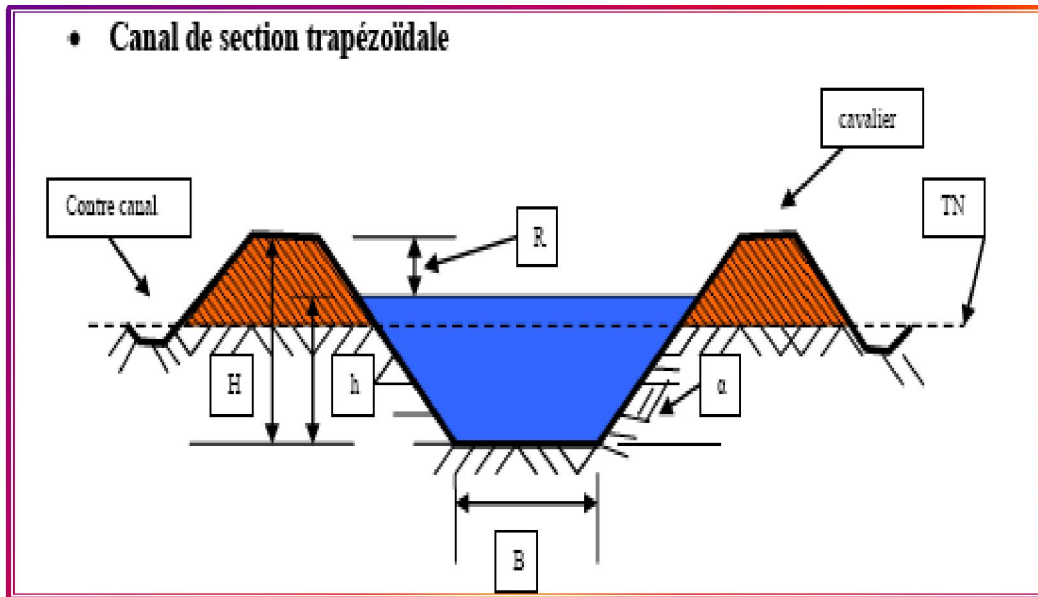


Figure III.1 : Canal de section trapézoïdale

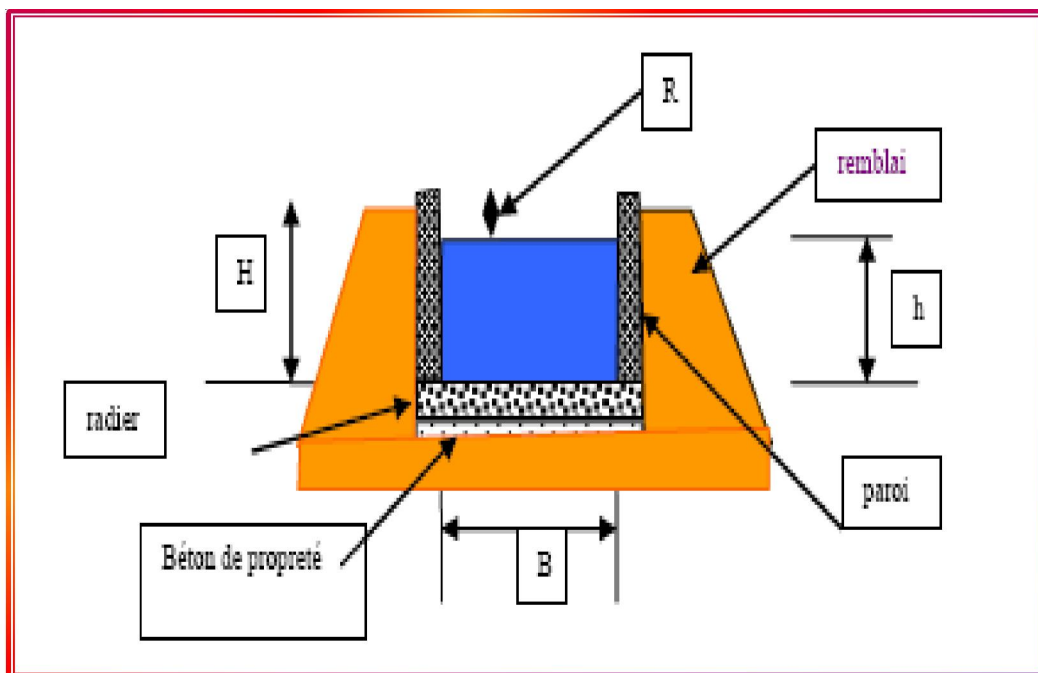


Figure III.2 : Canal de section rectangulaire

La géométrie d'un canal à section trapézoïdale permet de véhiculer un débit maximum par rapport aux autres sections en plus la variation de la hauteur d'eau est faible pour un changement de débit.

III.1.2. Les paramètres hydrauliques :

Profondeur critique h_c :

La profondeur critique est une profondeur qui correspond à une charge spécifique minimale h_s .

La vitesse d'écoulement V_e :

Le calcul de la vitesse est nécessaire pour vérifier si cette dernière est assez élevée pour éviter la sédimentation de matière en suspension et n'est pas trop forte pour causer l'érosion.

$$V = \frac{Q}{S} \dots \dots \dots \text{III.7}$$

Nombre du Fraude F_r :

C'est le rapport entre les forces de gravité et celles d'inertie ou:

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g \times h}} \dots \dots \dots \text{III.8}$$

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

- Écoulement fluvial $Fr < 1 \Rightarrow hcr < hn$.
- Écoulement torrentiel $Fr > 1 \Rightarrow hcr > hn$.
- Écoulement critique $Fr = Fcr = 1 \Rightarrow hcr = hn$.

II.2. Principes d'aménagement

Les principes d'actions envisageables en matière de gestion du risque inondation peuvent être regroupés en 02 grandes catégories : les mesures structurelles ou non structurelles.

II.2.1. Les mesures structurelles :

visent à réaliser des aménagements sur les réseaux et le bassin versant pour diminuer les débordements ou protéger les zones à enjeux. Elles agissent sur l'aléa naturel au droit des lieux habités en l'état actuel du bassin versant.

II.2.2. Les mesures non structurelles :

sont des actions complémentaires qui vont permettre :

- La gestion du risque résiduel, car les mesures structurelles ne suppriment pas le risque au-delà de la crue de dimensionnement des ouvrages et les risques sont évalués sur la base des crues d'occurrence centennale à minima ou de la crue historique si elle est supérieure, de réduire la vulnérabilité existante en zone restant inondable, donc d'agir sur les enjeux existants (actions sur le bâti, alerte et information des personnes, la gestion des crises)
- De prévenir toute aggravation de l'aléa et des enjeux dans le futur au travers d'une réglementation.
- L'optimisation et le choix du schéma souhaitable consiste à trouver le meilleur compromis au regard des impacts et des contraintes présentes, en agissant sur :
- La réduction des apports en amont des zones à protéger,
- L'amélioration des capacités d'écoulement des réseaux au droit des zones à protéger (traversées urbaines),
- La maîtrise des ruissellements sur le bassin versant.

III.3. Adoption de la crue de projet :

Pour l'adoption de la crue de projet, la démarche est axée sur les principes ci-après :

1. En tenant compte de l'objectif du présent projet, qui consiste en la protection d'une agglomération, à grande densité d'habitants, contre les risques engendrés par les inondations; autrement dit, une protection des vies humaines, des biens publics et privés, des équipements et terres agricoles,...etc. d'où la nécessité absolue de prendre en considération le coté sécuritaire dans toutes les étapes de calculs et dimensionnement des ouvrages à projeter.
2. Sachant que les ouvrages à projeter, nécessitent une langue durée de vie par rapport à un réseau d'assainissement qui se dimensionne pour une petite période de retour « 10 ans », cependant, il a été opté, un dimensionnement pour une langue période de retour.

En égard de ce qui précède, il a été convenu à l'adoption de la crue centennale (crues de période de retour de 100 ans), comme crue de projet, pour les différentes étapes de calculs et dimensionnements du système d'évacuation des eaux de crues.

III.4. Variantes d'aménagement :

Les variant es ont été sélectionnées dans le souci de protéger la localité de Ain ferradja contre les inondations, par l'évacuation des eaux des crues vers l'exutoire, en respectant toutes les conditions d'écoulement, de stabilité des berges ainsi leur rôle écologique des rives.

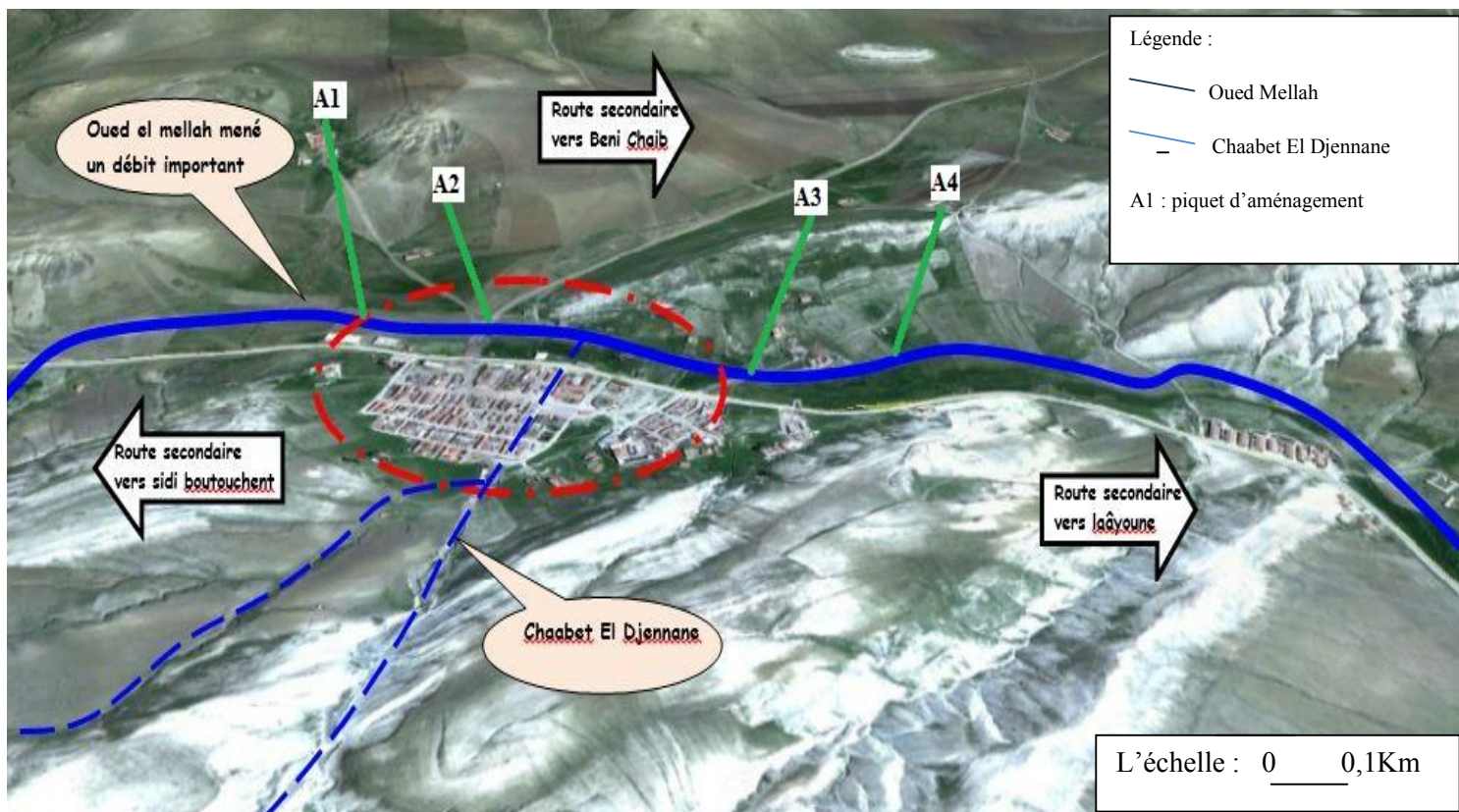


Figure III.3 : Les différents piquets de l'aménagement.

III.4.1.Variante n°01 Recalibrage :

Cette variante consiste en un recalibrage de l'oued du piquet A1 au piquet A4 à la sortie de l'agglomération ; avec toute fois la rénovation des ouvrages de traversés de routes existants au niveau des piquets A2 et A3 ainsi qu'une création de piste pour l'entretien.

Cette variante permet d'agrandir la capacité d'évacuation des eaux de crues centennales, avec une section de forme trapézoïdale.



Figure III.4: Recalibrage d'un cours d'eau

III.4.1.1.Avantages de la variante n°01 :

Ce système présente comme avantages :

- Elle ne nécessite pas une main d'œuvre spécialisée.
- La réalisation est plus facile.

III.4.1.2. inconvénients de la variante n°01 :

Quant aux inconvénients, ils sont nombreux tel que :

- Les phénomènes d'érosion ;
- L'envahissement par la végétation ;
- Le dépôt des matières solides ;
- Les opérations de nettoyage et curage sont plus difficile ;
- De plus cette variante nécessite des excavations importantes, ce qui engendre une diminution remarquable des surfaces des terrains agricoles avoisinantes ;
- Et du point de vue pérennité c'est la variante la plus échéante car tôt ou tard l'oued reprendra son état actuel.

III.4.1.3. Les travaux de réalisation de la variante n°01 :

Les travaux de reprofilage et d'élargissement de l'oued, dans le but d'assurer un écoulement uniforme consistent en :

- Le débroussaillage, l'arrachage des arbres et l'enlèvement des débris existants dans l'oued ;

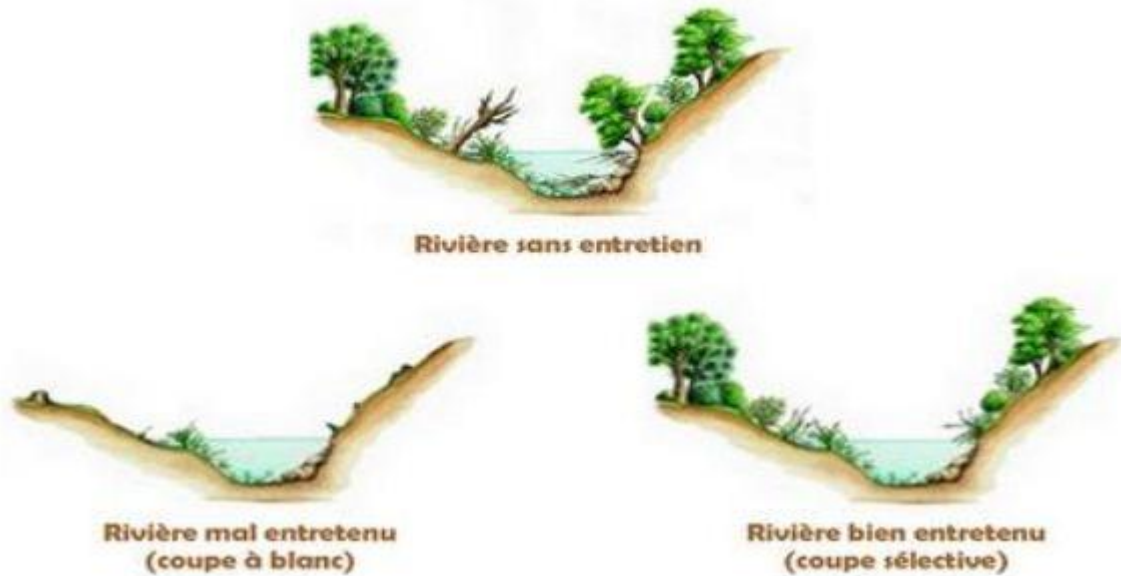


Figure III.5: Le débroussaillage d'une rivière.

- le reprofilage du profil longitudinal de l'oued par des terrassements et la création de chute pour la correction de la pente ;

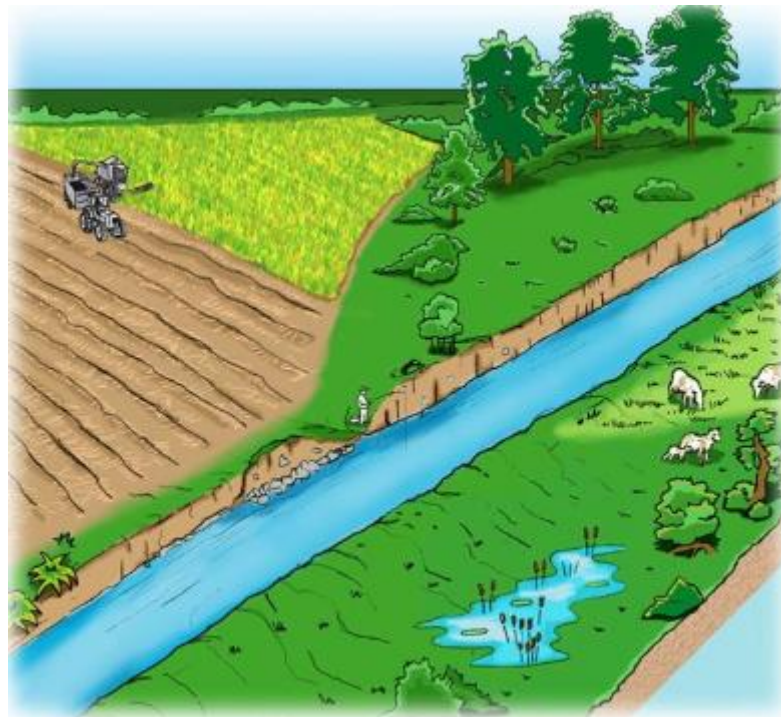


Figure III.6 : Reprofilage longitudinale d'un cours d'eau

- le reprofilage des sections transversales de l'oued par endiguement, Augmentation de la hauteur des berges pour éviter le débordement des eaux.

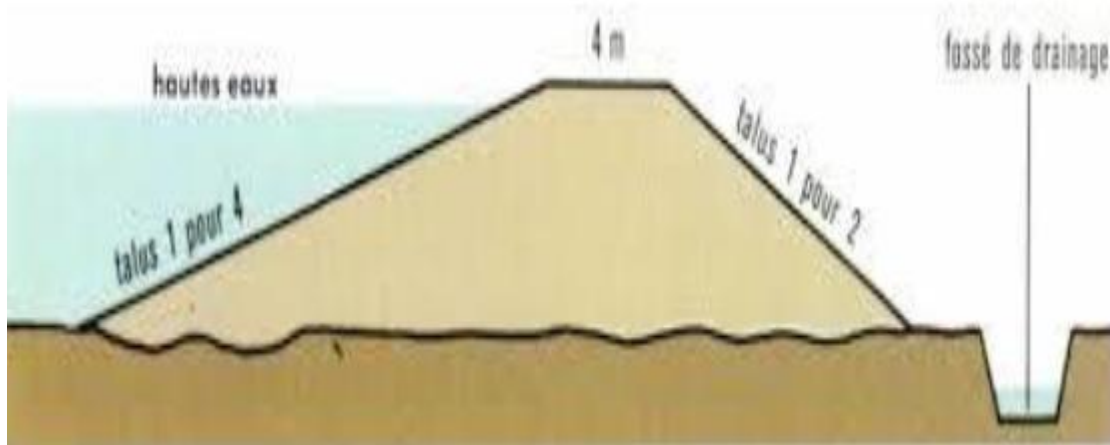


Figure III.7: endiguement d'un cours d'eau

III.4.1.4. Calcule hydraulique de la variante n°01 :

Le calcul des paramètres optimums et des paramètres hydrauliques de la variante Recalibrage ont été effectué à l'aide du logiciel Canal 21.

Tableau III.1 : caractéristique de la variante n°01

<i>Cours d'eau à aménager</i>	Débit de projet (M3 /s)	Période de retour	Etat initial du cours d'eau et ouvrages existants	Type d'aménagement adopté
Oued El Mellah.	38.24	100 ans	Cours d'eau à l'état naturel, mal entretenue, non aménagé. (envasement de son lit mineur),	<ul style="list-style-type: none"> • Projection d'un canal en terre « A1-A4 » à ciel ouvert, de forme trapézoïdale de dimensions. <ul style="list-style-type: none"> ➤ $b = 7\text{m}$, $h = 2\text{m}$, $m = 1$, $L = 947\text{m}$.

Les données de la variante n°01 :

- Longueur A1-A4 = 947 ml.
- La pente projet est de 0.006m/ml.
- $K_s = 40$ Canal en terre.
- $Q_{100 \text{ ans}} = 38.24\text{m}^3/\text{s}$
- $B = 7\text{m}$, $h = 2\text{m}$, $m = 1$



Figure III.9 : canal en gabion

III.4.2.1. Avantages de la variante n°02 :

Les avantages de ce system sont :

- La solidité et la robustesse sans risque de fissuration.
- La perméabilité qui résous les problèmes des sous pressions.
- La souplesse qui permet aux caissons de se déformer en suivant les courbes du terrain sans compromettre sa fraction de protection.
- utilisation de la matière locale.
- la mise en œuvre est facile.
- bonne protection contre l'érosion.

III.4.2.2. Inconvénients de la variante n°02 :

- Faible stabilité surtout aux périodes des crues.
- L'insuffisante des cailloux qu'ont des diamètres entre 20et 40 cm.

Le revêtement en béton légèrement armé ainsi que le géotextile permet la pérennité et la stabilité de l'ouvrage hydraulique, néanmoins ça nécessite un financement supplémentaire.

III.4.2.3. Calcule hydraulique de la variante n°02 :

Le calcul des paramètres optimums et des paramètres hydrauliques de la variante gabion ont été effectué à l'aide du logiciel Canal 21.

Tableau III.4 : caractéristique de la variante n°2.

Cours d'eau à aménager	Débit de projet (M3 /s)	Période de retour	Etat initial du cours d'eau et ouvrages existants	Type d'aménagement adopté
Oued El Mellah.	38.24	100 ans	Cours d'eau à l'état naturel, mal entretenue, non aménagé. (envasement de son lit mineur),	<ul style="list-style-type: none"> • Projection d'un canal en gabion « A1-A4 » à ciel ouvert, de dimensions. <ul style="list-style-type: none"> ➤ $b=6m, h=2m, m=0.5, L=947m.$

Les données de la variante n°02 :

- Longueur A1-A4 =947 ml.
- La pente projet est de 0.006m/ml.
- $K_s = 50$ Canal en Gabions.
- $Q_{100 \text{ ans}} = 38.24 \text{ m}^3/\text{s}$
- $B=6m, h=2m, m=0.5$

Tableau III. 5 : Les paramètres optimums de la variante n°02 :

N° du tronçon		Longueur (ml)	Pente du terrain naturel (m/ml)	Pente du projet (m/ml)	S_m max (m ²)	P_m max (m)	R_h max (m)	Q_{ps} (m ³ /s)	V max (m/s)
A1	A4	1943	0.007	0.006	14.00	10.47	1.33	65.80	4.7

Tableau III.6 : Les paramètres hydrauliques de la variante n°02 :

N° du tronçon		Q [m ³ /s]	P_m [m]	S_m [m ²]	R_h [m]	H_n [m]	H_c [m]	Fr	Régime	J [m/ml]	V [m/s]
A1	A2	38.24	9.19	9.59	1.04	1.42	1.53	1.11	T	0.006	3.98



Figure III.11 : canal en maçonnerie

III.4.3.1. Avantages de la variante n°03 :

Ce système présente comme avantages :

- Elle ne nécessite pas une main d'œuvre spécialisée ;
- La réalisation est facile même ;
- Sa maintenance ne pose pas un problème de mobilisation financière importante.

III.4.3.2. Inconvénients de la variante n°03 :

- Méthodes demandant beaucoup de main d'œuvres ;
- Il est essentiel que les matériaux de construction soient disponibles sur place ou au voisinage.

III.4.3.3. Calcule hydraulique de la variante n°03 :

Le calcul des paramètres optimums et des paramètres hydrauliques de la variante maçonnerie ont été effectué à l'aide du logiciel Canal 21.

Tableau III.7 : caractéristique de la variante n°03

Cours d'eau à aménager	Débit de projet (m ³ /s)	Période de retour	Etat initial du cours d'eau et ouvrages existants	Type d'aménagement adopté
Oued El Mellah.	38.24	100 ans	Cours d'eau à l'état naturel, mal entretenue, non aménagé. (envasement de son lit mineur.	<ul style="list-style-type: none"> • Projection d'un canal en maçonnerie « A1-A2 » à ciel ouvert, de forme trapézoïdal de dimensions. <ul style="list-style-type: none"> ➤ b =4m, h =1,4m, m=1, L=947m.

Les données de la variante n°03 :

- Longueur A1-A4 =947 ml.
- La pente projet est de 0.006m/ml.
- K_s = 60 Canal en maçonnerie.
- Q_{100 ans}= 38.24
- B=4m, h=2m, m=1.

Tableau III. 8 : Les paramètres optimums de la variante n°03 :

N° du tronçon		Longueur (ml)	Pente du terrain naturel (m/ml)	Pente du projet (m/ml)	S _m max (m ²)	P _m max (m)	R _h max (m)	Q _{ps} (M ³ /s)	V max (m/s)
A1	A4	1943	0.007	0.006	12	9.66	1.24	64.46	5.37

Tableau III.9 : Les paramètres hydrauliques de la variante n°03 :

N° du tronçon		Q [m ³ /s]	P _m [m]	S _m [m ²]	R _h [m]	H _n [m]	H _C [m]	Fr	Régime	J [m/ml]	V [m/s]
A1	A2	38 .24	8.32	10.09	1.2	1.49	1.79	1.2	T	0.006	3 .82

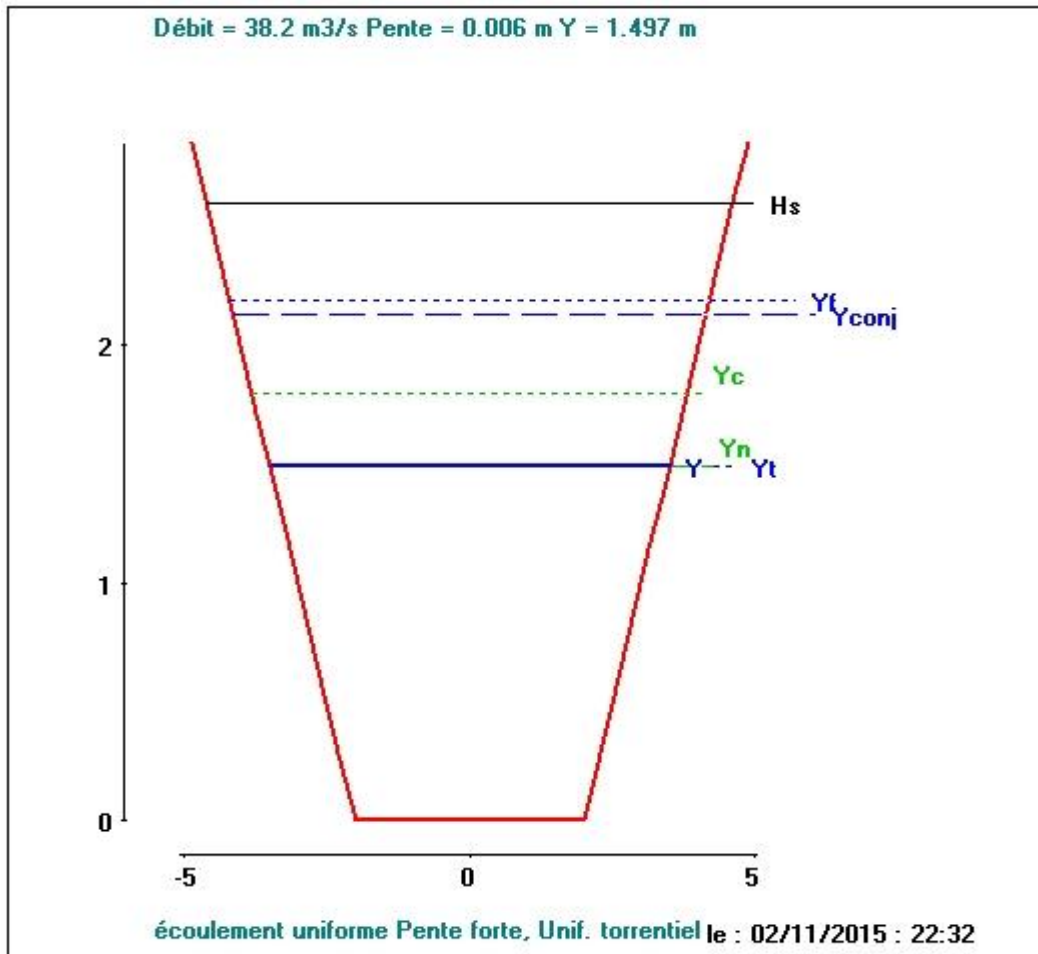


Figure III.12 : coupe transversal de la variante n°03 (canal 21)

III.4.4. Variante n° 04 Mix (pavage + Béton) :

Cette variante consiste en une projection en premier lieu d'un canal en pavage d'une forme trapézoïdale en suivant le tracé du cours d'eau naturel en prenant départ à la zone de dépression qui côtoie les Hangars destinés à l'élevage avicole jusqu'à la zone urbaine là où un canal en béton armé sera projeté jusqu'à la sortie de l'agglomération, et par la suite reprend le canal en pavage. Avec toutefois une rénovation des ouvrages de traversés de routes existants.

Cette variante permet d'agrandir la capacité d'évacuation des eaux de crues centennales, avec une section de forme trapézoïdale.

III.4.4.1. Avantages de la variante n°04 :

- Convient à toutes les dimensions de canaux et à toutes les conditions topographiques climatiques, et d'exploitation, coulage des en usine pourrait être plus économique.
- Eviter le problème d'affouillement et déstabilisation des berges et l'invasion par la végétation ainsi que le dépôt solide.
- Pérennité du béton dépasse les 50 ans et stabilité des berges dans la partie du pavage

III.4.4.2. Inconvénients de la variante n°04 :

Ils sont :

- Cout élevé afin de réaliser le canal en béton armé,
- Réalisation difficile.

III.4.3.3. Calcule hydraulique de la variante n°04 :

Le calcul des paramètres optimums et des paramètres hydrauliques de la variante maçonnerie ont été effectué à l'aide du logiciel Canal 21.

Tableau III.10 : caractéristique de la variante n°04

Cours d'eau à aménager	Débit de projet (M3 /s)	Période de retour	Etat initial du cours d'eau et ouvrages existants	Type d'aménagement adopté
Oued El Mellah.	38.24	100 ans	Cours d'eau à l'état naturel, mal entretenue, non aménagé. (envasement de son lit mineur).	<ul style="list-style-type: none"> • Projection d'un canal en pavage « A1-A2 » à ciel ouvert, de forme trapézoïdale de dimensions. <ul style="list-style-type: none"> ➤ b =4m, h =2m, m=1, L=310m. • Projection d'un canal en béton armé « A2-A3 » à ciel ouvert, de forme trapézoïdale de dimensions. <ul style="list-style-type: none"> ➤ b =4m, h =2m, m=1 L=364m. • Projection d'un canal en pavage « A3-A4 » à ciel ouvert, de forme trapézoïdale de dimensions. <ul style="list-style-type: none"> ➤ b =4m, h =2m, m=1 L=273m.

Les données de la variante n°04 pavage A1-A2 :

- Longueur A1-A2 =310 ml.
- La pente projet est de 0.006m/ml.
- Ks = 60 Canal en pavage.
- Q_{100 ans}= 38.24m³/s
- B=4m, h=2m, m=1

Tableau III. 11 : Les paramètres optimums de la variante n°04 pavage A1-A2

N° du tronçon		Longueur (ml)	Pente du terrain naturel (m/ml)	Pente du projet (m/ml)	Sm max (m ²)	Pm max (m)	Rh max (m)	Q _{ps} (m ³ /s)	V max (m/s)
A1	A2	310	0.0055	0.006	12	9.66	1.24	64.46	5.37

Tableau III.12 : Les paramètres hydrauliques de la variante n°04 pavage A1-A2

N° du tronçon		Q [m ³ /s]	P _m [m]	S _m [m ²]	R _h [m]	H _n [m]	H _c [m]	Fr	Régime	J [m/ml]	V [m/s]
A1	A2	38.24	8.32	10.09	1.2	1.49	1.79	1.2	T	0.006	3.82

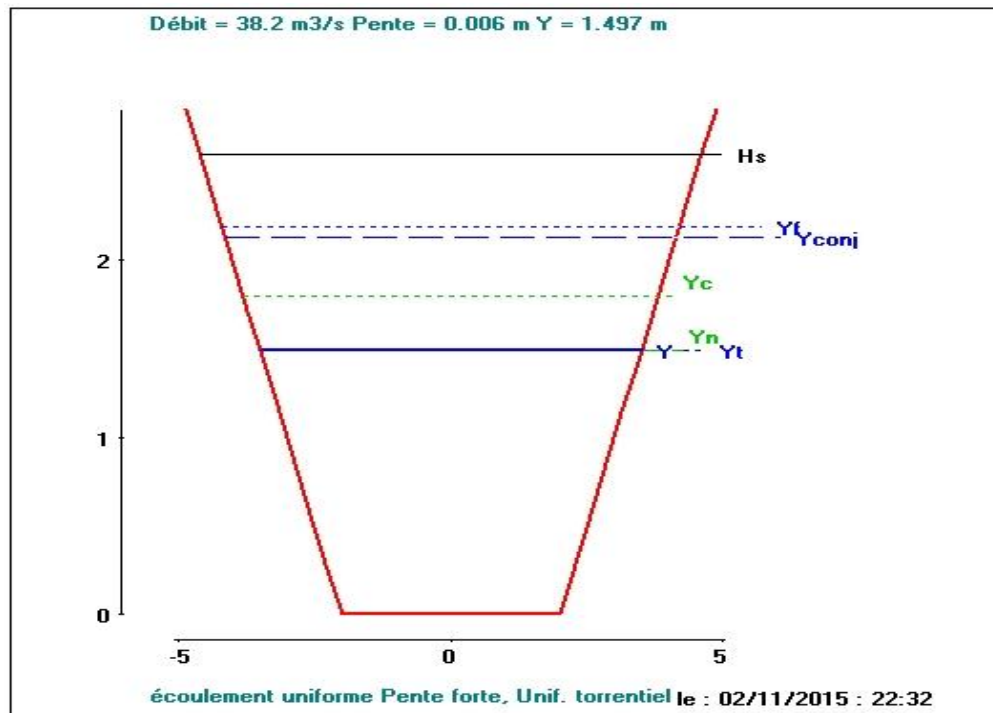


Figure III.13 : coupe transversal de la variante n°04 pavage A1-A2 (canal 21)

Les données de la variante n°04 béton A2-A3 :

- Longueur A2-A3 = 364 ml.
- La pente projet est de 0.006m/ml.
- K_s = 70 Canal en béton armé.
- Q_{100 ans} = 38.24m³/s
- B=4m, h=2m, m=1.

Tableau III. 13 : Les paramètres optimums de la variante n°04 béton A2-A3

N° du tronçon		Longueur (ml)	Pente du terrain naturel (m/ml)	Pente du projet (m/ml)	Sm max (m ²)	Pm max (m)	Rh max (m)	Q _{ps} (m ³ /s)	V max (m/s)
A2	A3	364	0.008	0.006	12	9.65	1.24	65.21	5,43.

Tableau III.14 : Les paramètres hydrauliques de la variante n°04 béton A2-A3

N° du tronçon		Q [m ³ /s]	P _m [m]	S _m [m ²]	R _h [m]	H _n [m]	H _C [m]	Fr	Régime	J [m/ml]	V [m/s]
A2	A3	38.24	8.88	9.61	1.08	1.47	1,79	1.26	T	0.006	3.98

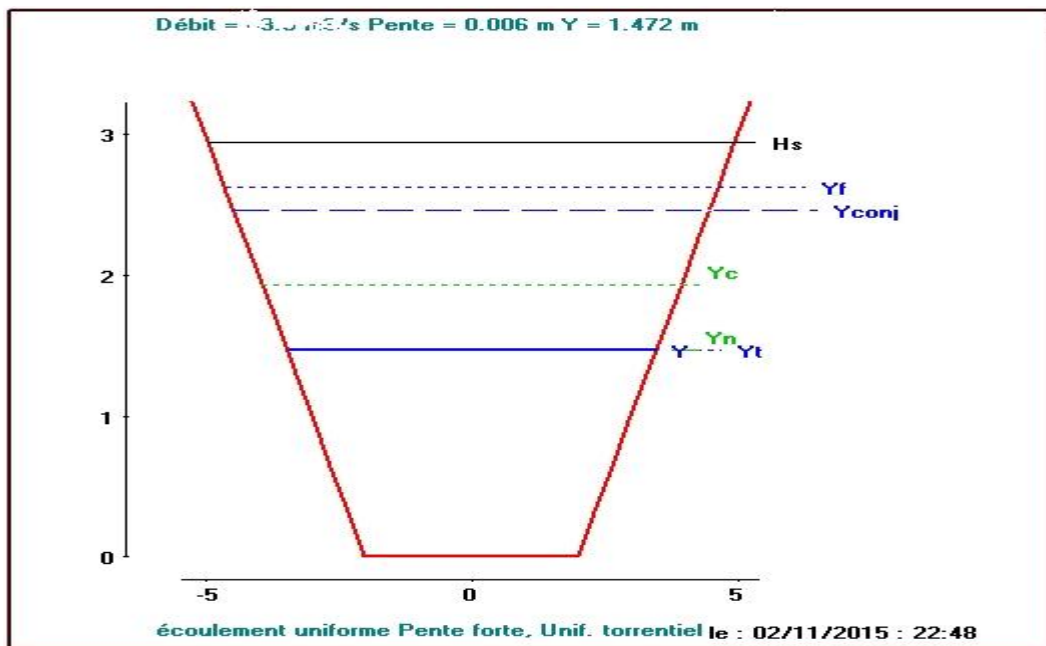


Figure III.14 : coupe transversal de la variante n°04 béton A2-A3 (canal 21)

Les données de la variante n°04 pavage A3-A4 :

- Longueur A3-A4 = 273 ml.
- La pente projet est de 0.006m/ml.
- Ks = 60 Canal en pavage.
- Q_{100 ans} = 38.24m³/s
- B=4m, h=2m, m=1

Tableau III. 15 : Les paramètres optimums de la variante n°04 pavage A3-A4

N° du tronçon		Longueur (ml)	Pente du terrain naturel (m/ml)	Pente du projet (m/ml)	Sm max (m ²)	Pm max (m)	Rh max (m)	Q _{ps} (m ³ /s)	V max (m/s)
A3	A4	273	0.0075	0.006	12	9.66	1.24	64.46	5.37

Tableau III.16 : Les paramètres hydrauliques de la variante n°04 pavage A3-A4

N° du tronçon		Q [m ³ /s]	P _m [m]	S _m [m ²]	R _h [m]	H _n [m]	H _C [m]	Fr	Régime	J [m/ml]	V [m/s]
A3	A4	38.24	8.32	10.09	1.2	1.49	1.79	1.2	T	0.006	3.82

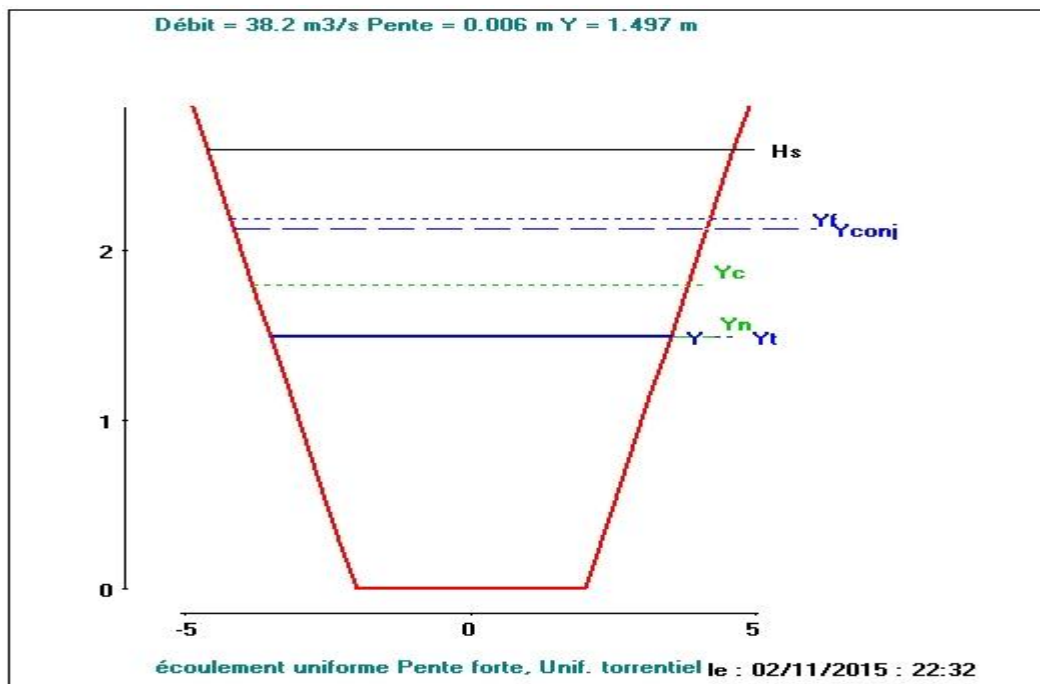


Figure III.15 : coupe transversal de la variante n°04 pavage A3-A4 (canal 21)

III.5. Etude financière comparative des variantes:

Dans cette partie on propose une estimation financière du cout des aménagements proposés. A ce stade de l'étude, nous ne disposons pas de détails suffisants pour estimer les coûts détaillés, l'évaluation des coûts sert à comparer les variantes. Elle est faite au niveau de prix d'ordre globaux. Ce sont les écarts qui permettent les comparaisons.

Les estimations financières des aménagements sont basées sur :

- Des prix d'ordre de terrassement en oued (recalibrage, déblais, remblais),
- Des prix d'ordre de confection maçonnerie ou travaux de génie civil,
- Des prix d'ordre d'ouvrage de franchissement (entre ouvrage préfabriqué et réalisé sur place).

Les estimations ne comprennent pas :

- Les coûts du foncier et des délocalisations.
- Les coûts relatifs à l'entretien et la maintenance des ouvrages.

Les variantes d'aménagement d'Oued El mellah sont:

- Variante 01 : Recalibrage
- Variante 02 : Gabionnage avec un masque en béton
- Variante 03 : Maçonnerie
- Variante 04 : pavage +Béton armé

Les résultantes de cette étude sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau III.17: Estimation financière des variantes pour Oued El Mellah

Variantes	Travaux	Quantités	Unité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
<u>Variante01</u> Recalibrage	Déblais	34900	m ³	180	6 282 000,00
	Remblais	1000	m ³	200	200 000,00
	Evacuation	33900	m ³	200	6 780 000,00
	Total				13 262 000,00
<u>Variante02</u> Gabionnage revêtu en béton	Déblais	53000	m ³	180	9 540 000,00
	Remblais	7800	m ³	200	1 560 000,00
	Evacuation	45200	m ³	200	9040 000,00
	gabion	21400	m ³	3 500	74 900 000,00
	Béton leg armé	970	m ³	250 00	24 2500 00,00
	Géotextile	9715	m ²	200	1 943 000,00
	Total				121 233 000,00
<u>Variante03</u> maçonnerie	Déblais	31000	m ³	180	5 580 000,00
	Remblais	2000	m ³	200	400 000,00
	Evacuation	29000	m ³	200	5 800 000,00
	Maçonnerie	8400	m ³	4 000	33 600 000,00
	Total				45 380 000,00
<u>Variante04</u> pavage + Béton armé	Déblais	26200	m ³	180	4 716 000,00
	Remblais	2000	m ³	200	400 000,00
	Evacuation	24200	m ³	200	4 840 000,00
	pavage	4866	m ³	3 500	17 031 000,00
	Béton armé	1751	m ³	35 000	61 285 000,00
	Béton de propreté	270	m ³	6 500	1 755 000,00
	Total				90 027 000,00

D'après le Tableau III.17 on remarque que le gabionnage revetu en béton (variante 02) présente le cout le plus élevé, tandi-que le Recalibrage (variante 01) est le moins cher.

Remrque : L'étude économique n'est pas une base pour le choix de la variante sans passer par une étude technique afin d'assurer la périnnité de l'ouvrage.

III.5.choix de la variante optimal :

D'après l'étude technico-économique, on a opté pour le pavage + béton (variante 04) car cette dernière :

- Convient à toutes les dimensions de canaux et à toutes les conditions topographiques climatiques, et d'exploitation, coulage en usine pourrait être plus économique.
- Du point de vue pérennité et durée de vie de l'ouvrage cette variante présente un meilleur rendement. Et nous évite le problème d'affouillement et déstabilisation des berges et l'invasion par la végétation ainsi que le dépôt solide, de plus l'entretien de cet ouvrage est plus facile.

III.6.Dimensionnement des ouvrages :

III.6.1.Les traversées routières :

On a projeté deux dalots au piquet A2 et piquet A3.

Le calcul des paramètres hydrauliques des traversées routières ont été effectué à l'aide du logiciel Canal 21.

Les données du ponceau au piquet A2 :

- Largeur = 4ml
- Hauteur =2.00m.
- Longueur = 6,00ml.
- La pente projet est de 0.006m/ml.
- $K_s = 70$ pour un dalot en béton.
- $Q_{100 \text{ ans}} = 38.24 \text{ m}^3/\text{s}$

Tableau III. 18 :Les paramètres hydrauliques du ponceau au piquet A2

B	H	Q	P_m	S_m	R_h	H_n	H_C	Fr	Régime	J	V
[m]	[m]	[m^3/s]	[m]	[m^2]	[m]	[m]	[m]			[m/ml]	[m/s]
4	2.0	38.24	8	8	1.00	1.81	1.90	1.01	T	0.006	3.73

Les données du ponceau au piquet A3 :

- Largeur = 4.0ml
- Hauteur =2.00m
- Longueur = 5.00ml
- La pente projet est de 0.006m/ml
- $K_s = 70$ pour un dalot en béton
- $Q_{100 \text{ ans}} = 38.24 \text{ m}^3/\text{s}$

Tableau III. 19 :Les paramètres hydrauliques du ponceau au piquet A3

B	H	Q	P _m	S _m	R _h	H _n	H _C	Fr	Régime	J	V
[m]	[m]	[m ³ /s]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m]			[m/ml]	[m/s]
4	2.0	38.24	8	8	1.00	1.81	1.90	1.01	T	0.006	3.73

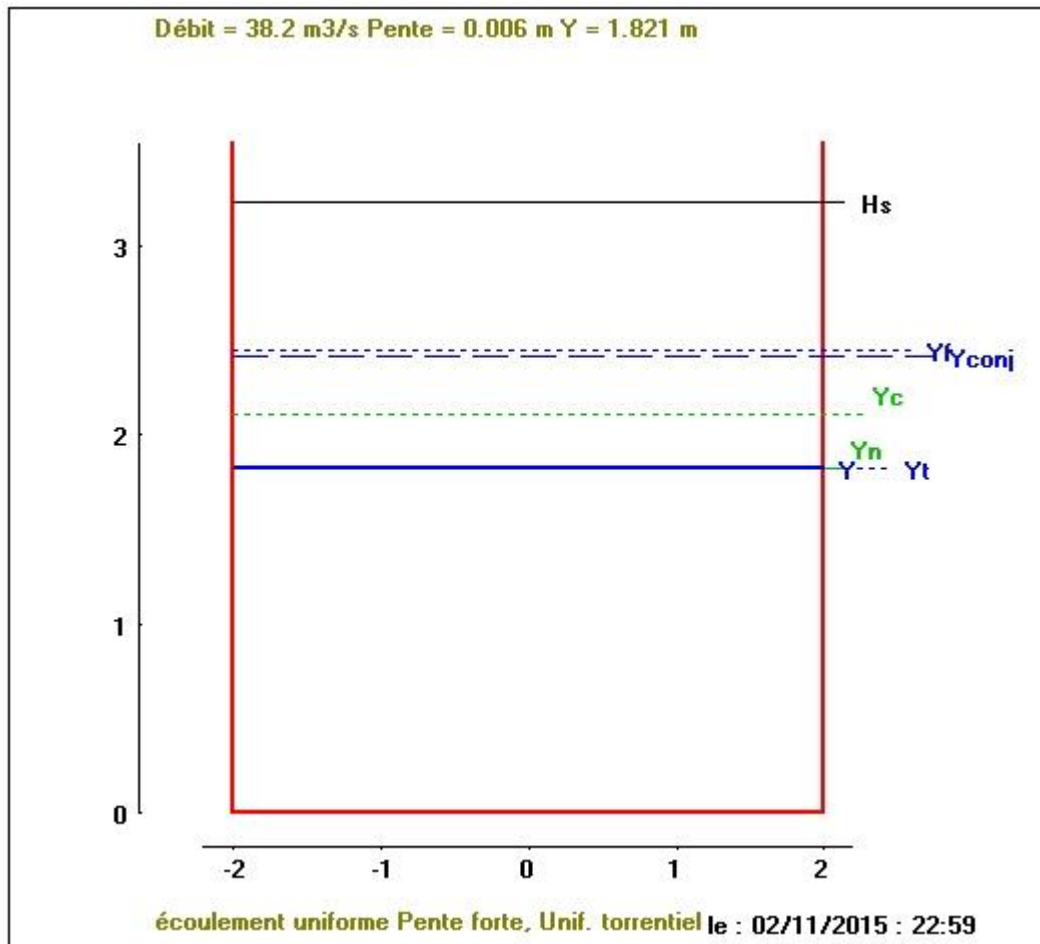


Figure III.16 : coupe transversal du dalots A2 (A3) (canal 21)

III.6.2.Les ouvrages d’entrés (sortie) :

Le rôle de l’ouvrage d’entrée (sortie) en béton, projeté en amont (aval) de chaque canal d’aménagement permet la collecte (évacuer) et la direction des eaux de chaque oued (canal) vers leur canal (exutoire).

La longueur de l’ouvrage d’entrée (sortie) devra être au moins égale à la différence des deux largeurs (L et l).

Le principe de dimensionnement des convergents est comme suit :

Si (L) est la largeur en gueule de la plus grande section et (l) celle de la plus petite, la longueur de l'ouvrage d'entrée sera égale au moins $(L - l)$.

les résultats de dimensionnement sont représenté dans les figures suivants :

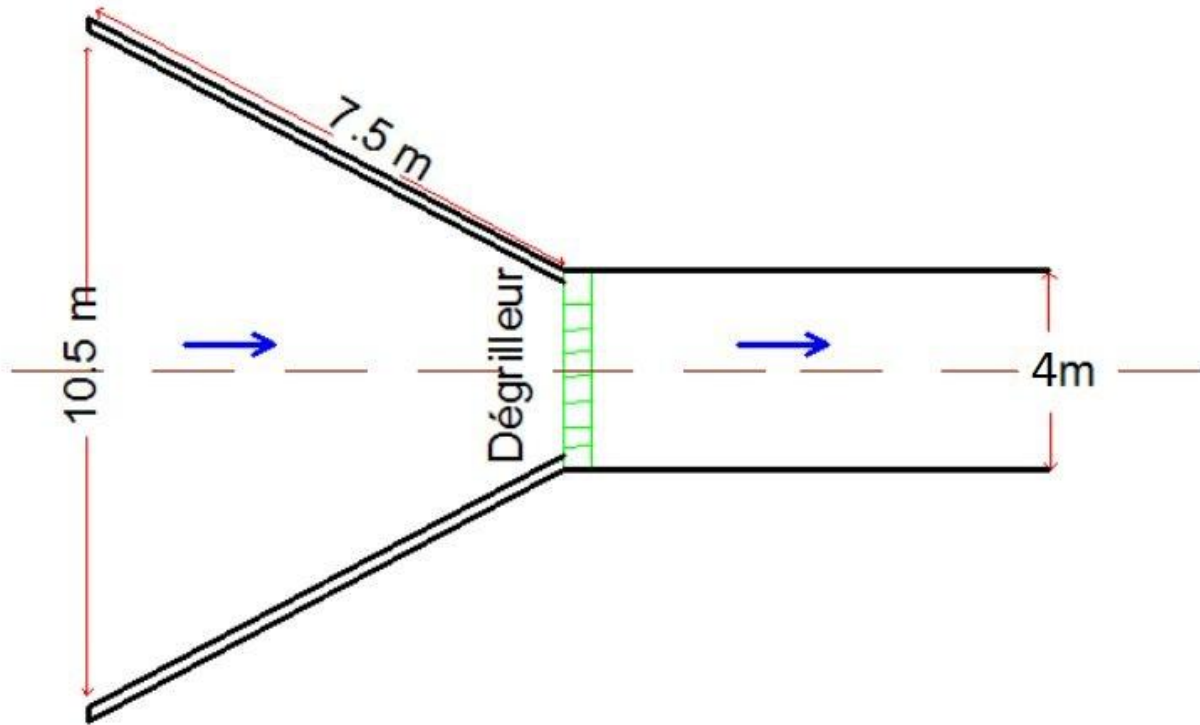


Figure III.17: coupe type de l'ouvrage d'entrée de l'oued Malleh avec ses dimensions.

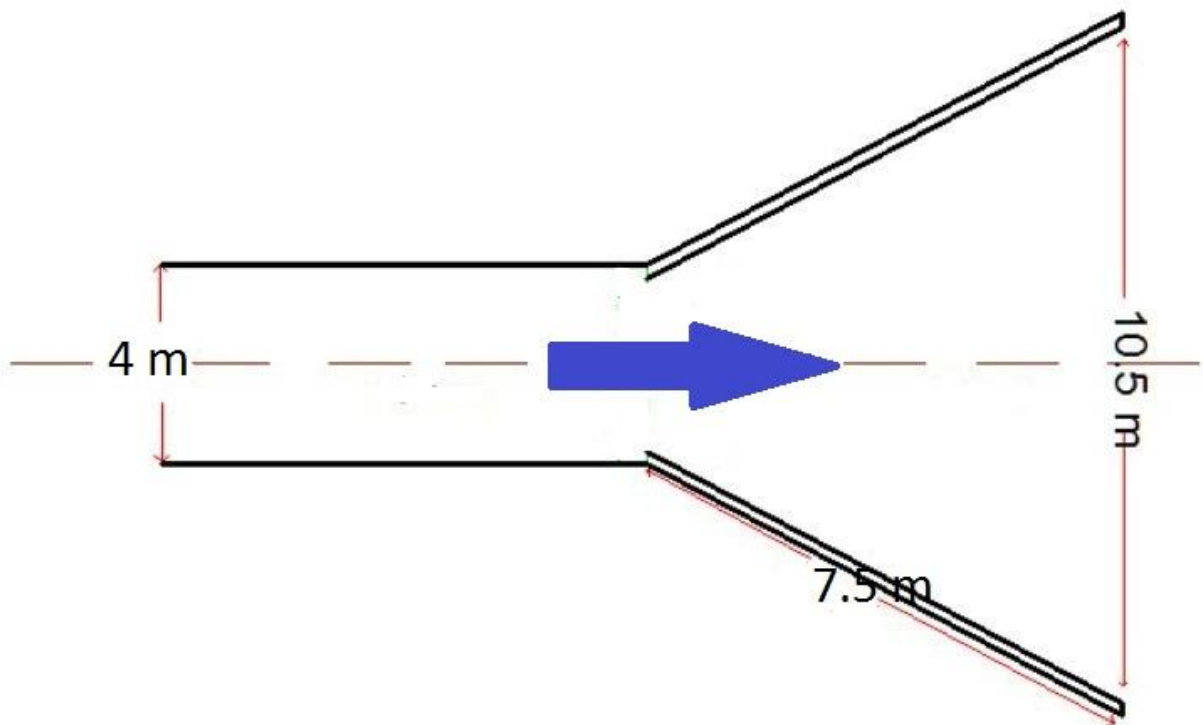


Figure III.18: coupe type de l'ouvrage de sortie l'oued Malleh avec ses dimensions

Recommandations :

- Privilégier les recalibrages en terre et projeter des aménagements en béton dans les zones d'agglomérations et l'enrochement afin de diminuer le transport solide.
- Veiller sur la pérennité de la forme naturelle des berges des oueds en effectuant des campagnes de boisement des talus en vue d'éviter les phénomènes de glissement et d'érosion des terrains.
- Interdiction des dépôts d'ordure, des déchets divers, de matériaux d'excavation.
- Eviter l'urbanisation anarchique dans certains sites, ainsi que les constructions illicites à proximité des oueds.
- Effectuer des campagnes de nettoyage et de curage régulier des ouvrages.

Remarque :

Dans notre étude on n'a pas effectué le calcul du ressaut hydraulique car on n'a pas un changement de section ni un changement de pente, le régime est torrentiel tout au long d'aménagement.

Concernant le phénomène du remous on a remarqué une faible variation de la hauteur normale (2mm) parce que la rugosité entre le béton et le pavage est presque la même, donc on n'a pas besoin d'étudier le phénomène.

Conclusion

Le dimensionnement a été établi en tenant compte des différentes contraintes présentes. Nous avons ressorti un écoulement torrentiel majoritaire le long des canaux d'aménagement, caractérisé par des hauteurs inférieurs à la hauteur critique et des vitesses importantes, qui vont permettre l'évacuation rapide de la crue, sans risque d'érosion et un nombre de Froude variant entre 1 et 1.5.

La transition entre l'aménagement mix (béton+ pavage), est assurée par l'ouvrage d'entrée qui va orienter et diriger les eaux.

A fin évacuer les eaux de la crue du projet, nous avons recommandé de projeter des nouveaux traversées (dalots) à la place des ouvrages vétustes qui fonctionnent mal.

Introduction :

L'organisation de chantier est une démarche visant à gérer de bout en bout pour le bon déroulement d'un projet. Elle nous permet d'avoir une idée sur le coût et le délai de réalisation de notre projet, en basant sur des calculs qui consistent à déterminer les quantités de toutes les opérations effectuées sur terrain pour la réalisation, ensuite les multiplier par le prix unitaire correspond. D'autres parts l'organisation de chantier permet d'apporter une contribution à l'organisation des travaux, qualifiant les choix des engins et de successions des tâches qui influent sur les coûts du projet et son délai d'exécution.

Le but de ce chapitre est de faire une organisation de chantier de projet d'aménagement de l'oued Malleh pour protéger la localité de Ain Feradja contre les inondations.

IV.1 Généralités

IV.1.1 Rôles et responsabilités

Il nous paraît indispensable de rappeler les rôles des différentes personnes amenées à intervenir dans l'acte de construction.

Personne à intervenir	Leur rôle
Le maître de l'ouvrage	C'est une personne physique ou morale pour laquelle s'exécute les travaux, il définit le but à atteindre, et assure le financement.
Le maître d'œuvre	C'est une personne physique ou morale désignée par le maître d'ouvrage pour recevoir l'ouvrage, et assure le contrôle lors d'exécution.
L'entreprise	C'est la réunion des moyens mobiles et immobile et en personnel dont l'objectif est de réaliser les travaux.
L'entrepreneur	C'est une personne physique ou morale, titulaire d'un marché de travaux conclu avec le maître d'ouvrage, chargée de l'exécution des travaux.

IV.1.2 Les moyens de chantier

IV.1.2.1 Les moyens humains

En ce qui concerne les moyens humains pour la réalisation, on doit justifier la mise en œuvre du personnel compétent pour la réalisation des études préalables et pour la construction en précisant leurs titres et leurs compétences.

IV.1.2.2 Les moyens matériels

On distingue le matériel général de terrassement et le matériel de bétonnage.

IV.1.2.2.1 Le matériel de terrassement

Le matériel général de terrassement comprend les engins suivants:

a.1. Pelle mécanique

Engin de terrassement qui convient à tous les types de terrain, dont le rôle est exécution des déblais



Figure IV.1: Pelle à chenilles avec godet à position rétro.

a.2. Le bulldozer:

C'est un engin de terrassement dont le rôle est défrichage, déplier les obstacles, nettoyage de l'oued, comblai les trous et de tresser les talus.



Figure IV.2: bulldozer

a.3. Chargeur à pneu ou à chenilles:

Ce sont des tracteurs sur lesquelles on monte à l'avant deux bras articulés actionnés par des vérins et portant un godet.



Figure IV.3: chargeur pneumatique

a.4. Camion à benne:

Ce sont des véhicules lourds porteurs et tracteurs de terre et de marchandises.



Figure IV.4:Camion à benne

IV.1.2.2.2 Le matériel de bétonnage

On utilise le plus souvent des bétonnières, ce sont des machines servant à malaxer les différents constituants du béton (ciment, sable, gravier, eau) nécessaire pour la construction des canaux en béton.



Figure IV.5: Bétonneuse.

IV.1.3 Installation du chantier

IV.1.3.1 Installations destinées au personnel

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

IV.1.3.2 Installation destinées au stockage des matériaux

Pour les ciments nous utilisons soit des silos, soit des baraquements en bois ou en métal, les agrégats sont stockés en plein air, seulement nous prévoyant un cloisonnement entre les différents types d'agrégats pour éviter leur mélange et de ce fait faciliter le dosage du béton.

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

IV.2 Succession des opérations du chantier

IV.2.1 Travaux préparatoires

Aménagement des pistes de circulation des engins et des aires de stockage de matériaux de construction.

L'abattage des arbres les roseaux.

La démolition et/ ou le démontage des constructions et /ou clôtures.

IV.2.2 Exécution de l'ouvrage

Ils consistent essentiellement en:

- Le piquetage d'implantation pour le terrassement.
- L'exécution des déblais et des remblais.
- Exécution de la couche du gravier.
- Exécution de la couche du béton de propreté.
- Exécution de béton armé. Pour les canaux trapézoïdaux :
 - Ferrailage des parois.
 - Coffrage des parois.
 - Bétonnage des parois.
 - Décoffrage des parois.
- Réalisation de pavage.
- Exécution d'ouvrage d'entrée en béton armé
- Exécution d'ouvrage de sortie en béton armé.

IV.3 Détermination des différents volumes

IV.3.1 Volume des déblais des tranchés

Le volume de déblai est donné directement par le logiciel Covadis, pour chaque tronçon compris entre deux sections transversales.

IV.3.2 Volumes des remblais des tranchés

Le volume de remblai pour chaque tronçon est obtenu avec la même méthode

IV.3.3 Volume du lit du gravier

IV.3.3.1 Pour les canaux

$$V_{lg} = d_g * L * b_{radier} \dots\dots\dots IV.1$$

Avec:

V_{lg} : Volume du lit du gravier (m³).

d_g : Epaisseur de la couche de gravier (= 10 cm).

L: Longueur totale du tronçon (m).

b_{radier} : Largeur de radier en (m).

IV.3.3.2 Pour les ouvrages d'entrés (sortie)

$$V_{lg} = [(B + b) * h / 2] * d_{lg} \dots\dots\dots IV.2$$

Avec:

B: Largeur en amont de l'ouvrage.

b: Largeur en aval de l'ouvrage.

h: distance verticale entre l'amont et l'aval.

IV.3.4 Volume du lit de propreté

IV.3.4.1 Pour les canaux

$$V_{bp} = d_{dp} * L * b_{radier} \dots\dots\dots IV.3$$

Avec:

V_{bp} : Volume du béton de propreté (m³).

d_{bp} : épaisseur de la couche de béton de propreté (= 10 cm).

b_{radier} : Largeur de radier (m).

L: Longueur totale de la tranchée (m).

IV.3.4.2 Pour les ouvrages d'entrés

$$V_{lg} = ([(B + b) * h] / 2) * d_{bp} \dots\dots\dots IV.4$$

IV.3.5 Volume du béton armé

IV.3.5.1 Pour les canaux

$$V_{B.A} = d_{B.A} * l * (P_{exte} + P_{inte}) / 2 \dots\dots\dots IV.5$$

Avec:

$V_{B.A}$: Volume de béton armé (m³).

$d_{B.A}$: Épaisseur de la couche de béton armé (= 20 cm).

l: Longueur de tranchée (m).

P_{exte} : Périmètre extérieur du canal trapézoïdal (m).

P_{inte} : Périmètre intérieur du canal trapézoïdal (m).

IV.3.5.2 Pour les ouvrages d'entrés

$$V_{lg} = ([(B + b) * h] / 2) * d_{B.A} \dots\dots\dots IV.6$$

IV.3.6 Volume du pavage

$$V_{P.C} = [(2 * h * \sqrt{2})] * l * d_{p.c} \dots\dots\dots IV.7$$

$V_{P.C}$: Volume du pavage (m³).

h: La hauteur verticale du canal(m).

$d_{p.c}$: Épaisseur du pavage (= 0.25 m).

Le tableau suivant récapitule l'ensemble des calculs des différents volumes des matériaux à utiliser dans la conception des ouvrages constituant le projet :

Tableau IV.1: Volume des travaux de l'oued Malleh

Désignation des travaux		Unité	Quantité
Travaux de terrassements			
Oued el malleh	exécution de déblai	m ³	26000
	exécution de remblai	m ³	2000
	evacuation	m ³	24200
Travaux des lits			
Oued el malleh	Lit de gravier (14/25 mm)	m ³	130
	Lit de béton de propreté	m ³	130
Les ouvrages d'entrés	Lit de gravier (14/25 mm)	m ³	22
	Lit de béton de propreté	m ³	22
Les ouvrages de sorties	Lit de gravier (14/25 mm)	m ³	22
	Lit de béton de propreté	m ³	22
Travaux de béton armé			
Oued el malleh	béton dosé à 350 kg/m	m ³	1750
Les ouvrages d'entrés	béton dosé à 350 kg/m	m ³	44
Les ouvrages de sorties	béton dosé à 350 kg/m	m ³	44
pavage			
Oued el malleh	pierre + béton	m ³	4900

IV.4. Devis quantitatif et estimatif des travaux

Tableau IV.2: Le devis des différents travaux de l'oued Malleh

Désignation des travaux		Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
Travaux de terrassements					
Oued el malleh	exécution de déblai	m ³	26000	180	4680000
	exécution de remblai	m ³	2000	200	400000
	evacuation	m ³	24200	200	4840000
Travaux des lits					
Oued el malleh	Lit de gravier (14/25 mm)	m ³	130	2500	325000
	Lit de béton de propreté	m ³	130	6500	845000
Les ouvrages d'entrés	Lit de gravier (14/25 mm)	m ³	22	2500	55000
	Lit de béton de propreté	m ³	22	6500	143000
Les ouvrages de sorties	Lit de gravier (14/25 mm)	m ³	22	2500	55000
	Lit de béton de propreté	m ³	22	6500	143000
Travaux de béton armé					
Oued el malleh	béton dosé à 350 kg/m	m ³	1750	35000	61250000
Les ouvrages d'entrés	béton dosé à 350 kg/m	m ³	44	35000	1540000
Les ouvrages de sorties	béton dosé à 350 kg/m	m ³	44	35000	1540000
Pavage					
Oued el malleh	pierre + béton	m ³	4900	3500	17150000
Montant HT DA					92966000
TVA 17% DA					15804220
Total TTC DA					108770220

Conclusion :

D'après ce travail on peut conclure que l'organisation de chantier est nécessaire avant le commencement des travaux, car elle nous permet de définir tous les volumes des travaux nécessaires pour l'exécution du chantier. D'autre part on peut avoir une information sur le coût total de projet

Introduction

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

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

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

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

V.1. Les Causes des accidents

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

Les causes sont la somme des différents éléments classés en deux catégories : les facteurs matériels et les facteurs humains

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

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

De la profession en général et du poste de travail en particulier ;

De la nature de la forme des matériaux mis en œuvre ;

Des outils et machines utilisés, implantation, entretien ;

De l'exécution du travail, difficultés particulières ;

Du lieu de travail, conditions climatiques ;

Des conditions d'hygiène et de sécurité, ventilation, protection etc....

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

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

V.2. Les actions et conditions dangereuses

-Intervenir sans précaution sur les machines en mouvement.

Ex: Graisser un engin en marche.

- Imprudence durant les opérations de stockage et manutention.

Ex: Passer sous une charge suspendue (lors de la pose des tubes et des caniveaux) dans la tranchée.

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

Ex: ramasser un outil à proximité d'un conducteur sous tension.

-Ne pas utiliser l'équipement de protection individuelle.

Ex: ne pas porter un masque et une paire de gants lors de la construction des canaux.

-Adopter une position peu sûre.

Ex: transport du personnel sur la plate –forme d'un camion chargé de gros matériel.

-Suivre un rythme de travail inadapté.

Ex: cadence de travail trop rapide.

-Outillage, engin, équipement en mauvais état.

Ex: échelle dont les barreaux cassés ont été remplacés par des planches clouées.

-Défaut dans la conception, dans la construction.

Ex: installation électrique en fil souple.

-Eclairage défectueux.

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

-Conditions climatiques défavorables.

V.3. Organisation de la prévention des accidents du travail

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

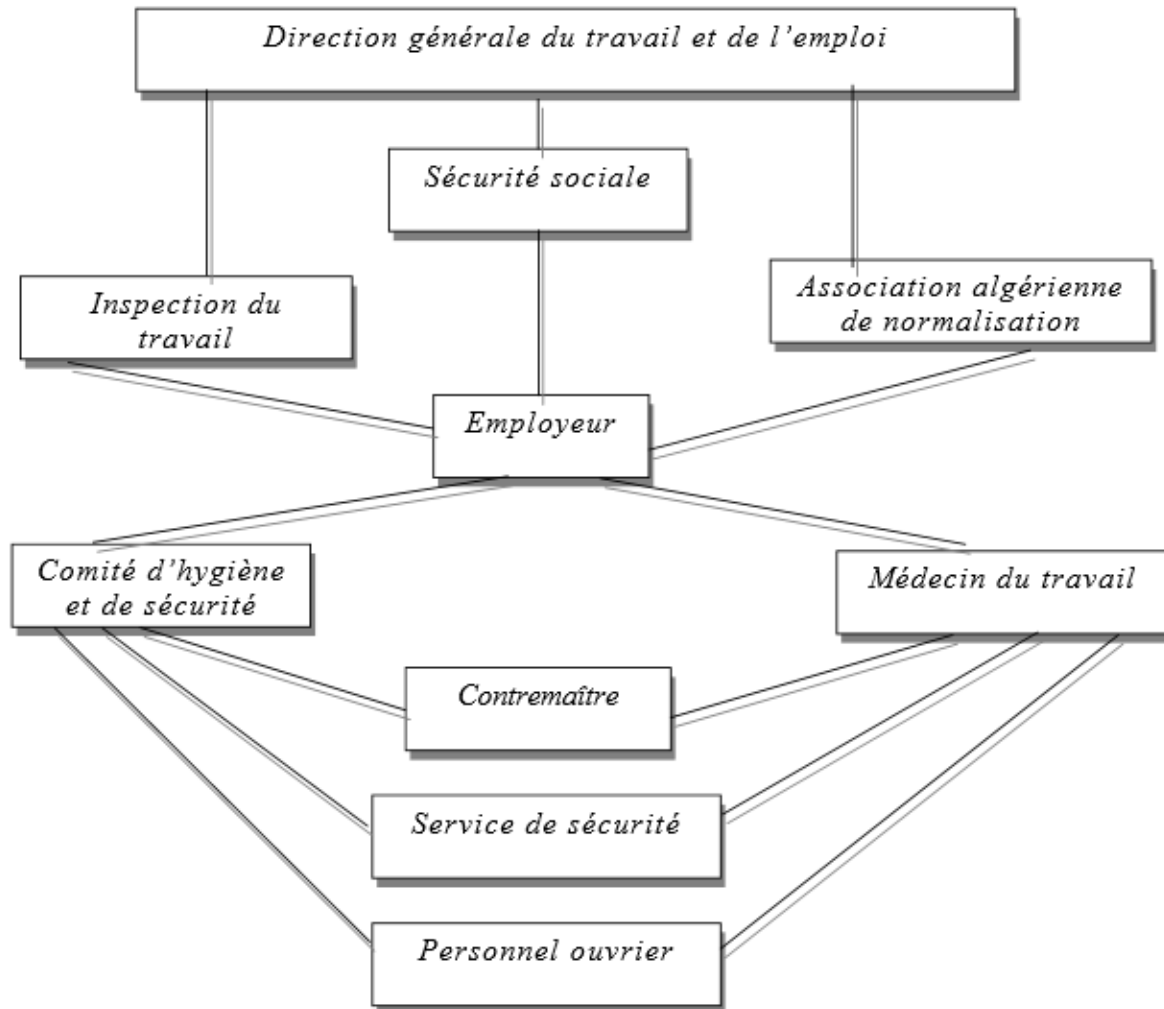


Figure V.1 : Organisation de la prévention des accidents du travail

Le contre-maître constitue le maillon essentiel de la chaîne de prévention des accidents du travail. Vu sous l'angle de la protection du personnel, le rôle du contre-maître revêt trois aspects importants, pédagogique, de surveillance, de suggestion. Parmi les principales fonctions du service de protection :

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

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

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

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

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

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

- Correspondre au danger considéré ;
- Être pratique et confortable ;
- Être solide

Conclusion

La prévention devrait tendre à ne plus être conçue comme un correctif et s'appuyer uniquement sur des critères défensifs. Avec les avancées du progrès technique et scientifique, on doit pouvoir en saisir les acquis pour renverser la tendance, c'est à dire faire de la prévention une action offensive pour qu'il n'y ait plus de risques. A cet effet, il convient d'accorder d'avantage d'intérêt aux aspects éducationnels de l'homme au travail afin de lui permettre une grande maîtrise de l'outil de production et une plus grande adaptation à son environnement.

Conclusion générale

La protection contre l'inondation est de :

- Protéger les vies humaines ;
- Protéger les biens publics et privés ;
- Désenclaver la ville à protéger ;
- Créer des nouveaux espaces pour l'urbanisme et promouvoir le développement local.

C'est pour ces multiples raisons que nous nous sommes occupés de cette question 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.

Ainsi nous avons pris comme région d'étude la ville d'Ain Ferradja et nous avons scindé notre travail en trois étapes essentielles, La première consiste à l'analyse des données topographiques et hydrologiques de la ville.

Par la suite, dans la deuxième partie, nous avons élaboré une projection d'un canal mix (pavage +béton), Cette projection doit s'assurer une protection des populations et de leurs biens contre les inondations.

Dans la troisième et ultime partie, nous sommes parvenus à élaborer le plan de réalisation du projet en premier lieu. En second lieu nous avons préconisé les règles de sécurité de travail pendant la réalisation des différents ouvrages.

Afin d'assurer la durabilité et le bon fonctionnement de nos ouvrages, nous espérons que les travaux d'entretien et de maintenance seront pris en considération.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- . [1] TOUAIBIA, B 2004 Manuel Pratique d'Hydrologie.
Presses Madani Frères. Blida. Algérie.
- . [2] LEDOUX BRUNO, 2001 La gestion du risque inondation.
Ed. TEC & DOC.
- . [3] LABORDE. J.P juin 1987 Élément d'hydrologie de surface.
 - . Tome 1 : Le milieu hydrologique- l'acquisition des données.
 - . Tome 2 : Critique et analyse statistique des données hydrologiques.
- . [4]CARLIER, M 1986 Hydraulique générale et appliquée.
Ed. Eyrolles.
- . [5]WALTER H.GRAF en collaboration avec M.S ALTINAKAR,
HYDRAULIQUE FLUVIALE (1993).
- . [6] BOURIER, Régis 1991 Les réseaux d'assainissement.
Ed. Lavoisier Tec & Doc.
- . [7]NEDELEC .Y 1998 ACTIVITES RURALES ET INONDATIONS.
Connaissances et bonnes pratiques.
- . [8] BOUDJERDA, M 2003 Étude de protection de la ville de Fouka (W.Tipaza), ENSH.
- . [9] BENAMOUR, M. 2010 Protection de la ville de BOUARFA (W. de BLIDA) contre les inondations, ENSH.
- . [10] M. FERHAT HELLAL, 1998 Évaluation des eaux pluviales et des eaux usées de la Z.H.U.N piémont d'OULED AICH (W.BLIDA); ENSH.
- . [11]HASSANE.M Manuel pratique d'hydraulique.
- . [12] B.BENLAOUKLI. COURS ORGANISATION DE CHANTIER 5^{IE}M ANNÉE ;
ENSH BLIDA .ALGÉRIE 2008-2009.
- . [13]BENHAFID Med SAID .COURS PROTECTION ET SECURITE DE TRAVAILLE
5^{IE}M ANNÉE; ENSH BLIDA .ALGÉRIE 2008-2009.

REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE

(Diagnostic des cours d'eau)

Annexe 1

Photo N°01

Vue en amont d'oued El-Mellah pendant la saison sèche (photo prise à l'amont).



Photo N°02

Cheminement du cours d'eau principal d'oued El Mellah dans un lit de faible profondeur. Chaque forte crues, engendre l'augmentation de la section de l'oued, se qui provoque l'affouillement des berges, et par conséquent l'accumulation des divers dépôts dans le lit de l'oued.



Annexe 1

Photos N°03,04

Photo N°03 prise à l'amont de l'ouvrage de traversée N°01. Le cours d'eau d'oued El-Mellah traverse la route menant de laâyoune vers Sidi Boutouchent, sous passage busé (2*Ø1000mm), et suit son cheminement vers l'aval.

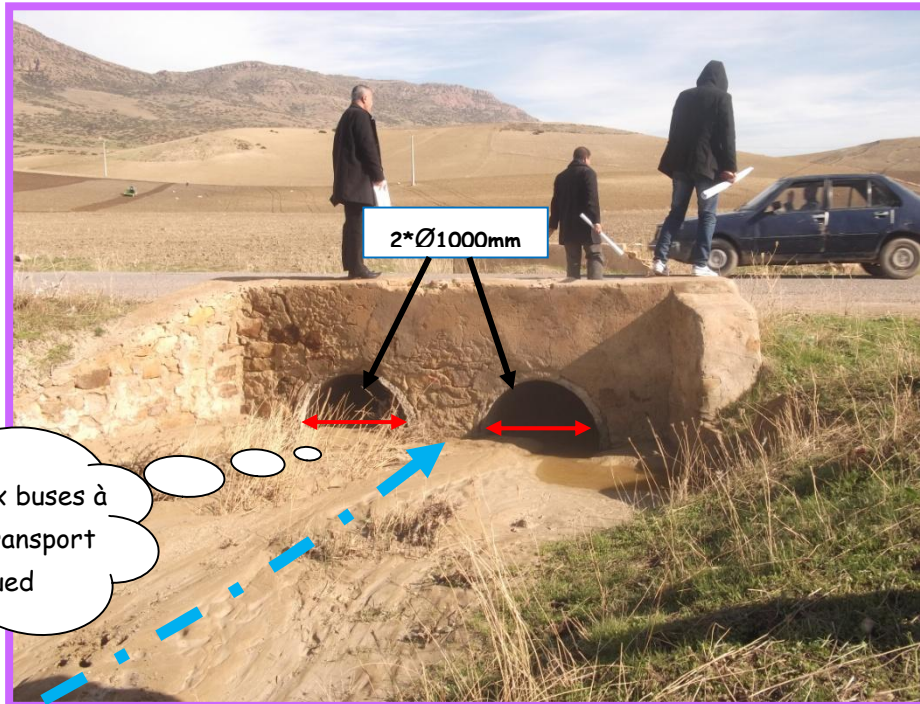


Photo N°04 prise à l'aval de l'ouvrage de traversée.

Obstruction de l'une des buses par le transport solide et bouchage total de l'autre à cause des dépôts d'excréments d'animaux à l'aval de l'ouvrage.



✚ L'ouvrage nécessite un curage et un entretien en extrême urgence.

Annexe 1

Photo N°05

« Photo prise en période sèche ».

Le cours d'eau continue son cheminement à l'aval de l'ouvrage de traversée N°01.



Photo N°06

« Photo prise après les précipitations d'une intensité moyenne ».

À l'aval de l'ouvrage de traversée précédent; Envasement du lit mineur d'oued El Mellah, ce qui provoque l'obstruction total de ce dernier par des divers dépôts.



Photos N°7 et 8

Le cours d'eau d'oued El-Mellah continue son expansion cheminement ; l'**Absence du lit de Oued El Mellah au niveau des terrains agricoles.**

Cette situation provoque l'inondation des terrains agricoles, par conséquence une perte des cultures en place qui est le revenu principale des agriculteurs de la région.

Photo N°7 Absence du cheminement de Oued El Mellah au niveau des hangars à l'entré du centre urbain (Zone inondable) On a enregistré une perte totale de la volaille élevée dans ces hangars après les inondations de 2008



Les fortes crues frappent les hangars destinés à l'élevage avicole.



Photo N°9

Ruissellements abondants suivant les pentes accentuées. Ce qui provoque le charriage des terres, et stagnations des résidus dans le lit d'Oued dans la zone plate plus basse.



Photo N°10

A l'amant de Ain Ferradja Les ruissellements longent des habitations et provoquent des grandes dégâts après chaque forte crues. On signal la présence d'un système de protection mis en place par les services de l'APC, comme solution provisoire.



Photo N°11

Tranchée creusée pour éloigner le flux d'Oued El Mellah a l'aval des hangars.



Photos N°12 et 13

Photos prises à l'aval de l'ouvrage de traversé N°02.
Désobéissance du domaine publique Hydraulique (DPH); en utilisant les rives de l'Oued comme dépotoir et décharge publique





Photo N°14

Photos prise juste avant le point de confluence d'Oued El Mellah avec chabaat El Djenane, le cours d'eau ne dispose d'aucun aménagement d'évacuation des crues, ce qui constitue un danger pour les terrains voisins, donc il est indispensable de prévoir un aménagement hydraulique dans cette partie.



Photo N°15

Le cours d'eau d'oued El Mellah ne dispose d'aucun aménagement d'évacuation des crues sauf un petit tronçon en maçonneries, au point de confluent avec chaabet El Djennane.

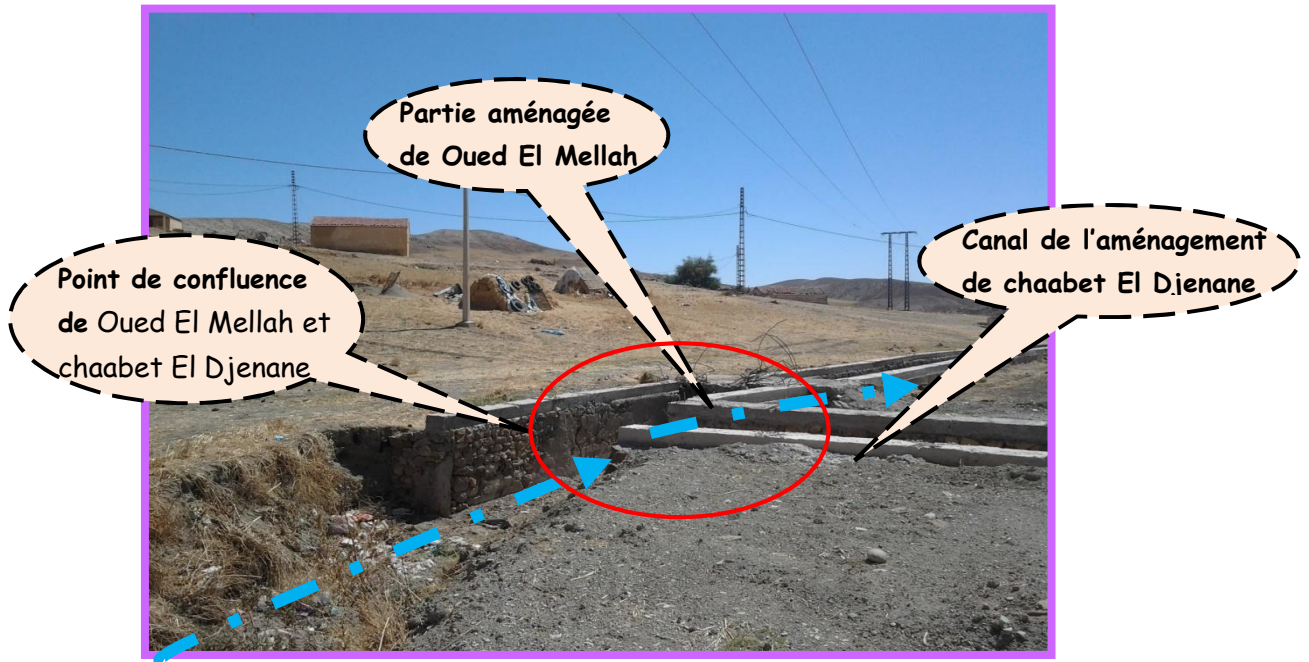
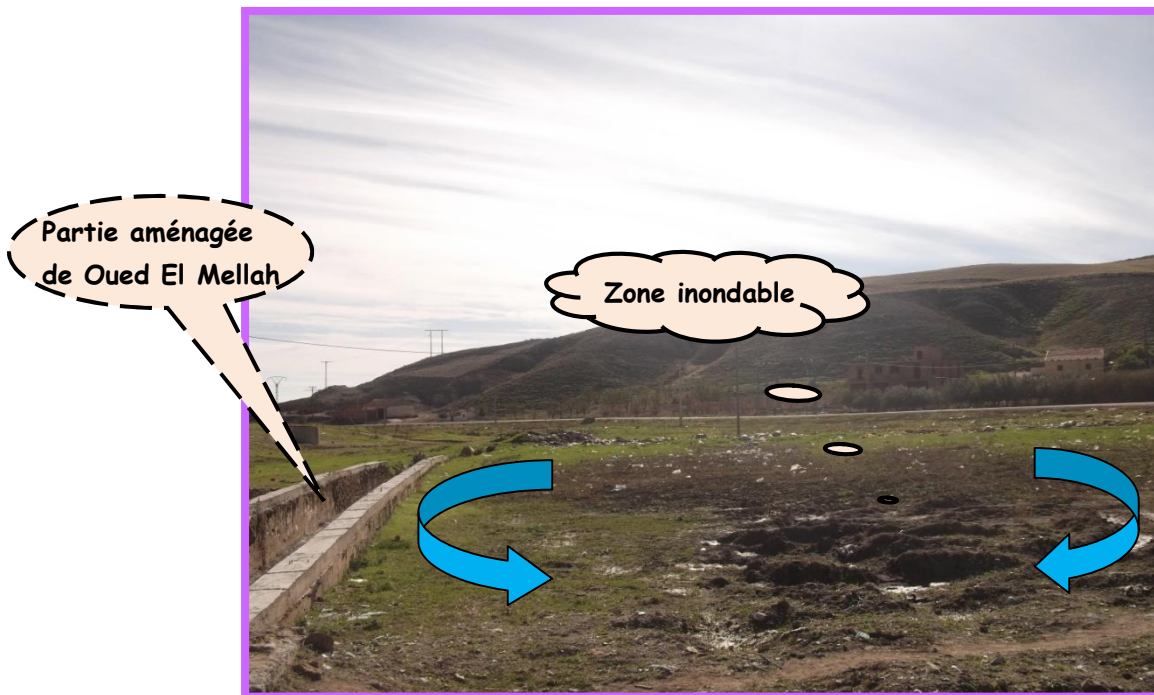


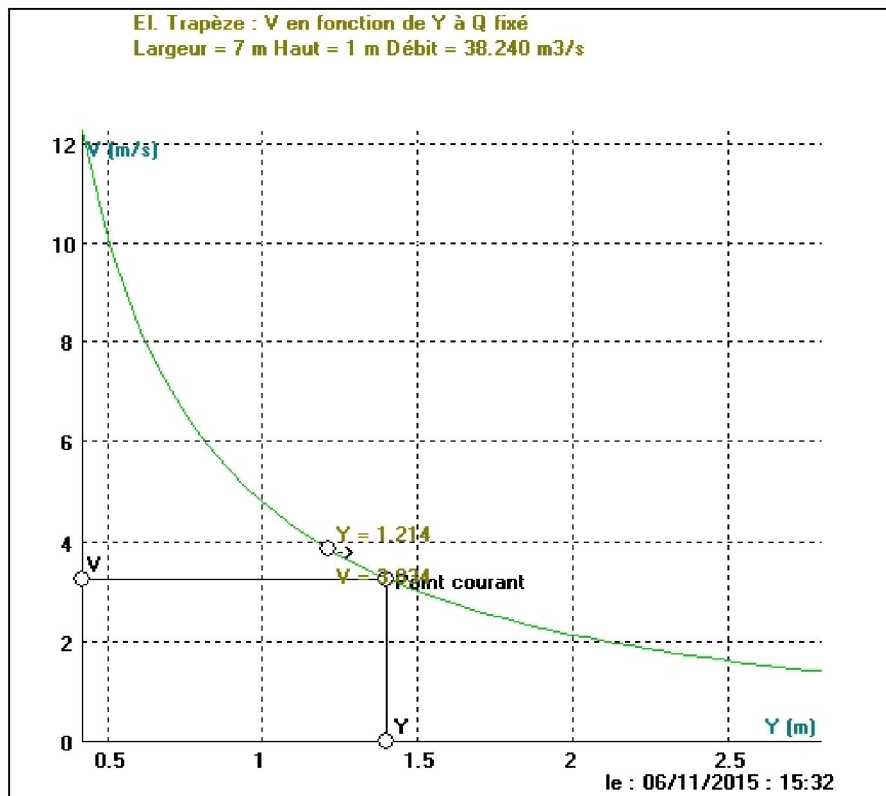
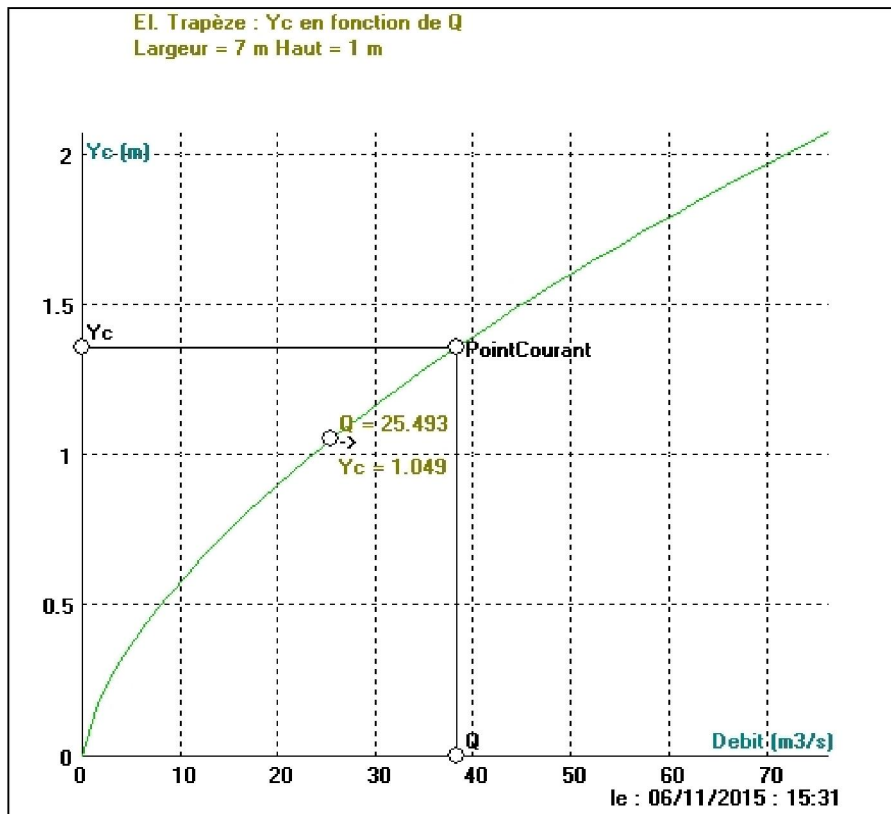
Photo N°16

Photos prise sur la rive droite de Oued El Mellah. Stagnation des eaux, après chaque période pluvieuse dans les zones plates.

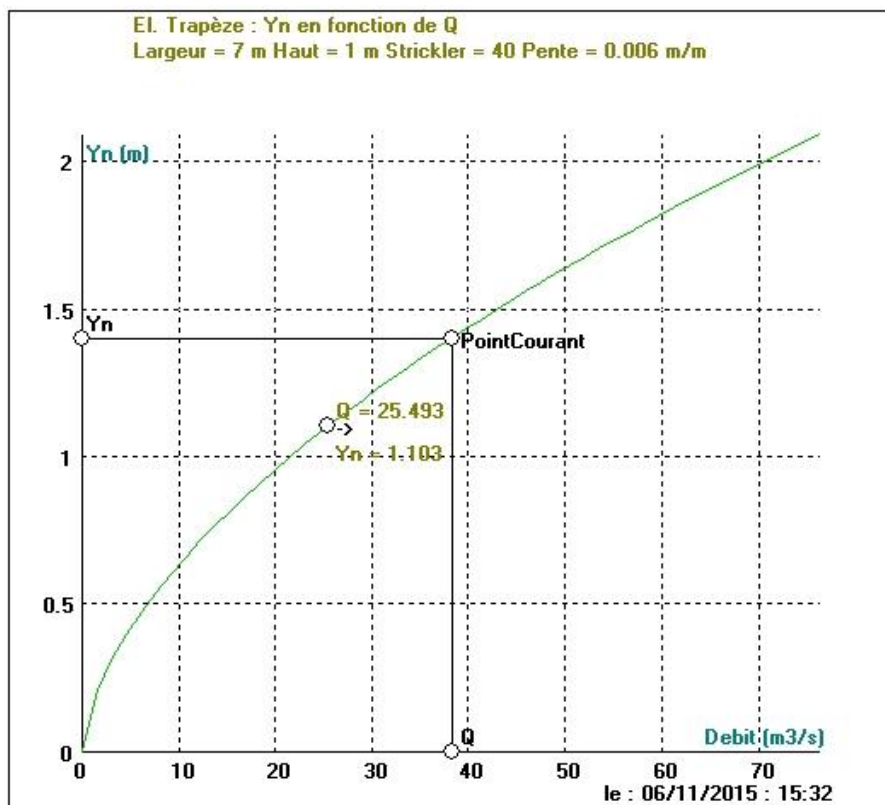
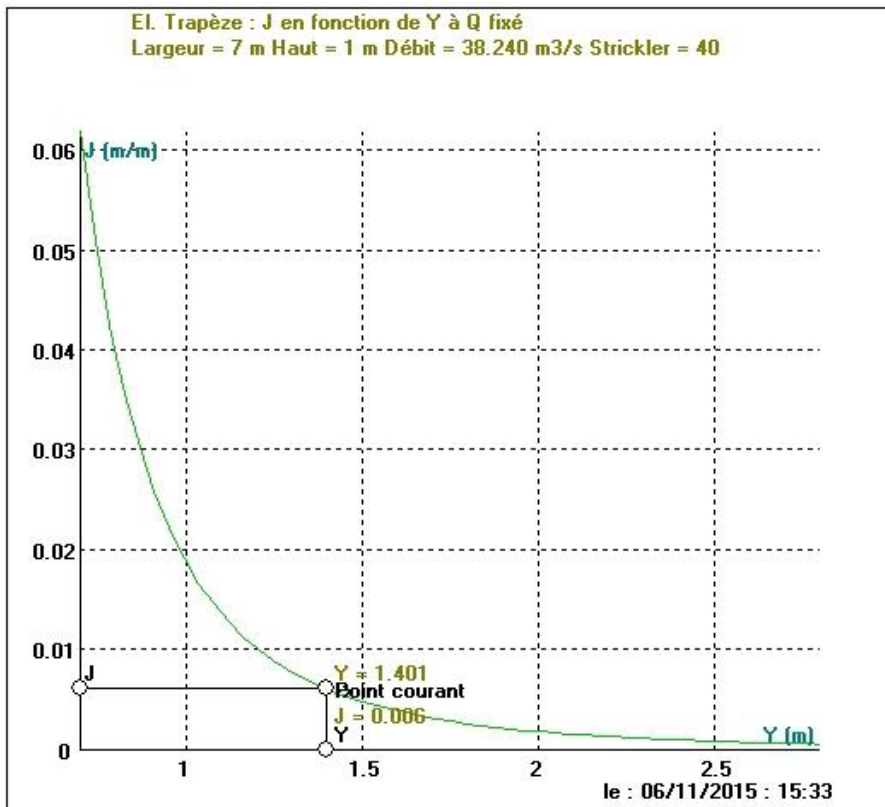


Annexe 2

Les résultats du logiciel Canal21

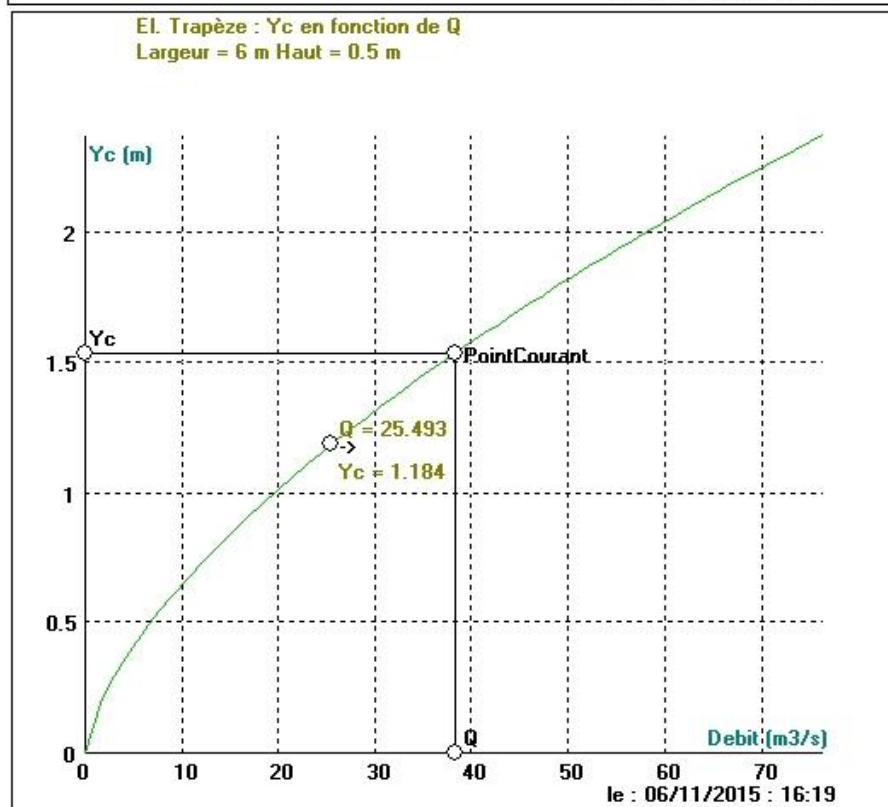
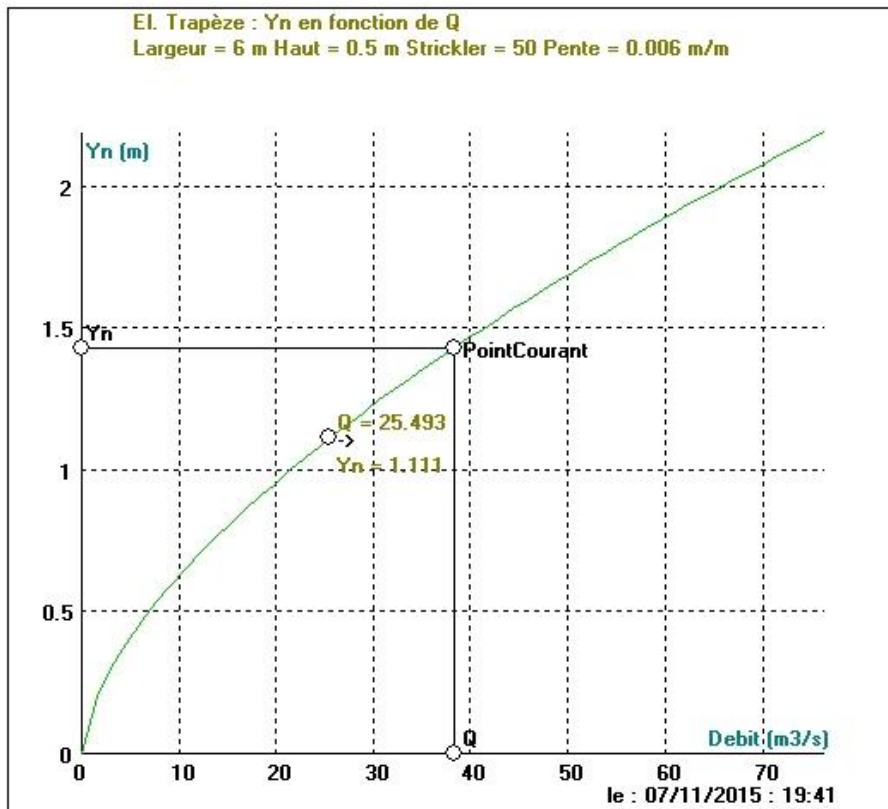


Annexe 2

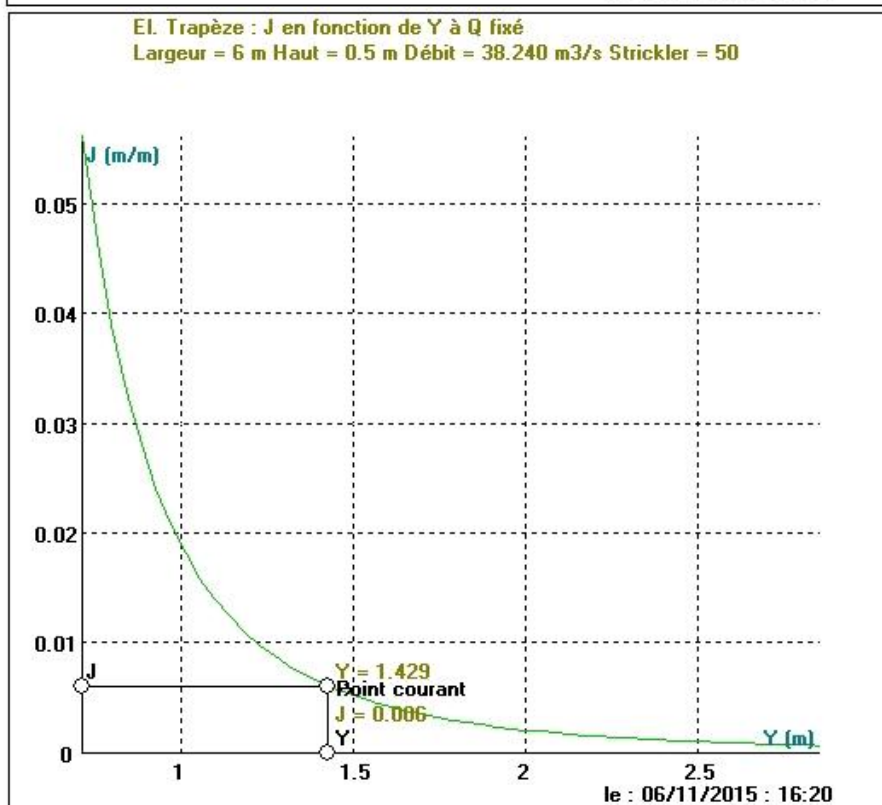
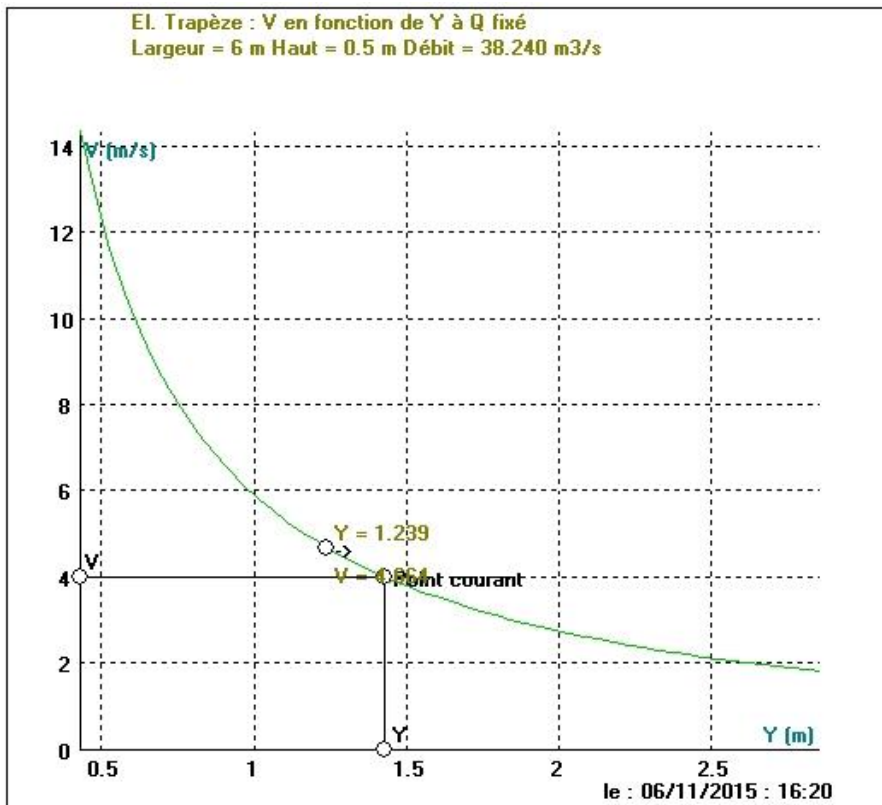


Les différentes courbes d'aménagement recalibrage.

Annexe 2

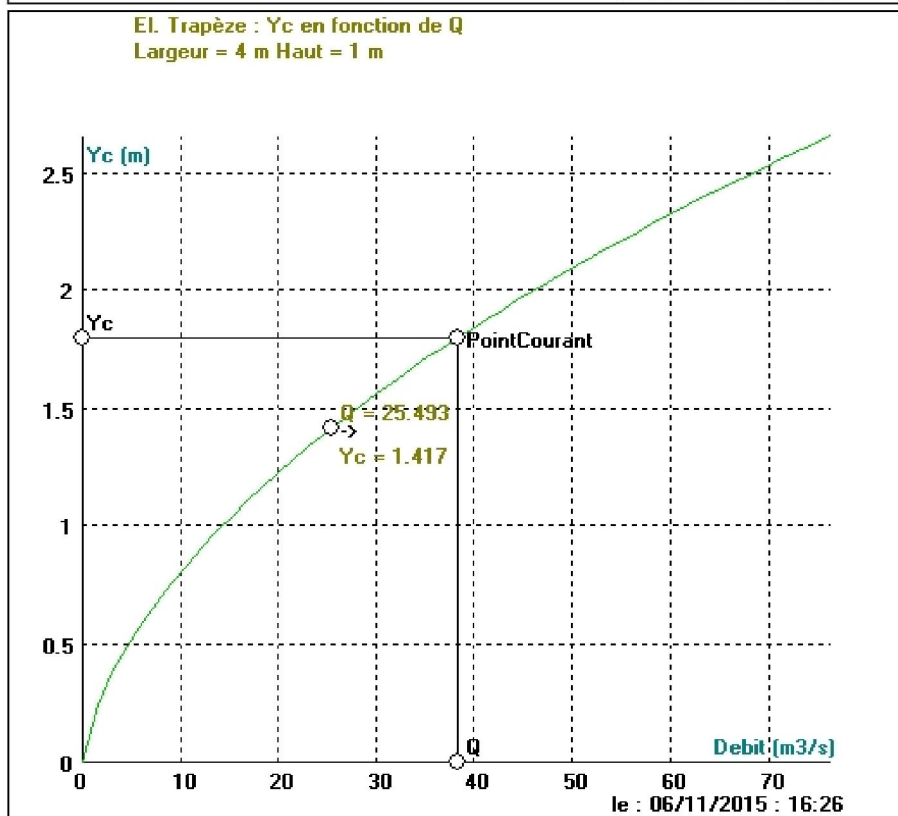
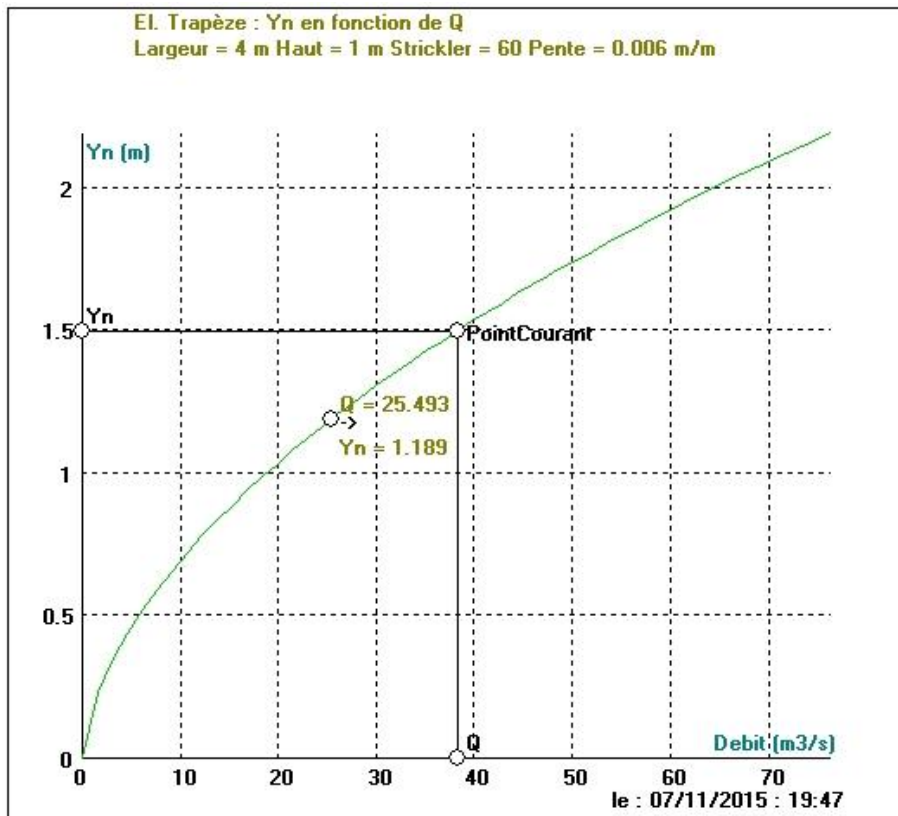


Annexe 2

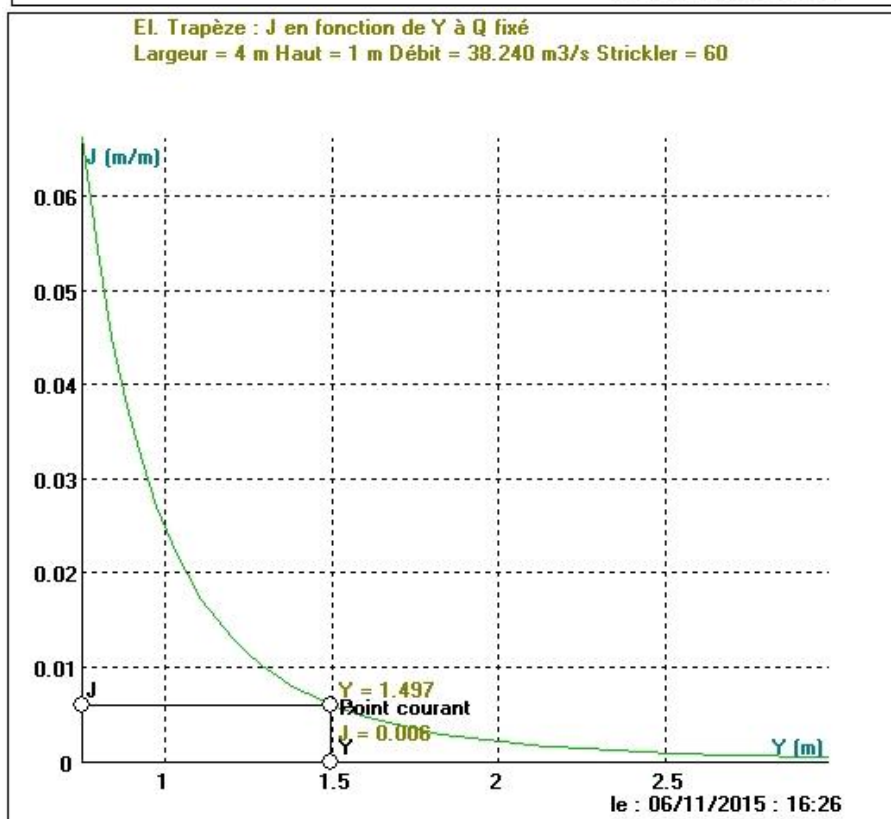
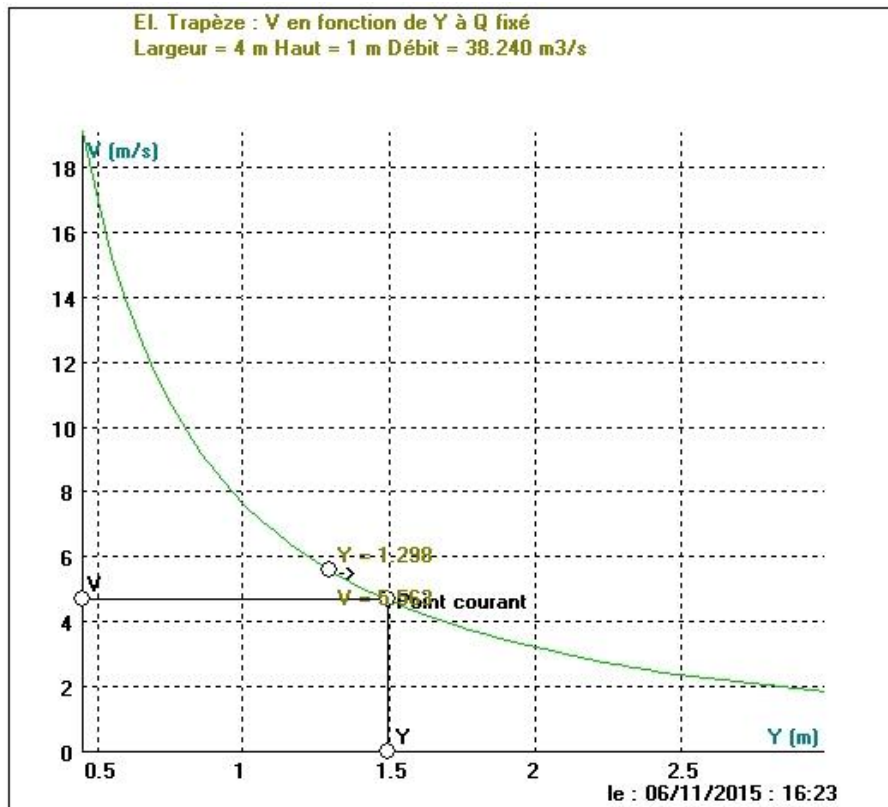


Les différentes courbes d'aménagement gabionnage.

Annexe 2

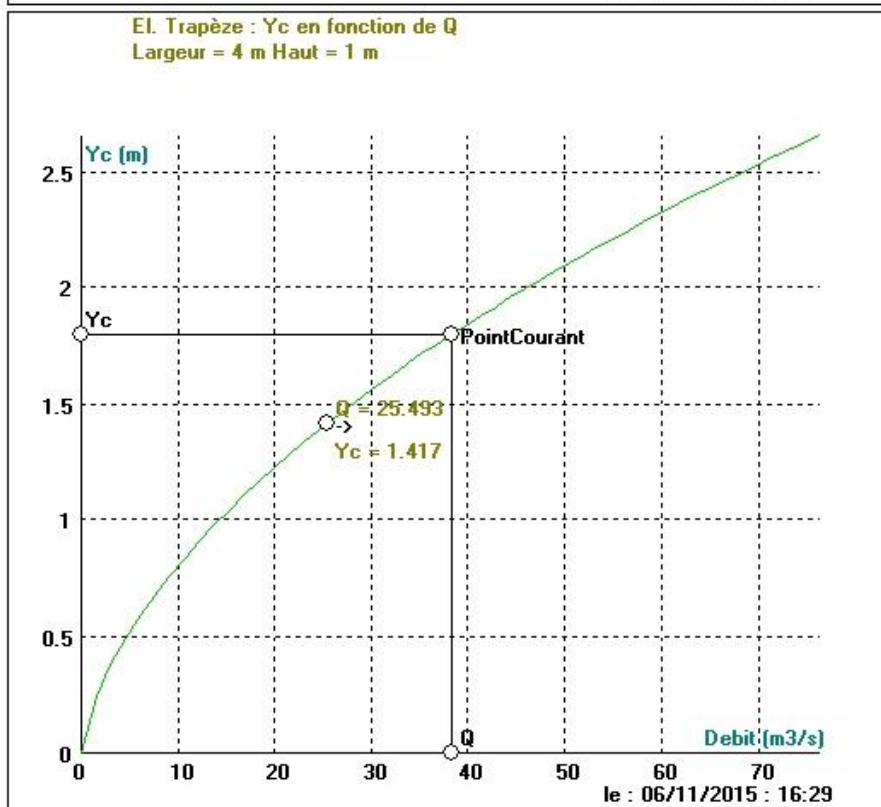
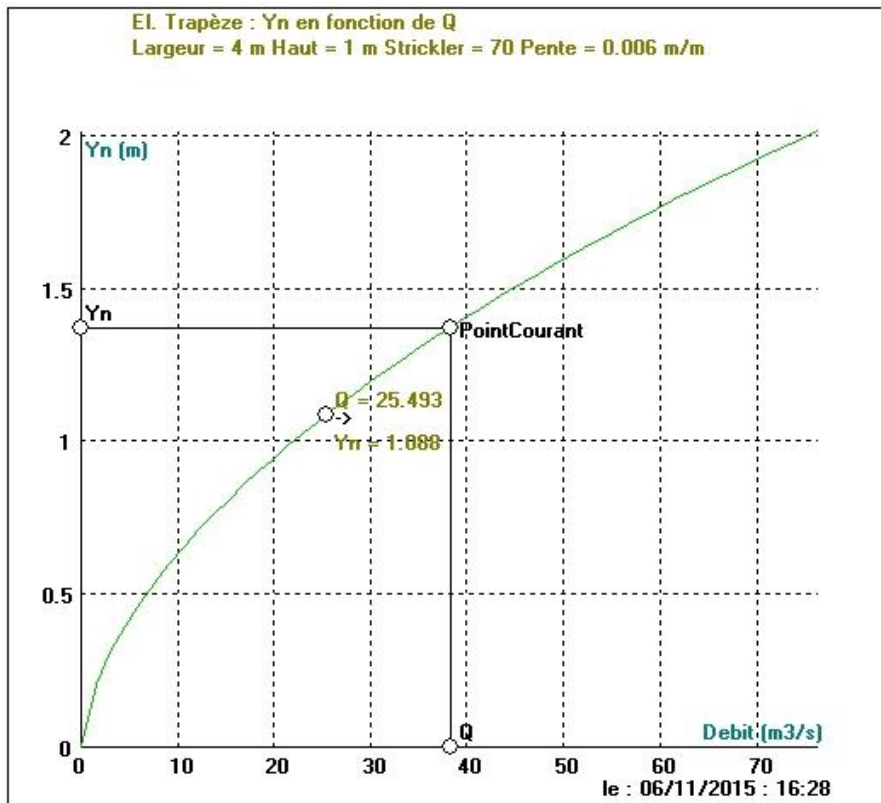


Annexe 2

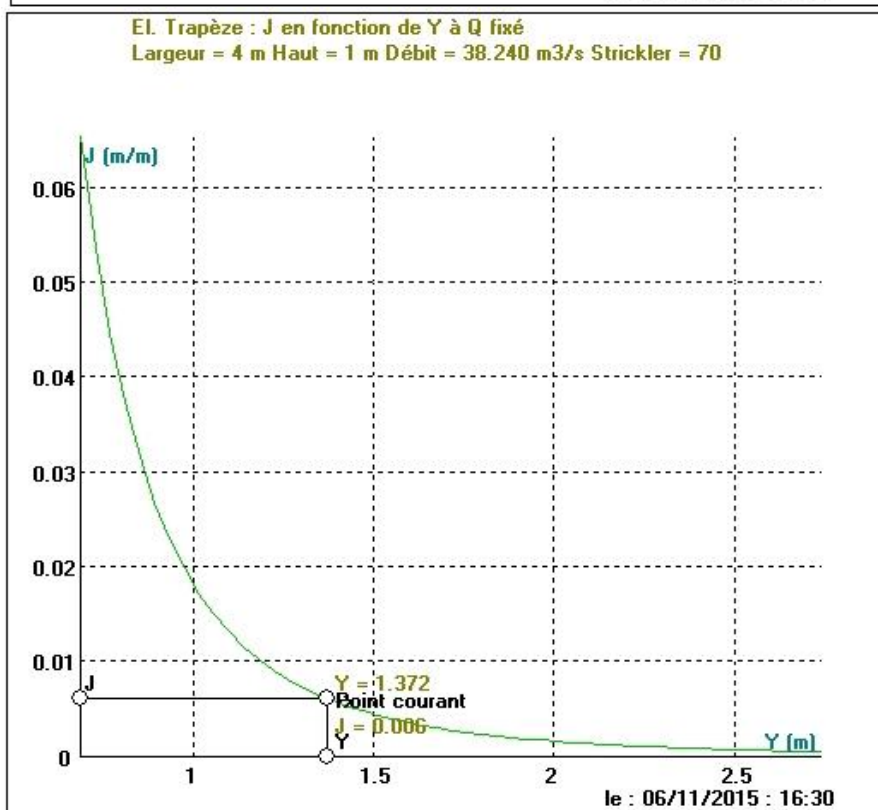
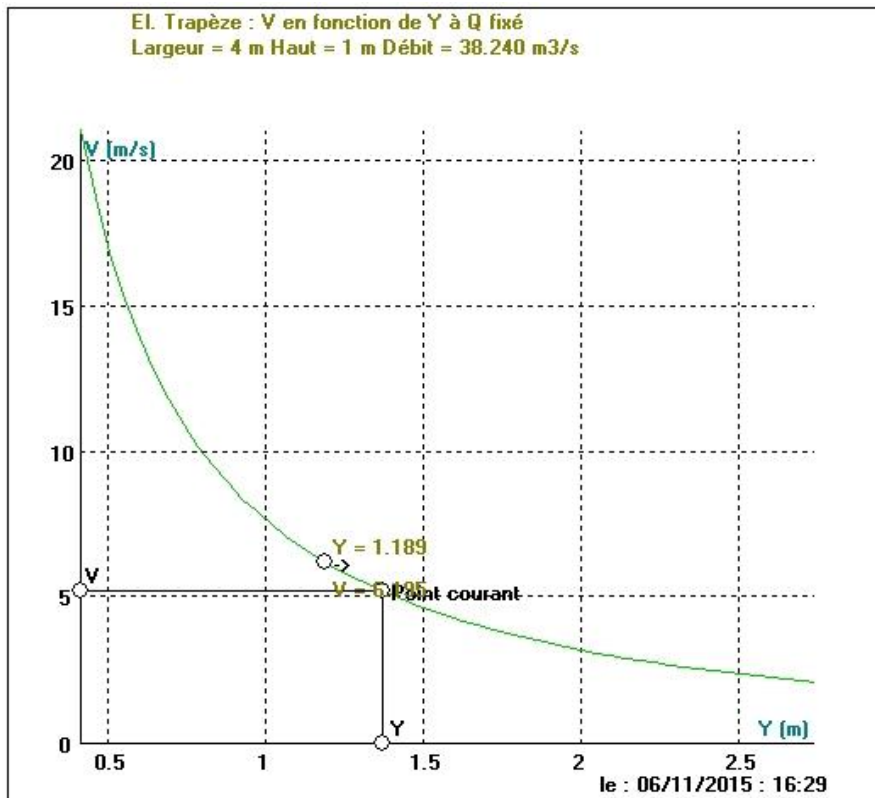


Les différentes courbes d'aménagement maçonnerie (pavage).

Annexe 2

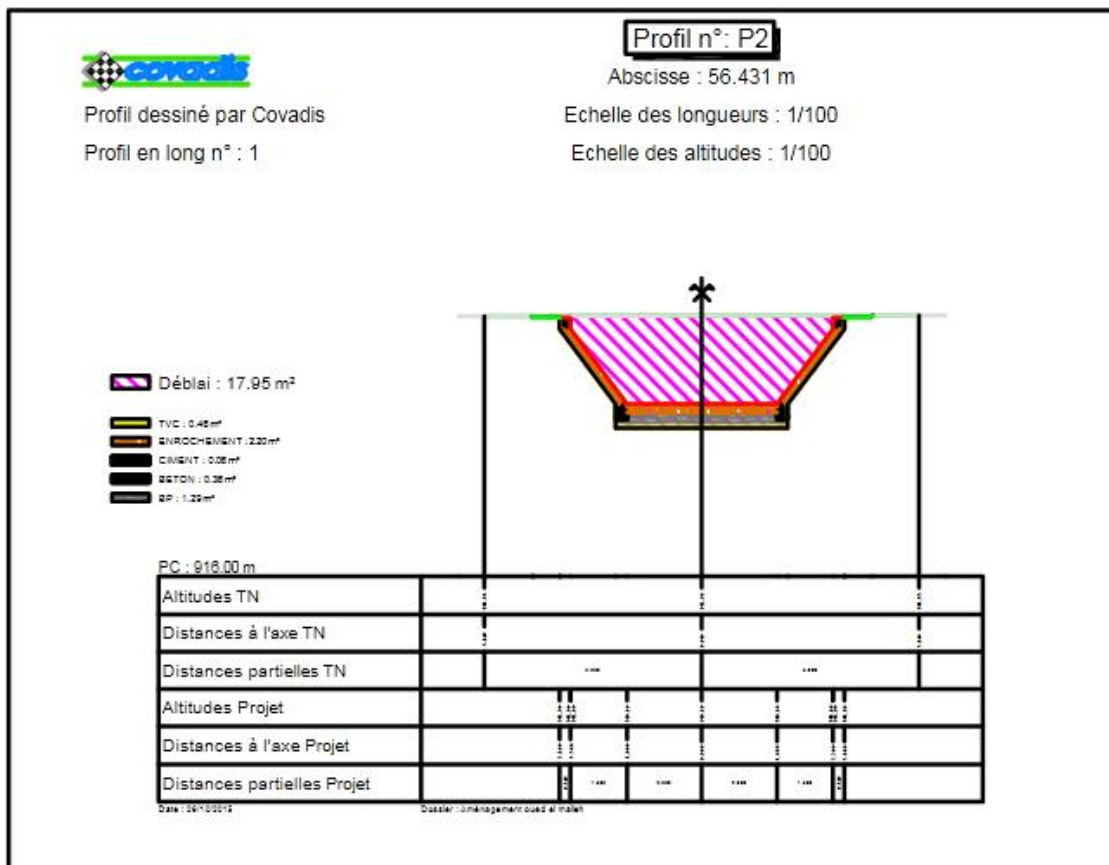
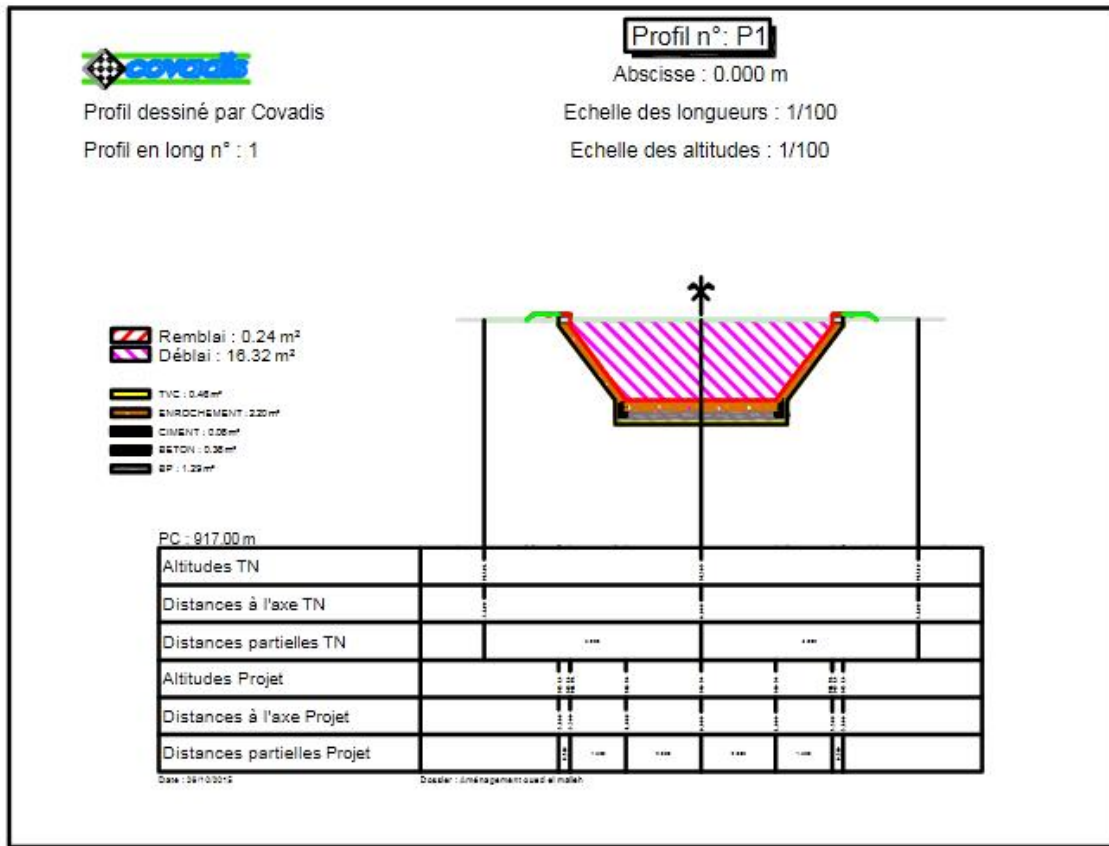


Annexe 2

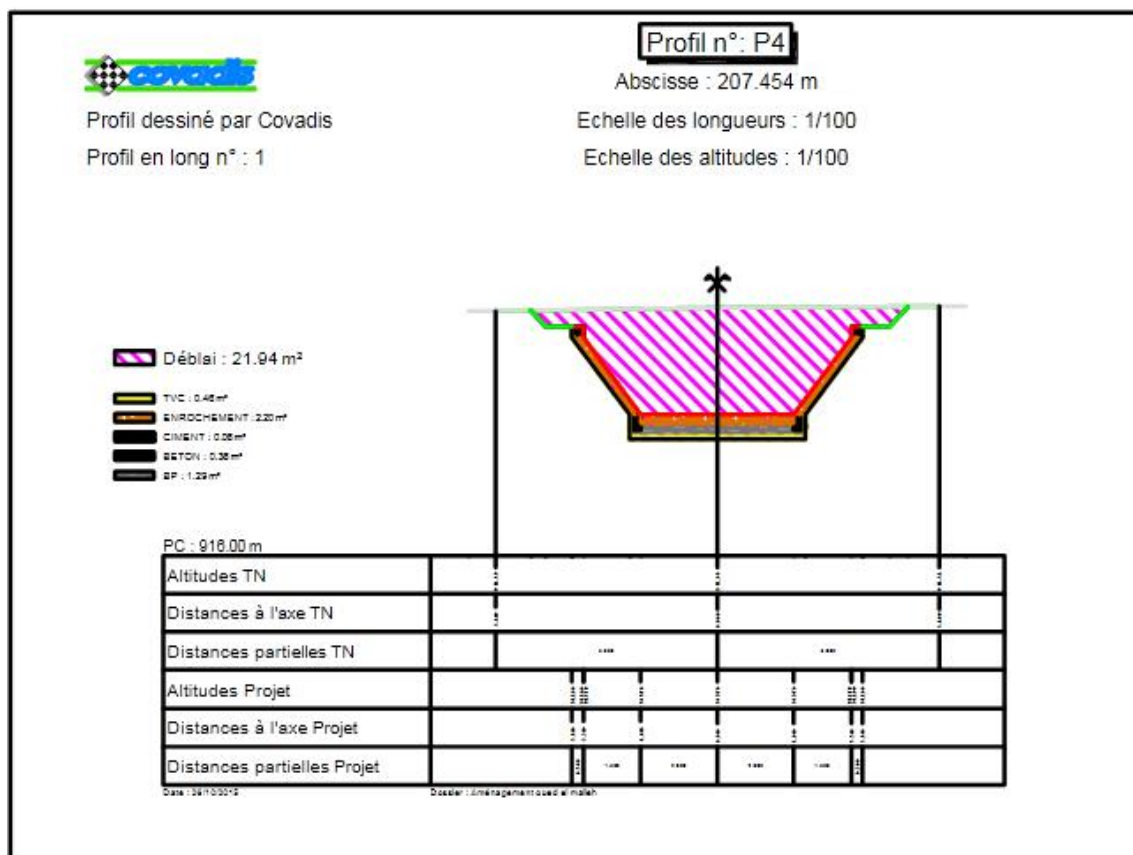
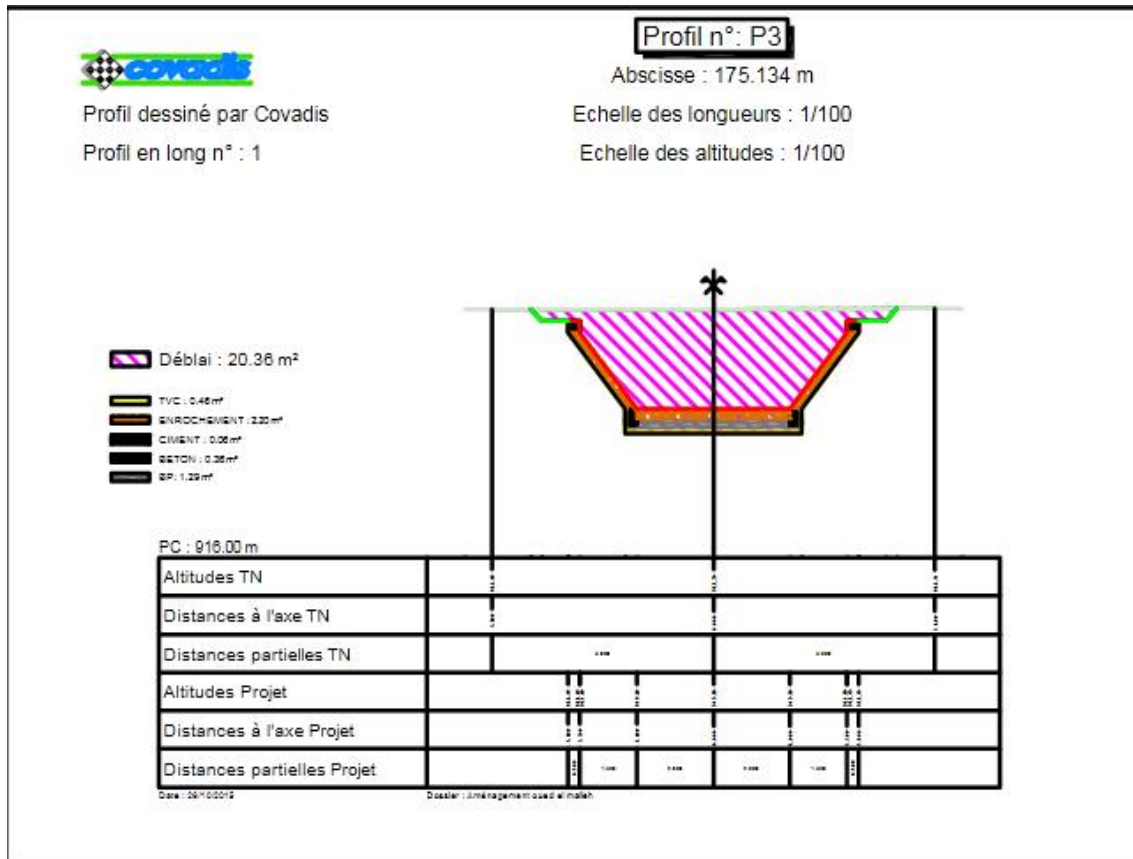


Les différentes courbes d'aménagement béton

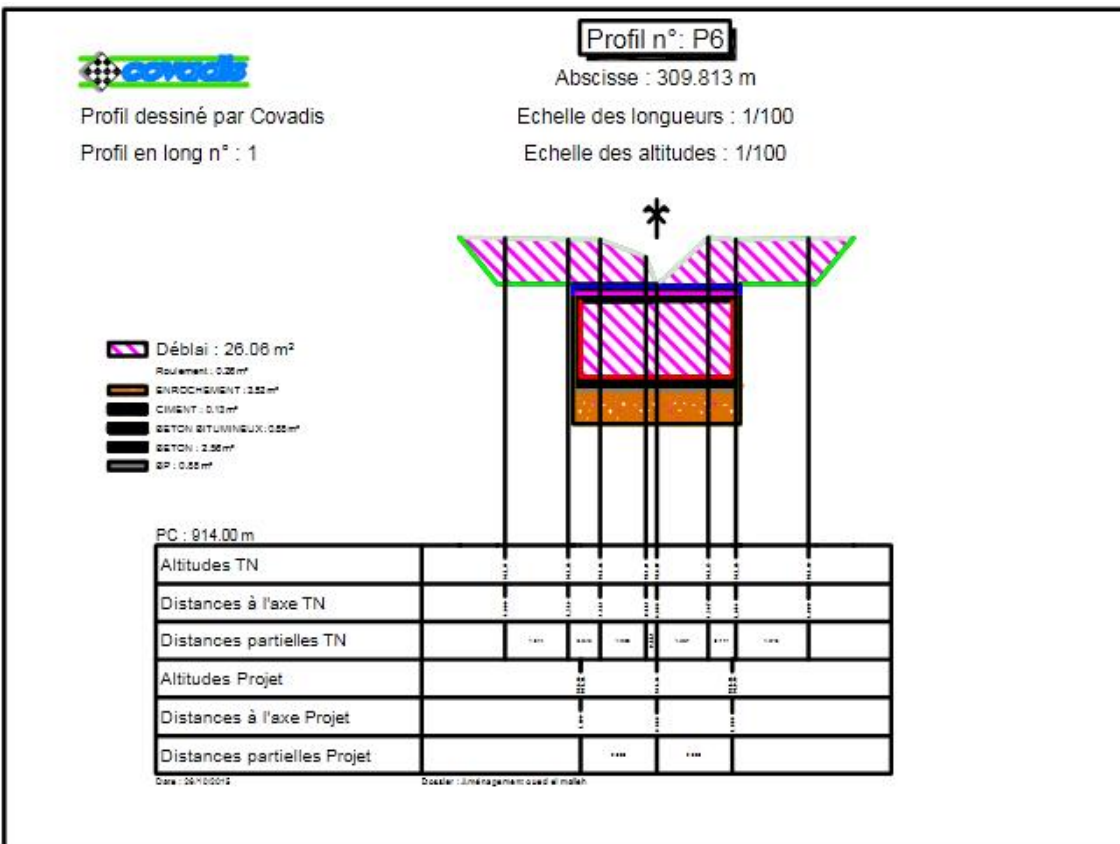
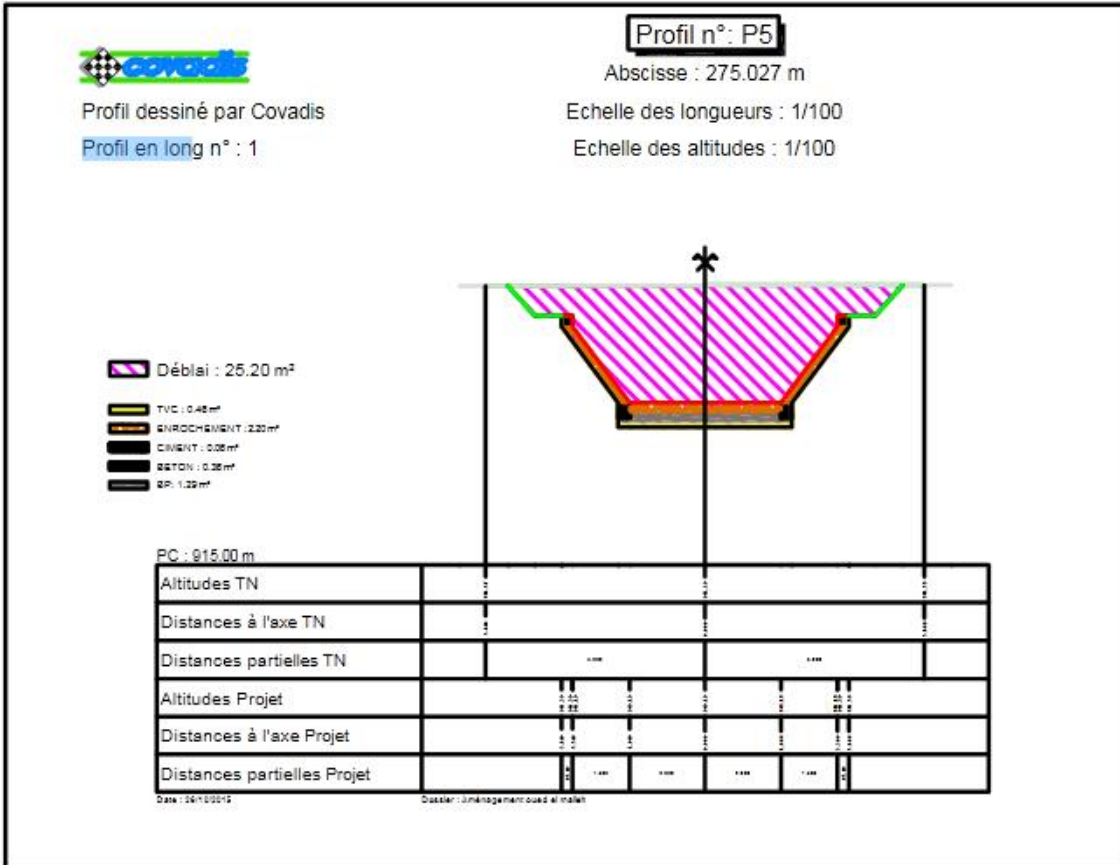
Les profiles en travaux



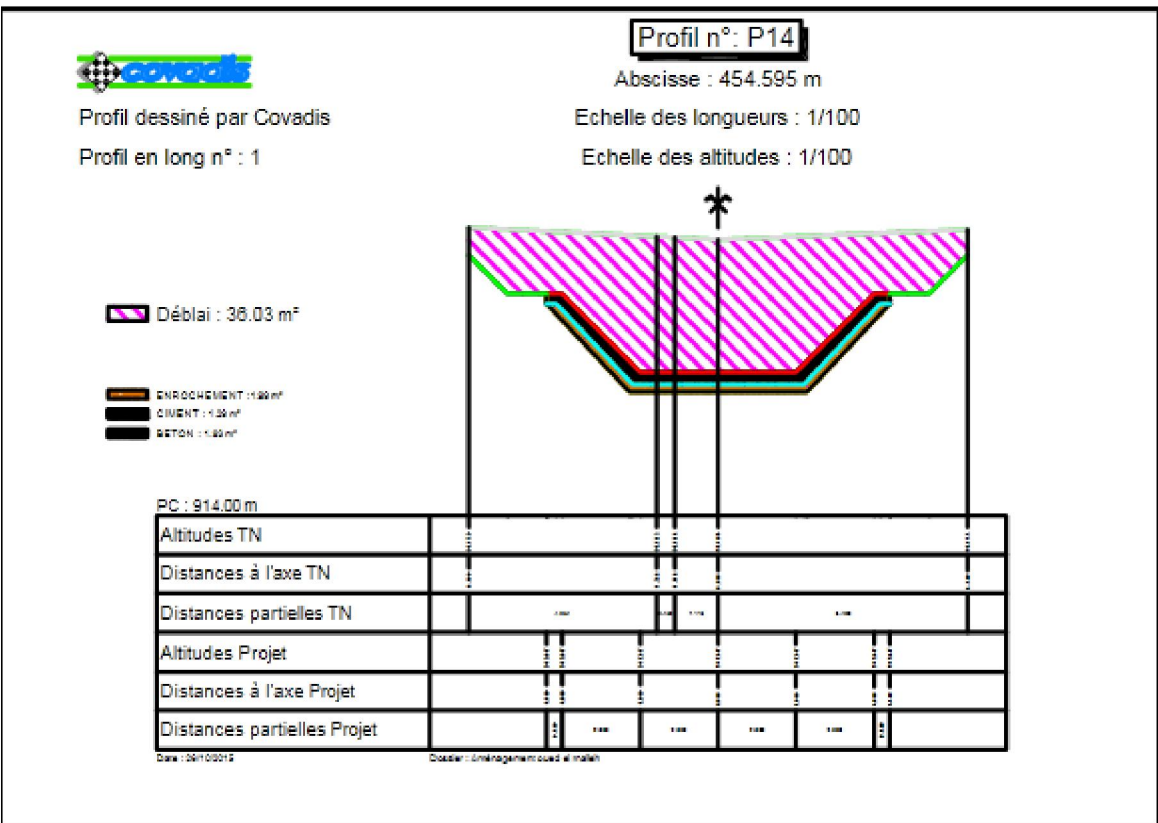
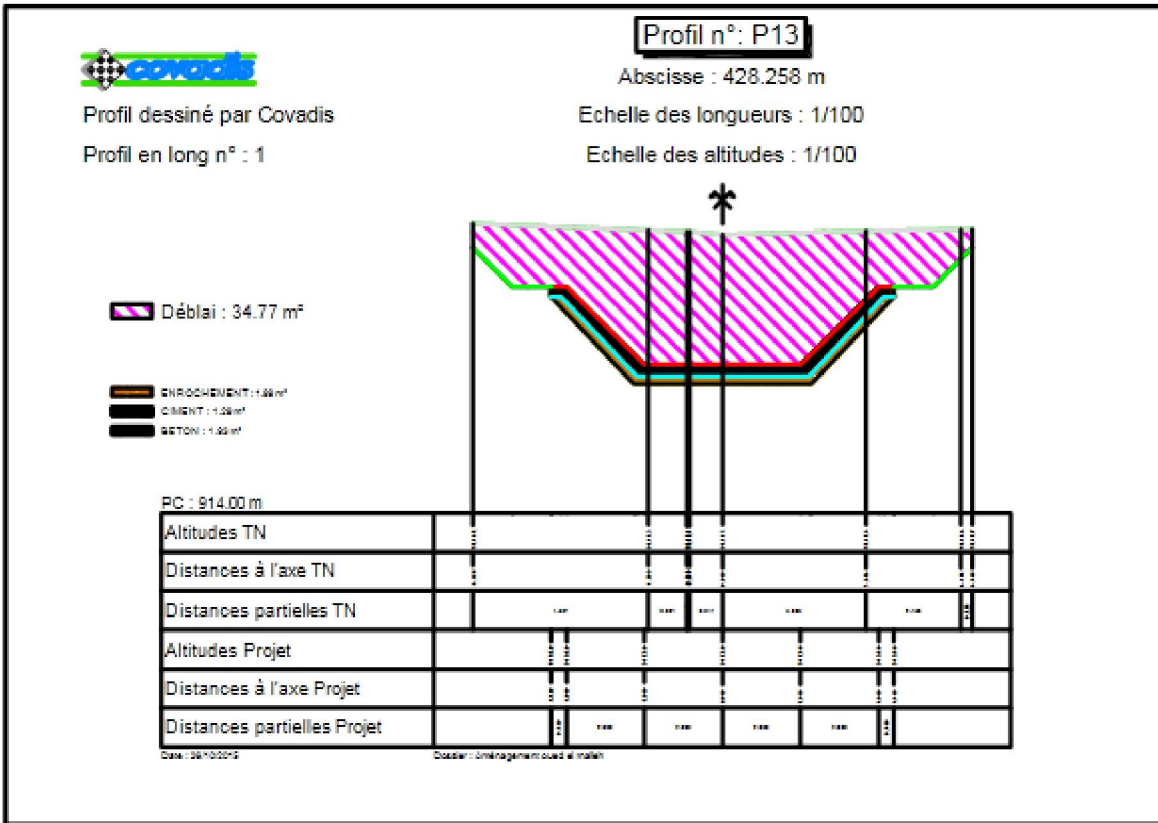
Annexe 3



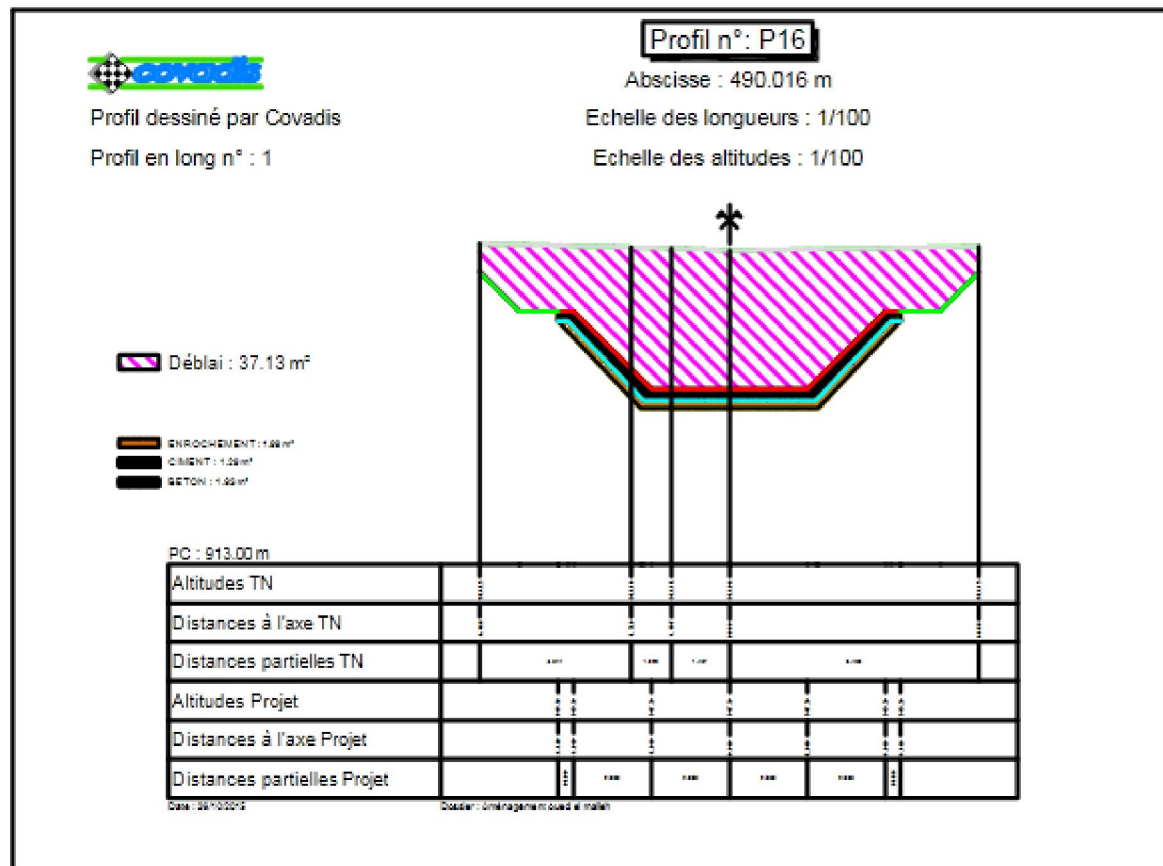
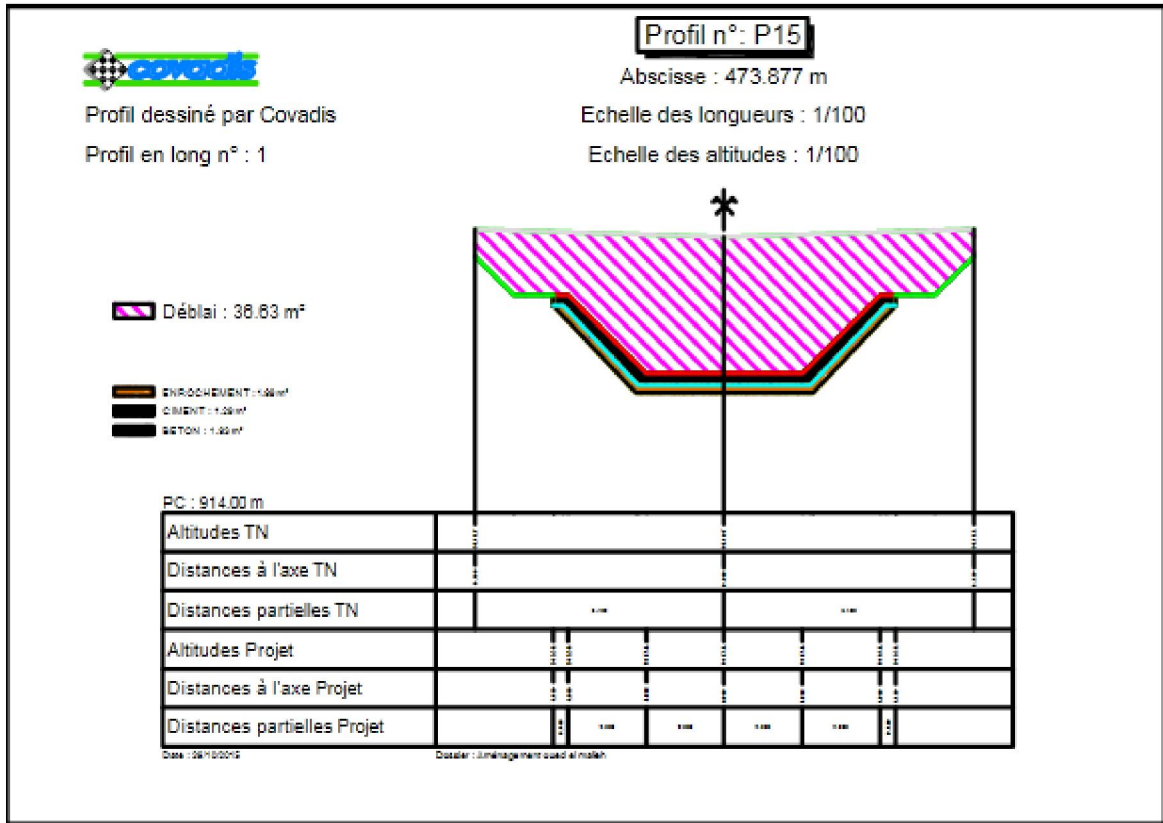
Annexe 3



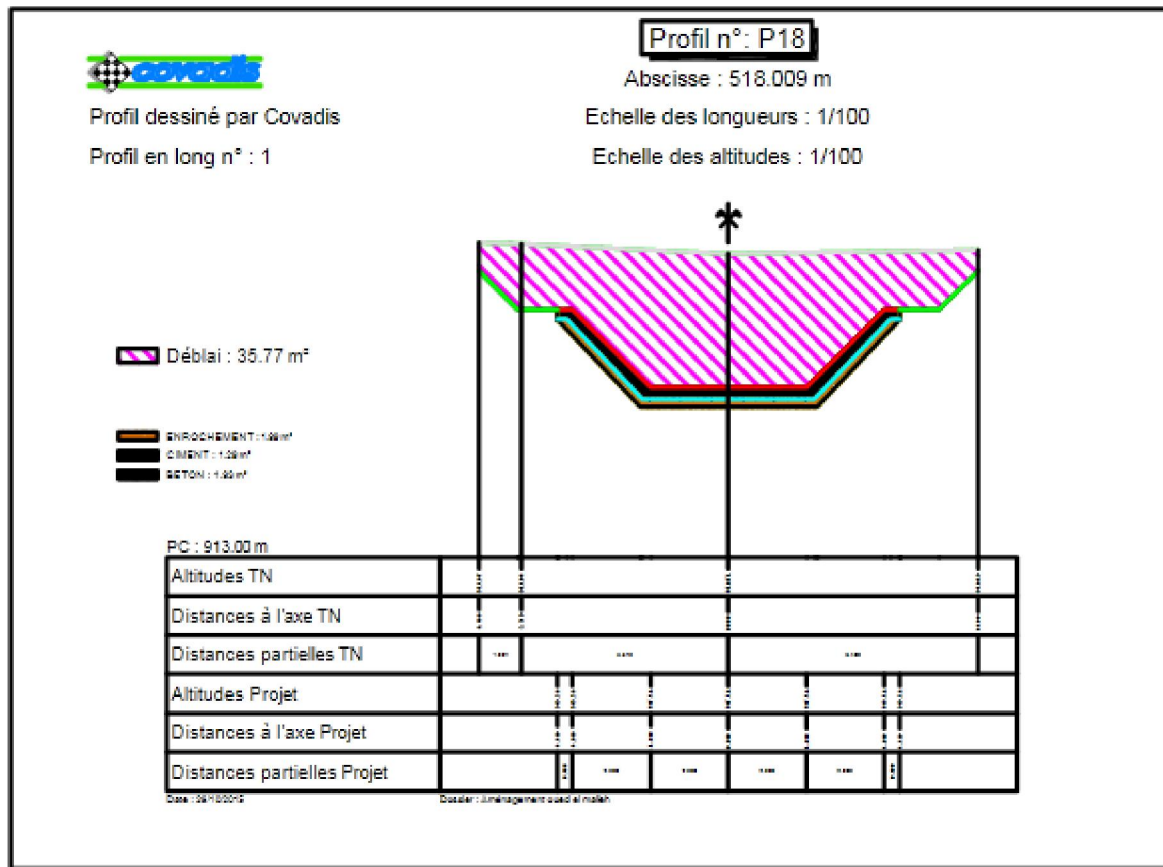
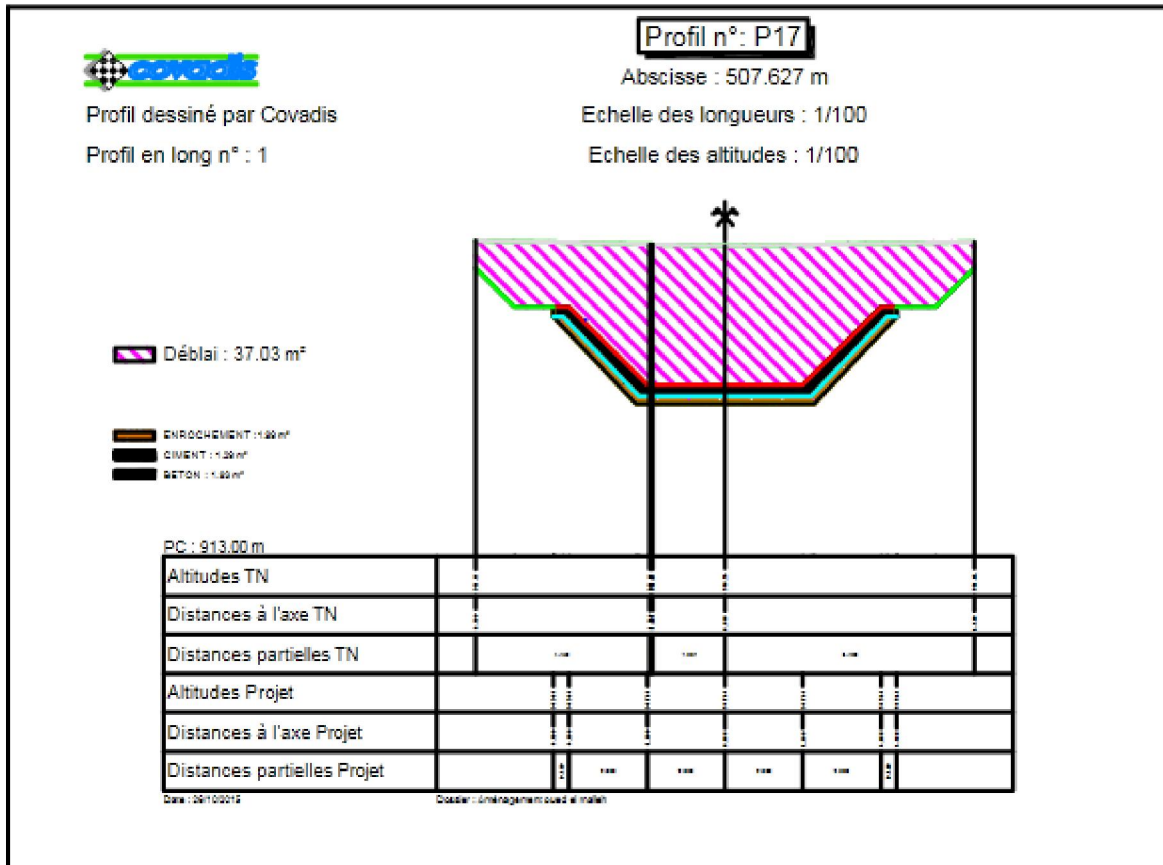
Annexe 3

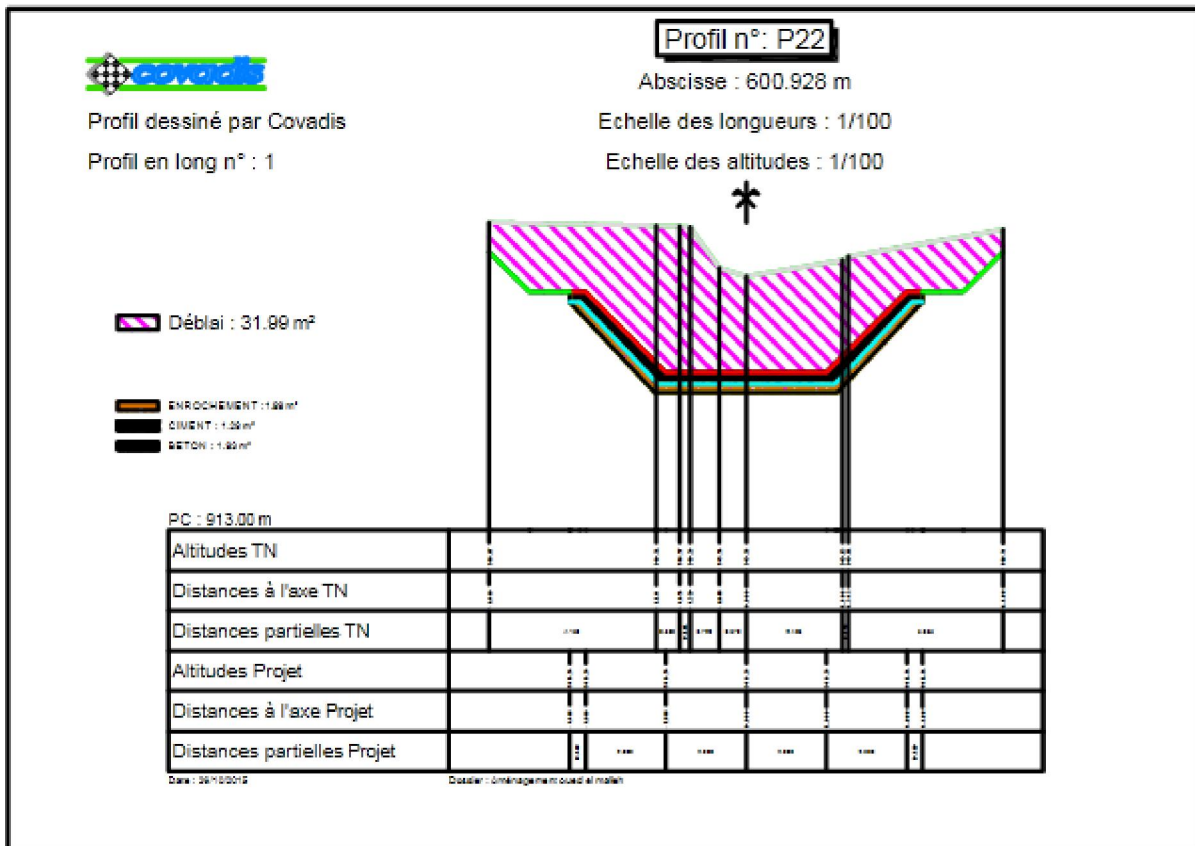
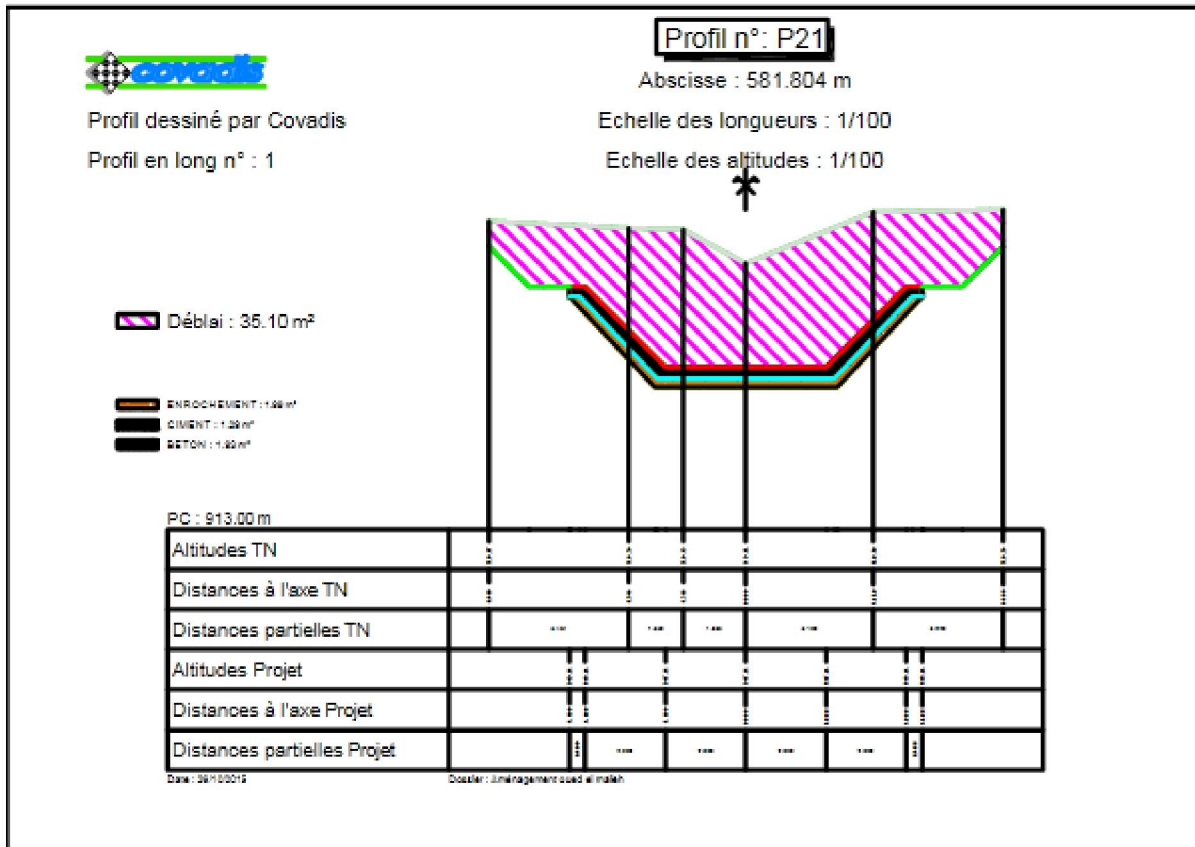


Annexe 3

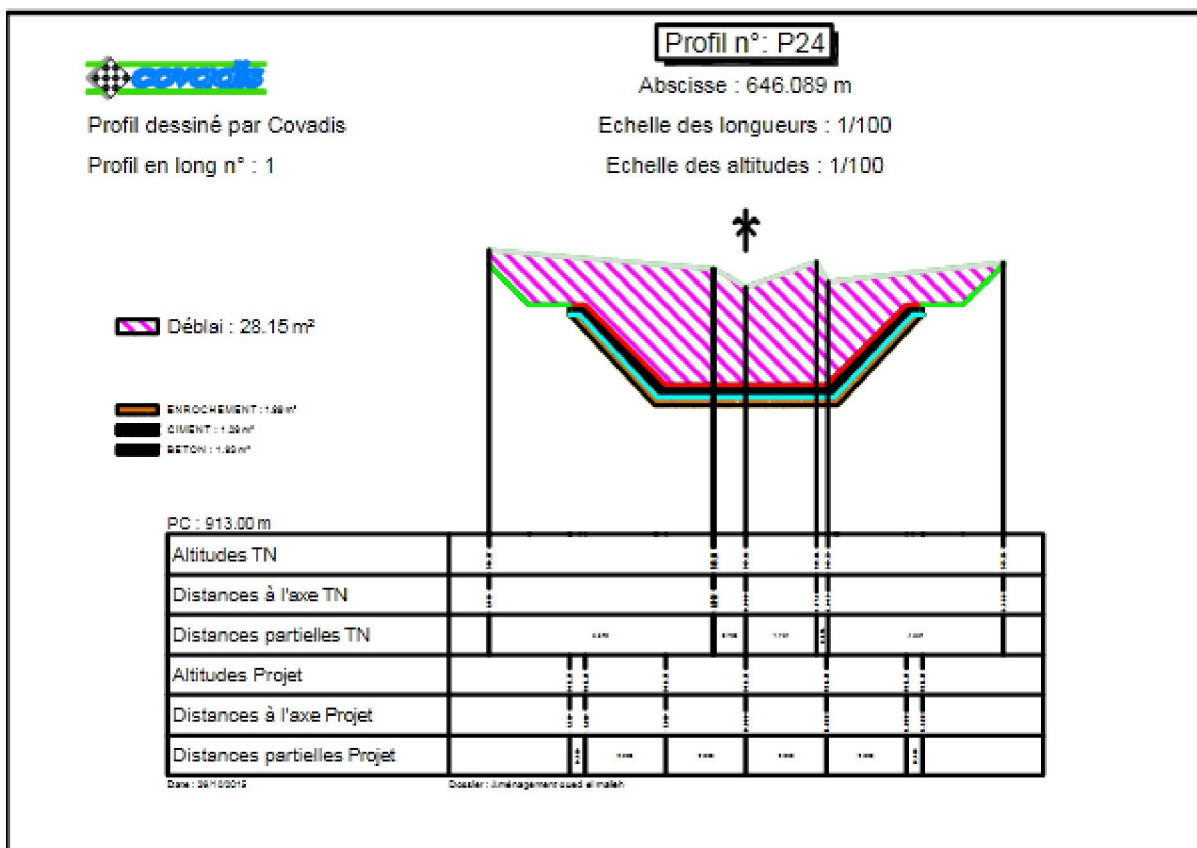
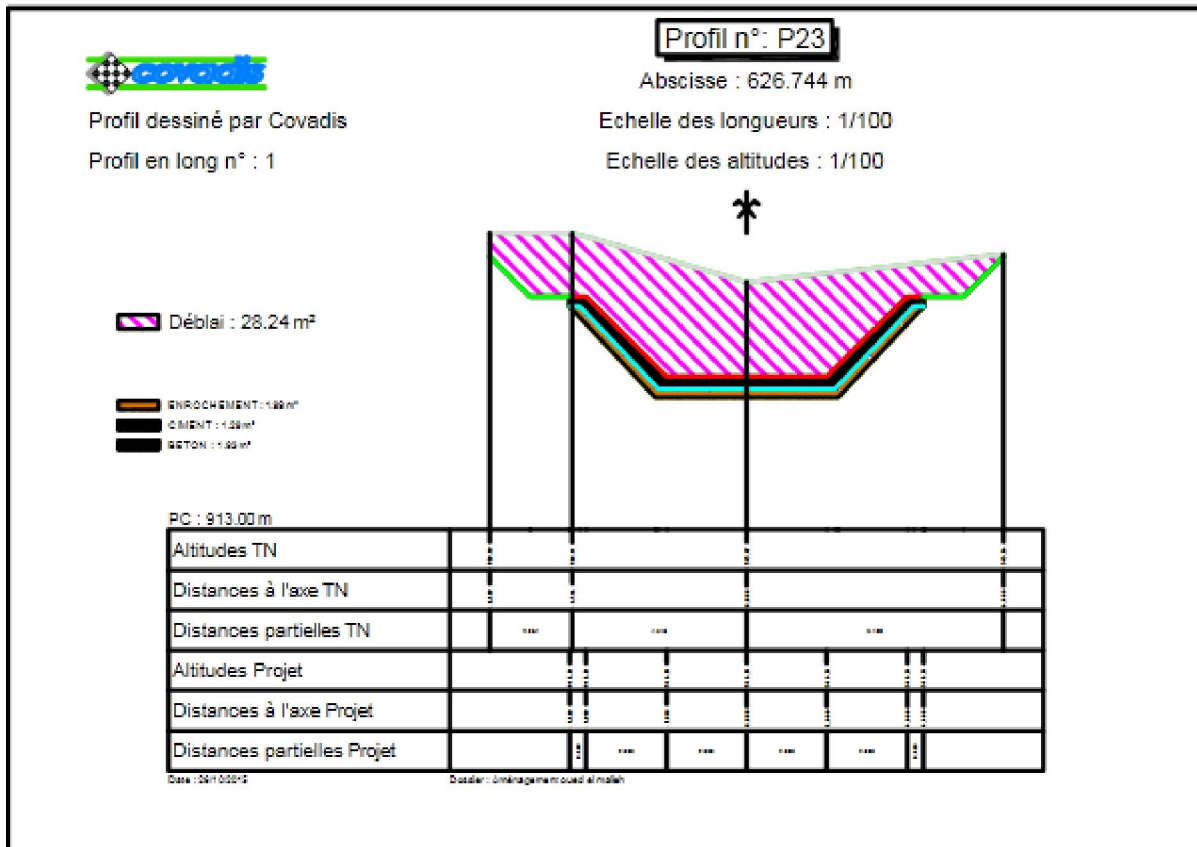


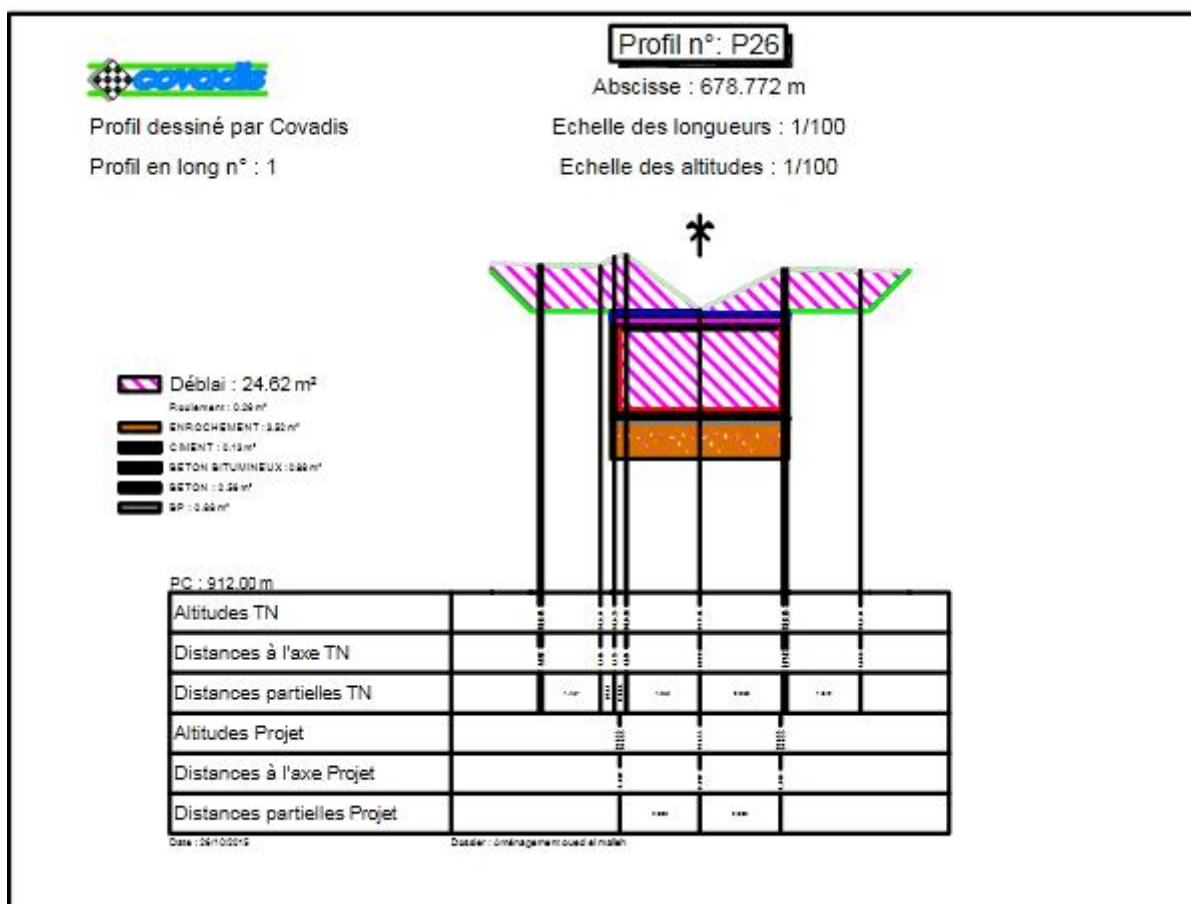
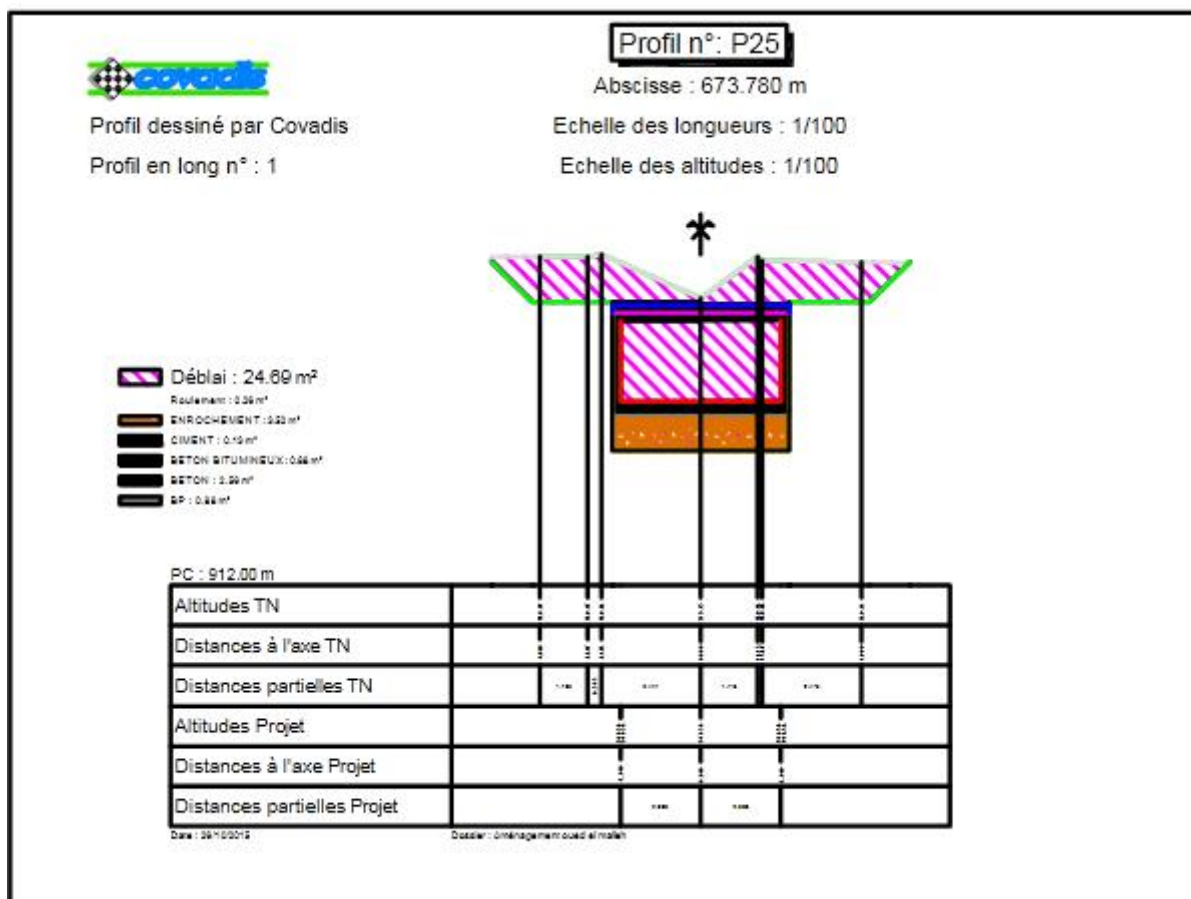
Annexe 3



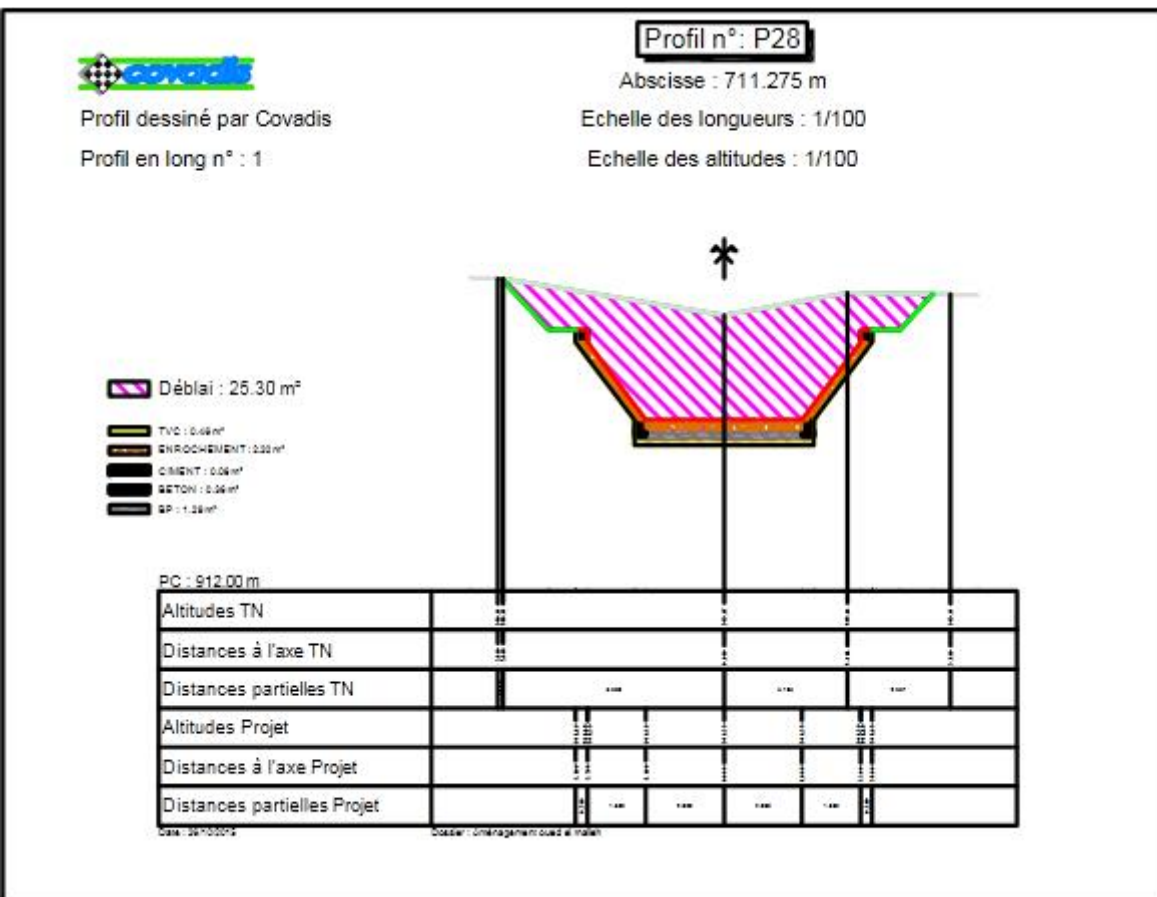
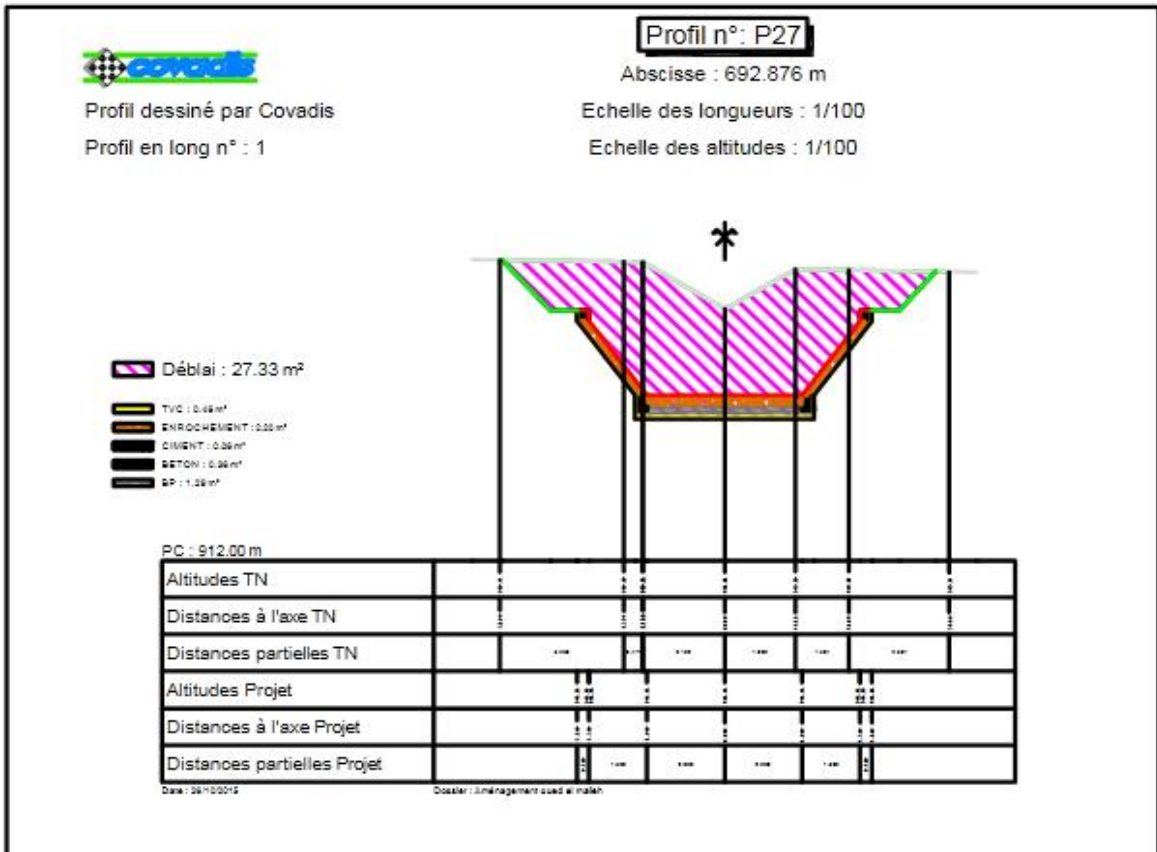


Annexe 3





Annexe 3



Annexe 3



Profil dessiné par Covadis

Profil en long n° : 1

Profil n°: P29

Abscisse : 731.136 m

Echelle des longueurs : 1/100

Echelle des altitudes : 1/100

Déblai : 21.41 m³

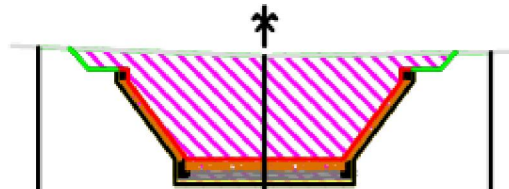
TVC : 0.44 m³

ENROCHEMENT : 0.00 m³

CIMENT : 0.00 m³

BÉTON : 0.00 m³

RP : 0.00 m³



PC : 912.00 m

Altitudes TN										
Distances à l'axe TN										
Distances partielles TN			1.00		1.00					
Altitudes Projet		11.15	11.15	11.15	11.15	11.15	11.15	11.15	11.15	11.15
Distances à l'axe Projet		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Distances partielles Projet		0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50		

Date : 26/10/2012

Destin : aménagement oued à l'aval



Profil dessiné par Covadis

Profil en long n° : 1

Profil n°: P30

Abscisse : 753.208 m

Echelle des longueurs : 1/100

Echelle des altitudes : 1/100

Déblai : 22.43 m³

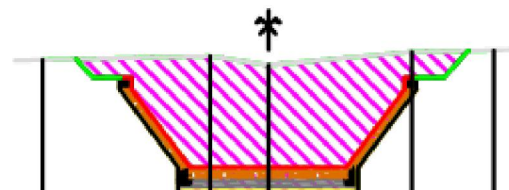
TVC : 0.44 m³

ENROCHEMENT : 0.00 m³

CIMENT : 0.00 m³

BÉTON : 0.00 m³

RP : 0.00 m³



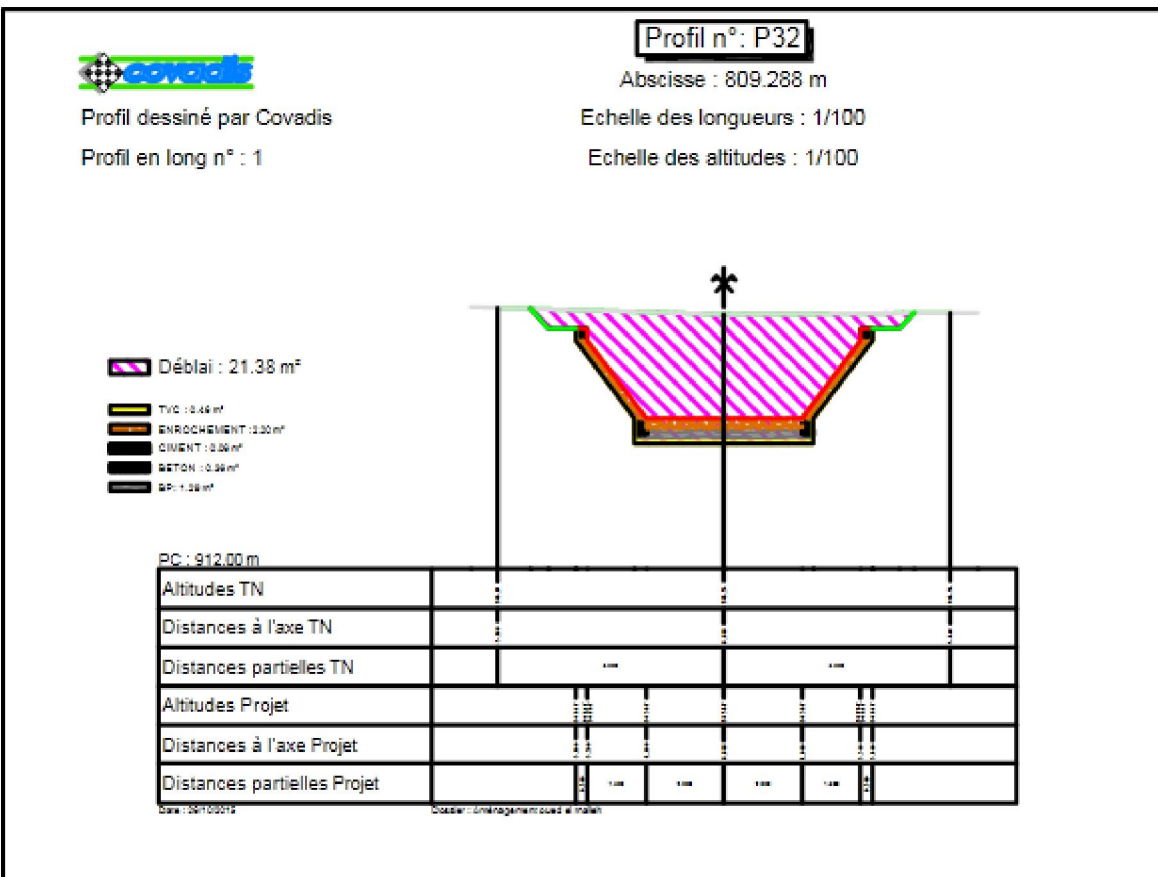
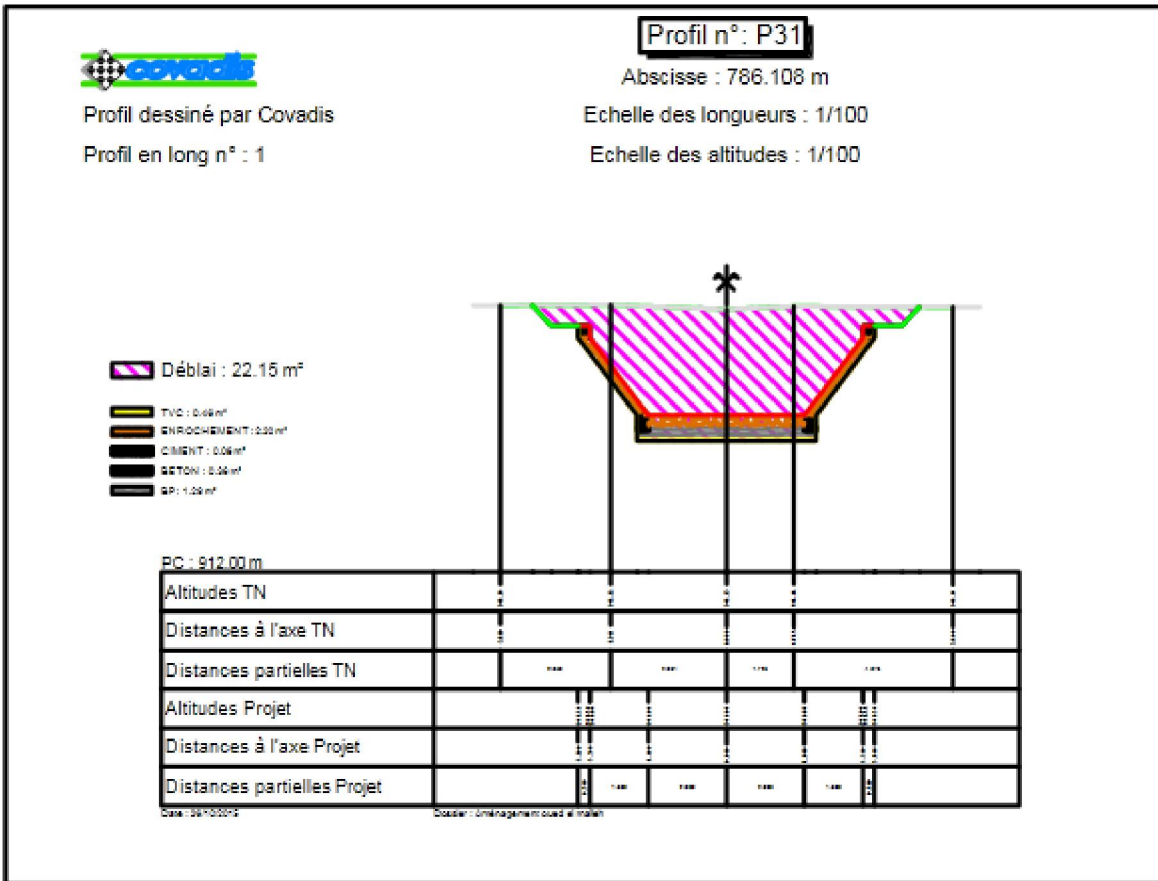
PC : 912.00 m

Altitudes TN										
Distances à l'axe TN										
Distances partielles TN			1.00		1.00		0.50		0.50	
Altitudes Projet		11.15	11.15	11.15	11.15	11.15	11.15	11.15	11.15	11.15
Distances à l'axe Projet		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Distances partielles Projet		0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50		

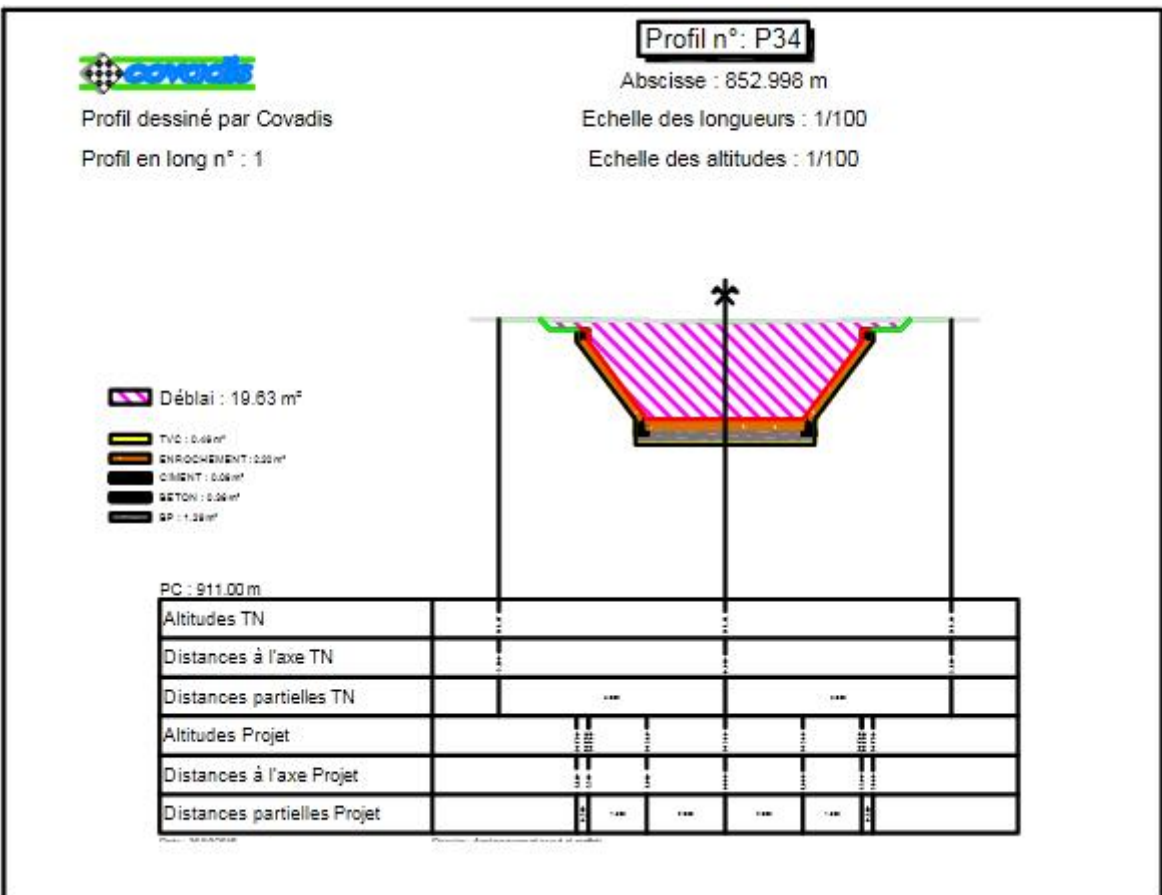
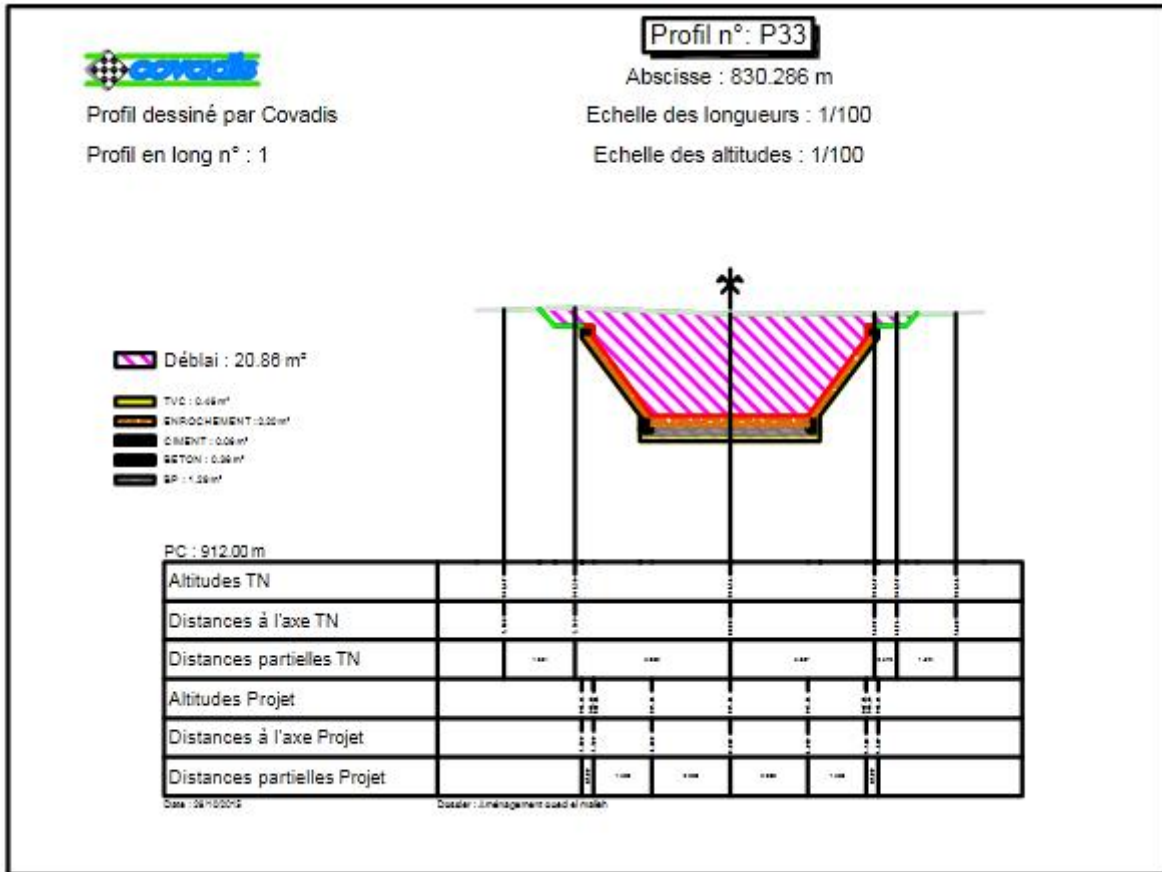
Date : 26/10/2012

Destin : aménagement oued à l'aval

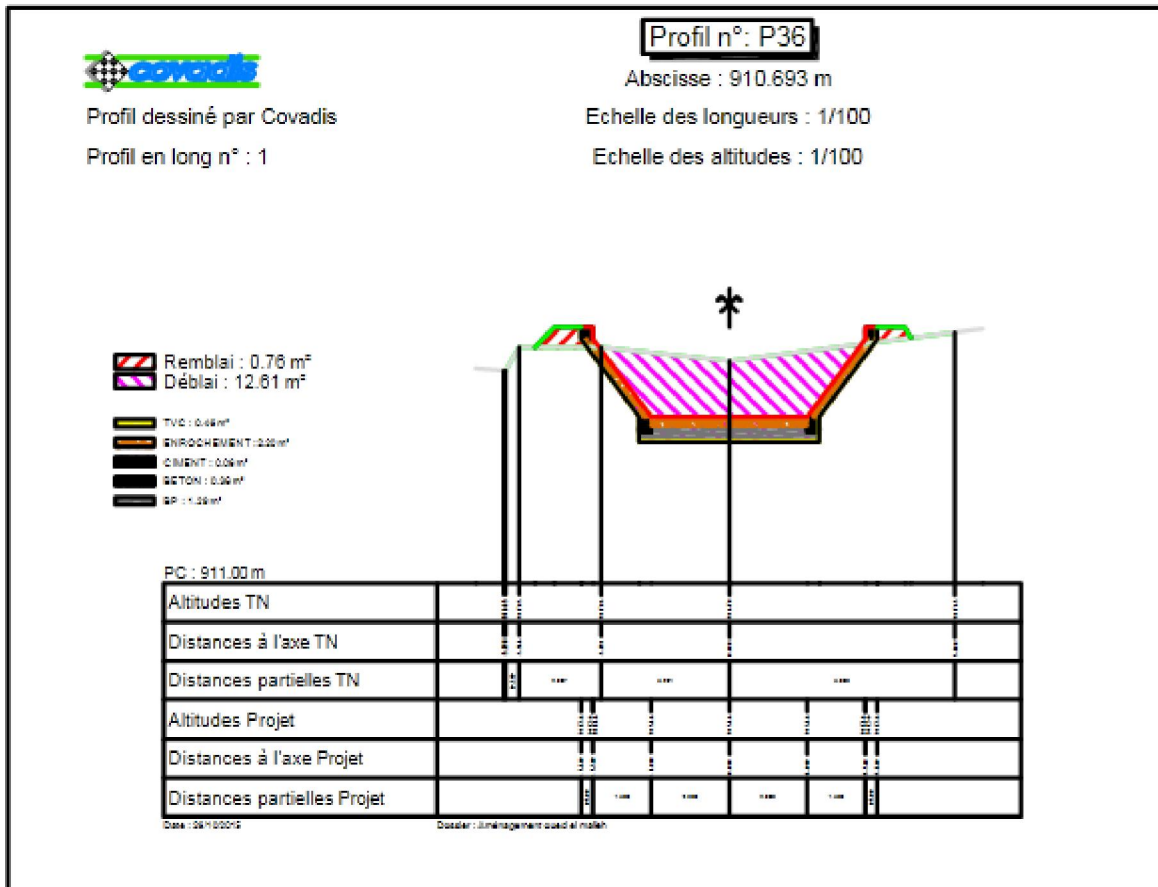
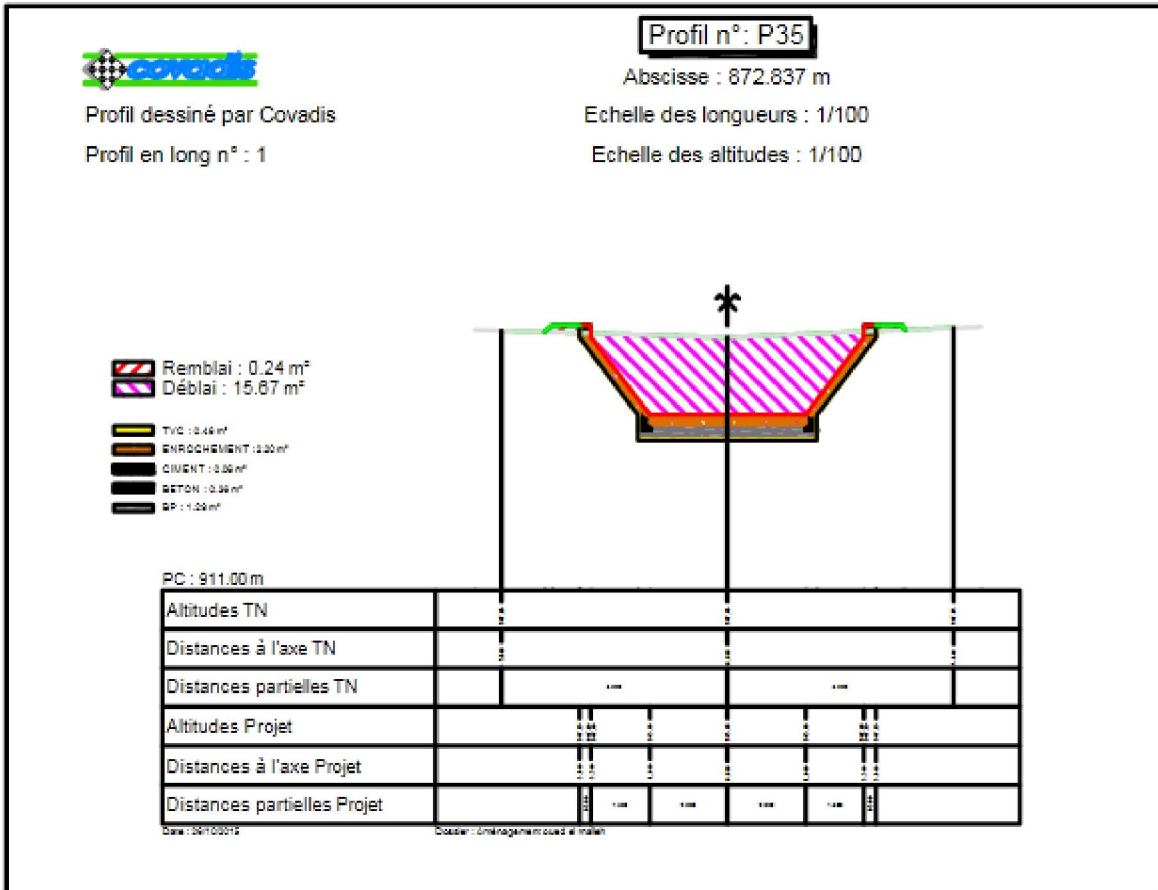
Annexe 3



Annexe 3



Annexe 3



CLASSIFICATION DES CHEVELES HYDROGRAPHIQUES
DU BASSIN VERSANT D'OUF EL MELLAH
SELON SHUM

