République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنسـيس جانســون
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Routes et ouvrages

Thème

Etude en APD d'un tronçon autoroutier de la 4eme rocade d'alger duPK57+000 au PK67+000

Présenté par :

ARRIBET Islem

NESRI Abdelmadjid

Encadré par :

Mr. BENCHOHRA Kara

Promotion 2020 /2021

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Remerciements

Tous d'abord, Nous tenons à remercier Dieu clément et miséricordieux de

Nous m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous tenons à remercier sincèrement notre encadreur Monsieur ***BENCHOHRA Kara*** *pour son énorme aide.*

Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers les enseignantsdel'école.

Nos remerciements vont aussi à ***no sparents*** *qui nous ont aidé et soutenu pendants nos études, Toute notre affection...*

Enfin, à tous ceux qui ont participés de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

ARRIBET Islem

NESRI Abdelmadjid

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes très chers ***parents.***

Mon père ***Foudil*** *et ma mère* ***Nadia*** *pour tous leurs sacrifices afin de me permettre de poursuivre mes études dans les meilleures conditions possibles et n'avoir jamais cessé de m'encourager tout au long de mes années d'étude.*

A mes très chers ***frères : Hillel & Adem et ma sœur Aya***

A tous les membres de ma grande ***famille****.*

A mes meilleurs ***amis*** *:* ***Abdou & Hakou & Salah,Anis,Riadh,Khaled,Foued, Omar,Nedjmo.***

A mon binome : ***NESRI Abdelmadjid***

A la fin, je profite de cette occasion pour dédier ce travail à tous que j'aime et je respecte.



ARRIBEBET Islem

DEDICACES

Tout d'abord je remercie dieu de m'avoir donné la force d'accomplir ce travail , que je dédie a mes chers parents pour leur amour , leur soutien et leur confiance . rien n'aurait été possible sans eux.

Que dieu me les garde en très bonne santé .

A mon frère Mohamed , mes sœurs Zineb et Oum elkheir et mon oncle laid et toute ma grande famille NESRI , qui m'ont accompagné durant ce long parcours .

A mon binôme islem qui a partagé ce travail avec moi dans les bons et mauvais moments , je lui dis merci !

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin durant mon parcou



NESRI Abdelmadjid

Résumé

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en travaux publics, nous avons élaboré un modeste travail qui consiste à faire une étude avant projet détaillé d'un tronçon autoroutier de la 4éme rocade d'Alger du PK 57+000 au PK 67+000.

La démarche suivie dans le cadre de cette étude débute par une introduction générale qui décrit l'étude puis une présentation du projet. L'étude de trafic a été suivie par un tracé en plan et profil en long avec la détermination de nombre de viaducs. Ensuite nous avons établi une étude géotechnique qui nous a permis de dimensionner le corps de chaussée liée avec une étude d'assainissement, qui nous ont permis de déterminer le profil en travers final et les cubatures avec la réalisation d'une étude de stabilité des talus . La mise au point de la signalisation routière sans oublier l'étude environnementale.

Mots clés : APD, 4éme rocade d'Alger, stabilisation des talus .

Abstract

With a view to obtaining the diploma of State engineer in public works, we have elaborated a modest work which consists of doing a detailed preliminary design study of a motorway section of the 4th Algiers ring road of KP 57 + 000 To KP 67 + 000 .

The approach followed in this study begins with a general introduction describing the study and then a presentation of the project. The traffic study was followed by a plot and long profile with the determination of number of viaducts. Then we established a geotechnical study which allowed us to dimension the bound roadway with a sanitation study, which allowed us to determine the final cross-sectional profile and cubature with the realization of a study of stability of the embankments. The development of road signs, without forgetting the environmental study.

Key words: BDP, 4th Algiers ring road, stabilization of the slopes

ملخص

من أجل الحصول على شهادة مهندس دولة في أألشغال العمومية، وضعنا هده الأطروحة المتواضعة التي تمثل دراسة +تفصيلية للطريق ألاجتنابي الرابع للجزائر من النقطة الكيلو مترية 57+000 إلى النقطة الكيلو مترية 000+67 النهج المتبع في هذه الدراسة يبدأ بمقدمة عامة تصف الدراسة وعرضا للمشروع يعقب بدراسة مرورية و المحاذاة الأفقية . والمحاذاة العمودية مع تحديد مناطق الجسور. ثم أنشأنا دراسة جيوتقنية التي تسمح لنا بحساب بنية الرصيف مرتبطة مع دراسة المعالجة، والذي سمح لنا لتحديد قياسات مختلف طبقات الطريق وقياسات حجم مع تحقي ق دراسة استقرار المنحدر وتطوير معالم الطريق دون أن ننسى الدراسة البيئية

SOMMAIRE

Contents

INTRODUCTION GENERALE 1

I. CHAPITRE 1 : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE **2**

I.1 DIFINITION DE LA CHAUSSEE 2

I.2 INTRODUCTION 2

I.3 QUALITE DES TERRASSEMENTS 2

I.4 CONCLUSION 4

II. CHAPITRE 2 : PRESENTATION DU PROJET **5**

II.1 INTRODUCTION 5

II.1.1 Présentation de la wilaya 5

II.1.2 Infrastructures de base 5

II.2 DESCRIPTION GENERALE DE LA 4EME ROCADE 6

II.3 OBJECTIF DE LA ROCADE 6

II.4 CONTEXTE DU PROJET 7

II.5 APERCU SUR LA PHASE APS 7

II.6 CADRE DE L'ETUDE 8

II.6.1 Présentation du tronçon à étudier 8

II.6.2 Relief et géographie du site 8

II.6.3 Pluviométrie 9

II.6.4 Sismicité 9

II.6.5 Objectifs du projet 11

II.7 CARACTERISTIQUES DE LA ROUTE 11

II.7.1 Environnement de la route 11

II.7.2 Le choix de la vitesse de référence 11

III. CHAPITRE 3 : ETUDE DU TRAFIC **12**

III.1 INTRODUCTION 12

III.2 ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS 12

III.3 DONNEES DU TRAFIC 12

III.4 PROJECTION FUTURE DU TRAFIC 12

III.5 CALCUL DU TRAFIC EFFECTIF 13

III.6 DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL 14

III.7 DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE 14

III.8 DETERMINATION DU NOMBRE DES VOIES 15

III.9 CALCUL DE L'ANNEE DE SATURATION 16

III.10 CONCLUSION 16

IV. CHAPITRE 4 : TRACE EN PLAN **17**

IV.1 INTRODUCTION 17

IV.2 REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN 17

IV.3 ELEMENTS DE TRACE EN PLAN 17
IV.3.1 Alignements 17
IV.3.2 Arcs de cercles (les courbes) 18
IV.3.3 Raccordements progressifs 18
IV.3.4 Exemple de calcul manuel d'axe du tracé en plan 19
IV.4 CONCLUSION 23
V. CHAPITRE 5 : PROFIL EN LONG 24
V.1 INTRODUCTION 24
V.2 CARACTERISTIQUES DU PROFIL 24
V.3 COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG 25
V.4 EXEMPLE DE CALCUL MANUEL D'AXE DE PROFIL EN LONG 25
V.5 CONCLUSION 27
V.6 OUVRAGES D'ART 27
VI. CHAPITRE 6 : PROFIL EN TRAVERS 29
VI.1 CHAUSSEE 29
VI.2 TERRE-PLEIN CENTRAL (T.P.C.) 29
VI.2.1 Bande dérasée de gauche (B.D.G.) 29
VI.2.2 Bande médiane 29
VI.3 ACCOTEMENT 30
VI.3.1 Zone de sécurité 30
VI.3.2 La bande d'arrêt d'urgence (B.A.U.) 30
VI.3.3 La berme 30
VI.4 DISPOSITIFS DE RETENUE 31
VII. CHAPITRE 7 : ETUDE GEOTECHNIQUE 34
VII.1 INTRODUCTION 34
VII.2 OBJECTIF DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE 34
VII.3 LES MOYENS DE RECONNAISSANCE 34
VII.3.1 L'étude des archives et documents existants 34
VII.3.2 Les visites sur site et les essais « in-situ » 35
VII.3.3 Les différents essais en laboratoire 36
VII.4 CONDITIONS DE REUTILISATION DES MATERIAUX 36
VII.5 CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI 36
VII.6 APPLICATION AU PROJET 37
❖ *Classification GTR des roches joins en annexes* 38
VII.6.1 Conditions d'utilisation des matériaux en remblai 38
VII.7 CONCLUSION 40
VII.8 STABILITE DES PENTES 40
VII.8.1 Objectif de l'etude 40
VII.8.2 Analyse de stabilite du deblai 40

VII.8.3 Conclusion 44
VIII. CHAPITRE 8 : Dimensionnement de corps de chaussée 45
VIII.1 INTRODUCTION 45
VIII.2 DIFFERENTSTYPESDECHAUSSEES 45
VIII.2.1 Chaussée souple 46
VIII.2.2 Chaussée semi –rigide 47
VIII.2.3 Chaussée rigide 47
VIII.3 FACTEURS DE DIMENSIONNEMENT 47
VIII.3.1 Trafic 47
VIII.3.2 Environnement 48
VIII.3.3 Le sol support 48
VIII.4 PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT 48
VIII.4.1 Méthode de C.B.R 48
VIII.4.2 Méthode du catalogue des structures établit par SETRA et LCPC 49
VIII.4.3 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves 50
VIII.5 APPLICATION DE PROJET 50
VIII.5.1 Méthode CBR 50
VIII.5.2 Méthode du catalogue des structures établit par SETRA et LCPC 52
VIII.5.3 Méthode du Catalogue de dimensionnement algérien (CTTP): 53
VIII.6 VERIFICATION DES CONTRAINTES DE DIFFERENTES COUCHES 58
VIII.6.1 Calcul des déformations admissibles à la base de GB 58
VIII.6.2 Calcule de la déformation admissible sur le sol support 60
VIII.6.3 Vérification du fatigue de la structure 60
VIII.7 RESUME 61
VIII.8 CONCLUSION 61
IX. CHAPITRE 9 : ASSAINISSEMENT 62
IX.1 INTRODUCTION 62
IX.2 OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT 62
IX.3 CRITERES DE BASE DANS LA CONCEPTION DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT 62
IX.4 DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT A PROJETER 63
IX.4.1 Estimation des débits de crue 63
IX.4.2 Le coefficient de ruissellement C 63
IX.4.3 L'intensité de pluie I 65
IX.5 Fréquence « f » 65
IX.6 Débit de saturation $\boldsymbol{Qs}$ 65
IX.7 Pré-dimensionnement des ouvrages 66
IX.8 DIMENSIONNEMENT DES FOSSES 71
IX.8.1 Hypothèses de calcul 71
IX.9 CONCLUSION 76

X. CHAPITRE 10 : CUBATURES 77
X.1 INTRODUCTION 77
X.2 METHODE UTILISEE 77
X.2.1 Descriptions de la méthode 77
X.2.2 Méthode classique 78
XI. CHAPITRE 11 : L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT 79
XI.1 INTRODUCTION 79
XI.2 CADRE JURIDIQUE 79
XI.3 OBJECTIFS 79
XI.4 IMPACTS DU PROJET 80
XI.4.1 Impact sur l'agriculture 80
XI.4.2 IMPACT SUR LA NATURE 81
XI.4.3 IMPACT SUR LES HABITANTS 82
XI.5 MESURES PRISES POUR MINIMISER LES IMPACTS 84
XI.6 CONCLUSION 84
XII. CHAPITRE 12 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE 85
XII.1 SIGNALISATION 85
XII.1.1 Introduction 85
XII.1.2 L'objet de la signalisation routière 85
XII.1.3 Catégories de signalisation 85
XII.1.4 Règles à respecter pour la signalisation 85
XII.1.5 Type de signalisation 86
XII.1.6 APPLICATION AU PROJET 90
XII.2 ECLAIRAGE 92
XII.2.1 Introduction 92
XII.2.2 Eclairage d'un point signaleur 93
XII.2.3 Prametres de l'implantation des luminaires 93
XII.2.4 Application au projet 93
XIII. CHAPITRE 13 : DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF 95
CONCLUSION GENERALE 97
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE 98
ANNEXES 100

LISTES DES TABLEAUX :

Tableau II.1: Coefficient d'accélération (A) 10
Tableau III.1:Trafic moyen journalier annuel (v/j) 13
Tableau III.2: Coefficient d'équivalence (P) 13
Tableau III.3: Valeurs de coefficient K1 (B40) 14
Tableau III.4: Valeurs de coefficient K2 (B40) 15
Tableau III.5: Valeurs de la capacité théorique (Cth) (B40) 15
Tableau III.6: Tableau récapitulatif 16
Tableau IV.1: Valeurs minimales des rayons du tracé en plan 18
Tableau IV.2 :les coordonnées des points à calculer 19
Tableau IV.3 : Données de l'axe à calculer 20
Tableau V.1: Valeurs limites des paramètres du profil en long 24
Tableau V.2 : Passages 28
Tableau VI.1: Tableau récapitulatif 31
Tableau VII.1: Les différents essais au laboratoire 36
Tableau VII.2 : Résultats des essais de laboratoire 37
Tableau VII.3: Classification GTR sols fins 38
Tableau VII.4 : Principe de classification des roches 38
Tableau VII.5 : Conditions d'utilisation des matériaux en remblai 39
Tableau VII.6 : Les paramètres géotechniques des sols en remblai 40
Tableau VII.7 : Résultats des calculs avec pente standard 42
Tableau VII.8 : Résultats de calcul 42
Tableau VII.9 : Résultats de calcul cas remblai 44
Tableau VIII.1 : Coefficients d'équivalence 49
Tableau VIII.2 : La structure de la méthode CBR (Réelle et équivalence) 52
Tableau VIII.3 : Classes de trafic cumulé 52
Tableau VIII.4 : Classes de portance 53
Tableau VIII.5 : Les réseaux principaux 54
Tableau VIII.6 : Matériaux types 54
Tableau VIII.7 : Classes de trafic du poids lourds 54
Tableau VIII.8: Classes de portance des sols (Si) 55
Tableau VIII.9 : Sur classemeut avec couche de forme eu matériau non traité 57
Tableau VIII.10 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux 59
Tableau VIII.11 : Valeur de t=f(r%) 60
Tableau VIII.12 : les résultats des 3 méthodes. 61
Tableau IX.1 : Valeurs du coefficient C1 63
Tableau IX.2 :Valeurs du coefficient C2. 64
Tableau IX.3 : Valeurs du coefficient C3 64
Tableau IX.4: Coefficient de Montana 65
Tableau IX.5 : Données sur Station météorologique de Médéa 67
Tableau IX.6 : Coefficient de ruissellement 73
Tableau IX.7 : Calcul des surfaces de la plateforme et de talus 75

LISTE DES TABLEAUX

Tableau IX.8 : Calcul de débit d'apport 75
Tableau IX.9 : Tableau récapitulatif des dalots et des buses 76
Tableau XII.1 : Modulation des lignes discontinues 86

LISTES DES FIGURES :

Figure I.1: Coupe vertical d'un corps de chaussée 2
Figure I.2: Profil mixe 3
Figure II.1 : Situation géographique 5
Figure II.2: Réseau routier de la wilaya de Médéa 6
Figure II.3: Localisation de la 4ème rocade sur la carte du réseau autoroutier algérien horizon 2025 6
Figure II.4: Localisation de la 4ème rocade sur la carte du réseau autoroutier algérien horizon 2025 7
Figure II.5 : présentation des deux variantes 8
Figure II.6: Group de couches de calcaires marneux environ pk 65 8
Figure II.7: Zones climatiques d'Algérie 9
Figure II.8: Extrait de la carte du zonage sismique de l'Algérie wilaya de Médéa 10
Figure IV.1: Courbe en S courbe à sommet courbe en C courbe en ove 18
Figure IV.2 : Raccordement circulaire entre deux alignements 19
Figure IV.3 : Géométrie de la Clothoïde 20
Figure V.1: Caractéristiques géométriques de profil en long. 25
Figure V.2 : Profil en long par Civil 3D 25
Figure V.3 Schéma illustratif d'un rayon concave 26
Figure VI.1: Eléments constitutifs du profil en travers en section courante 29
Figure VI.2: Zone de sécurité en déblai 30
Figure VI.3 : profil en travers type final ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure VII.1: facteur de sécurité à court terme 41
Figure VII.2: facteur de sécurité au cas sismique 42
Figure VII.3 : Fs cas court terme (logiciel Slide) 43
Figure VII.4 : Fs cas long terme (logiciel Slide) 43
Figure VII.5 : Fs cas d'un séisme et à long terme 44
Figure VIII.1 : les couches de la chaussée 45
Figure VIII.2: Classes de portance des sols (Si) 56
Figure VIII.3 : Fiche structure GB/GNT 57
Figure VIII.4 : les couches selon catalogue CTTP 58
Figure IX.1 : Courbe intensité –durée –fréquences(INRH) 67
Figure IX.2 : Schéma d'une buse 69
Figure IX.3 : Dalot avec remplissage de 80% 70
Figure IX.4 : Dimensions de fossé 72
Figure X.1 : Profil en long d'un tracé donné 78
Figure XII.1 : Lignes transversales discontinues 88
Figure XII.2: Paramètre d'implantation des luminaires 93

LISTE DES ACRONYMES ET SYMBOLES

Acronymes

- **APD :** avant-projet détaillé
- **BAU :** bande d'arrêt d'urgence
- **BDD :** bande dérasée droite.
- **BDG** : bande dérasée gauche**.**
- **BB :** béton bitumineux.
- **EME** : enrobé à module élevé.
- **C.B.R:** (Californian-bearing - ratio)
- **CF :** couche de forme.
- **CS :** couche de surface.
- **BBMa :** béton bitumineux mince classe a.
- **CTTP :** contrôle technique des travaux publics.
- **CW :** chemin de wilaya
- **ES :** Equivalent de Sable.
- **FS** : fiabilité de sable.
- **GB :** grave bitume.
- **G.N.T :** grave non traité.
- **GT :** grave traité.
- **GTR :** guide de terrassement routier
- **IP :** indice de plasticité**.**
- **B40 :** règlement technique d'aménagement des routes.
- **ICTAAL :** instruction sur les conditions technique d'aménagement des autoroutes de liaison.
- **LCPC :** Laboratoire Central des Ponts Chaussées.
- **LA :** Essai los Angeles.
- **LTPS :** laboratoire des travaux publics sud.
- **MDE :** Essai micro Deval.
- **PK :** point kilométrique.
- **TN :** Terrains Naturel.

LISTE DES ACRONYMES ET SYMBOLES

- **TPC :** terrain plein central.
- **T.M.J.A :** Trafic moyen journalier annuel.
- **PFi :** classe de plateforme.
- **TPLi :** la classe de trafic.
- **RN** : route nationale.
- **RPi :** Réseau principale de niveau i.
- **RS :** Réseau secondaire.
- **SPT** : Le standard pénétromètre.
- **Sol.S :** sol support.
- **U.V.P** *:* Unité de véhicule particulier.
- **VBS :** bleu de méthylène.
- **VRNS :** voies de réseaux non structurants
- **PS :** passage supérieur.
- **PI :** passage inférieur.

LISTE DES ACRONYMES ET SYMBOLES

Symboles

- **PL :** poids lourds.
- **T_0 :** le trafic à l'arrivé pour origine (ou le trafic a horizon zéro).
- **TM JA_h :** le trafic à l'année horizon.
- **$TMJA_0$:** le trafic à l'année de référence.
- **n :** nombre d'année.
- **T :** taux d'accroissement du trafic(%).
- **TCi** : trafic cumulé de poids lourds.
- **Teff :** trafic effectif a l'année d'horizon (U.V.P/J).
- **Z :** pourcentage de poids lourds (%).
- **P :** coefficient d'équivalence pour le poids lourd.
- **Q :** débit de pointe horaire, exprimé en (UVP/h).
- **1/n :** coefficient de pointe.
- **K1 :** coefficient lié à l'environnement.
- **K2 :** coefficient de réduction de la capacité.
- **C_{th} :** capacité théorique du profil en travers en régime stable.
- **N :** nombre de voies.
- **S :** le coefficient de dissymétrie.
- **Q_{adm} :** débit admissible par voie.
- **sz :** déformation verticale.
- **st :** déformation horizontale.
- **V_b :** vitesse de base (km/h).
- **R_m :** rayon minimal.
- **R_{nd} :** rayon non déversé.
- **d_{min} :** dévers minimal.
- **d_{max} :** dévers maximal.
- **L :** Longueur de raccordement.
- 6d: Variation des devers.
- **l :** largeur de la chaussée.
- **I :** la déclivité.

LISTE DES ACRONYMES ET SYMBOLES

- **R_v :** rayon vertical (m).
- **T** : tangente.
- **6 :** anglepolaire.
- **G :** gisement.
- **Wp:** Limite de plasticité.
- **Wl :** Limite de liquidité.
- **I_p :** L'indice de plasticité.
- **Ic :** l'indice de consistance.
- **A :** facteur d'agressivité globale du trafic.
- **C :** facteur de cumul.
- **Si :** portance du sol terrassé.
- **Sj :** la classe du sol support visée.
- **Eeq :** épaisseur équivalent.
- **H_{max} :** altitude maximale (m).
- **H_{min} :** altitude minimale (m).
- **$l_{c.e}$:** longueur du thalweg (km).
- **I :** pente longitudinale du thalweg.
- **Tc :** temps de concentration.
- **L :** longueur du bassin (km).
- **I :** pente moyenne du BV (m/m).
- **H :** différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin(m).
- **Qa :** débit d'apport
- **Qs :** débit de saturation.
- **It :** intensité de la pluie, mm/h.
- **C :** coefficient de ruissellement.
- **K :** coefficient de conservation.
- **A :** superficie du bassin versant, Km^2.
- **a(t) :** coefficient de Montana.
- **b :** exposant climatique.
- **It :** Calcul de l'intensité du l'averse.

LISTE DES ACRONYMES ET SYMBOLES

- **P_m :** périmètre mouillé.
- **S_m :** Surface mouillée.
- **Qps :** débit à pleine section.
- **Vps :** vitesse à pleine section.
- **Ve :** vitesse d'écoulement.
- **Rh :** Rayon hydraulique.
- **K_{st} :** coefficient de Maning Strickler.
- **J :** la pente de pose.
- **Hr :** taux de remplissage.
- **Qc :** débit rapporté par la chaussée.
- **QA :** débit rapporté par l'accotement.
- **Qt :** débit rapporté par le talus.
- **Qtpc :** débite rapporté par terrain plain central.
- **Ac :** Surface de la chaussée.
- **A_A :** Surface de l'accotement.
- **A_t :** Surface du talus.
- **A_{tpc} :** Surface de terrain plain central.
- **Cc :** coefficient de ruissellement de la chaussée.
- **CA :** coefficient de ruissellement de l'accotement.
- **C t :** coefficient de ruissellement du talus.
- D_{max} : Dimension Maximal des grains.
- **Ti** : type de modulation des lignes discontinues.
- **K :** module de richesse.
- **a :** coefficient correcteur.
- **Σ :** surface spécifique conventionnelle.

INTRODUCTION GENERALE :

Le transport est l'un des piliers fondamentaux du développement durable et de la prospérité de tout pays. Des systèmes de transport efficaces et des réseaux modernes sont donc une nécessité pour le développement économique et le bien-être social.

Avec le développement et la croissance actuelle, l'Algérie subit une évolution rapide en trafic routier, et grâce au programme de modernisation des autoroutes, le réseau routier algérien est en plein développement, nous citons la réalisation de la 4ème rocade d'Alger.

Le thème du PFE consiste à faire l'étude en APD d'un tronçon de la 4eme rocade qui débute au PK 57+000 se termine au PK 67+000 , avec un linéaire total de 10 km.

Notre travail consiste une présentation générale du projet et des données de base, une étude de trafic et des tracés en plan,en profil,enlong. Aussi le dimensionnement du corps de chaussée à partir de l'étude géotechnique, et par la suite, l'assainissement, la signalisation et l'impact sur l'environnement, On a clôturée notre travail par une estimation des travaux et une conclusion générale.

- Maitre d'ouvrage délégué : Algerienne des Autoroutes.
- Bureau de contrôle et de suivi : ITALFERR – TPF planege.
- Groupement de réalisation : Groupement : MAPA-EPTRC-CONDOTTE.

I. CHAPITRE 1 : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE : DES Généralités sur le domaine :

I.1 DIFINITION DE LA CHAUSSEE

Une chaussée est une structure multicouche constituée de trois parties principales qui ont chacune un rôle bien défini.

Les structures de chaussées routières sont composées généralement par un ensemble de couches superposées : le sol support, la couche de forme, les couches d'assises (fondation et base) et les couches de surfaces (liaison et roulement).

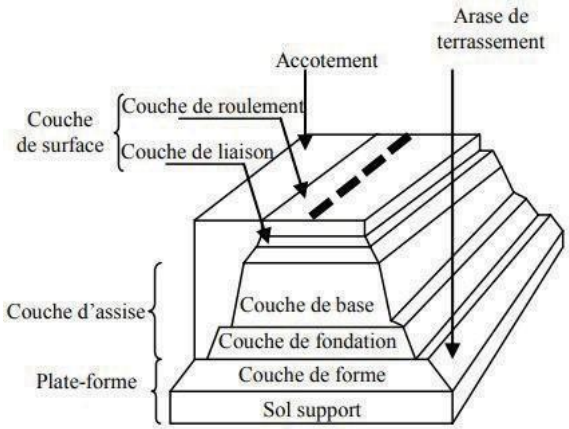


Figure I.1: Coupe verticale d'un corps de chaussée

Ces couches confèrent la résistance mécanique nécessaire à la chaussée souple pour reprendre les charges induites par la circulation. Elles assurent une répartition des pressions sur le sol support afin d'en assurer sa résistance aux déformations. Le choix des matériaux et la réalisation des essais pour chaque type de couche qui constituent la chaussée souple est nécessaire pour pouvoir donner à la chaussée une bonne résistance et qu'elle peut jouer son rôle et pouvoir répartir les charger qui provienne de l'extérieur très alaise. Pour répondre aux exigences de chaque couche il est nécessaire de prendre toute les dispositions constructives au niveau du sol support et prévoir une couche de forme sont celles d'une couche de fondation, c'est-à-dire une couche qui sépare le sol support et le corps de chaussée.

I.2 INTRODUCTION :

La route est une voie de communication destinée à la circulation des véhicules notamment les véhicules lourds. La structure doit être étudiée de façon à assurer un meilleur niveau de service.

I.3 QUALITE DES TERRASSEMENTS :

La qualité des terrassements correspond à la satisfaction d'un besoin c'est-à-dire l'amélioration du niveau de service exigé par les usagers de la route. Une bonne qualité

des terrassements exige le passage par trois phases indispensables : Le contrôle à priori, Le contrôle en cours des travaux, Le contrôle à postériori.

-Le contrôle à priori : Ce contrôle comporte des essais préliminaires sur les matériaux : la granulométrie ; la limite Atterberg ; Essai de Bleu de Méthylène ; le Proctor normal et modifié ; le CBR (Californian-Bearing-Ratio). Les résultats issus de ces essais devront être agrées par l'ingénieur géotechnicien de l'organisme de contrôle.

- Le contrôle en cours de travaux : Cette phase comporte deux (2) opérations :

➢ Le contrôle in situ : consiste à suivre la fréquence de contrôle déterminé pour chaque tache et matériau mis en œuvre, d'une part. Et d'autre part jugé la conformité par rapport aux normes techniques routières en vigueur.

➢ Le contrôle de qualité en cours de travaux se fait suivant les résultats de compacité en référence à un essai Proctor modifié. Il faut donc faire des mesures de densité avec gamma densitomètre.

- Le contrôle à postériori : Ce contrôle consiste à la réception des taches terminées en fonction des prescriptions dans le cahier des charges. Tout ceci permettre de réaliser un projet routier tant sur le plan terrassement (déblai, remblai) ; ainsi que la mise en place du corps de chaussée. Le terrassement consiste, par définition, à modifier la topographie d'un site conformément aux indications prescrites par des plans. Ces modifications peuvent être modestes linéaires ou complexes. Terrasser : c'est extraire, transporter et éventuellement utiliser un sol naturel en vue de construire.

On distingue deux opérations dans les travaux de terrassement, le déblai et le remblai

• Le déblai

• Le remblai

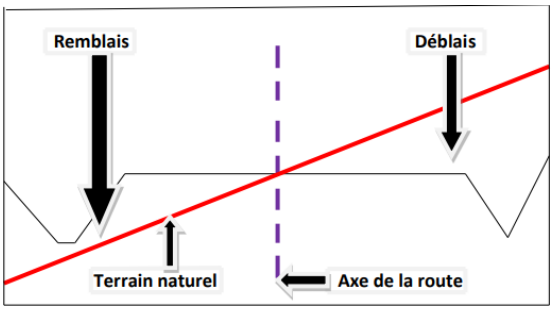


Figure I.2: Profil mixe

On distingue dans l'exécution des terrassements trois phases essentielles :

✓ Le déblai.

✓ Le transport à la décharge.

✓ Le remblai.

II. CHAPITRE 2 : PRESENTATION DU PROJET.

II.1 INTRODUCTION :

II.1.1 Présentation de la wilaya :

La wilaya de **Médéa** est située au nord de l'Algérie, à 90 km au sud-ouest d'Alger, à 48 km à l'est de Khemis Miliana, à 24 km au sud de Blida.

Elle est une ville de montagne de l'Atlas tellien, à une altitude moyenne de **981m** et **8 866 km²** de superficie, comprend 64 communes, réparties sur 19 daïras, elle abritait en 2008 une population estimée à **819 932** habitants avec une densité 92 hab par km².

Elle est délimitée :

- Au nord, par la wilaya de Blida.
- À l'ouest, par les wilayas de Aïn Defla et Tissemsilt.
- Au sud, par la wilaya de Djelfa.
- À l'est, par les wilayas de M'Sila et Bouira.

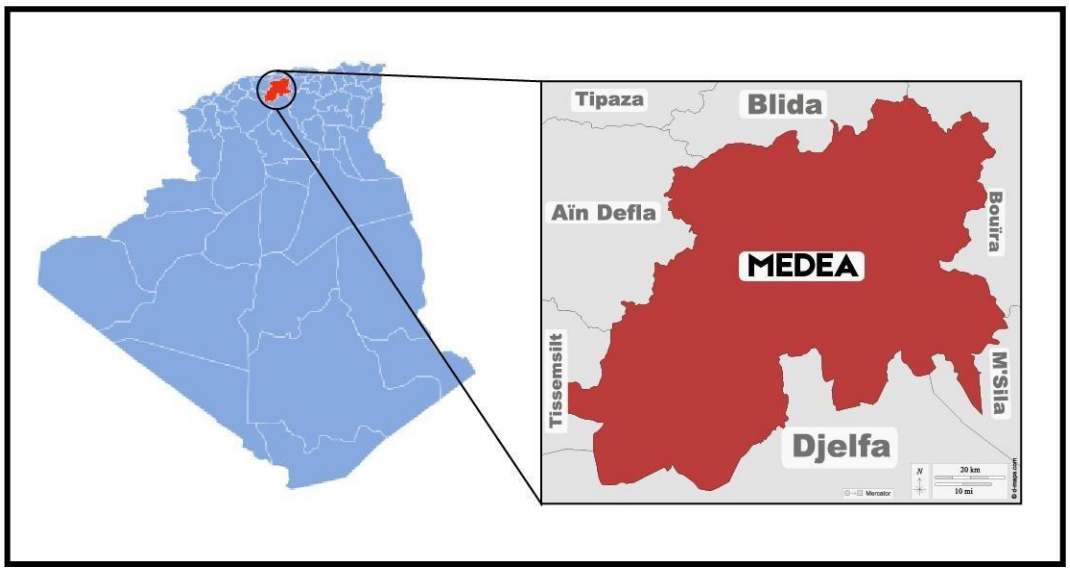


Figure II.1 : Situation géographique

II.1.2 Infrastructures de base :

Les infrastructures de la wilaya sont composées de :

- Routes nationales : 671 km.
- Chemins de wilaya : 879 km.
- Chemins communaux : 2448 km.
- Secteur d'éducation 623 écoles primaires 121 CEM 35 lycée.
- Secteur de santé 06 hôpitaux 14 polycliniques 175 salles de soin.
- Ouvrages d'art : 62.

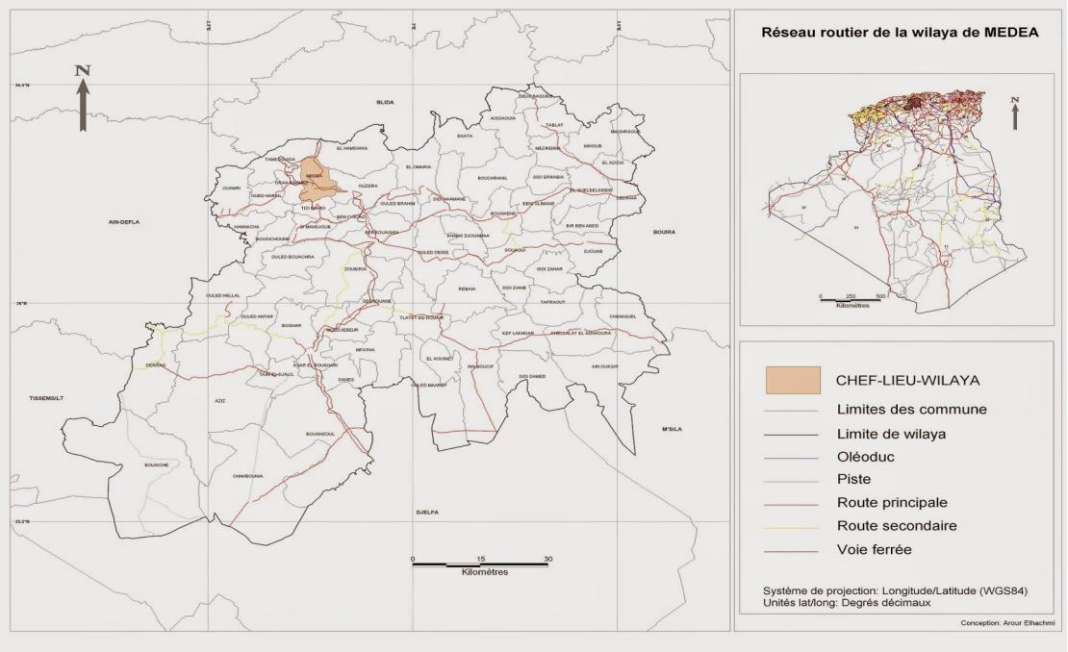


Figure II.2: Réseau routier de la wilaya de Médéa

II.2 DESCRIPTION GENERALE DE LA 4EME ROCADE :

La 4ème rocade prends naissance dans la wilaya d'AIN DEFLA, au niveau de l'échangeur de l'autoroute EST-OUEST situé à 3 km au Sud Est de Khmis Miliana et traverse le territoire de cette wilaya en passant par les localités de Djendel et Ammoura ; puis traverse le territoire de la wilaya de Médéa en passant au Sud de la ville de Berrouaghia (au niveau de la RN1), Bouira et M'sila, en passant non loin de la localisation de Sour el Ghouzlane de Bordj Bou Arreridj.



Figure II.3: Localisation de la 4ème rocade sur la carte du réseau autoroutier algérien horizon 2025

II.3 OBJECTIF DE LA 4eme ROCADE :

Les objectifs de la 4eme rocade autoroutière sont les suivantes :

- Contribuera un soulagement de la région du centre du pays, et du trafic de transit Est-Ouest.

- Renforcement de l'infrastructure routière de la région du Médéa.Ain defla
- Diminuer la pression sur l'autoroute Est-Ouest.
- Réduire les coûts d'exploitation : ces réductions entraînent des économies de carburant.
- Gains de confort des usagers : moins de tension nerveuse liée à l'uni de la route par exemple.
- Gains de temps : permet de réduire les temps de transports.

II.4 CONTEXTE DU PROJET :

Le projet consiste à la réalisation d'une partie de la Rocade qui est situé entre l'échangeur HANACHA et l'échangeur de la RN1 au sud de Berrouaghia (wilaya de Médéa) Sur 33km. De PK 33+900 Jusqu'à PK 67+200.

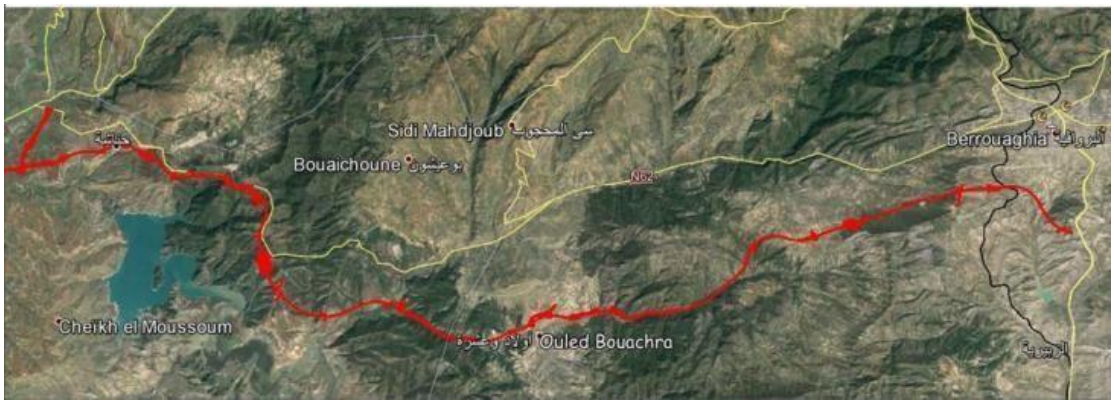


Figure II.4: ligne du projet

II.5 APERCU SUR LA PHASE APS :

La phase d'avant-projet sommaire (APS), c'est l'étape qui suit la phase d'étude Préliminaire (EP), elle consiste à étudier en détail les variantes retenues dans l'étude préliminaire. On procède à l'étude à partir de plan d'état majeur, de carte topographique et aussi géologique, permettant ainsi de mieux cerner les aléas, les contraintes et les avantages liés à la situation sociaux-géographique de chaque variante. On devra faire une étude multicritère pour le choix de la variante à retenir, celle-ci sera basée sur un plan de comparaison selon l'ensemble des critères suivants :

- Les contraintes remarquées sur le site.
- Le coût du projet.
- Les difficultés trouvées lors du choix des tracés (caractéristiques techniques).
- Comparaison des impacts sur l'environnement

Finalement après cette analyse multicritère, une seule variante sera gardée pour entamer la phase APD.

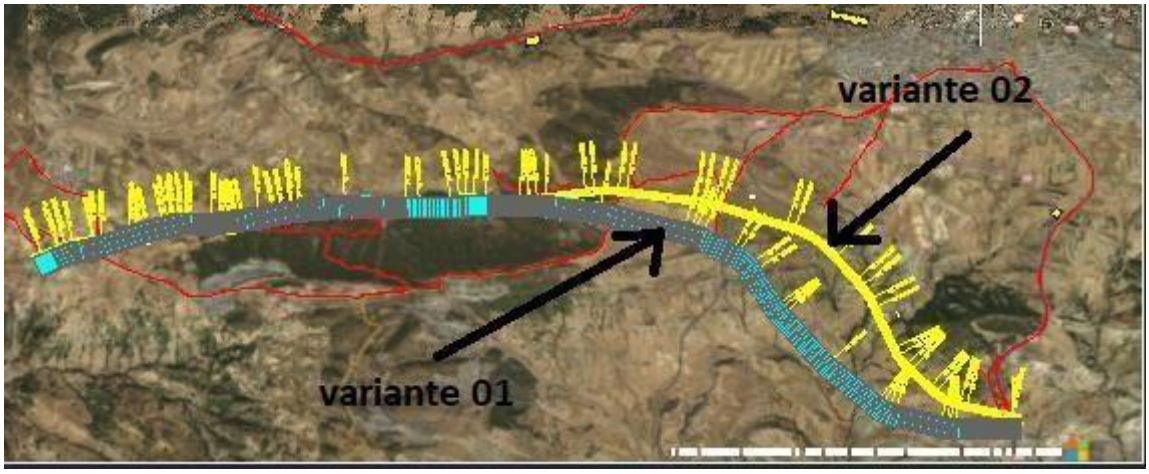


Figure II.5 : présentation des deux variantes

La variante retenue est la **variante 1 ,** à long terme on trouve que cette variante est la plus économique , et on l'a choisi pour les raisons de sécurité et confort des usagers, et la réduction du cout d'exploitation des véhicules.

II.6 CADRE DE L'ETUDE :

II.6.1 Présentation du tronçon à étudier :

Notre projet consiste à la l'étude d'un tronçon autoroutier de la 4eme Rocade en **phase APD (avant-projet détaillé)**, qui commence du **PK57+000** jusqu'au **PK67+000 (RN1 Berrouaghia)** sur un linéaire de **10 Km**.

II.6.2 géologie du site :



Figure II.6: Group de couches de calcaires marneux environ pk 65

La région dans laquelle se trouve le tracé autoroutier de la Rocade est localisée dans le Tell méridional, zone externe des Maghrébides. Elle englobe dans sa partie occidentale une partie du bassin du Cheliff et dans sa partie orientale les nappes telliennes de la région et leur

soubassement autochtone ou subautochtone dit des Bibans. Plus en détail, la zone du projet peut être subdivisée en deux ensembles structuraux principaux :

- Un ensemble inférieur formé de nappes telliennes et de leur soubassement autochtone et subautochtone.
- Un ensemble supérieur post -nappe. L'ensemble supérieur est discordant sur l'ensemble inférieur.

II.6.3 Pluviométrie :

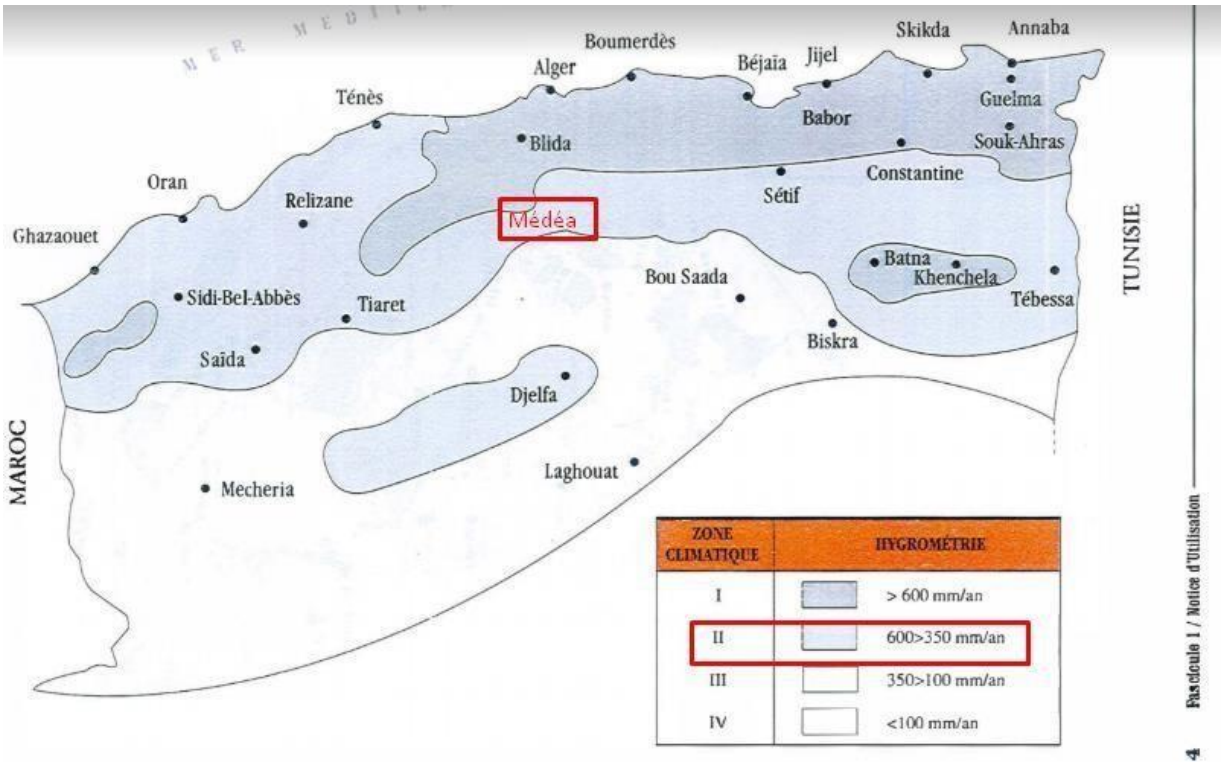


Figure II.7: Zones climatiques d'Algérie

D'après le service d'hydrologie de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), un cumul annuel moyen de précipitation égale à 509.75 mm, avec une température moyenne annuelle de 16.5°C (en année 2020).

La wilaya de Médéa appartient à la zone climatique II.

II.6.4 Sismicité :

Selon le document technique réglementaire Algérien « **RPA 99** » révisé en 2003, le territoire national est divisé en quatre zones de sismicité croissante :

- Zone I : sismicité négligeable ;
- Zone II-a : sismicité faible ;
- Zone II-b : sismicité moyenne ;
- Zone III : sismicité élevée.

Dans la figure suivante on indique la distribution des zones dans la wilaya intéressée par ce projet(Médéa) ou on peut observer que le tracé est entièrement compris dans la zone IIa

(sismicité faible), qui est caractérisée par une activité tectonique se manifestant sous forme de séismes de magnitudes faibles à moyennes.

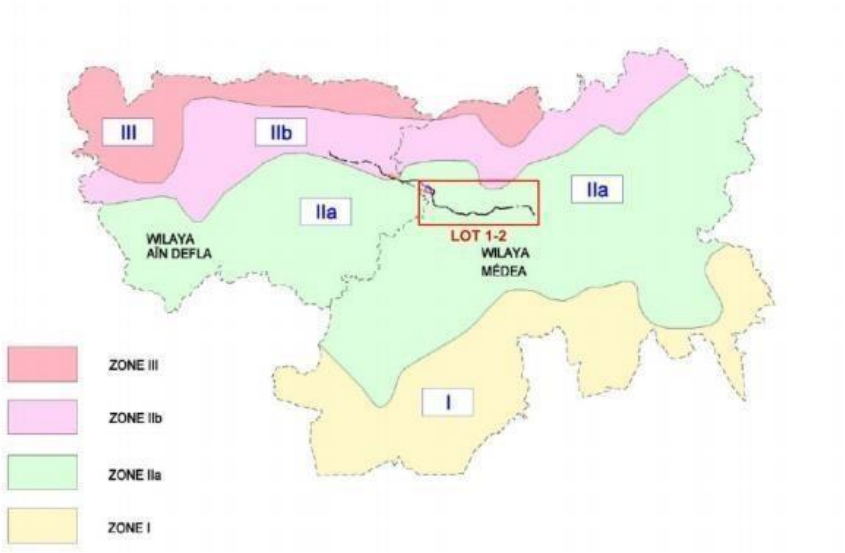


Figure II.8: Extrait de la carte du zonage sismique de l'Algérie wilaya de Médéa.

Tout ouvrage qui relève du domaine d'application des règles parasismiques algériennes RPOA 2008 doit être classé dans l'un des trois groupes définis ci -après :

- Groupe 1 : Ouvrages d'importance stratégique.
- Groupe 2 : Ouvrages de grande importance.
- Groupe 3 : Ouvrages d'importance moyenne.

La valeur du coefficient d'accélération - A - base (sur sol rocheux) est déterminée conformément à la relation suivante entre le groupe d'encadrement de l'ouvrage et la zone sismique correspondante.

Tableau II.1: Coefficient d'accélération (A)

Groupe	Zone			
	I	IIA	IIB	III
1	0.15	0.25	0.30	0.40
2	0.12	0.20	0.25	0.30
3	0.1	0.15	0.20	0.25

Sur la base de ce qui précède, le site étudié se situe dans la zone IIa qui correspond à une zone de sismicité moyenne, la section autoroutière Khemis Miliana -Berrouaghia est considérée

comme un ouvrage de grande importance (groupe 2). L'infrastructure est occupée par un faciès ferme, donc classé catégorie S2.

A partir de ces données, les coefficients d'accélération entre les PK 33+900 et67+200 (notre tronçon à étudier y inclus) de l'autoroute est **A = 0.20g**.

II.6.5 Objectifs du projet :

- Améliorer le niveau du trafic routier.
- Améliorer la sécurité et le confort des usagers.
- Augmenter la capacité routière.
- Aider le développement agricole de la zone grâce à une meilleure accessibilité à la zone.

II.7 CARACTERISTIQUES DE LA ROUTE :

II.7.1 Choix de la catégorie :

Selon ICTAAL 2000 :
Les autoroutes ou sections d'autoroute sont classées en deux catégories se distinguant par le niveau de leurs caractéristiques de tracé en plan et de profil en long.

Le choix de la catégorie résulte de l'environnement (relief, occupation du sol...) dans lequel s'inscrit l'autoroute et doit être cohérent avec la perception qu'en aura l'usager.

On distingue :

- La catégorie L_1 : appropriée en région de plaine ou vallonnée où les contraintes de relief sont modérées.
- La catégorie L_2 : mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'il implique.

Dans notre cas la route est de **catégorie L_2.** Car dans notre cas on a un relief difficile.

II.7.2 Le choix de la vitesse de référence :

Catégorie L_2 implique une vitesse maximale autorisée de **V_b=110km/h.**

III. CHAPITRE 3 : ETUDE DU TRAFIC :

III.1 INTRODUCTION :

L'étude du trafic est une phase fondamentale qui doit être prise en considération en amont, pour assurer une efficacité économique et sociale des investissements et permettre la détermination du type de l'aménagement qui convient.

On distingue les types de trafic suivants :

- Trafic normal
- Trafic d'échange (d'origine, destination)
- Trafic transit
- Trafic dévié
- Trafic induit
- Trafic total

III.2 ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS :

La détermination du trafic de la zone d'étude fait appel aux diverses méthodes qui permettent de recueillir des informations de nature et d'intérêt variable, pour cela il est important de choisir le meilleur type et de fournir les informations nécessaires. La méthode utilisée est :

Une enquête cordon est une enquête de circulation "origine-destination" qui permet d'obtenir des informations sur des déplacements routiers. Elle consiste ainsi à interviewer des automobilistes ou des chauffeurs de poids-lourds sur le déplacement qu'ils sont en train de réaliser.

(Résultats non donné par l'entreprise)

III.3 DONNEES DU TRAFIC :

- Environnement de la route **E2** .
- Catégorie de la route **C1.**
- Le trafic à l'année 2014 $\boldsymbol{TJMA2014}$ = **8324v/j** .
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\mathbf{i=\tau = 4.5\%.}$
- La vitesse de base sur le tracé $\mathbf{V_b= 110\ Km/h}$.
- Le pourcentage de poids lourds **Z=PL= 25 % .**
- L'année de mise en service sera en **2023.**
- La durée de vie de la route **(20 ans).**

III.4 PROJECTION FUTURE DU TRAFIC :

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :

$$\mathbf{TJMA_h=TJMA_0(1+\tau)^n}$$

Avec :

- $\boldsymbol{TJMA_h}$: Le trafic à l'année horizon.

- ***TJMA$_0$*** : Le trafic à l'année de référence 2014.
- ***n***: nombres d'années = 9 années.
- ***τ***: taux d'accroissement du trafic (%) .

On a pour notre projet :

- ✓ **TJMA$_0$** = TJMA$_{2014}$ = **8324 v/j**
- ✓ **TJMA$_{2023}$** = TJMA$_{2014}$ $(1+\tau)^n$ = 8324 ×$(1+0.045)^9$ = **12370 v/j**
- ✓ **TJMA$_{2043}$** = TJMA$_{2023}$ $(1+\tau)^n$ = 12370 ×$(1+0.045)^{20}$ = **29833 v/j**

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III.1:Trafic moyen journalier annuel (v/j).

Année	TJMA (v/j)
2014	**8324**
2023	**12370**
2043	**29833**

III.5 CALCUL DU TRAFIC EFFECTIF :

C'est le trafic traduit en unité de véhicule particulier (uvp), en fonction de type de route et de l'environnement (vallonnée, en plaine, montagneux). Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (uvp). Le trafic effectif est donné la relation suivante :

$$\mathbf{T_{eff} = [(1\text{-}PL) + P.PL]\ TJMA_h}$$

Avec :

- ***T_{eff}*** : trafic effectif à l'année horizon en (uvp/jour).
- ***Z*** : pourcentage de poids lourd **Z= 25 %.**
- ***P*** : coefficient d'équivalence pour le poids lourds qui dépend de l'environnement et la nature de la route.

Tableau III.2: Coefficient d'équivalence (P).

Environnement	E1 : Facile (plaine)	E2 : Moyen (vallonnée)	E3 : Difficile (montagneux)
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite, ou visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

Pour notre projet, l'environnement est **E2**, d'après le tableau du coefficient d'équivalence, on prend **P=6.**

Donc :

- ✓ **T_{eff} (2023)**= [(1-Z) +P×Z]× TJMA$_{2023}$
- ✓ **T_{eff} (2023)**= [(1-0.25) +6×0.25]× 12370= **27 833 uvp/j**

- ✓ **T_{eff} (2043)**= [(1-Z) +P×Z]× TJMA$_{2043}$
- ✓ **T_{eff} (2043)**= [(1-0.25) +6×0.25]× 29833= **67 124 uvp/j**

Alors :

$$\mathbf{T_{eff}\ (2023) = 27833\ uvp/j}$$
$$\mathbf{T_{eff}\ (2043) = 67124\ uvp/j}$$

III.6 DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL :

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon il est exprimé en unité de véhicule particulier (uvp) et donné par la formule :

$$\mathbf{Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{eff}}$$

Avec :

- ***Q*** : débit de pointe horaire (UVP/J).
- ***n*** : nombre d'heure, (en général **n=8heures**), alors : $\left(\frac{1}{n}\right)$ **=0.12.**
- $\boldsymbol{T_{eff}}$: trafic effectif.

- ✓ $\mathbf{Q_{prévisible\ (2023)}} = 0.12 \times T_{eff}(2023)$
- ✓ $\mathbf{Q_{prévisible\ (2023)}} = 0.12 \times 27833 =$ **3 340 uvp/h.**

D'où le débit prévisible a la 20eme année est :

- ✓ $\mathbf{Q_{prévisible\ (2043)}} = 0.12 \times T_{eff}(2043)$
- ✓ $\mathbf{Q_{prévisible\ (2043)}} = 0.12 \times 67124 =$ **8 055 uvp/h.**

Donc :

$$\mathbf{Q_{prévisible\ (2023)} = 3\ 340\ uvp/h.}$$

$$\mathbf{Q_{prévisible\ (2043)} = 8\ 055\ uvp/h.}$$

III.7 DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE :

Le débit horaire maximal admissible par voie est déterminé par l'application de la formule :

$$\mathbf{Q_{adm} = k_1 \times k_2 \times C_{th}}$$

Avec :

- ***K1*** : coefficient correcteur lié à l'environnement.
- ***K2*** : coefficient correcteur de réduction de capacité.
- ***Cth*** : capacité effective par voie.

- ➢ Détermination de $\mathbf{K_1}$ en fonction de l'environnement de la route :

Tableau III.3: Valeurs de coefficient K1

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Pour notre projet l'environnement est **E2 (terrain vallonnée)** Donc **: K1= 0.85.**

- Détermination de **K_2** en fonction de (catégorie de la route , l'environnement) :

Tableau III.4: Valeurs de coefficient K2

Catégorie de la route					
Environement	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
E_1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E_2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E_3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Pour notre projet qui a les caractéristiques **(E2, C1)**, donc : **K_2=0.99.**

- Determination de **C_{th}** en fonction de (nombre de voies) :

Tableau III.5: Valeurs de la capacité théorique (Cth)

Capacité Théorique (uvp/h)	
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

Selon ICTAAL2000 :
Nombre de voie/sens : 2 a 4
Débit horaire de la voie la plus chargée est estimé à 1800 uvp/h

- ✓ **Q_{adm} = 1800 uvp/h**

Donc :

III.8 DETERMINATION DU NOMBRE DES VOIES :

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle : On compare Q à Qadm et on opte le profil auquel correspond la valeur de Qadm la plus proche à Q. C'est à dire : Qadm ≥ Q
- Cas d'une chaussée unidirectionnelle : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$$N = [S \times Q/Q_{adm}]$$

Avec :

- ***Qadm*** : débit admissible par voie.
- ***S*** : coefficient de dissymétrie dans les 2 sens, en générale on prend **S=2/3**

N= $S \times Q_{previsible} / Q_{adm} = (2/3) \times (8055 / 1800) =$ **2.98**

N=3 voie/sens

Donc : le nombre des voies de la route est : **(2x3 voies)**.

III.9 CALCUL DE L'ANNEE DE SATURATION :

- Calcul de Q_{sat} :

➢ $\mathbf{Q_{saturation} = Q2023 \times (1+T)^{S}}$

➢ $Q_{sat} = 3340 \times (1+0.045)^{S}$

➢ $Q_{sat} = 3340 \times (1.045)^{S}$

- Calcul de Q_{adm} :

➢ $\mathbf{Q_{adm} = 6 \times 1800}$

➢ $Q_{adm} = 10800$uvp/j/sens

$$\mathbf{Q_{adm} = Q_{saturation}}$$

✓ $10800 = 3340 \times (1.045)^{S}$

✓ $S = \log(3.23) / \log(1.045)$

S=27ans

D'où, l'année de saturation égale à : 2023+ 27 = **2050**

III.10 CONCLUSION :

Notre route sera de type bidirectionnel à chaussée séparée de 2x3 voies

Tableau III.6: Tableau récapitulatif

TJM A_{2014} (v/j)	TJM A_{2023} (v/j)	$TJMA_{2043}$ (v/j)	$T_{eff2043}$ (uvp/j)	Q_{2043} (uvp/h)	N nombre de voies (par sens)	Année de saturation
8 324	**12 370**	**29 833**	**67 124**	**8 055**	**3**	**2050**

IV. CHAPITRE 4 : TRACE EN PLAN

IV.1 INTRODUCTION :

Le tracé en plan est la projection horizontale de l'axe de la chaussée, constitué d'une succession de courbes et d'alignements droits séparés par des raccordements successifs, l'élaboration de ce dernier est privilégiée par certaines conditions qui permettent d'assurer la sécurité et le confort des usagers.
Dans ce contexte nous sommes basé sur la norme ICTAAL 2000 "**I**nstruction sur les **C**onditions **T**echniques d'**A**ménagement des **A**utoroutes de **L**iaison ".

IV.2 REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN :

Pour un tracé en plan normalisé, il nous faut:

- ✓ L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- ✓ Eviter au maximum les propriétés privées.
- ✓ Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire, essayer d'éviter les ouvrages biais.

IV.3 ELEMENTS DE TRACE EN PLAN :

IV.3.1 Alignements :

La longueur des alignements dépend de :

- La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
- Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement.
- Du rayon de courbure de ces sinuosités.

La longueur minimum est celle correspondant à un chemin parcouru durant un temps d'adaptation (t).

$$\mathbf{L_{min} = T \times V_b}$$

Avec :

- $\boldsymbol{T}$ = 6 sec.
- $\boldsymbol{V_b}$: vitesse de base en (m/s).

Alignement = 200m entre deux courbes successives de même sens

La longueur maximum est celle correspondant à un chemin parcouru durant un temps 1 minute.

$$\mathbf{L_{max} = T \times V_b}$$

Avec :

- ***T*** = 60 sec.

IV.3.2 Arcs de cercles (les courbes) :

Selon ICTAAL 2000 le tronçon est classée dans la catégorie **L2** appropriée à un site de relief plus difficile, Donc les rayons en plan doivent respecter les valeurs minimales résumées dans le tableau suivant :

Tableau IV.1: Valeurs minimales des rayons du tracé en plan

Catégorie		L2
Rayon minimal	**(Rm)**	400 m
Rayon minimal non déversé	**(Rnd)**	650 m

L'emploi des rayons supérieurs ou égaux à **1,5 Rnd** est souhaitable.

IV.3.3 Raccordements progressifs :

Les courbes de rayon inférieur à 1,5 Rnd sont introduites par des raccordements progressifs (Clothoïdes).
Leur longueur est au moins égale à la plus grande des deux valeurs : 14|Δδ| et R/9
Avec :

- ***R* :** le rayon de courbure (en m).
- ***Δδ*** : la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordé.

➢ **<u>Rôle et nécessité des courbes de raccordement :</u>**

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par les quatre conditions suivantes :

- ✓ Stabilité transversale du véhicule.
- ✓ Confort des passagers du véhicule.
- ✓ Transition de la forme de la chaussée.
- ✓ Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

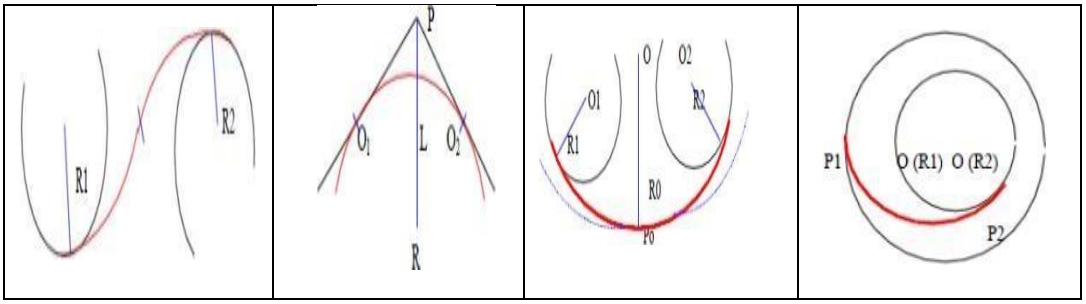


Figure IV.1: Courbe en S **courbe à sommet** **courbe en C** **courbe en ove.**

IV.3.4 Exemple de calcul manuel d'axe du tracé en plan :

Pour le projet, nous avons des raccordements sans courbe de transition :

(**R=1200 m > RHnd = 650 ⟹ d= -2.5%)**. C'est le cas du cinquième raccordement.

Et on a d'autres avec courbe de transition :

($R \leq R_{hnd}$ =650) : C'est le cas du septième raccordement.

- **<u>Cas 01 : rayon sans courbe de transition :</u>**

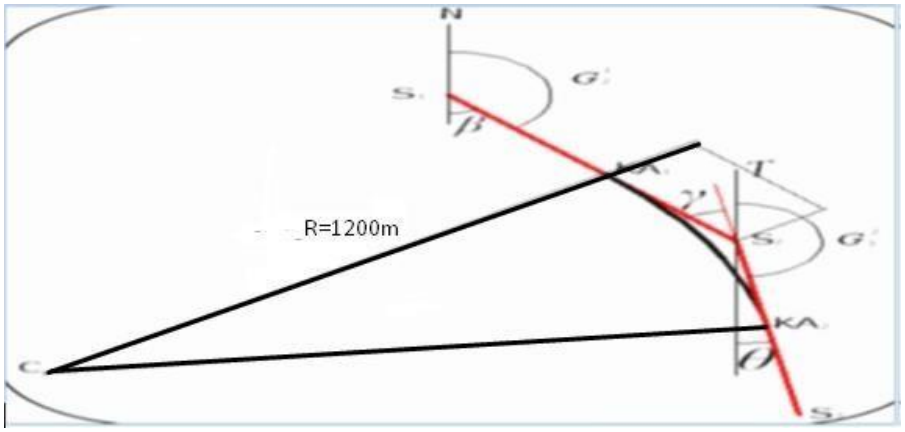


Figure IV.2 : Raccordement circulaire entre deux alignements

Tableau IV.2 :les coordonnées des points à calculer

Sommet	X (m)	Y(m)	R(m)	VB (km/h)
S1(x,y)	488625.8362	3997346.9921	1200	110
S2(x,y)	488825.1910	3996162.7886	1200	110
S3(x,y)	489692.7137	3997259.8543	1200	110

- **<u>Calcul des gisements :</u>**

| Δx12| = | xP2 – xP1 | = **200 m**
| Δy12| = | yP2 – yP1 | = **-1 184m**

$GP1P2$=100 + Arctg (| Δy12| | Δx12|) = **180 grade.**
$GP2P1$ = 200 + 180 = **380 grade.**
| Δx23| = | xP3 – xP2 | = **867m.**
| Δy23| = | yP3 – yP2 | = **1097 m.**
$GP2P3$=100 - Arctg (| Δy23| | Δx23|) =**48 grade.**
$GP3P2$= 200 +48 = **248 grade**

- **<u>Calcul des angles :</u>**

γ = | $GP2P1$ - $GP3P2$| α1=**132 grade**

- **<u>Calcul de la tangente :</u>**

T = tan (γ /2) × R

T = 2695 m.

- **Calcul des coordonnées des points singuliers :**

KA1 :
X KA1 = xP2 – T × sin ($GP1\ P2$) = **488825 m.**
Y KA1 = yP2 – T ×cos ($GP1\ P2$) = **3 993 467 m.**

KE1 :
X KE1 = xP2+T × sin ($GP2\ P3$) =**490 827m.**
Y KE1 = yP2+T × cos ($GP2\ P3$) =**3 997 965m.**

- **Cas 2 : Rayon avec la courbe de transition :**

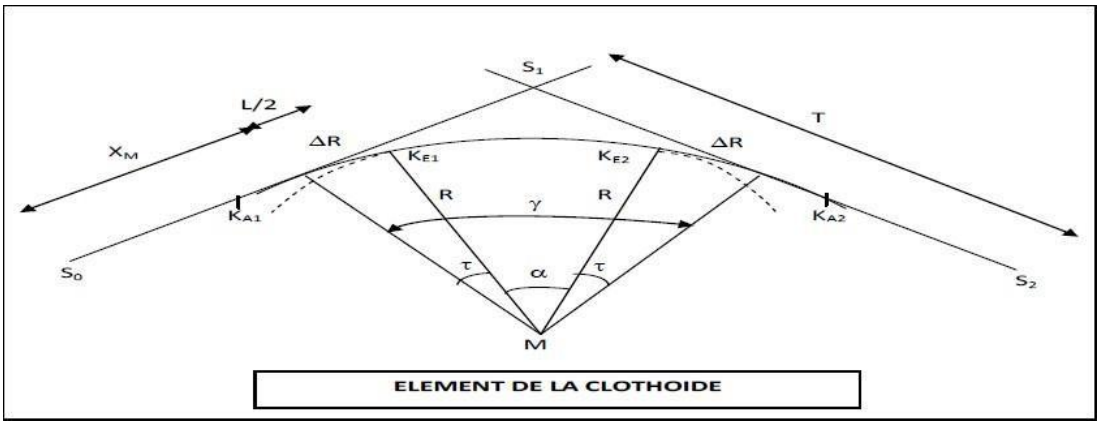


Figure IV.3 : Géométrie de la Clothoïde.

Les éléments de la Clothoïde sont :

- ***A*** : paramètre de Clothoïde.
- ***R*** : rayon du cercle à l'abscisse curviligne.
- ***M*** : centre du cercle d'abscisse **XM.**
- ***KA*** : Début de la Clothoïde.
- ***KE*** : Fin de la Clothoïde.
- ***XM*** : Abscisse du centre de cercle.
- ***YM*** : Ordonnée du centre du cercle.
- ***τ*** : Angle de tangente.
- ***T*** : Grande tangente.
- ***σ*** : L'angle polaire.
- ***SL*** : La corde à la Clothoïde.
- ***ΔR*** : Ripage.

Tableau IV.3 : Données de l'axe à calculer.

Sommet	X (m)	Y (m)	Rayon (m)	V_B (km/h)
S_5	492050.0921	3995295.0893	650	110
S_6	492455.8552	3995886.1072		
S_7	492359.6657	3995241.6480		

Le rayon est égal à Rnd (650 m) et d'après l'ICTAAL le dévers de rayon Rnd est égal à 2.5.

$|\Delta X65| = | XP6 - XP5| =$ **405,7631m**

$|\Delta Y65| = | YP6 - YP5| =$ **591,0179m**

$|\Delta x76| = | xP7 - xP6 |$ **= 96,1895m**

$|\Delta y76| = | yP7 - yP6 | =$ **644,4592m**

Caractéristiques de la courbe de raccordement :

- **Calcul du paramètre A :**

On sait que : $A^2 = L \times R$

- Détermination de L :

✓ Condition de confort optique :

$R/3 \leq A_{min} \leq R$
D'où : $217 \leq A_{min} \leq 650$
$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$, $R < 650 \rightarrow \Delta R = 1$.
Donc : $L \geq \sqrt{24 \times 650 \times 1} \approx$ **125 m**..... 1

✓ Condition de confort dynamique et de gauchissement :

$L \geq (5/36)\, \Delta d\, V_B$
$RHnd \leq R$
$\Delta d = d - (-2.5)$ et $d = 2.5\%$
$\Delta d = 2.5 - (-2.5) = 5\ \%$
$L \geq (5/36) \times 110 \times 5 =$ **77 m** 2

De 1 et 2 on aura : $L \geq$ **125 m.**
$L = A^2/R \rightarrow A = \sqrt{L \times R} =$ **286 m**

On prend:

A = 286 m ; **L =125 m.**

- **Calcul de ΔR :**

$$\Delta R = \frac{L^2}{24 \times R}$$

ΔR = 1.00 m

- **Calcul des Gisements :**

G^{P5P6}=100 + Arctg (| Δy65| / | Δx65|) =**155.52 grade.**
G^{P6P7}=100 + Arctg (| Δy76| / | Δx76|) =**181.51 grade.**

- **Calcul des angles :**

γ = | G^{p5p6}- G^{p6p7}| **=26 grade.**

- **Calcul de l'angle τ :**

τ = $\boldsymbol{L^2 \cdot R}$. $\boldsymbol{200\pi}$ = **6.1 grade.**

✓ Vérification de non chevauchement :

τ = 6.1 grade.
γ/2 = 13 grade.

D'où **: τ < γ/2** (pas de chevauchement).

- **Calcul des distances :**

DS5-S6 = $\sqrt{\Delta X2 + \Delta Y2}$= **716,90m**
DS6-S7= $\sqrt{\Delta X2 + \Delta Y2}$= **651,59m**

Caractéristiques de la courbe de raccordement :

On a **: L/R = 0.10**

À partir des tables des Clothoïdes, on tire les valeurs suivantes :
- ΔR **= 1.**
- Xm = L/2 **= 62.5 m.**
- X/R X = L **=125 m.**
- Y/R Y = L^2/ (6.R) **= 2.17 m.**

La corde polaire SL = $\sqrt{x^2 + y^2}$ **= 125.1 m.**

L'angle polaire δ = Arctg (Y/X) = **1 grade.**

- **Calcul de la longueur de l'arc du cercle :**

L=R (γ-2τ) × π/200 = 650 (26 – 12.2) × π/200 **= 140.829**

- **Calcul des coordonnées du début de la Clothoïde :**

$T=X_m+t$

t =(R +ΔR) × tg (γ/2)= **150,29m.**

T = 212,79 m.

Point K_{A1} :

X_{KA1}=XS6-T×sin (G^{P5P6}) **= 492367.68 m.**

Y_{KA1}= YS6-T×cos ($GP5P6$) **= 3996079.76 m**

Point K_{E1} :

X KE1 = XKA1+ SL × sin ($GP5P6$ - δ) = **492424.47 m.**

Y KE1 = YKA1+ SL × cos ($GP5P6$- δ) = **3995968.29 m.**

Les résultats de calcul sont joints en annexe (Civil 3D 2020).

IV.4 CONCLUSION :

Afin de prendre en considération l'ensemble des Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison (ICTAAL 2000) , le tracé est composé de 6 raccordements avec rayon **$R \geq 1.5\ RH_{nd}$** et 7 avec courbes de transition (Clothoïde) , **$R < 1.5\ Rh_{nd}$** , sur une longueur totale de **10 451,256 m.**

V. CHAPITRE 5 : PROFIL EN LONG :

V.1 INTRODUCTION :

Le profil en long est une coupe longitudinale fictive composée d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements circulaires (ou paraboliques) caractérisés par leur rayon.

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans la lisibilité de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers.

V.2 CARACTERISTIQUES DU PROFIL :

Les paramètres géométriques du profil en long doivent respecter les caractéristiques limites résumées dans le tableau :

Tableau V.1: Valeurs limites des paramètres du profil en long.

Catégorie	L2
Déclivité maximale	6 %
Rayon minimal en angle saillant	6 000 m
Rayon minimal en angle rentrant	3 000 m

L'utilisation des rayons supérieurs aux rayons minimaux est préconisée si cela n'induit pas de surcoût sensible.

Pour faire une bonne conception de tracé, on doit respecter l'ensemble des conditions ci-après:

- Prévoir à l'amont de chaque descente une zone de transition au moyen, par exemple, d'une réduction progressive des rayons du tracé en plan.
- Introduire franchement une forte pente en évitant les pentes augmentant progressivement.
- Ne pas intercaler dans une forte pente (supérieure à 4 %) une pente plus modérée.
- Éviter d'introduire des points singuliers (échangeurs, aires, courbes de rayon inférieur à Rnd…) dans la déclivité et dans les quelques hectomètres qui la suivent.

Figure V.1: Caractéristiques géométriques de profil en long.

V.3 COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG :

Le tracé en plan et le profil en en long ont toujours un lien, soit d'une façon directe ou indirecte, alors on doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, le respect des règles de visibilité et, autant que possible, un certain confort visuel, ces objectifs incitent à :

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :R vertical > 6 R horizontal, pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de surcoût sensible ; lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

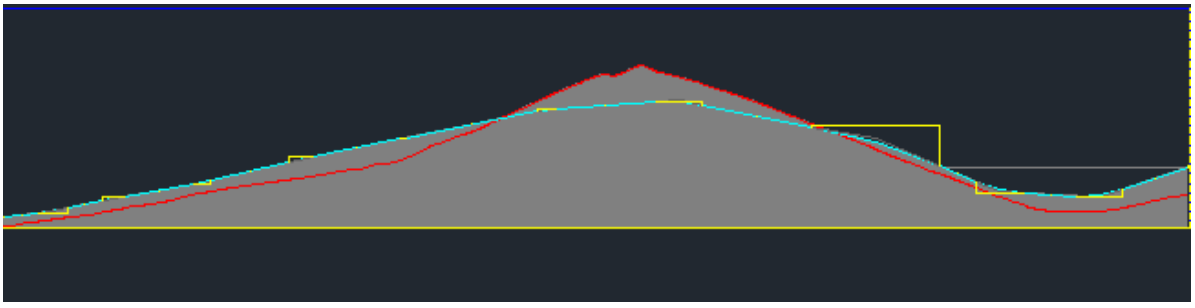


Figure V.2 : Profil en long par Civil 3D

V.4 EXEMPLE DE CALCUL MANUEL D'AXE DE PROFIL EN LONG :

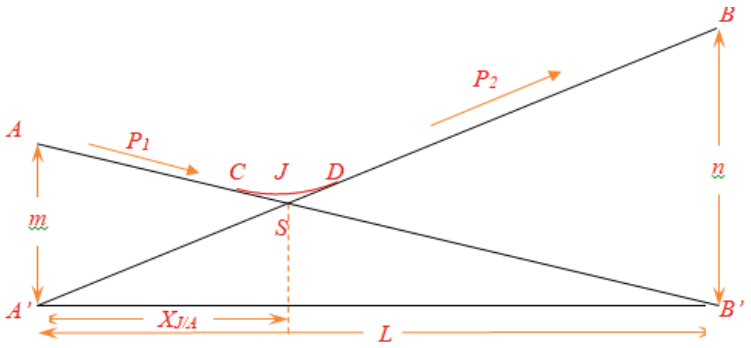


Figure V.3 Schéma illustratif d'un rayon concave.

- **Les points du profil en long :**

$-X_A$=65908.51 $- X_B$=66781 $- X_S$=66686

$-Z_A$=864.665 $-Z_B$=845 $-Z_S$=842.297

R=6235.632m ; L=190m

$Z_{A'}= Z_B - L \times P_2$ =840.269m
$Z_{B'}= Z_A - L \times P_1$ =865.729

- **Calcul des pentes :**

$P1 = \frac{ZS - ZA}{XS - XA}$ = **-0.56%** $P2 = \frac{Zb - ZS}{Xb - XS}$ = **2.49%**

- **Calcul des tangentes :**

$T = R/2 \times (|P1| + |P2|)$ => **T=95.09m**

- **Calcul de la flèche B_x :**

$B_x = \frac{T^2}{2 \times R}$ => **B_X = 0.725**

- **Calcul des coordonnées des points de tangences :**

B

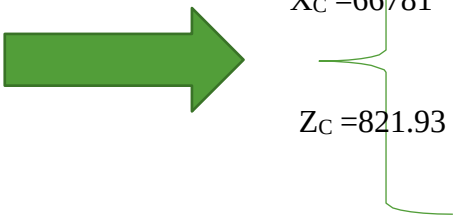
$X_B = X_S - T$ → X_B= 66590.91

$Z_B = Z_S - T \times |P1|$ → Z_B =823.765

$X_C = X_S + T$

C

$Z_C = Z_S - T \times |P2|$



$X_C = 66781$

$Z_C = 821.93$

- **Calcul de la longueur de raccordement :**

$L = 2 \times 95$ => **L =190**

- **Calcul des cordonnées du point :**

$X_{J/A} = R \times P_1 =$ **35**

$Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - X_{J/A}^2 / (2 \times R) =$ **0.097m**

$X_J = X_B + X_{J/A} = 66894+56.8 =$**66816m**

$Z_J = Z_B + Z_{J/A} = 840.510+0.15=$ **846m**

V.5 CONCLUSION :

Dans ce cas la connaissance du sommet J est importante pour l'assainissement de la route en zone de déblai : pour le partage des eaux de ruissellement à partir de J.

V.6 OUVRAGES D'ART :

La route ne doit comporter aucun cisaillement à niveau. Elle coupe l'espace en deux demi - espace sans communication, ce qui rend obligatoire le rétablissement de la circulation routière par-dessus ou par dessous des voies principales. Il sera rétabli systématiquement :

- Les routes nationales.
- Les chemins de wilaya.
- Les chemins ruraux ou agricoles les plus importants.

Les ouvrages de franchissement identifiés en fonction du profil en long de la route seraient rétablis soit en passage supérieur (PS), soit en passage inférieur (PI).

Par conséquent ces routes seront conçues d'après les normes techniques ''B40'' qui les classent selon leur importance et leur environnement.

Ces normes classent les routes en 5 catégories correspondantes à trios (03)

environnements :

- Environnement facile : E1
- Environnement moyen : E2
- Environnement difficile : E3

Ces routes sont :

- ➢ Les routes nationales (RN) pouvant être classées dans les catégories 1 – 2.
- ➢ Les chemins de wilaya (CW) dans la catégorie 3.
- ➢ Les chemins ruraux (CR) dans la catégorie 4.
- ➢ Les pistes agricoles principales hors catégorie.

Ces dernières seront regroupées en fonction de leur importance et de leur aptitude à regrouper le trafic de chemins voisins.

Gabarit à réserver :

On appelle gabarit le minimum à dégager au-dessus de la voie franchie, mesuré perpendiculairement à cette voie. En Algérie, il est réglementé que le passage sur :

- Les autoroutes et les routes expresses doivent respecter un gabarit de 5.35m.
- Les routes ordinaires doivent respecter un gabarit de 4.50 à 4.80 m.

Pour le chemin de fer on doit respecter un gabarit de 6.50 m.

Tableau V.2 : Passages

Passage supérieure	PK		Longueur (m)
Passage 1	57225	57350	125
Passage 2	59000	59375	375
Passage 3	62675	62900	225
Passage 4	63700	63800	100

VI. CHAPITRE 6 : PROFIL EN TRAVERS :

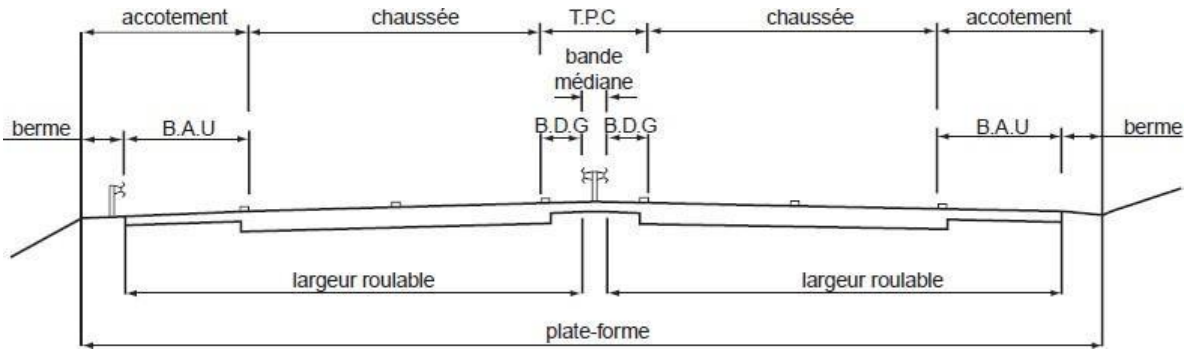


Figure VI.1: Eléments constitutifs du profil en travers en section courante

- T.P.C. : terre-plein central
- B.A.U. : bande d'arrêt d'urgence
- B.D.G. : bande dérasée de gauche

VI.1 CHAUSSEE :

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules, La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central.
Pour notre projet la chaussée est de **3 voies** donc elle est de **10.5 m.**

VI.2 TERRE-PLEIN CENTRAL (T.P.C.) :

Le T.P.C. assure la séparation matérielle des deux sens de circulation. Sa largeur résulte de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

VI.2.1 Bande dérasée de gauche (B.D.G.) :

Elle est destinée à permettre de légers écarts de trajectoire et à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité. Elle contribue dans les courbes à gauche au respect des règles de visibilité.
Elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sans dénivellation. Sa largeur est de 1,00 m.

VI.2.2 Bande médiane :

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux) et, le cas échéant, des piles d'ouvrages et des aménagements paysagers.
Sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés.

Pour notre projet elle est de largeur de **1,00 m.**.

VI.3 ACCOTEMENT :

L'accotement comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U.) bordée à l'extérieur d'une berme.

VI.3.1 Zone de sécurité :

La largeur de la zone de sécurité est, à compter du bord de la chaussée, de 8,50 m pour la catégorie L2. En déblai, la zone de sécurité ne s'étend pas au-delà d'une hauteur de 3 m.

Figure VI.2: Zone de sécurité en déblai.

Dans la zone de sécurité, doit être isolé, sinon exclu, tout dispositif agressif constitué par un :

- **Obstacle** : arbre, poteau, maçonnerie, support de signalisation directionnelle, paroi rocheuse,appui d'ouvrage d'art…
- **Caniveau non couvert** ;
- **Fossé** dépassant 50 cm de profondeur, sauf s'il s'agit d'un fossé de pentes inférieures à 25 %
- **Talus** de déblai ou un merlon dont la pente dépasse 70 % ;
- **Remblai** de plus de 4 m de haut, dont la pente dépasse 25 %, ou de plus de 1 m en cas de dénivellation brutale.

VI.3.2 La bande d'arrêt d'urgence (B.A.U.) :

La B.A.U. facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire, l'évitement d'un obstacle sur la chaussée, l'intervention des services de secours, d'entretien et d'exploitation.
Elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée d'une surlargeur de chaussée qui porte le marquage en rive, puis d'une partie dégagée de tout obstacle, revêtue et apte à accueillir un véhicule lourd en stationnement. Aucune dénivellation ne doit exister entre la chaussée et la B.A.U.
Pour notre projet elle est de largeur de **3,00 m.**

VI.3.3 La berme

Située à l'extérieur de B.A.U, elle supporte d'éventuels panneaux de signalisation et équipements. Mais elle peut être associé ou intégrée au dispositif d'assainissement dont pente inferieure a 25%
Pour notre projet on a une largeur de **1 m**.

VI.4 DISPOSITIFS DE RETENUE :

Les dispositifs de retenue sont des équipements de protections des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussées.
L'emploi des dispositifs de retenue est étroitement lié avec la notion de zone de sécurité (ICTAAL 2000), qui est définie sur les côtés des chaussées, avec une largeur min de 8,5 m, sinon tout obstacle (naturel ou artificiel) doit être isolé ou exclu, y compris les installations autoroutières.
Les dispositifs de retenue utilisés sont les suivants :

- **Glissières de sécurité métalliques fixes :**

La glissière de sécurité simple est utilisée au côté droit de la chaussée pour protection contre les obstacles.

- **Glissières de sécurité métalliques amovibles :**

Les glissières de sécurité métalliques amovibles sont les glissières démontables utilisées dans l'interruption du TPC pour permettre de basculer la circulation d'une chaussée à l'autre.

- **Séparateurs en béton :**

Les séparateurs en béton du type « DBA » (double séparateur en béton adhérent) sont des murets de type New Jersey, continus en béton coulé en place ou préfabriqué. Ils ont un comportement rigide lors d'un impact avec un véhicule, tout en facilitant le redressement de ce dernier.

Tableau VI.1: Tableau récapitulatif

Description	*Largeur (m)*	*nombre*	*largeur totale*
• **Voie de circulation**	**3.5**	**6**	**21**
• **Terre-plein central (T.P.C)**	**3**	**1**	**3**
-Bande dérasée de gauche	**1**	**2**	**2**
- Bande médiane (B.M)	**1**	**1**	**1**
• **Accotement**	**4**	**2**	**8**
- Bande d'arrêt d'urgence	**3**	**2**	**6**
- La berme	**1**	**2**	**2**
Total (m)	**32m**		

Zone de sécurité à l'exterieur des voies de circulation	**8.5**	
Dévers en section droite		
• **Chaussée**	**2.5%**	Vers l'intérieur
• **Bande dérasée de gauche B.D.G**	**2.5%**	//
• **Bande d'arret d'urgence B.A.U**	**2.5**	//
• **Berme extérieure**	**8%**	//
Dévers en courbe tq le dévers > 4%		
• **Bande d'arret d'urgence B.A.U**	**1.5%**	//

Le profil de la route :

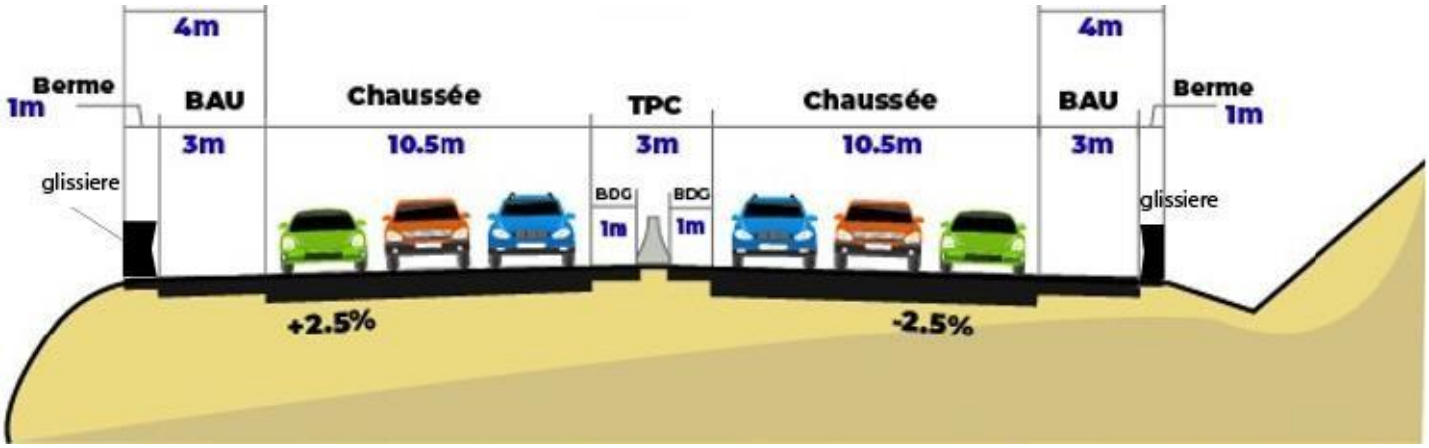


Figure VI.3 : Profil en travers type de la section courante 2x3 voies

Profil des séparateurs :

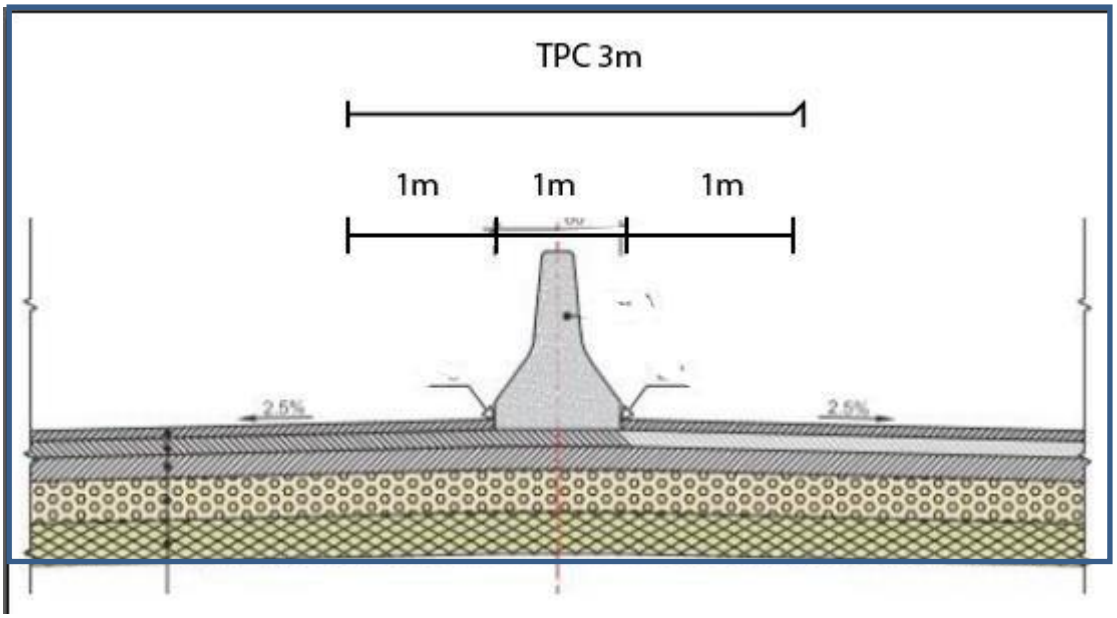


Figure VI-4. Profil de séparateur en béton central

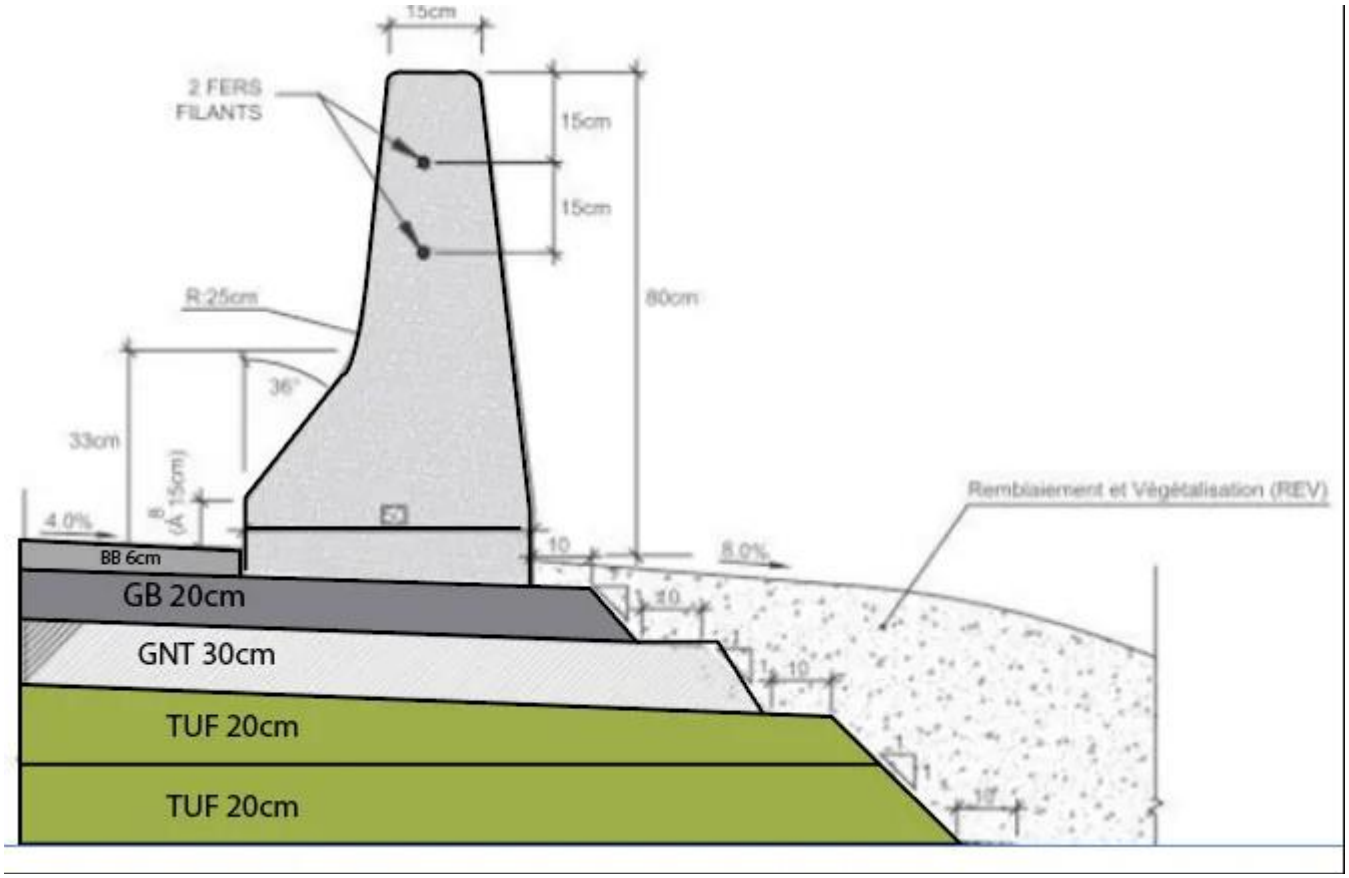


Figure VI-5. Profil de séparateur de rive en béton

VII. CHAPITRE 7 : ETUDE GEOTECHNIQUE :

VII.1 INTRODUCTION :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui sont à la base de la structure de chaussée.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord déterminer l'emplacement des couches et fournir des informations sur chaque couche ainsi que les propriétés mécaniques et physiques du sol.

La réalisation d'un projet routier nécessite une bonne compréhension et connaissance du terrain traversé, ce qui exige des reconnaissances géotechniques.

VII.2 OBJECTIF DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE :

On peut résumer les objectifs d'une étude géotechnique en :

- Déterminer la lithologie du site et les caractéristiques géotechniques de sol support.
- Classifier des matériaux de sol support suivant le GTR.
- Déterminer le type de la partie supérieure et la classe de portance des sols support.
- Présenter un avis sur les conditions, réutilisation des sols des sites identifiés.

VII.3 LES MOYENS DE RECONNAISSANCE :

Les moyens de la reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement :

- L'étude des archives et documents existants.
- Les visites de site et les essais **« in-situ »**.
- Les essais de laboratoire.

VII.3.1 L'étude des archives et documents existants :

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologiques et géotechniques des formations existantes.

VII.3.2 Les visites sur site et les essais « in-situ » :

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités. Cependant, la connaissance précise des Caractéristiques des sols en présence nécessitent des investigations **« in-situ »** permettant :

- Soit la mesure de certaines caractéristiques en place.
- Soit le prélèvement d'échantillons pour les besoins d'essais de laboratoire.

Dans la plupart des cas, ces deux éléments sont combinés.

VII.3.2.1 La reconnaissance « in-situ » :

La première reconnaissance visuelle, permet d'arrêter un premier programme de reconnaissance **« in-situ »** en fonction des sols rencontrés et des problèmes géotechniques pressentis.

Le programme peut comprendre une gamme assez variée d'investigation que l'on présentera succinctement dans ce qui suit :

- Sondages carottés.
- Puits de reconnaissances.
- Essais de pénétration.

VII.3.2.1.1 Puits de reconnaissances :

Ils sont utilisés pour identifier le comportement des couches supérieures du sol, et ils servent aussi à déterminer la portance de terrain.

VII.3.2.1.2 Sondage carottées :

Il sert à collecter un maximum d'informations concernent la structure du sous-sol et de distinguer les différents types de formation du terrain.

VII.3.2.1.3 Les essais de pénétration :

Le principe consiste à enfoncer dans le sol un train de tiges muni d'une pointe ou d'une trousse coupante à son extrémité et de mesure de la résistance du sol à l'effort de pénétration.
Les types de pénétromètres qui sont utilisés :

- Pénétromètre dynamique.

- Le standard pénétromètre test ou **SPT**.
- Pénétromètre statique.

VII.3.3 Les différents essais en laboratoire :

Les essais réalisés en laboratoire sont :

Tableau VII.1: Les différents essais au laboratoire

Les essais physiques	Les essais mécaniques
➢ **Analyse granulométrique** ➢ **Limites d'Atterberg** ➢ **Teneur en eaux et la masse volumique** ➢ **Essai au bleu méthylène**	➢ **Essai Proctor** ➢ **Compression simple** ➢ **Essai de cisaillement** ➢ **Essai de fragmentabilité et dégradabilité**

VII.4 CONDITIONS DE REUTILISATION DES MATERIAUX

Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension >80mm.
- Matériaux plastique IP>20% ou organique.
- Matériaux gélifs.
- On évite les sols à forte teneur en argile.

VII.5 CONDITIONS DE REUTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI :

Les conditions d'utilisation en remblai présentées dans les tableaux se groupent en sept rubriques :

- **Extraction (E):** le mode d'extraction des matériaux de déblais est qui est en deux formes « extraction frontale, extraction en couches ».
- **Action sur la granularité (G):** c'est les différentes actions de modification sur la

granularité du matériau entre son extraction et la fin de son mise en remblai (élimination des fractions granulaires, fragmentation après extraction).

- **Action sur la teneur en eau (w):** ce sont les actions de mesures qui s'agissent de modifier l'état hydrique des matériaux (aération par conditions météorologiques favorables ou l'humidification).
- **Traitement (T):** elle concerne les actions de traitement des matériaux avec les ajoutes comme la chaux, ciment, les cendres volantes et les autres additifs.
- **Régalage (G):** sous cette rubrique est donnée une indication sur l'épaisseur des couches élémentaires à mettre en œuvre.
- **Compactage (C):** donne des indications à propos le niveau d'énergie de compactage des matériaux (faible, moyen, intense).
- **Hauteur des remblais (H):** il s'agit de la hauteur maximale à ne pas dépasser ou bien à respecter lors de la mise en œuvre des remblais.

VII.6 APPLICATION AU PROJET

Afin de mener à bien cette étude, le maitre de l'ouvrage a élaboré un plan d'intervention sur site pour avoir le maximum d'informations qui vont nous servir dans l'étude de dimensionnement. Le programme d'intervention pour le lot N°1-2 est comme suit :

- Réalisation de plusieurs sondages pour l'analyse du sol support de la chaussée, le long du tracé à raison d'un ou 2 puits tout un km linéaire.
- Réalisation des essais de laboratoires : analyses géotechniques sur les différents matériaux prélevés.

Tableau VII.2 : Résultats des essais de laboratoire

PK	Echantillon N°	Profondeur (m)	W (%)	γ_h (kN/m3)	γd (kN/m3)	WL(%)	WP(%)	IP (WL-WP)	VBS (g/100)	Dmax(mm)
57+270	1	5.10-5.50	20.66	19.10	15.83	41	20.3	20.6		0.08
58+200	2	1.10-1.38	14.31	19.39	16.97	34.6	19.5	15.1	1.19	0.08
59+425	3	2.00-2.50	19.79	20.43	17.05	39.1	17.8	21.3	0.81	0.08
60+350	4	2.10-2.43	13.58	18.74	16.26	45.1	25.4	19.7		0.08
61+380	5	4.45-5.10	13.33	20.78	18.34	39.1	17.9	21.2	0.81	0.08
62+230	6	1-1.38	13.52	20.19	17.78	36.6	19.1	17.5	2.65	0.08
65+150	7	5.10 - 5.54	15.52	20.60	17.83	38.9	19.4	19.5	2.475	0.08
65+600	8	3.45-3.87	17.3	20.58	26.40	34	17	17	2.822	0.08

66+500	9	3.65 - 3.95	11.45	19.74	17.71	35.8	20.9	14.9	1.910	0.08

Interprétation des résultats : pourcentage des fines <0.08mm est de 100% ;les valeurs des limites de liquidité et plasticité varie succesivement entre 34 et 45 & entre 17 et 25 ; indice de plasticité entre 17 et 21, ;les teneurs en eau varie entre 11 et 20.

On constate qu'il existe 2 types de sol dans notre tronçon à étudier : Sol fins A_2 et Roches argileuses R_3.

Tableau VII.3: Classification GTR sols fins

PK	Ech Nº	Caractéristiques granulométriques	Caractéristiques physiques	Classe selon la nature	Indice de consistance	Les seuils de Ic	Classe selon état hydrique
		Dmax ≤ 50mn et tamisât à 80µm > 35 %	12 < I P ≤ 25	A2		<Ic<	Humide,moyen, Sec ou très sec
57+270	1	Dmax=8mm	20.6	**A2**	0.99	0,9 < Ic ≤ 1,05	A_2h
58+200	2	Dmax=8mm	15.1	**A2**	1.34	1,2 < Ic ≤ 1,4	A_2s
59+425	3	Dmax=8mm	21.2	**A2**	0.91	0,9 < Ic ≤ 1,05	A_2h
60+350	4	Dmax=8mm	19.7	**A2**	1.60	Ic > 1,4	A_2ts
61+380	5	Dmax=8mm	21.2	**A2**	1.21	1,2 < Ic ≤ 1,4	A_2s
62+230	6	Dmax=8mm	17.5	**A2**	1.32	1,2 < Ic ≤ 1,4	A_2s
63+700	7	Dmax=8mm	19.5	**A2**	1.20	1,05 < Ic ≤ 1,2	A_2m
64+600	8	Dmax=8mm	17	**A2**	0.98	0,9 < Ic ≤ 1,05	A_2h
66+500	9	Dmax=8mm	14.9	**A2**	1.63	Ic > 1,4	A_2ts

Tableau VII.4 : Principe de classification des roches

Roches sédimentaires	**Roches argileuses (Marnes) R3**	FR ≤ 7 et DG > 20	Marne argileuse : peu fragmentable, très dégradable.
		FR ≤ 7 et 5 < DG ≤ 20	Marne argileuse peu fragmentable, moyennement dégradable.
		FR ≤ 7 et DG ≤ 5	Marne argileuse : peu fragmentable, peu dégradable.

- ***Classification GTR des roches joins en annexes.***

VII.6.1 Conditions d'utilisation des matériaux en remblai :

Les conditions d'utilisation en remblai pour les différents sols de notre projet et qui sont tirés de la classification sont données d'après le fascicule dans le tableau suivant :

Tableau VII.5 : Conditions d'utilisation des matériaux en remblai

Sol	Observation générales	Situation météorologiques	Conditions d'utilisation en remblai
A_2ts	Sol normalement inutilisable en l'état		
A_2s		pluie forte(++)	• Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes
	La teneur en eau faible de ces sols oblige à un compactage intense.	pluie faible(+)	• E : extraction en couches • R : couches minces • C : compactage intense • H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)
		ni pluie, ni évaporation importante(=)	• Humidification dans la masse • Utilisation en l'état
		évaporation importante(-)	• Humidification • Arrosage • Extraction frontale avec arrosage
A_2m		Pluie faible (+)	• Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes
	Ces sols ne posent pas de problème de réutilisation en remblai sauf par pluie forte ou moyenne.	pluie faible(+)	• E : extraction frontale • C : compactage moyen • H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)
		ni pluie, ni évaporation importante(=)	• C : compactage moyen
		évaporation importante(-)	• Arrosage superficiel. • Emploi en l'état. • Extraction frontale.
A_2h		Pluie faible (+)	• Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes.
	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible	Ni pluie ni évaporation importante (=)	• Utilisation en état • Traitement
		Evaporation importante (-)	• Aération • Traitement

VII.7 CONCLUSION :

L'étude géotechnique du tracé a fait ressortir les résultats suivants :

Les travaux de terrain et les résultats de la reconnaissance in situ montre que les terrains traversés par le tracé sont constitués du sol de classe A ; qui sont des sables limoneux et du sol de classe R qui sont des roches marneuses.

VII.8 STABILITE DES PENTES :

Les glissements de terrain affectent les pentes naturelles et les pentes construites par l'homme en raison des caractéristiques géotechniques médiocres, c'est pourquoi la vérification de stabilité des talus est une phase primordiale dans l'étude d'un projet routier.

VII.8.1 Objectif de l'étude :

L'objectif de cette étude consiste à analyser la stabilité des pentes de remblais et de déblais, en se basant sur les résultats des essais réalisés in-situ et les résultats des essais au laboratoire sur les échantillons prélevés, afin de proposer les pentes adaptées pour les remblais et les déblais.

VII.8.2 Analyse de stabilité du déblai :

Nous allons vérifier la stabilité du profil qui représente la hauteur de déblai la plus importante, à savoir au PK 62 + 632, cette hauteur est de 32 m, et pour cela nous avons analysé la stabilité vis-à-vis au glissement.
Les calculs de stabilité des déblais ont été menés en prenant comme base les données et les considérations suivantes :

- Le déblai a été modélisé avec une inclination de 3H:2V (34°) .
- Les surfaces de ruptures supposées circulaires.
- Le niveau phréatique est pris en considération.
- L'aspect sismique a été pris en considération.

VII.8.2.1 Méthode de calcul :

Les analyses de stabilité globale ont été effectuées en employant la méthode de Bishop Simplifiée, pour l'analyse des surfaces de rupture circulaires, cela étant fait de manière automatique à l'aide du logiciel Slide 6. Il s'agit d'une méthode de tranches qui admet quelques simplifications pour la détermination du facteur de sécurité de la rupture par cisaillement le long des surfaces de glissement, pour la situation d'un équilibre limite.

VII.8.2.2 Données de calcul :

Les paramètres géotechniques des sols sont obtenus en fonction des essais géotechniques réalisés et les expériences des travaux.

Tableau VII.6 : Les paramètres géotechniques des sols en remblai.

couches	epaisseurs	Court terme		
		δh(KN/m^3)	Cu(KPa)	Φu(°)
1	**15**	**23**	**60**	**21**
2	**17**	**25**	**125**	**30**

Court terme ; la phase d'exécution

Calcul de Facteur de sécurité du talus :

La stabilité du talus est appréciée par rapport à un facteur de sécurité admissible. Si Fs=1.5

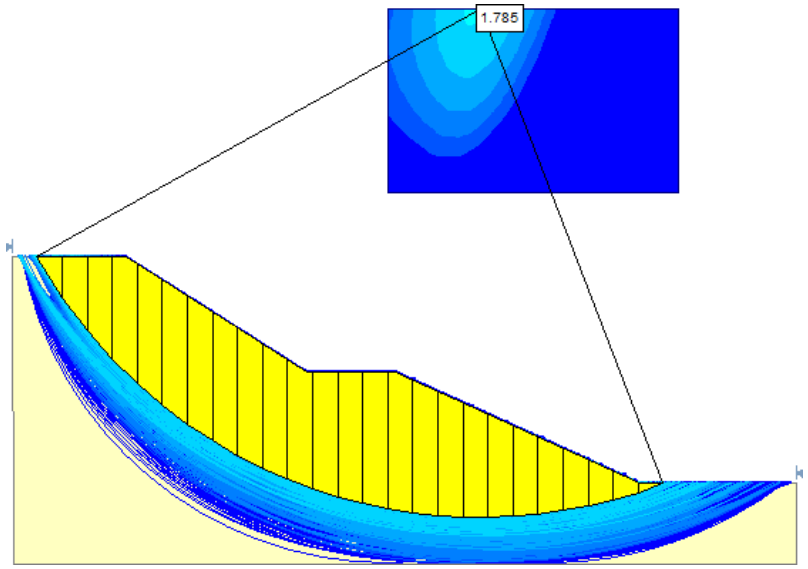


Figure VII.1: facteur de sécurité à court terme.

- ✓ **Cas sismique :**

Pour le calcul de stabilité dans le cas dynamique on a pris les valeurs suivantes de l'accélération sismique :

K_h=0.125 (selon RPA)
K_v=0.038 (selon RPA)

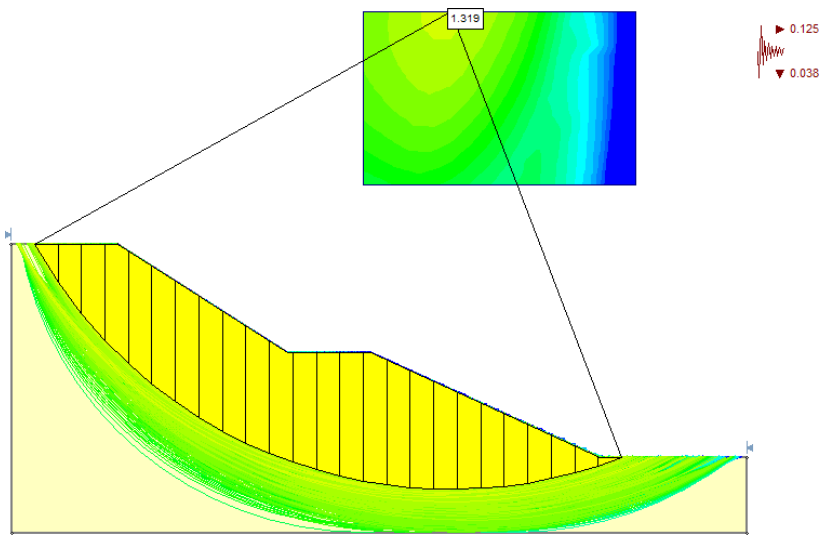


Figure VII.2: facteur de sécurité au cas sismique

Tableau VII.7 : Résultats des calculs avec pente standard.

Deblai	Facteur de sécurité	
	à court terme	Cas d'un séisme
pk	1.785	1.319

Analyse de stabilité du remblai :

Nous allons vérifier la stabilité du profil qui présente la hauteur de remblais la plus importante, à savoir au PK58+097, cette hauteur est de 10 m, pour cela on va analyser la stabilité vis-à-vis au glissement.
En tenant en compte des paramètres de calcul obtenus, les calculs de stabilité des remblayages ont été menés en prenant comme base les données et les considérations suivantes :

- Les remblayages ont été modélisés avec une inclination de 2H:1V (27°) .
- Les surfaces de ruptures supposées circulaires.
- Le niveau phréatique est pris en considération.
- L'aspect sismique a été pris en considération.

Tableau VII.8 : Résultats de calcul

couche	Court terme			Long terme		
	γ_h (KN/m^3)	Cu(KPa)	Φu(°)	γ_h (KN/m^3)	Cu(KPa)	Φu(°)
Remblai	18	17	25	18	30	25

La charge d'exploitation est de l'ordre de **Q=20 KN/m2**(surcharge routière).

La stabilité du talus est appréciée par rapport à un facteur de sécurité admissible. Si Fs=1.0, la stabilité est théoriquement assurée, mais en considérant l'incertitude de la conception et de la réalisation du talus, nous avons appliqué le facteur de sécurité admissible Fs > 1.15 afin de favoriser la sécurité permanente du talus.

On utilise F_S=1.15 pour vérifier la stabilité

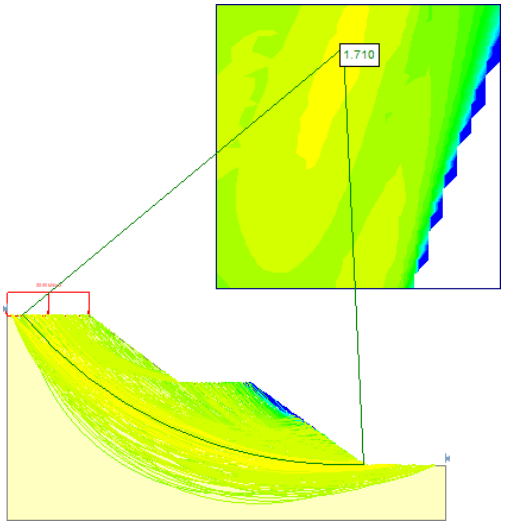


Figure VII.3 : Fs cas court terme (logiciel Slide).

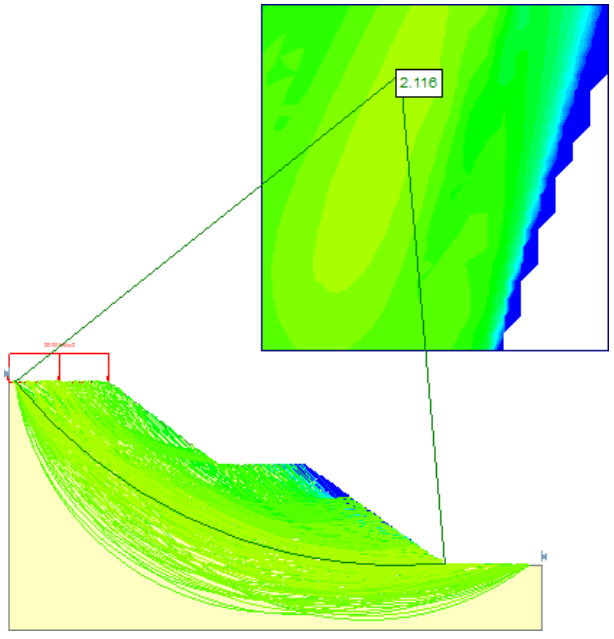


Figure VII.4 : Fs cas long terme (logiciel Slide).

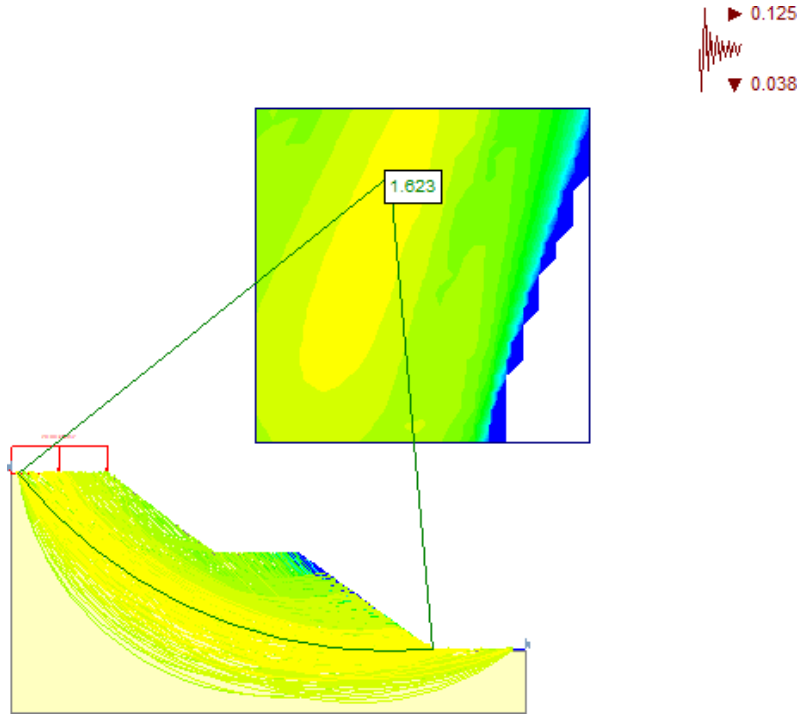


Figure VII.5 : Fs cas d'un séisme et à long terme

On calcule le cas d'un séisme a long terme pour la phase d'exploitation

Tableau VII.9 : Résultats de calcul cas remblai.

remblai	Pente appliquée	Facteur de sécurité		
		à court terme non drainé	à long terme(avec drainage)	Cas d'un séisme
pk58+097	2H:1V.	**1.710**	**2.116**	**1.623**

VII.8.3 Conclusion :

D'après l'analyse des résultats précédents, on conclut que dans les deux cas (remblai et déblai)le terrain est stable car l'ensemble des facteurs de sécurité sont supérieurs à 1.15.

VIII. CHAPITRE 8 : Dimensionnement de corps de chaussée :

VIII.1 INTRODUCTION :

La qualité d'un projet routier ne se limite pas seulement à l'obtention de bon tracé en plan et d'un bon profil en long, en effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

En effet des gradients thermiques, pluie, neige, verglas etc.…, pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques qui lui permettra de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser. Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude.

Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction des paramètres fondamentaux suivants :

- Le trafic.
- L'environnement de la route (le climat essentiellement).
- Le sol support.

VIII.2 DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES :

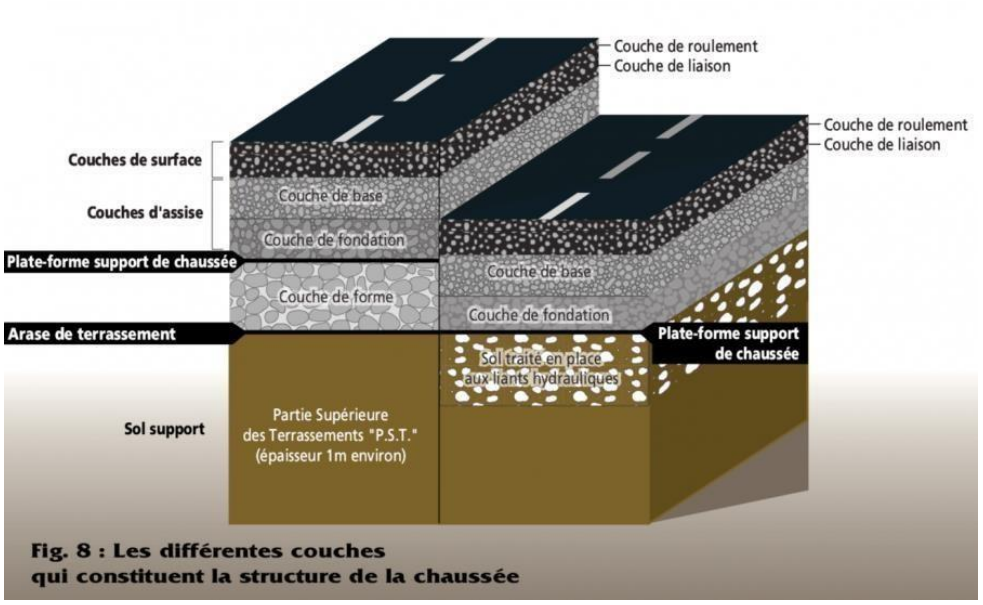


Figure VIII.1 : les couches de la chaussée

VIII.2.1 Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

- Les sols et matériaux pierreux granulométrie étalée ou serrée.
- Les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissant des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

VIII.2.1.1 Couche de roulement (de surface ou encore d'usure) :

La couche de surface subit directement les agressions du trafic et du climat, elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqué par la circulation.

Elle est en général composée d'une couche de roulement qui a pour rôle :

- D'imperméabiliser la surface de chaussée
- D'assurer la sécurité (par l'adhérence)
- D'assurer le confort des usages (diminution de bruit, bon uni)

La couche de liaison a pour rôle essentiel, d'assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides.

En général, l'épaisseur de la couche de roulement varie entre 6 et 8 cm.

VIII.2.1.2 Couche de base :

Pour résister aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche du sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

VIII.2.1.3 Couche de fondation :

Elle assure un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle au même rôle que celui de la couche de base.

VIII.2.1.4 Couche de forme :

À court terme : La couche de forme doit assurer la traficabilité quasi tout temps des engins approvisionnant les matériaux de la couche de fondation, permettre le compactage efficace de la couche de fondation, satisfaire les exigences de nivellement de la plateforme support de chaussée et assurer la protection de l'arase de terrassement vis-à-vis des agents climatiques dans l'attente de la réalisation de la chaussée.

À long terme : Elle doit permettre d'homogénéiser la portance du support pour concevoir des chaussées d'épaisseur constante, de maintenir dans le temps, en dépit des fluctuations de l'état hydrique des sols supports sensibles à l'eau, une portance minimale pouvant être

estimée avec une précision suffisante au stade du dimensionnement de la structure de chaussée et d'améliorer la portance de la plate- forme pour optimiser le coût de l'ensemble couche de forme - structure de chaussée.

VIII.2.2 Chaussée semi –rigide :

On distingue :

Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat...).

La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 cm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

VIII.2.3 Chaussée rigide :

Elle est constituée d'une dalle de béton, éventuellement armée (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) reposant sur une couche de fondation qui peut être un grave stabilisé mécaniquement, un grave traité aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

VIII.3 FACTEURS DE DIMENSIONNEMENT :

Toutes les méthodes de dimensionnement basées sur la connaissance de certains paramètres fondamentaux liés au :

VIII.3.1 Trafic

Le trafic principalement le poids lourd est l'un des paramètres prépondérants dans la conception des structures, il intervient en fait d'abord dans le choix des matériaux puis dans le dimensionnement proprement dit de façon plus détaillée, Le trafic gouverne les choix suivants :

- Choix d'un niveau de service qui se traduira notamment par le choix de la couche de surface.
- Choix de l'épaisseur des structures qui implique la fixation d'un niveau de risque.

Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :

- De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes.
- De trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par :

$$N = T \times A \times C$$

Avec :

- ***N*** : Traficcumulé.
- ***A*** :Facteur d'agressivité globale du trafic.
- ***C*** : Facteur de cumul.

$$C = \frac{[(1 + T)P - 1]}{T}$$

Avec :

- ***T*** :Taux de croissance du trafic.
- ***P*** : Nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

VIII.3.2 Environnement :

L'environnement extérieur de la chaussée est l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement, la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, la température a une in fluence marquée sur les propriétés des matériaux bitumineux et conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydrauliques.

VIII.3.3 Le sol support

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plateforme support de chaussée » constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme.

Les plates-formes sont définies à partir :

- De la nature et de l'état du sol.
- De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

VIII.4 PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

On distingue deux familles des méthodes :

Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.

Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisée sont :

- La méthode de C.B.R (California - Bearing - Ratio).
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves algérien.
- Méthode du catalogue des structures.

VIII.4.1 Méthode de C.B.R :

C'est une méthode (semi-empirique) qui s'est basé sur essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des éprouvettes à (90-100%) de l'optimum

Proctor modifier sur une épaisseur d'eau moins de 15 cm.

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

$$E_{eq}=\frac{100+\sqrt{P}(75+50log\frac{N}{10})}{Icbr+5}$$

- ***N***: Désigne le nombre moyen de plus de camion 1500 Kg à vide.
- ***P***: Charge par roue P = 6.5t (essieu 13 t).
- ***log*** ^{N} : Logarithmedécimal.
- I_{CBR}: Indice portant C.B.R.

VIII.4.1.1 L'épaisseur équivalente :

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$E_q = \sum e_{réelle} \times a_i$$

- $e_1 \times a_1$: couche de roulement.
- $e_2 \times a_2$: couche de base.
- $e_3 \times a_3$: couche de fondation.

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau suivant :

Tableau VIII.1 : Coefficients d'équivalence

Matériaux utilises	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Tuf	0.7 à 0.8
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.60 à 1.70

VIII.4.2 Méthode du catalogue des structures établit par SETRA et LCPC :

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par « SETRA »

- Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance.
- Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.

- Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

➢ Trafic cumulé de poids lourds TCi.

➢ Les caractéristiques de sol (classe de plateforme PF_i).

VIII.4.3 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves algérien :

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées (trafic, matériaux, sol support et environnement...).

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches :

➢ Approche théorique.

➢ Approche empirique.

VIII.4.3.1 Détermination de la classe du trafic :

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

On commence par la détermination du trafic des poids lourds cumulé sur 20 ans.

VIII.4.3.2 Détermination de la classe de plateforme :

Le sol doit être classée selon la valeur de CBR .

VIII.5 APPLICATION DE PROJET

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on va utiliser deux méthodes les applicables en Algérie qui sont :

➢ La méthode dite CBR

➢ La méthode du catalogue des chaussées neuves « CTTP ».

➢ La méthode du catalogue des structures.

VIII.5.1 Méthode CBR :

On a :

- PL = 25 %
- τ =4.5%

- CBR de sol =9.4
- $TJMA_{2023}$= 12370 V/J
- Durée de vie 20 ans
- $TJMA_{2023\ (par\ sens)}$ = 12370x(2/3)=**8243 V/J/sens.**
- PL_{2023} = 8243×0.25 = **2061 PL/j/sens.**
- PL_{2043}= $2061 \times (1 + 0.04)^{20}$ = **4516 PL/j/sens**.

Chaussées unidirectionnelles à 2 voies 90% du trafic PL sur la voie lente de droite
Chaussées unidirectionnelles à 3 voies 80% du trafic PL sur la voie lente de droite
Chaussées bidirectionnelles à 2 voies 50% du trafic PL sur la voie lente de droite
Chaussées bidirectionnelles à 3 voies 50% du trafic PL sur la voie lente de droite

Nous avons une chaussée bidirectionnelle (3 voies):
D'après le catalogue du dimensionnement algérien La répartition du poids lourd est de 50% sur la voie de droite la plus chargée.

$N_{PL\ 2043}$= 4516x0.5=**2258 PL/j/sens par la voie la plus chargé.**

Donc l'épaisseur équivalente :

$$E_{eq}=\frac{100+\sqrt{P}(75+50log\frac{N}{10})}{Icbr+5}$$

AN :

$$E_{eq}=\frac{100+\sqrt{6.5}(75+50log\frac{2258}{10})}{9.4+5}$$

Eeq=41cm

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe « e 1 » et « e2 » et on calcule « e3 », Généralement les épaisseurs adoptées sont :

- BB =6 - 8 cm;
- GB= 10 - 20 cm;
- GNT =15 - 25 cm.

- **Couche de roulement :**
  e_1 = 6 cm en béton bitumineux (**BB**) →**c_1 = 2,0**
- **Couche de base :**
  e_2 = 10 cm en grave bitume (**GB**) → **c_2 = 1,5**

- **Couche de fondation :**

  e**3** = épaisseur en Grave concassée (**GNT**) → **c_3 = 1,0**

  41= 6x2 + 10x1,5+ e_3 x 1

  → e_3=41-27 =**14cm**

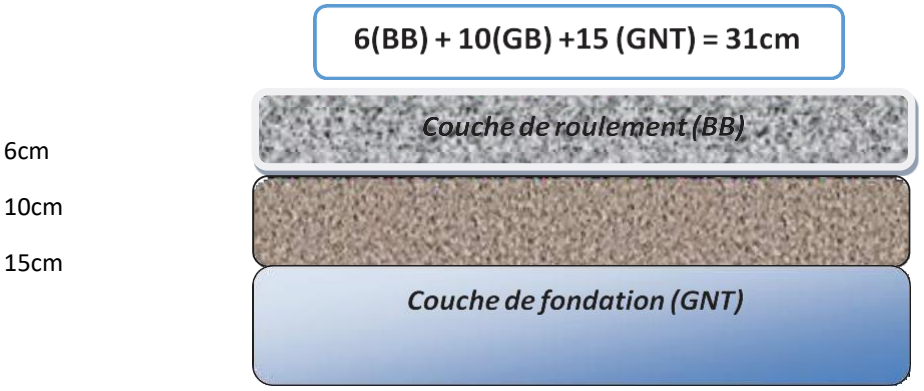
  Donc on prend **15cm** de GNT pour des raisons d'épaisseur minimale de mise en œuvre.

  On aura :

Tableau VIII.2 : La structure de la méthode CBR (Réelle et équivalence)

Couches	$e_{réelles}$ (cm)	C_i	e_{eq} (cm)
BB	06	02	12
GB	10	1.5	15
GNT	15	1	15
Total	**31cm**		**42cm**

C'est-à-dire : Épaisseur réelles est de :



Epaisseur réelle = 31cm.

VIII.5.2 Méthode du catalogue des structures établit par SETRA et LCPC :

VIII.5.2.1 Détermination de classe du trafic cumulé :

Les classes de trafic (TPLi) adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal, en nombre PL par jour et par sens à l'année de mise en service.

Les classes de trafic cumulé sont classées en fonction du trafic de la mise en service.

Tableau VIII.3 : Classes de trafic cumulé

Trafic à la mise en service (PL/jr/sens)	35	85	200	500	1200	3000	7000
Classe de trafic	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8

cumulé							

TPL_{2023}=12370x 0.25 x (2/3) x0.5= 1031 PL/J/sens

D'où la classe de trafic cumulé est de **TC5.**

VIII.5.2.2 Détermination de la classe de portance :

La plateforme support de la chaussée est assimilée

Tableau VIII.4 : Classes de portance

La classe de portance	PF1	PF2	PF3	PF4
Module(Mpa)	20-50	50-120	120-200	>200

Valeur cbr fournit par l'entreprise est de 9.4

Pour notre cas :

$E=5 \times I_{CBR} = 5 \times 9.4 = 47Mpa$

Donc : La classe est de **PF1**.

Tableau VIII.5 : Les réseaux principaux

Réseau principal	Trafic (véhicules/jour)
RP1	>1500 V/J
RP2	<1500 V/J

- L'année de mise en service 2023
- $TJMA_{2023}$= 12370V/J > 1500 V/J

Donc le réseau principal est **RP1**

On utilise **matériau traité au bitume GB /GNT**

Tableau VIII.6 : Matériaux types

Niveau de réseau principal (RPi)	Matériaux types	Structures types	Durée de vie (années)
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF,GB/SG	20
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL	20
		BCg	25
RP2	MNT (matériaux non traités)	GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	15
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB/SG	15

VIII.5.3.2 Détermination de la classe de trafic :

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir de trafic du poids lourds par jour par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise enservice.

- Classe TPL_i pour RP1 :

Tableau VIII.7 : Classes de trafic du poids lourds

TPL_i	TPL_3	TPL_4	TPL_5	TPL_6	TPL_7
PL/j/sens	**150-300**	**300-600**	**600-1500**	**1500-3000**	**3000-6000**

On a : TPL_{2023} =1031 PL/J/sens.

Donc on a : **600< 1031 < 1500pl/j/sens**

Donc la classe de trafic est **TPL_5**.

- **Calcul du trafic cumulé de PL (TCi) :**

Le TCi est le trafic cumulé de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie). Il est donnée par la formule suivante :

$$TC_i = \frac{TPLi \times 365\ [(1+i)^n - 1\ ]}{i}$$

- **i** : taux d'accroissement 4.5%.
- **n** : durée de vie 20 ans.

AN :

$$TC_i = \frac{1031 \times 365\ [(1+0.045)^{20} - 1\ ]}{0.045}$$

$$TCi = 11.8 \times 10^6$$

- **Calcul le trafic cumulé équivalent (TCEi) :**

Le TCEi est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement, il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.

NB :L'essieu de référence standard en Algérie est l'essieu isolé à roues jumelées de 130 kN (13 tonnes). C'est l'essieu maximum légal.

$$TCEi = TCi.\ A$$

A : coefficient d'agressivité de PL par rapport à l'essieu de référence de 13t.

On a **RP1** et chaussée à matériaux traité au bitume donc **A=0.6**

Donc : TCEi=11.8 x 10^6×0.6 **=7×10^6** essieux équivalents de 13t.

VIII.5.3.3 Détermination de la portance de sol-support de chaussée :

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S_4 à S_0. Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée telle que **CBR =9.4** (selon catalogue de dimensionnement des chaussées neuves)

Tableau VIII.8: Classes de portance des sols (Si)

Portance (Si)	CBR
S4	<5
S3	5-10
S2	10-25
S1	25-40
S0	>40

.

5<CBR<10 Donc : Classe de portance : **S3.**

VIII.5.3.4 Les données climatiques :

Le dimensionnement de corps de chaussée s'effectue avec une température consistance, c'est-à-dire température équivalente θeq, en tenant compte de cycle de variation de température de chaque année.

La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site D'après le « catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (2001 CCTP) », le site de projet est classé en zone II car la pluviométrie de la zone est compris entre 350 et 600 mm/an.

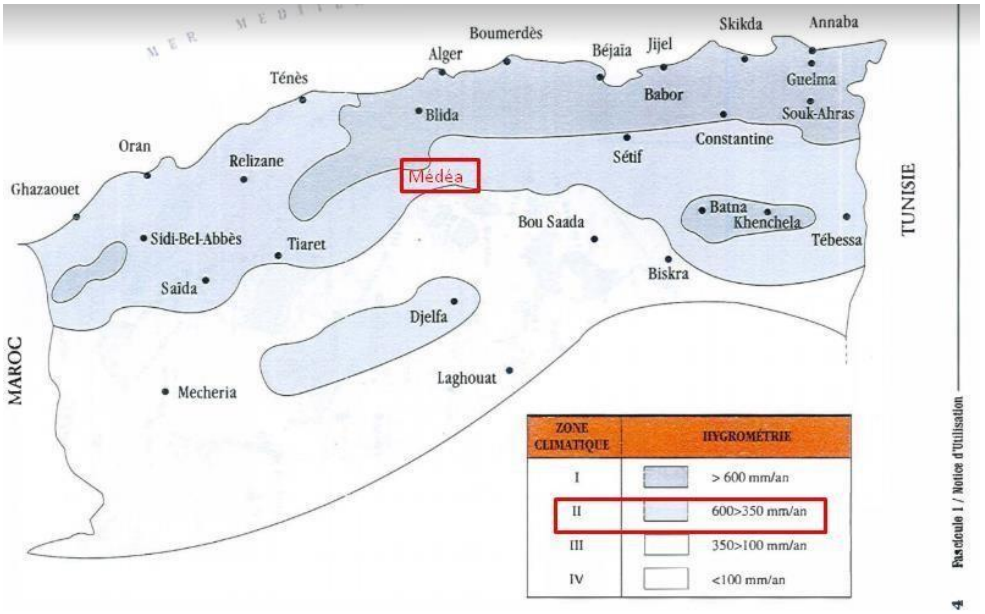


Figure VIII.2: Classes de portance des sols (Si)

D'après le fascicule 1 de catalogue de dimensionnement algérien :

On peut tirer le type de structure approprié qui sont déjà pré calculés en respectant les facteurs suivants :

- Réseau principal niveau 1 (RP1) GB /GNT
- Zone climatique II
- Duré de vie 20 ans et le taux d'accroissement 4.5%
- TPL5
- Classe de portance : S3

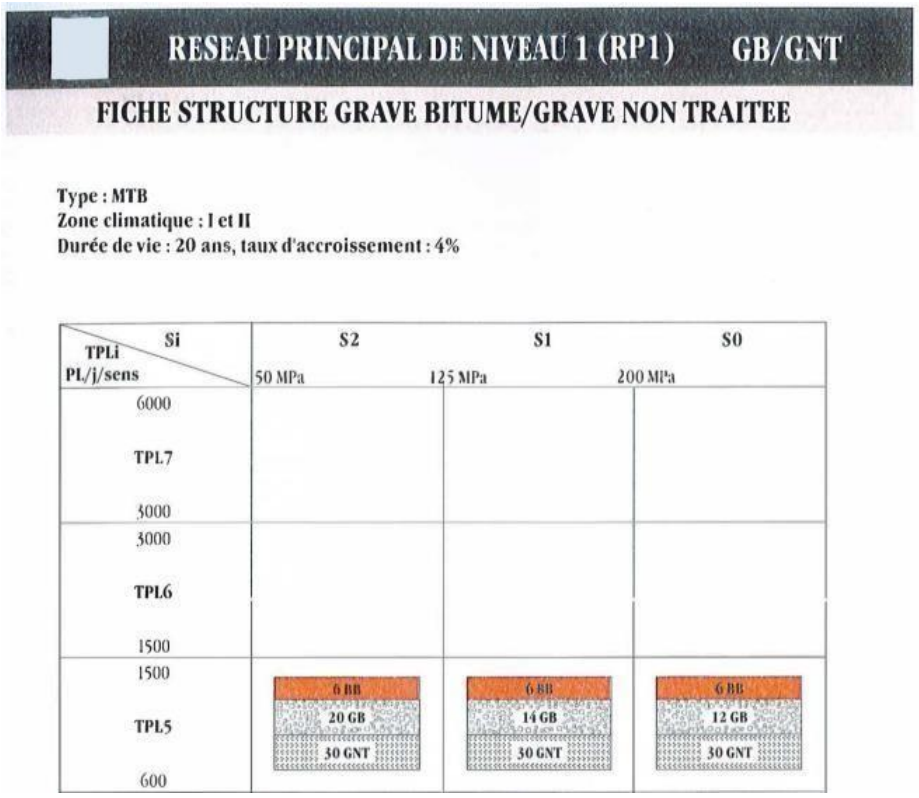


Figure VIII.3 : Fiche structure GB/GNT

Le catalogue algérien ne prend pas de fiche de dimensionnement pour une structure de TPL5, S3 et la zone II, à cet effet il y a une nécessité de surclasser de S3 à S2 avec la mise en place d'une couche de forme en TUF de 40 cm en deux couches pour obtenir la classe S2.

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (Sj)
< S4	Matériaux non traités (*)	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	//	35 cm	S3
S4	//	60 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	70 cm (en 2 couches)	S1

Tableau VIII.9 : Sur classemeut avec couche de forme eu matériau non traité

Avec les données citées ci-dessus et la classe visé S2, le catalogue de dimensionnement algérien préconise une structure de :

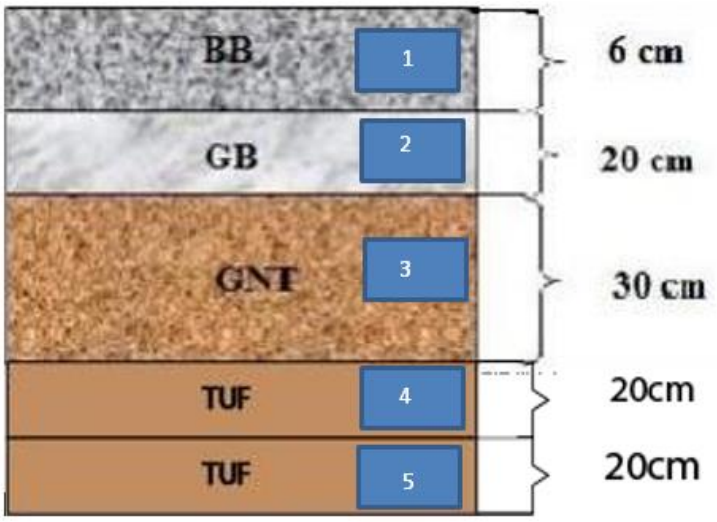


Figure VIII.4 : les couches selon catalogue CTTP

6(BB)+20(GB)+30(GNT)+2x20(TUF)

VIII.6 VERIFICATION DES CONTRAINTES DE DIFFERENTES COUCHES

- Risque de calcule : **r = 10%.**
- Température équivalente : **0eq = 20°C.**
- Sol support : classe de sol support S2 : **E=5 x 9.4= 47 Mpa**, **v=0.35**
- Condition aux interfaces : toutes les couches sont collées.
- Donnée de calage : **Kc=1.3**
- TCEi=**$7x10^6$** essieu équivalents de 13t.

❖ **Les tableaux sont joints en annexes.**

VIII.6.1 Calcul des déformations admissibles à la base de GB :

Pour les matériaux traités au Bitume le calcul des déformations admissibles de traction Ɛt, adm à la base des couches bitumineuses est donnée par la relation suivante :

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10°C, 25\ Hz).\ k_{ne}\ .\ k_\theta\ .\ k_r\ .\ k_c$$

Avec :

- ε_6 (10°C, 25 Hz) : déformation limite au bout de 106 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25 Hz (essai de fatigue).
- kne : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- kθ : facteur lié à la température.
- kr: facteur lié au risque et aux dispersions.
- kc : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec comportement observé sur chaussées.10^0 S_h

Avec :

$$Kne = \left(\frac{10^6}{TCEi}\right)^b \quad , \quad k\theta = \sqrt{\frac{E(10^0C)}{E(\theta eq)}} \quad , \quad kr = 10^{-tb\delta} \quad ; \quad \delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} Sh\right)^2}$$

- TCEi : trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur durée de vie considérée.
- b : pente de droite de fatigue (b<0)
- E (10°C) : module complexe du matériau bitumineux à 10°C.
- E (θeq) : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.
- δ : f (dispersion).
- SN : dispersion sur la loi de fatigue, notre cas GB ⇒ SN =0.45 (fascicule 2).
- Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm), notre cas GB ⇒ Sh =3cm (fascicule2).
- c : coefficient égal à 0.02.
- t : fractile de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%).

Tableau VIII.10 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Matériau (MTB)	E (30°C,10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°,10Hz) (Mpa)	ε_6(10°, 25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (cm)	υ	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

BB : béton bitumineux, GB : grave bitume, SB : sable bitume

D'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves et les tableaux ci-dessus on tire les paramètres suivants :

- Déformation limite ε6 (10°c, 25Hz)=100.10^{-6}
- Module complexe à 10°C Pa⇒E (10^o ,10Hz)=12500 Mpa.
- Module complexe température équivalent (θeq = 20c°) : E (20^o ,10Hz)=7000Mpa
- Risque adopté pour le réseau RP1 et la classe du trafic TPL5 (r=10 %)
- t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté donc (t = - 1.282)
- Pente de la droite de fatigue b= -0.146
- C : coefficient égal 0.02
- La dispersion ✿ = $\sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} Sh\right)^2}$ = 0.61
- Facteur lié au calage kc= 1.3

Tableau VIII.11 : Valeur de t=f(r%)

r%	2	3	5	7	10	12	15
t	-2,054	-1,881	-1,645	-1,520	-1,282	-1,175	1,036

AN :

- Kne= $(\frac{10^6}{TCEi})^{b} = (\frac{10^6}{7\times10^6})^{-0.146} = 1.32$

- $k\theta=\sqrt{\frac{E(10^0C)}{E(\theta eq)}}=\sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.33$

- $kr= 10^{-tb\delta} = 10^{-1.282\times0.61\times0.146} = 0.77$

$\varepsilon t,adm = \varepsilon_6(10°C, 25\ Hz).\ kne\ .\ k\theta\ .\ kr\ .\ kc$

$\varepsilon t,adm = 100 \times 10^{-6} \times 1.32 \times 1.33 \times 0.77 \times 1.3$

$$\boldsymbol{\varepsilon t,adm = 1.75 \times 10^{-4}}$$

VIII.6.2 Calcule de la déformation admissible sur le sol support :

La déformation verticale εz calculée par Alizé-LCPC, devra être limitée à une valeur admissible εz,adm qui est donnée par la relation empirique suivante :

$$\boldsymbol{\varepsilon z,adm = 22\times10^{-3}\times (TCE_i)^{-0.235}}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon z,adm = 5.41 \times 10^{-4}}$$

VIII.6.3 Vérification du fatigue de la structure :

Il faudra vérifier que εt et εz calculées à l'aide d'Alizé LCPC, soient inferieurs aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire :

$$\boldsymbol{\varepsilon z < \varepsilon z,adm \quad \& \quad \varepsilon t < \varepsilon t,adm}$$

VIII.6.3.1 Vérification de l'Alizé-LCPC

Dans le cas des chaussés traitées au bitume et aux liant hydrauliques, la pression sur le sol sera tellement faible que le critère $\varepsilon z < \varepsilon z,adm$ sera parfaitement vérifié.

D'après l'Alizé on opte les valeurs des déformations suivantes :

- $\boldsymbol{\varepsilon t = 1.04\ 10^{-4}}$
- $\varepsilon z = \mathbf{2.9\ 10^{-4}}$

On remarque que : **εz < εz,adm** et **εt < εt,adm** .

Donc la structure de **6(BB)+20(GB)+30(GNT)+40(TUF)** est vérifiée.

VIII.7 RESUME :

L'application des deux méthodes nous donne les résultats suivants :

Tableau VIII.12 : les résultats des 3 méthodes.

Méthodes	CBR	Catalogue de Dimensionnement Algérien
Structures	**6**BB+**10**GB+**15**GNT	**6**BB+**20**GB+**30**GNT

VIII.8 CONCLUSION

La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées étant une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue, nous nous proposons de l'appliquer à notre projet pour les raisons suivantes :

- Augmentation de la longévité de la route.
- Disponibilité de crédit d'investissement à court terme pour éviter les fluctuations dans le cas d'un investissement différé à long terme.
- Minimiser les coûts d'entretien.

IX. CHAPITRE 9 : ASSAINISSEMENT :

IX.1 INTRODUCTION :

L'assainissement des ouvrages routiers est l'un des problèmes techniques les plus importants. il nécessite une bonne connaissance des données hydrauliques pour la détermination des débits de crues de différentes fréquences (décennale, cinquantennale, centennale) aux diverses traversées de la route par les écoulements naturels.
Il s'agit essentiellement de :

- Collecter et évacuer les eaux superficielles sur l'emprise de la route vers un exutoire
- Collecter et évacuer les eaux internes (drainage)
- Rétablir les petits écoulements naturels (petit ouvrage de franchissement)
- Lutter contre la pollution routière

IX.2 OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :

Lors d'une étude d'un projet d'assainissement, on doit prendre en considération les 3 objectifs suivants :

- La sécurité de l'usager en évitant la stagnation d'eau sur la chaussée.
- La protection de la route : la saturation des dispositifs d'évacuation des eaux ou le ruissellement très important peuvent détériorer la route.
- La protection des milieux extérieurs : en général modification du régime hydraulique de la zone traversée et risques de pollution des nappes phréatiques ainsi que des zones de captage.

IX.3 CRITERES DE BASE DANS LA CONCEPTION DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT :

Les critères de base dans la conception des ouvrages d'assainissement et de drainage sont:

- S'il est possible, ne pas modifier la géométrie naturelle des cours d'eau.
- Maintenir une vitesse minimale dans les ouvrages pour réduire les sédiments.
- Limiter les vitesses maximales afin de réduire les risques d'érosion dans les cours d'eau et à l'intérieur des ouvrages.
- Bien gérer les eaux de ruissellement afin de limiter l'érosion dans les talus.
- Protéger les fossés contre l'érosion.
- Diminuer les risques d'inondation à l'aval et à l'amont des ouvrages.
- Prévoir des pentes minimales sur les chaussées pour assurer le drainage.
- Uniformiser les ouvrages afin d'accélérer la réalisation.
- Respecter les exigences environnementales.

IX.4 DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT A PROJETER :

IX.4.1 Estimation des débits de crue :

L'estimation des débits de crue correspondant aux bassins versants naturels du projet est fonction de plusieurs facteurs ayant des effets plus ou moins déterminants sur la formation des crues, notamment la topographie, la climatologie, la morphologie des bassins versants, la géologie, etc.…

Les méthodes de calcul sont multiples dont les résultats demeurent toujours incertains mais on se propose d'appliquer la formule suivante :

➢ **Formule Rationnelle :**

Le calcul du débit par la méthode rationnelle se fait par la formule ci-dessous :

$$\mathbf{Q_a = K \times C \times I \times A}$$

Avec:

- ***Qa*** : débit maximum d'eau pluviale (m^3/s).
- ***C*** **:** coefficient de ruissellement.
- ***I*** **:** Intensité de pluie pour le temps de concentration du BV (mm/h).
- ***A*** **:** Surface du bassin versant (km^2).
- ***K*** **:** Coefficient de conversion des unités égale à : K=0.278 pour les unités suivantes : Q_a (m^3/s), I (mm/h), A (km^2).

IX.4.2 Le coefficient de ruissellement C :

Le coefficient de ruissellement indique le pourcentage de l'eau ruisselant sur un sol saturé par des précipitations antérieures, par rapport à la totalité de l'eau de l'averse.

Pour le choix des coefficients de ruissellement, nous utilisons la méthode de KENESSEY (Hongrie). Cette méthode permet l'estimation de ce coefficient C en cumulant trois coefficients partiels : C = C1 + C2 + C3

- C1 : Dépend de la pente longitudinale du talweg.
- C2 : Dépend de la nature du sol (perméabilité).
- C3 : Dépend de la couverture végétale du bassin versant.

Le coefficient C1, La pente du talweg principal (P) est estimée égal au rapport de la dénivelée du talweg (Δ H=Hmax-Hmin) par rapport à la longueur de ce talweg (L).

Tableau IX.1 : Valeurs du coefficient C1

Pente (%)	Coefficient C1
P <3.5%	**0.01-0.03-0.05**
3.5%< P <11%	**0.06-0.08-0.10**
11%< P <35%	**0.12-0.16-0.20**
35%< P	**0.22-0.26-0.30**

Les coefficients C2 et C3 dépendent de la nature du sol et du type de végétation, leurs valeurs

sont obtenues à partir des tableaux .La nature du sol et le type de végétation ont été établis à l'aide des images satellitaires de Google Earth, des cartes pédologiques et des rapports d'études géotechniques.

Tableau IX.2 :Valeurs du coefficient C2.

Nature de sol	Coefficient C2
Imperméable	**0,22-0,26-0,30**
Peu imperméable	**0,10-0,15-0,30**
Perméable	**0,06-0,08-0,10**
Très perméable	**0,03-0,04-0,05**

Tableau IX.3 : Valeurs du coefficient C3

Taux de couverture de surface	Coefficient C3
Sol rocheux	**0,22-0,26-0,30**
Prairie	**0,07-0,21-0,25**
Labours –Champs	**0,07-0,11-0,15**
Forêts et territoires sableux	**0,03-0,04-0,05**

Temps de concentration :

Un autre paramètre qui est utilisé dans la méthode rationnelle est le temps de concentration. Le « Temps de Concentration » est défini par la durée que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée pour parvenir au point concerné (le point pour lequel la durée d'écoulement est la plus importante).
Le calcul du temps de concentration, reconnu par les Autorités Algériennes, est déterminé selon 3 formules qui varient suivant les caractéristiques du bassin.

• **Formule Ventura:** (Pour les bassins inférieurs à 5 Km²) A< 5 km²

$$\mathbf{Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}}$$

• **Formule Passini:** (pour les bassins de 5 km2 -25 km2) 5Km² < A < 25Km²

$$\mathbf{Tc = 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{A*L}}{\sqrt{P}}}$$

• **Formule Giandotti:** (pour les basins supérieurs à 25 km²) A >25 Km²

$$\mathbf{Tc = \frac{4\times\sqrt{A}+1.5\times L}{0.8\times\sqrt{H}}}$$

Avec :
• ***Tc*** : Temps de concentration (heure).
• ***A*** : Surface du bassin versant (km2).
• ***P*** : La pente moyenne du bassin (m/m).
• ***L*** : Longueur du bassin versant (km).

• $\overline{\mathbf{H}}$: Différence entre la hauteur moyenne du bassin et la hauteur minimum du bassin(m).
Ces approches donnent des résultats évidemment différents et ne peuvent donner qu'un ordre de grandeur du temps de concentration. Ce temps de concentration permet une comparaison entre les bassins versants et constitue ainsi un paramètre représentatif de ses caractéristiques morphologiques.

IX.4.3 L'intensité de pluie I

Les intensités de pluie pour l'estimation des débits de récurrence sont établies par la formule de MONTANA :

$$\mathbf{I\ (t,\ T) = a(T).t^{-b}}$$

I(t, T) : intensité de pluie en mm /h
T : période de retour en ans

t : temps de concentration en heures
a, b : paramètres de Montana
Avec b= 0.56
Le paramètre « a » pour les différentes fréquences est donné dans le tableau suivant :

Tableau IX.4: Coefficient de Montana

T(ans)	2	5	10	20	50	100
a(t)	15.3	21.7	26.0	30.1	35.4	39.4

NB : Les paramètres « a » et « b » de la formule de MONTANA proviennent des données qui nous ont été remises par l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques). La zone de médea

IX.5 Fréquence « f » :

Le choix de la période de récurrence de cette crue est fait en considération de l'équilibre du Coût d'investissement et le risque des dommages dangereux quand les ouvrages sont soit surdimensionnés ou sous dimensionnés.
A cet égard, on se propose de retenir les périodes de récurrence de conception suivantes:

- Les fossés et les éléments de drainage de la plateforme seront dimensionnés pour une période de retour 10 ans.
- Les buses et les dalots seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- Les ponts seront dimensionnés pour une période de retour 100 ans.

IX.6 Débit de saturation Qs :

Il est donné par la formule de MANING STRIKLER :

$$Qs = K_{st} \times R_H^{2/3} \times \sqrt{I} \times S_m$$

Avec :
• Sm: section mouillée. (m2)
• Kst: coefficient de STRICKLER qui dépend de la nature des parois de l'ouvrage. $m^{(1/3)}/s$
• Rh : rayon hydraulique en (m).

• ***I*** : pente longitudinale du canal en (m/m).

IX.7 Pré-dimensionnement des ouvrages

En fonction des débits centennaux, les prés dimensionnements suivants peuvent être retenus :

Débit de crue (m^3/s)	Type	Dimensionnement
Q50<1.25	Buse	1-1Φm
1.25<Q50<2.25	Buse	1-1.2Φm
2.25<Q50<4.25	Buse	1-1.5Φm
4.25<Q50<5.5	Dalot	1-1.5×1.5m
5.5<Q50<9.5	Dalot	1-2×2m
9.5<Q50<14	Dalot	1-3×2m
14<Q50<28	Dalot	1-4×3m
28<Q50<35	Dalot	2-3×2m
35<Q50<42.5	Dalot	2-4×3m

Application au projet :

La zone d'étude s'inscrit dans le bassin hydrographique du Cheliff-Zahrez, d'une superficie de plus de 43.750 Km2. Le bassin englobe treize (13) Wilayas dont trois (3) en totalité (Chlef, Tissemsilt et Relizane) et dix wilayas en partie (Médéa, Tiaret, Ain Defla, Mostaganem, Mascara, Tipaza, Djelfa, Laghaouat, Saida et M'Sila).

Caractéristiques physiques des bassins versants :

Sur ce tronçon, on a de nombreux écoulements d'eau qui traversent la route, il y a ceux qui traversent sous les viaducs, ce type ne pose pas un problème, par contre les autres écoulements sont importants. On s'intéresse à l'ensemble des bassins suivants :

BV	PK	A(km^2)	L(km)	P %
1	**60.2**	**1.061**	**1.313**	**9**
2	**61.1**	**0.729**	**1.412**	**6**
3	**61.2**	**0.12**	**0.388**	**15**
4	**63.6**	**0.121**	**0.874**	**4**
5	**63.7**	**0.141**	**0.954**	**4**
6	**65.3**	**0.15**	**0.356**	**5**
7	**66.5**	**0.23**	**0.569**	**7**

Il s'agit des petits bassins

Données pluviométriques :

Il existe 2 stations météorologiques dans la région du projet, qui sont les stations météorologiques des wilayas d'Ain Defla et Médéa.

Du PK 57+000 au PK 67+000, les données pluviométriques proviennent de la station de Médéa (la majorité des bassins ont des limites situées dans la zone de Médéa).
Elle est identifiée par les paramètres suivants :

Tableau IX.5 : Données sur Station météorologique de Médéa.

Nom de la station	Médéa
X(Lambert)	504.491
Y (Lambert)	329.579
Altitude (m)	935

Figure IX.1 : Courbe intensité –durée –fréquences(INRH).

Le coefficient de ruissellement C :

Après l'analyse des bassins versants, les coefficients partiels sont égaux à:
- **C1= 0.1 :**La pente moyenne comprise entre 3.5%< P <11%
- **C2= 0.3 :** Nature de sol imperméable
- **C3= 0.25 :**Taux de couverture de surface Prairie

C= C1+C2+C3 = 0.65

Remarque :

On a opté pour le choix de ces valeurs en vue de dimensionner les ouvrages dans le cas le plus défavorable.

. **Système de drainage transversal :**

➢ Les dalots
➢ Les passages busés
➢ Les ponts

➢ Les passages mixtes

Afin d'assurer un drainage judicieux le long de l'itinéraire, Les différents types sont présentés comme suit :

- Des buses qui ont pour but d'assurer l'écoulement des eaux lorsque leur volume est faible.
- Pour le volume important, on construit alors des dalots.
- Pont

Dimensionnement des buses (en béton):

1- Exemple de dimensionnement d'ouvrage transversal au PK 61.200
Pour (BV3) (**A=0 .12 km², P= 15 %, L=0.388 km**).

Détermination de l'intensité I(t) et du temps de concentration :

A< 5km² : donc on applique la formule de Ventura :

$$\mathbf{Tc = 0.127}\sqrt{\frac{A}{P}}$$

$$\mathbf{Tc = 0.127}\sqrt{\frac{0.12}{0.015}}$$

Tc=0.35 h =21.55 min

I = at^{-b} à T= 50 ans ; a= 35.4 , b=0.56

I=63.72 mm/h

Ks=70 pour les dalots
Ks=80 pour les buses

Détermination du débit d'apport :

On applique la formule :
Qa= K.C.I.A
Qa = 0.278×0.65×63.72× 0.12

Qa = 1.38 m3/s

(d'après Tableau, c'est un ouvrage busé)

Détermination des dimension de la Buse :

$Qs=Qa= S\times \boldsymbol{Kst}\times \boldsymbol{Rh^{2/3}}\times \boldsymbol{I^{1/2}} = Qs = Kst\times \boldsymbol{I^{0.5}}\times \boldsymbol{\pi}\times \boldsymbol{R^2}(\frac{R}{2})^{\mathbf{2/3}}$

$$\mathbf{R=}\left(\frac{Qa}{Kst*0.5^3*\pi*I^{0.5}}\right)^{3/8}$$

On R=420 mm , donc on prend **Φ=1000mm**

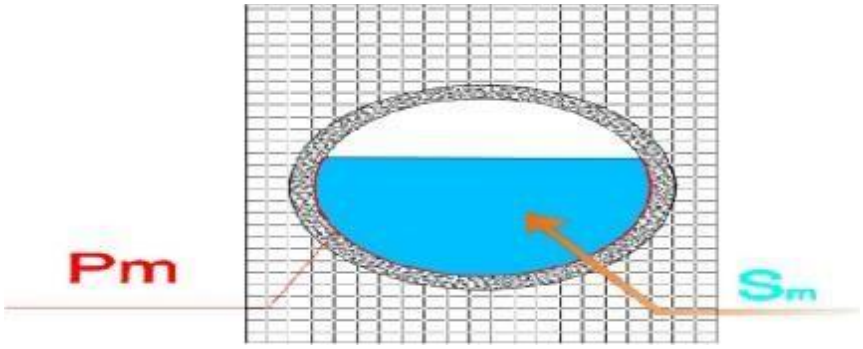


Figure IX.2 : Schéma d'une buse.

- **<u>Vérification des conditions d'auto curage :</u>**

Pour cela, on calcule : $\boldsymbol{QPS}$ **:** débit à pleine section

$\boldsymbol{VPS}$ **:** vitesse a pleine section Conditions d'auto curage :
✓ **V > 0.6 m/s pour Q = 0.1 Qps.**
✓ **V > 0.3 m/s pour Q = 0.01 Qps.**

K_s=70 pour les dalots
K_s=80 pour les buses

Qps = $\boldsymbol{KS.S.R}h^{2/3}.\sqrt{I}$ **= 1.76 m³/s**

- ✓ Vps =$\boldsymbol{Qps/S}$=$\frac{15.32}{0.5*0.5*3.14}$**= 2.22 m/s.**

V=0.6 x Vps =**1.33 m/s > 0.1ms verifié**

- ✓ Vps =$\boldsymbol{Qps/S}$=$\frac{15.32}{0.5*0.5*3.14}$**= 2.22 m/s.**

V=0.3 x Vps **=0.66 m/s > 0.1ms verifié**

<u>Dimensionnement des dalots :</u>

<u>Exemple de dimensionnement d'ouvrage transversal au PK 60 + 200</u>

Pour (BV 1) (**A=1.061km², P= 9 %, L=1.313 km**).

<u>Détermination de l'intensité I(t) et du temps de concentration :</u>
A< 5km² : donc on applique la formule de Ventura :

$Tc = 0.127\sqrt{\frac{A}{P}}$

$Tc = 0.127\sqrt{\frac{1.061}{0.09}}$

T_C 0.43h =26.16min

I = at^{-b} à T= 50 ans ; a= 35.4, b=0.56
.
I= 56.78 mm/h

Détermination du débit d'apport :

On applique la formule :
Qa= K.C.I.A
Qa = 0.278×0.65×56.78× 1.061
Qa = 10.88 m3/s
(D'après le Tableau de prédimensionnement des ouvrages transversaux, l'ouvrage préconisé est dalot)

La section transversale des dalots peut avoir de diverses formes, les plus utilisées en Algérie sont de forme rectangulaire.
Les dimensions des dalots sont en fonction du débit maximum des eaux de ruissellement captées. Pour notre projet les dalots sont en béton armé, donc le coefficient de rugosité est égal à **Ks= 70.**
Pour les dalots, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

hr = 0.8×h

Donc :

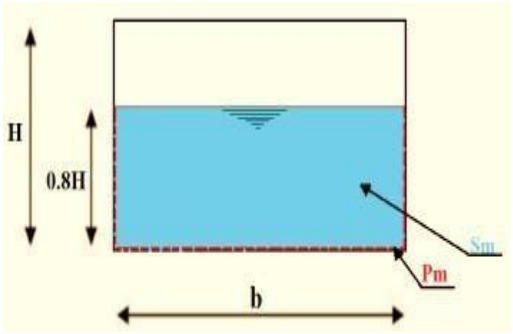


Figure IX.3 : Dalot avec remplissage de 80%.

Surface mouillée : Sm = 0.8.h × b.
Périmètre mouillée : Pm = 1.6.h + b.

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} \Rightarrow R_h = \frac{0.8.h \times b}{1.6.h + b}$$

$$Q_a = K_{st}\, S_m R_h^{2/3}\sqrt{I} \Longrightarrow Q_a = K_{st}(0.8.h \times b)\left(\frac{0.8.h \times b}{1.6.h + b}\right)^{2/3}\sqrt{I}$$

$$\Rightarrow Q_a = K_{st}(0.8.h \times b)^{5/3}\frac{1}{(1.6.h + b)^{2/3}}\sqrt{I}$$

$$\Rightarrow K_{st}(0.8.h \times b)^{5/3}\sqrt{I} = Q_a(1.6.h + b)^{2/3}$$

En prend h_0=1m
H_1=2.33
H_2=2.28
H_3=2.27

Donc h= 2.28m

Donc en prend **h=2.5m** ; **b=1.5**

- Vérification de la vitesse :

✓ **V = *Q*/*S*= 3.34 < 4 m/s. vérifié**

- Vérification de la hauteur critique :

✓ ***F*=1 h_C=$\sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB^2}}$=0.82 <1.8 vérifié**

- Vérification du régime d'écoulement :

✓ Nombre de Froude = $\frac{v}{\sqrt{gh}}$= 0.67 <1 régime fluviale

IX.8 DIMENSIONNEMENT DES FOSSES :

IX.8.1 Hypothèses de calcul :

- La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement de la plateforme est égale à 10 ans.
- L'intensité des averses est uniforme dans le temps et dans l'espace. - La durée est égale au temps de concentration du bassin.

- Les bassins versants sont de petites superficies (inferieurs à 5 km²).
- La section transversale des fossés est de forme trapézoïdale (la plus utilisée en Algérie).

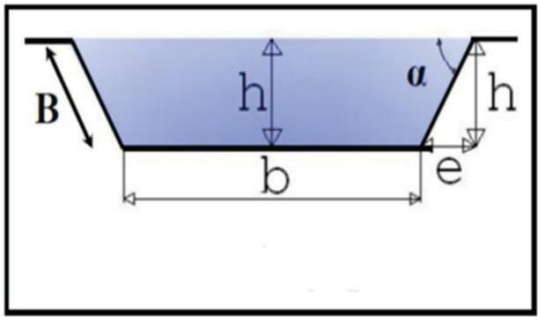


Figure IX.4 : Dimensions de fossé

La section mouillée :

$Sm = b \times h + 2(eh/2)$.

Avec :

$1/tg\ a = m$, d'où : $e = m.h$

$Sm = b\,h + mh^2 \Rightarrow Sm = h\,(b + m\,h)$

Le périmètre mouillé :

$Pm = b + 2.B \quad B=\sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + (hm)^2} = h\sqrt{1 + m^2}$

Avec : $P_M = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$

Le Rayon hydraulique :

$$Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{h\times(b+mh)}{b+2h\sqrt{1+m^2}}$$

On a:

$Qa=n\ Qs$

$Qs = Kst.R^{2/3}.I^{1/2}.Sm$

$Qa=k.C.It.A$

Avec :

I : L'intensité de l'averse exprimé mm/h.

A : Superficie de bassin versant (Km2).

Kst: Coefficient de Manning Strickler (m3/s).

I : Pente longitudinale.

K : Coefficient de concentration.

C : Coefficient de ruissellement.

IX.8.1.1 Coefficient de ruissellement (C) :

C'est le rapport du volume d'eau qui ruisselle sur une surface au volume d'eau tombe sur elle. Il dépend de la nature du sol, la forme et la pente du terrain, ainsi la couverture végétale

Tableau IX.6 : Coefficient de ruissellement

Type de chaussée	Valeur de C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.8 à 0.95	**0.95**
Accotement	0.10 à 0.40	**0.40**
Talus	0.1 à 0.30	**0.30**
Terrain naturel	**0.00 à 0.20**	**0.20**

Estimation des débits d'apport (Qa) :

Qa=Qc + QA + Qt

Avec :

- $Qc=k \times Cc \times It \times Ac$
- $QA=k \times C_a \times It \times Aa$
- $Qt = k \times Ct \times It \times At$

- ***Qc*** : débit rapporté par la chaussée.
- ***QA*** : débit rapporté par l'accotement.
- ***Qt*** : débit rapporté par le talus.

Calcul de la surface :

Les fossés récupèrent les eaux de ruissellement venant de la chaussée, de l'accotement et de talus. Pour ce projet on adopte des fossés en béton, ceci est fonction des pentes du fossé et la nature des matériaux de sol support.

Le dimensionnement se fait dans le cas défavorable, où il y a un grand espace en déblai, entre le PK 62+094 et PK 62+874 de longueur **780 m.**

Pour le dimensionnement on fixe la base du fossé à (b = 50 cm) et la pente du talus à (1/m =1/1=1) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h.

La surface de la plateforme (revêtement enrobé plus accotement) se calcule comme suit :

$$\mathbf{A_p = L_p \times l_p.}$$

La surface du talus se calcule comme suit :

$$\mathbf{A_t = L_t\, H_t\, .2/3}$$

Avec :

et Ht = 20m

Tableau IX.7 : Calcul des surfaces de la plateforme et de talus

S.B.V.	Largeur (m)	Longueur (m)	Surface (m^2)
Chaussée revêtement en enrobés	3.5×3+3	780	**2350.5**
Accotement (Berme)	1	780	**780**
Talus	/	780	**15600**
Atotal	/	/	**18730.5**

L'intensité de l'averse It :

$$I(10) = a(10)(Tc)^{-b}$$

Avec : a (10) = 21.2 et b= 0.81

Tc : la durée de chute de pluie en minute varie de 10 à 60 minutes.

Si on prends **tc**=20 minutes = 0.33 h

$I_t = 21.2 \times 0.33^{-0.81}$

$\mathbf{I_t = 52.04\ mm/h}$

Tableau IX.8 : Calcul de débit d'apport

S.B.V	K	C	It (mm/h)	A (km^2)	Qa (m^3/s)
Chaussée revêtement en enrobés	0.2778	0.95	52.04	0.0023505	0.0322
Accotement	0.2778	0.40	52.04	0.00078	0,00451
Talus	0.2778	0.30	52.04	0.015600	0,0676
Qatotal					0,10436

Donc : Qa = 0,10436

Qa max = Qs = $K.S_m.\ I^{1/2}.\ R_h^{2/3}$

Avec :

- ***K***=70 .
- ***b*** =0.50(m).
- ***n*** = 1% (pente du talus).
- ***I***=5% (Pente longitudinal de la fosse).

Après les calculs itératifs, on aura :

Le Rayon hydraulique :

$$Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{h \times (b + mh)}{b + 2h\sqrt{1+m^2}}$$

On a:

$$\mathbf{Q_s} = Qa = K.S_m.I^{1/2}.R_h^{2/3}$$

Pour un angle de 45°=> m = 1.

Pour la pente hydraulique du fossé « I », on a : I=1.00 % Donc on obtient la formule suivante :

$$H = \left[\frac{0{,}10436}{70 \times 0.5 \times \sqrt{0.05}}\right]^{\frac{3}{5}} \times \left[\frac{1 + 2\sqrt{2} \times \frac{h}{0.5}}{1 + \frac{h}{0.5}}\right]^{\frac{2}{-}}$$

D'après le calcul itératif on a trouvé la hauteur H= 0.23 m.

Pour assurer la sécurité et faciliter l'entretien : On prend un fossé (b=50 cm, H=50 cm).

Tableau IX.9 : Tableau récapitulatif des dalots et des buses

Bassin versant N	pk	Débit (m3/s)	type	Dimension
1	60.2	10.88	dalot	h=2.5m b=1.5
2	61.1	3.90	buse	1500mm
3	61.2	1.38	buse	1000mm
4	63.6	3.90	buse	1500mm
5	63.7	1.99	buse	1500mm
6	65.3	1.62	buse	1500mm
7	66.5	3.52	buse	1500mm

IX.9 CONCLUSION :

D'après l'étude hydrologique et hydraulique précédente, on déduit que le tracé étudié comporte un volet des travaux très important en termes des ouvrages de drainage longitudinale et transversale.

X. CHAPITRE 10 : CUBATURES

X.1 INTRODUCTION :

Les cubatures des terrassements sont l'évolution des cubes de déblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet. Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- Les profils en long ;
- Les profils en travers ;
- Les distances entre les profils.

Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

X.2 METHODE UTILISEE :

Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes parmi lesquelles il y a celle de la moyenne des aires que nous utilisons et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par le coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.

X.2.1 Descriptions de la méthode :

En utilisant la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs

$$V = \frac{hl}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{moy})$$

Où h, S_1, S2 et S_0 désignant respectivement :

Hauteur entre deux profils.
Hauteur des deux profils.
Surface limitée à mi-distances des profils.

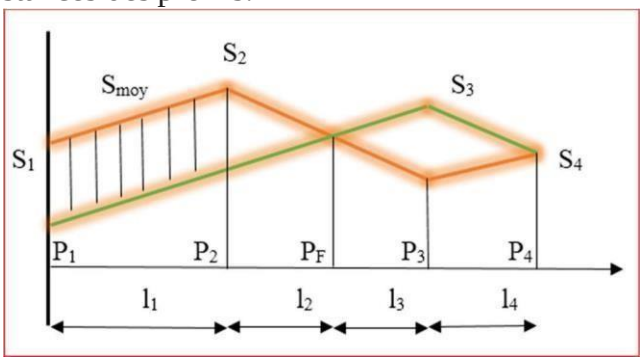


Figure X.1 : Profil en long d'un tracé donné

Le volume compris entre les deux profils en travers P_1 et P_2 de section S_1 et S_2 sera égale à :

$$\mathbf{V = \frac{l1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{moy})}$$

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines
les deux expressions S_{moy} et $(S_1 + S_2)/2$

Cecidonne: $V_i = l_i \times (S_i + S_{i+1})$

Donc les volumes seront :

Entre P_1 et P_2 $V_1 = li \times (S_1 + S_2) V_1 = (S_1/2) \times (S_1 + S_2)$

$$V = \left(\frac{l_1}{2}\right) S_1 + \left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) S_2 + \left(\frac{L_2 + L_3}{2}\right) 0 + \left(\frac{L_3 + L_4}{2}\right) S_3 + \left(\frac{L_2}{2}\right)$$

On voit l'utilité de placer les profils P_F puisqu'ils neutralisent en quelque sorte une certaine longueur du profil en long, en y produisant un volume nul.

X.2.2 Méthode classique :

Dans cette méthode on distingue deux différents sous méthodes de calcul dont la première est celle dite de **GULDEN** où les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application au droit de leur centre de gravité, prenant en compte la courbure au droit de profil.

Mais dans l'autre méthode classique les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application à l'axe (indépendant de la courbure).

Pour notre calcul automatique des courbures par le logiciel **CIVIL 3D 2020** nous avons utilisé la méthode de **GULDEN** et les résultats obtenus sont en annexe mais ici (ci – dessous) nous donnons les résultats finals du volume de remblais et déblais

Le volume de déblais est de : V_D = 7321450.32m³

Le volume de remblais est de : V_R = 430475.21m³

XI. CHAPITRE 11 : L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT :

XI.1 INTRODUCTION :

Lorsque la qualité de vie des citoyens est menacée, le progrès technologique n'est pas une fin en soi. En effet, l'impact des activités humaines sur les principales composantes du milieu naturel crée souvent des déséquilibres. Les effets néfastes de la société humaine sur les différents écosystèmes de ce siècle ont atteint un degré alarmant et il est urgent de reconsidérer l'interaction entre l'homme et la nature.

La construction d'une nouvelle route doit limiter les impacts sur l'environnement et prendre en compte ses multiples facteurs.

En général, les facteurs analysés lors une étude d'impact environnemental sont les suivants : l'eau, le milieu naturel ou l'écologie, l'agriculture, l'aménagement et l'urbanisme, le bruit, le patrimoine, le paysage, la qualité de l'air, les risques et la sécurité, les vibrations, les émissions lumineuses.

Les étapes de l'évaluation de l'impact environnemental d'un projet routier peuvent être résumées comme suit:

• Analyse de base (analyse de l'état initial).

• Motifs de prise de décision (justification de la solution retenue).

• Détermination des impacts.

XI.2 CADRE JURIDIQUE :

L'étude d'impact des projets d'infrastructure en Algérie se réalise Selon le décret n ° 90-78, tels que l'étude devrait comprendre :

• Une analyse détaillée du projet.

• Une analyse de l'état initial du site et son environnement.

• Analyse du court terme du projet, L'impact direct et indirect attendu sur l'environnement à moyen et long terme.

XI.3 OBJECTIFS :

L'objet d'une étude d'impact sur l'environnement est d'identifier, d'évaluer et de mesurer les effets directs et indirects à court, moyen et long terme d'un projet et de proposer les mesures adéquates pour limiter les effets négatifs du projet.

Les enjeux environnementaux peuvent fondamentalement être regroupés autour de plusieurs objectifs généraux :

- Identifier et évaluer l'importance des impacts du projet sur le milieu physique, biologique et humain, ainsi que sur le milieu sonore et le paysage.
- Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement.
- Ne pas dégrader l'environnement, ou du moins limiter ou corriger ce qui peut conduire à des dégradations.
- Concevoir un projet respectueux de l'environnement.
- Préserver les conditions de vie des générations futures.

XI.4 IMPACTS DU PROJET :

C'est les principaux impacts négatifs du projet routier sur chacun des différents facteurs environnementaux : milieu physique, biologique et humain, de façon plus détaillée, on étudie les impacts en phase travaux et ceux intervenant en phase exploitation.

XI.4.1 Impact sur l'agriculture :

Il est indéniable que l'agriculture est l'activité économique la plus importante et inépuisable, il est donc nécessaire de lui montrer un grand intérêt.

XI.4.1.1 Les impacts :

Les impacts sur l'agriculture, à savoir :

- L'impact de l'utilisation des terres agricoles et la réduction des surfaces exploitées. L'impact de la déforestation conduisant à la destruction des terres. Ainsi que des difficultés de travail et de circulation dues à l'extension du parcours (rupture cheminements).
- L'effet de modification du régime agricole.

XI.4.1.2 Les remèdes :

Les mesures visant à remédier à ces préjudices sont classées en deux catégories :

XI.4.1.2.1 Mesures préventives :

Devant intervenir en amont, lors des choix du tracé et la détermination des caractéristiques du projet, sinon on aura recours aux :

XI.4.1.2.2 Mesures curatives :

Comprenant la restriction des exploitations et des mesures techniques allant du rétablissement des réseaux existants à la remise en état des terrainsagricoles.

Dans ce cadre, les différentes actions possibles, qu'on peut mener pour les préventions etles remèdes sont :

- Le passage préférentiel en limite d'agglomération et de territoire agricole évitant la coupure de zones agricoles homogènes.
- La prise en compte des superficies d'exploitation.
- Eviter des zones hydro-agricoles sensibles aux modifications.

XI.4.2 IMPACT SUR LA NATURE :

Les projets routiers peuvent générer des impacts importants sur le milieu naturel et il est important de prendre en compte les effets indirects et d'étudier les conséquences du projet sur l'écosystème dans son ensemble.

XI.4.2.1 La faune :

Le choix du tracé doit tenir compte des problèmes liés à l'environnement biologique. Des précautions peuvent être prises à un stade précoce de la planification du projet pour protéger le milieu naturel et faciliter le déplacement de la faune et la protéger des risques de collision par l'implantation de passages pour faunes ou encore la conception de franchissements revêtus ou non.

Car le tracé de la route provoquera des accidents dus aux collisions des usagers de la route avec ces animaux.

Ces passages doivent être conçus de façon que leur entretien et gestion soit le plus simple possible.

XI.4.2.2 La flore :

- Un risque de disparition d'espèces végétales localement peu abondantes et qui participent à la diversité biologique des territoires traversés.
- Un fléchissement local de populations végétales dues aux travaux de décapages.
- Destruction ou perturbation de sites favorables aux différentes espèces .
- Risque d'incendie.

On propose quelques solutions qui peut être prises en considération :

- Les produits inflammables utilisés dans le travail seront stockés dans des locaux prévus.
- Limitation nécessaire des surfaces d'emprises pour préserver la végétation naturelle des abords.
- Mise en place de clôtures ou marquage provisoire dans les zones sensibles (zones forestières) afin d'éviter tout déboisement superflu et destruction intempestive.

XI.4.2.3 L'air :

Durant la phase d'exécution, la pollution résultante du fonctionnement des moteurs à combustion interne des engins de chantier, essence ou diesel, est caractérisée par des émissions de polluant gazeux et particulaires auxquelles s'ajoutent celles résultant de l'usure des plaquettes de freins et des pneus.

Durant la phase d'exploitation, une partie importante de la pollution de l'aire est imputable à la circulation routière. Le trafic routier entraîne en général la libération de quantité importante de polluants atmosphériques.

XI.4.2.3.1 Les remèdes :

- Améliorer les carburants et les moteurs pour limiter les émissions de polluants comme le CO2 (dioxyde de carbone) .
- Utiliser d'autres véhicules (autres moyens de transports).
- Contrôler la circulation .
- Contrôler les véhicules et les vitesses.

XI.4.2.4 L'eau :

Les routes peuvent entraîner des changements dans les débits et des changements dans la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines, entraînant parfois des risques accrus d'inondations, d'érosion des sols ; dépôts, ou une modification brutale de la dynamique de la nappe phréatique.

Durant la phase de chantier :

- Intervention d'engins de chantier provoque la pollution des eaux par les hydrocarbures (fuel, huiles).
- La pollution des eaux de surface et souterraine par le rejet des eaux de chantiers.
- La modification du régime d'écoulement des eaux de surfaces et souterraine à cause des travaux de terrassement, et déversement des eaux de chaussée dans les oueds est susceptible de les affecter.

Durant la phase d'exploitation :

- Les eaux de ruissellement se chargent d'apports provenant des gaz d'échappement, de l'usure des chaussées et des pièces des véhicules (plaquettes de frein, pneumatiques etc…)

Pour prévenir la pollution accidentelle ou chronique des eaux superficielles et souterraines la conception de bassins antipollution ou de merlons anti déversement est un moyen assez efficace de réduire ou de supprimer ce type de nuisances. Aussi le drainage des routes doit être conçu de façon à retenir l'eau dans des micro – bassins pour qu'elle soit utilisable par l'homme et la nature ou pour affaiblir les inondations et évacuer les eaux stagnantes.

XI.4.3 IMPACT SUR LES HABITANTS :

Les principaux impacts d'une infrastructure autoroutière sur les habitants sont :

- ✓ La destruction
- ✓ La pollution
- ✓ Le bruit

XI.4.3.1 La destruction :

Les projets d'aménagement routier nécessitent parfois, la destruction de certaines habitations et le déplacement des populations du lieu de leur vie ou de travail, et leur réinstallation par la suite ailleurs, ce qui peut provoquer un bouleversement sur le plan économique et culturel de la vie des individus affectés.

Les impacts de destruction concernant :

- Les populations situées sur l'emprise du projet, et qui seront obligés de se déplacer.
- Les populations situées au périmètre d'accueil.

XI.4.3.2 Le bruit :

XI.4.3.2.1 Les impacts :

La construction d'une route au voisinage d'habitation a des conséquences sur la santé humaine suite à la gêne due au :

- ➢ Phase de chantier :
- Nuisance sonore dû aux fonctionnements d'engins de chantier (engins de terrassement, engin de forage...).
- Emission de vibration à cause de l'intervention d'engins de chantier (engins de terrassement, marteaux piqueurs, palplanche, engin de fonçage...).
- ➢ Phase d'exploitation :
- Il est lié exclusivement à la circulation routière qui a pour origine le bruit émis par les moteurs des véhicules.
- Le bruit lié au roulement des véhicules en circulation pour des vitesses supérieures à 50 km/h et à partir de 70 km/h pour les PL.

Ces bruit peuvent causer :

- ➢ Perte de sommeil.
- ➢ La fatigue
- ➢ Baisse de l'acuité auditive.

XI.4.3.2.2 Les remèdes :

- Eviter les zones de grandes densités d'habitation en agissant en amont sur la configuration du tracé.
- Mettre des protections entre cette source de bruit et les récepteurs.
- La protection entre la source et le récepteur consiste à interposer un obstacle entre les voies de circulation et les habitations situées àproximité.

En générale on peut avoir recours à :

- L'amélioration de la couche de roulement ; en agissant sur les enrobés au dépend des frottements, pour minimiser les bruits de circulation.
- Réduction de la vitesse.

XI.4.3.3 La pollution :

- Pollution atmosphérique.
- Pollution des eaux.
- Pollution sonore.

XI.5 CONCLUSION :

Il faut à améliorer les connaissances dans de nombreux domaines pour aboutir à des évaluations et des prévisions plus rigoureuses pour assurer une meilleure économie des aménagements destinés à la protection de l'environnement. Le défi est de limiter le plus possible l'impact sur l'environnement humain tout en préservant les ressources naturelles. Cet engagement permanent doit s'imposer tout le long des trois étapes successives qui marquent la vie de la route :

- Sa conception,
- Sa construction,
- Son exploitation.

Dans notre projet, nous avons fait le maximum pour tenir en compte les principales précautions pour la protection de l'agriculture, la nature et les habitants.

XII. CHAPITRE 12 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE :

XII.1 SIGNALISATION :

XII.1.1 Introduction :

La signalisation routière est un outil de communication essentiel pour l'usager de la route. Elle doit, par conséquent être conçue et installée d'une manière à aider l'usager tout au long de son parcours en lui permettant d'adapter sa conduite aux diverses situations qui se présentent à lui.

Compte tenu de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, la circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés.

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale.

XII.1.2 L'objet de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre la circulation routière plus facile.
- De rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières depolice.
- De donner des informations relatives à l'usage laroute.

XII.1.3 Catégories de signalisation :

On distingue :

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par feux.
- La signalisation par marquage des chaussées.
- La signalisation par balisage.
- La signalisation par bornage.

XII.1.4 Règles à respecter pour la signalisation :

II est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes :

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatigue la tension

des usages qui fatiguent l'attention de l'usager.

XII.1.5 Type de signalisation :

On distingue deux familles de signalisation :

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

XII.1.5.1 Signalisations horizontales :

Le rôle essentiel de la signalisation horizontale est de délimiter les voies de circulation afin d'augmenter la sécurité routière et de complémenter la signalisation verticale. Le marquage de la chaussée est réalisé par plusieurs catégories de marques ; Elle se divise en trois types :

XII.1.5.1.1 Lignes longitudinales :

- **Les lignes continues :**

Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route ou le dépassement est interdit, notamment parce que la visibilité est insuffisante.

- **Les lignes discontinues :**

Elles se différencient par leur module, c'est-à-dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles. On distingue :

• Les lignes axiales ou lignes de délimitation de voies pour lesquelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles : T1.

• Les lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles : T2.

• Les lignes d'avertissement de lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, par lesquelles la longueur des traits est sensiblement triple de celle de leurs intervalles : T3.

Tableau XII.1 : Modulation des lignes discontinues

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport Plein/ vide
T_1	3.00	10.00	~ 1/3

T_2	**3.00**	**3.5**	**~1**
T_3	**3.00**	**1.33**	**~3**
T4	**10**	**6**	

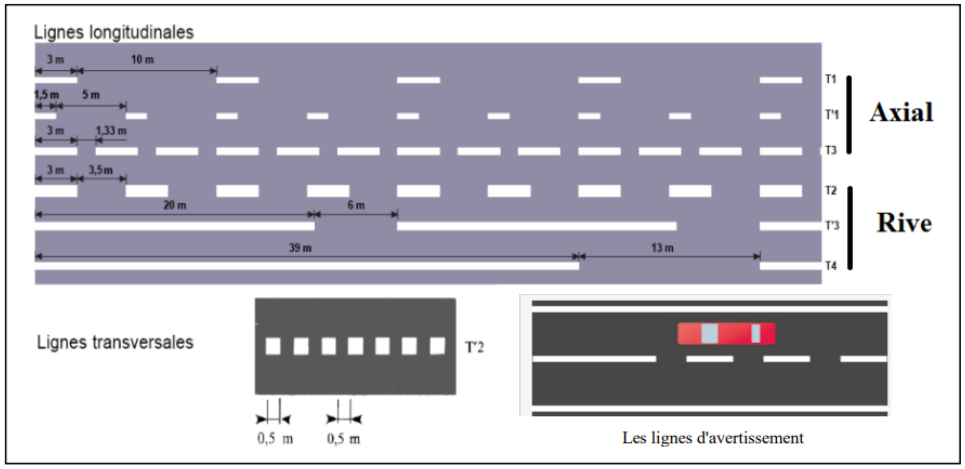


Figure XII-1. Caractéristiques de tous les types de lignes discontinues selon les normes européennes (source guide de la signalisation horizontale).

- **<u>Les lignes mixtes :</u>**

Elle est constituée d'une ligne continue et d'une ligne discontinue en pointillés. Si la ligne discontinue se trouve de votre côté, le dépassement est autorisé. Si la ligne continue se trouve de votre côté, le dépassement est interdit.



Figure XII-2. Lignes mixtes, source (code de la route).

XII.1.5.1.2 Lignes transversales

On distingue :

- Lignes transversales continues : éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.
- Lignes transversales discontinues : éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devraient céder le passage aux intersections.

XII.1.5.1.3 Autres signalisations :

- **Les flèches de rabattement**

Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.



Figure XII-3. Flèche de rabattement, source (code de la route).

- **Les flèches de sélection**

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doive suivre la direction indiquée. Pour piétons ;pour cyclistes ;pour le stationnement.



Figure XII-4. Flèches directionnelles, source (code de la route).

- **Largeur des lignes**

La largeur des lignes des bandes est définie par rapport à une largeur unité « u » différente selon le type de route :

- u=7,5 cm sur les autoroutes, les routes à chaussées séparées, les routes à 4 voies de rase campagne .
- u=6 cm sur les routes importantes, notamment sur les routes à grande circulation.
- u=5 cm sur toutes les autres routes.
- u=3 cm pour les lignes tracées sur les pistes cyclables.

Pour notre projet la route est de type (autoroute), donc la valeur de U est de 7.5 cm.

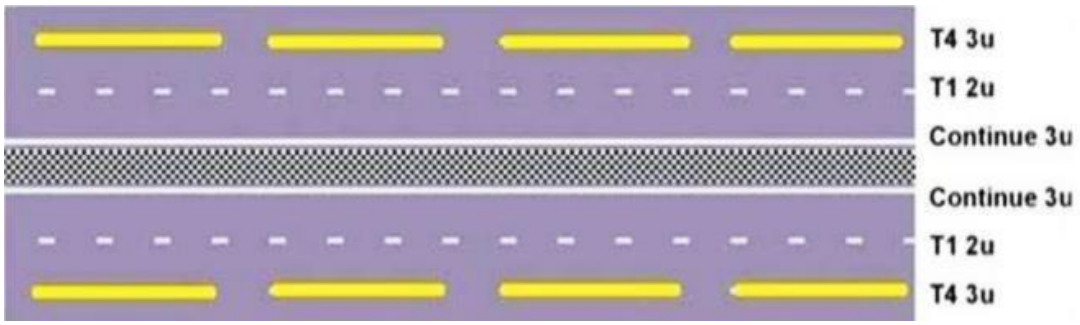


Figure XIII.1 : Marquage longitudinal.

- **Marquage d'îlots séparateurs avec hachures**

Marquage spécial pour stationnement ou aires d'arrêt d'appel d'urgence.

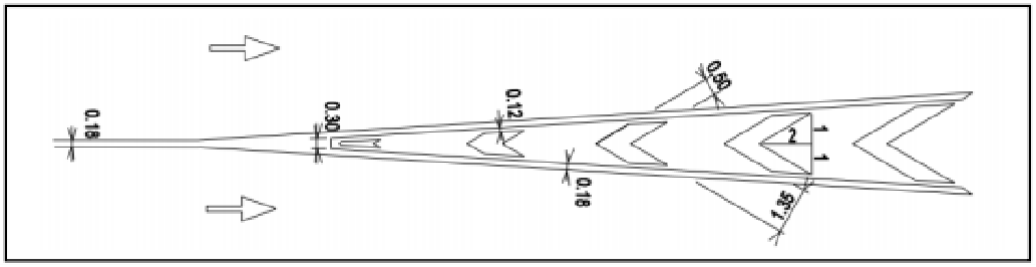


Figure XII-5. Séparateurs avec hachures source (guide de la signalisation horizontale à paris).

XII.1.5.2 Signalisations verticales :

Elle se fait à l'aide des panneaux qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme.
La signalisation verticale est divisée en deux grandes catégories :

- Signalisation de danger, de prescription et d'indication.
- Signalisation de direction.

Signaux de danger : Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

Signaux comportant une prescription absolue : Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- L'interdiction.
- L'obligation.
- La fin de prescription.

Signaux à simple indication : Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminées en pointe de flèche :

- Signaux d'indication.
- Signaux de direction.
- Signaux de localisation.
- Signaux divers.

XII.1.5.2.1 Signalisation avancée :

Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection.

Le signale B3 accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

XII.1.5.2.2 Signalisation de position :

Le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

XII.1.5.2.3 Signalisation de direction :

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

Le dimensionnement des panneaux :

Le dimensionnement des panneaux concorde avec le type de route, comme suit :

Tableau XII-2. Les dimensions détaillées des panneaux.

Dimensions Côté du triangle (mm)	Côté du triangle (mm)	Diamètre du rond (mm)	Double de l'apothème de l'octogone (mm)	Côté du carré (mm)
TGG	**1500**	**1250**	**1200**	**1050**
GG	**1250**	**1050**	**1000**	**900**
GN	**1000**	**850**	**800**	**700**

Avec :

TGG : Taille des panneaux sur autoroute : Très Grande Gamme .

GG : Sur entrées et sortie : Grande Gamme .

GN : Bretelle d'accès aux gares de péage et rétablissements : Gamme Normale.

XII.1.6 APPLICATION AU PROJET :

Caractéristiques des lignes adoptées :

XII.1.6.1 Signalisation verticale :



Signalisations d'interdiction

Figure : Hauteur limite gabarie (C)

Figure :Signalisations relatifs à la priorité

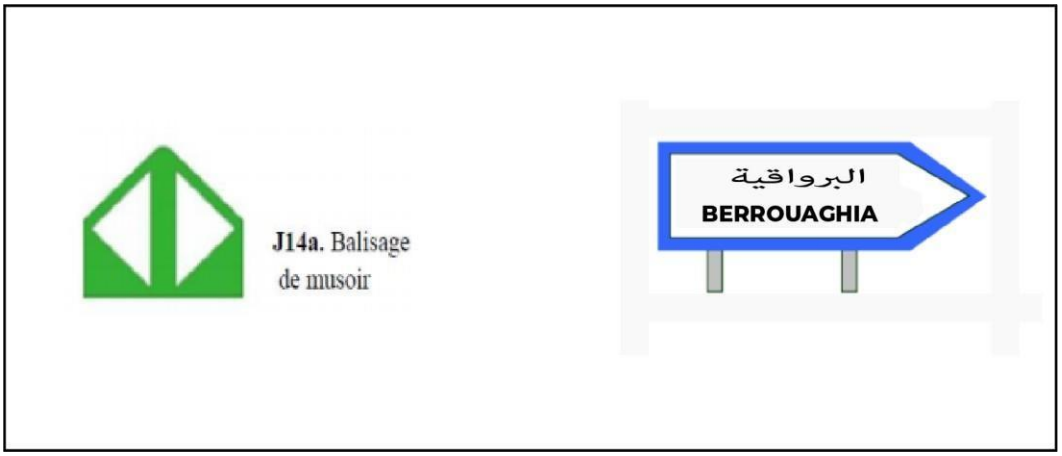


Figure : Signalisation de direction

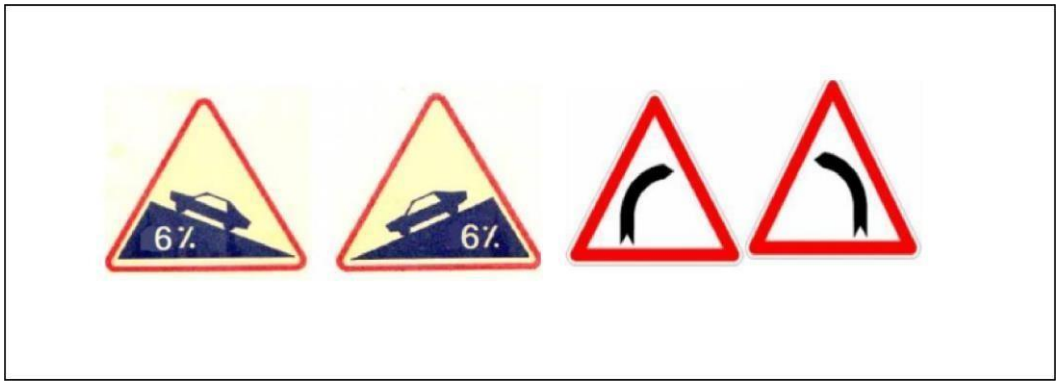


Figure: Panneaux de pente et rampe max (A)

Figure: Virage à droite et gauche



Figure XIII.7 : Entrée de l'autoroute(E)



Figure XIII.8 : Sortie de l'autoroute(E)

XII.2 ECLAIRAGE

XII.2.1 Introduction :

L'éclairage public doit assurer aux usagers de la route de circuler de nuit avec une sécurité et un confort que possible, c'est –à- dire voir tout ce qu'il pourra exister comme obstacles sans l'aide des projecteurs de la voiture ou de croisement ; ainsi que voir tous les éléments de la route (les bordures de trottoir les carrefours etc.).

Une bonne visibilité des bordures de trottoir des véhicules et des obstacles et l'absence de zone d'ombre sont essentiels pour les piétons.

Il existe quatre classes d'éclairage public :

- **Classe A :** éclairage général d'une route ou autoroute.
- **Classe B :** éclairage urbain (voirie artérielle et dedistribution).
- **Classe C :** éclairage des voies dessertes.
- **Classe D :** éclairage d'un point singulier (carrefour, virage…) situé sur un itinéraire non éclairé.

XII.2.2 Eclairage d'un point signaleur :

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situé sur un itinéraire non éclairé doivent être les suivantes :

- A longue distance 800 à 1000m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- A distance moyenne 300 à 500m, idée de la configuration du point singulier.
- A faible distance, distinguer sans ambiguïté les obstacles.
- A la sortie de la zone éclairée, pas de phénomène de cécité passagère.

XII.2.3 Prametres de l'implantation des luminaires :

- L'espacement (e) entre luminaires qui varie en fonction de type des voies.
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée
- Le porte à faux (p) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison ou non du foyer lumineux et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

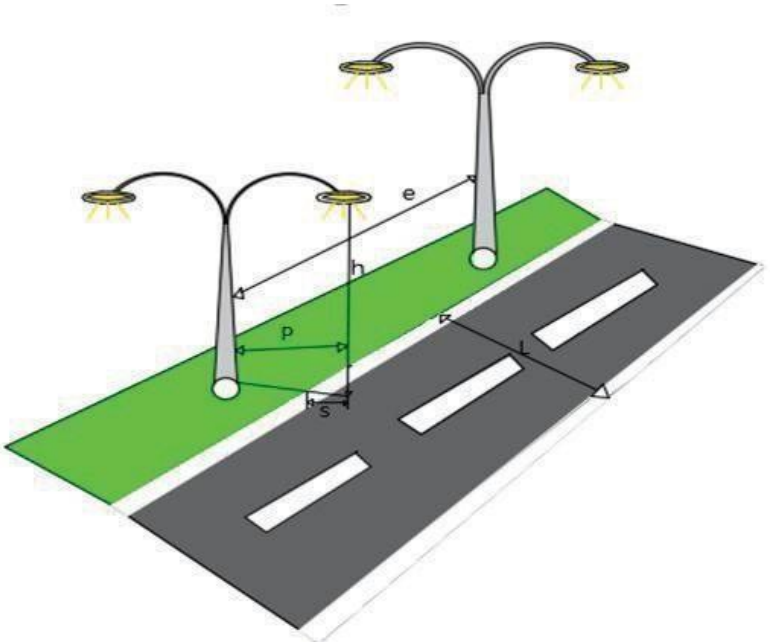


Figure XII.2: Paramètre d'implantation des luminaires

XII.2.4 Application au projet :

L'éclairage de la route doit permettre à ses usagers de circuler en nuit en toute sécurité, il s'agit de la possibilité de percevoir les points singuliers et les obstacles éventuels.

- **L'éclairage de notre route :**

Des lampadaires d'hauteur de 10 à 12m sont implantés sur le T.P.C le long de la section étudiée avec deux foyers portés par le même support éclairant chacun une chaussée, espacés de 20m.

XIII. CHAPITRE 13 : DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF

100	EXPROPRIATIONS				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
101	Expropriations des terrains	M^2	314341,82	1 000,00	314 341 820,00
200	INSTLLATION DE CHANTIER				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
201	Installation de chantier	F	1	25 000 000,00	25 000 000,00
202	Prestation d'étude d'execution	F	1	12 000 000,00	12 000 000,00
300	PREPARATION DU TERRAIN				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
303	Débroussaillage et abattage d'arbres ep<20cm	M^2	9000	200,00	18 00000,00
400	TERRASSEMENT				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
405	Déblai mis en remblai, y compris toutes sujétions de bonne exécution	M^3	476727	1000,00	476727000,00
406	Remblai d'emprunt en matériaux sélectionnés, y compris étalage, humidification, malaxage, compactage à 96% de l'OPM, fourniture et transport des matériaux et d'eau, la plus-value de transport d'eau quel que soit la distance	M^3	199919	1000,00	199919000,00
500	CONSTRUCTION DU CORPS DE CHAUSSEE				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
501	F.T.M.O du TUF pour couche de forme,ep=(0.4m) plus rechargement des accotements ; avec toutes sujétions de bonne exécution	M^3	135000	1 100,00	148500000,00
502	F.T.M.O d'une couche de fondation en GNT (0/31.5), e = 30 cm, y compris étalage, humidification, malaxage, compactage à 98% de l'OPM, la plus-value de transport des agrégats et d'eau quelle que soit la distance et toutes sujétions de bonne exécution	M^3	105000	2 100,00	220500000,00
503	F.T.M.O d'une couche de base en grave bitume (0/20), e=20 cm, y compris toutes sujétions de bonne exécution, selon CPS	T	51700	5 500,00	248350000,00

504	F.T.M.O d'une couche d'imprégnation cut back 0/1 dose à 1,2 kg/m2, y compris balayage et dépoussiérage du support et toutes sujétions de bonne exécution	M2	253891	100,00	25 389 147,00
505	F.T.M.O Couche d'accrochage en émulsion 65% dose à 0,3 kg/m2, y compris toutes sujétions de bonne exécution	M2	253891	80,00	20 311 280,00
506	F.T.M.O d'une couche de roulement en béton bitumineux (0/14), e = 6cm, y compris toutes sujétions de bonne exécution, selon CPS	T	37335	6 500,00	242 680 465,76
600	ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
603	F.T.M.O des buses Ø1000 y compris : Ouverture du tranché de toutes natures, remblai compacté en matériau sélectionné ; avec toutes sujétions de bonne exécution.	ML	210	20 000,00	4200 000,00
604	F.T.M.O des buses Ø1500 y compris : Ouverture du tranché de toutes natures, remblai compacté en matériau sélectionné ; avec toutes sujétions de bonne exécution.	ML	106	35 000,00	3 710 000,00
605	F.T.M.O des dalot (1.5*2.5m) y compris : Ouverture du tranché de toutes natures, remblai compacté en matériau sélectionné ; avec toutes sujétions de bonne exécution.	ML	110	60 000,00	6 600 000,00
608	Réalisation au pied de talus déblai/remblai du fossé trapézoïdale "0,5/0,5/0,5"en béton légèrement armé dosé 350kg/m3, ep=10cm, avec toutes sujétions de bonne exécution	ML	10451	2 000,00	20 902 000,00
613	F.T.M.O bordures préfabriquées type T2 avec toutes sujétions de bonne exécution	ML	350	1 100,00	385 000,00

DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF

700	SIGNALISATION HORIZONTALE ET VERTICALE				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
701	Bande axiale continue et discontinue et toute sujétions de bonne exécution.	ML	41250	135,00	5 568 750,00
702	Fourniture et pose des plots de signalisation routière en verre réfléchissant, y compris toute sujétion de bonne exécution	U	1261	2 000,00	2 522 000,00
705	Fourniture et pose des panneaux de présignalisassions y compris toute sujétion de bonne exécution	U	30	30 000,00	900 000,00
706	Fourniture et pose des panneaux de Jalonnement de 1,50*0,80m avec distance, y compris toute sujétion de bonne exécution	U	10	18 000,00	180 000,00
800	GLISSIERE DE SECURITE				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
801	Fourniture et pose des séparateurs de TPC en béton armé y compris, fourniture, transport, mis en place, et toutes sujétions de bonne exécution	ML	25218,14	4 500,00	113 481 630,00
900	OUVRAGES DE RETABLISSEMENT				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
901	Ouvrage supérieure	M²	27000	200 000,00	54 000 00000,00
1000	IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT				
N °	DESIGNATIONS	UNITE	QTITE	PRIX UNIT	MONTANTS
1001	Protection contre l'environnement	%	1	21 420 681,50	21 420 681,50
MONTANT TOTAL EN HT					9 314 659 773
TVA 19 %					1 769 785 356
MONTANT TOTAL EN TTC					11 084 445 129

Le devis a été estimé à une somme de :

onze milliard -quatre_quatre million- quatre cent quarante cinq mille- six cent vingt neuf Dinar Algérien

CONCLUSION GENERALE

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter autant que possible toutes les normes récemment publié notamment ICTAAL 2000 et conception des échangeurs autoroutier SETRA 2013, qui concernent la géométrie et le dimensionnement de corps de la chaussée ainsi que le dimensionnement des ouvrages d'assainissement.

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour nous, pour mettre en pratique les connaissances qu'on a appris pendant les années précédentes, et de tirer profit de l'expérience des professionnels de ce domaine, en plus cette étude nous a appris l'analyse des problèmes, des contraintes et de proposer des solutions logiques et praticables, et elle nous a aidé à apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet en génie civil.

Le travail réalisé a porté sur la phase Avant-Projet Détaillé, dans laquelle, nous avons fait une analyse de trafic qui est un élément essentiel pour le dimensionnement, et nous avons conçu le tracé géométrique, et on a dimensionné le corps de chaussée en adoptant des structures qui répondent aux différentes exigences, pensant à la sécurité de l'usager et la résistance de la chaussée nous avons effectué des études géotechnique et hydraulique ainsi que la signalisation.

De plus ce projet nous a permet d'approfondir nos connaissance à l'outil informatique en l'occurrence les logiciels : Civil 3D, Auto CAD, Slide 6 et mêmeGoogle earth .

Le domaine du génie civil en général et celui des travaux publics en particulier sont trop larges, ils permettent à chaque étude, à chaque conception de comprendre de nouvelles choses, d'avoir des nouvelles idées, de proposer des nouvelles conceptions et de faire face aux différentes contraintes. Enfin d'améliorer et enrichir les connaissances qui sont déjà acquises.

[1] : Fernand Katcha KONE. Planification, suivi et contrôle qualité des terrassements routiers du 3ème pont riviera-Marcory (Abidjan république de Côte-d'Ivoire).BURKINA FASO.20 Juin 2013.

[2] étude de chantier, travaux préalable aux terrassements, Prescription avant l'exécution des remblais, Drainage d'assise, Mise en œuvre des remblais. Document CCTP.

[3] KONATE Idris Katié. Terrassement et Certification de matériaux pour la couche de forme. 31 Août – 23 Octobre 2009

[4] ICTAAL : Instruction sur les Conditions techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison [2015].

[5] B40 : normes techniques d'aménagement des routes, 1977 directions des études générales et du règlement technique (MTP).

[6] Manuel de projet de routes ; KALLI.F et GOUMETTRE.A, 2011

[7] LCPC : Laboratoire Central des Ponts Chaussées.

[8] GTR : guide des terrassements routiers 2000.

[9] Catalogue des structures types de chaussées neuves SETRA _ LCPC [1998]

[10] Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP fascicule 1, 2,3).

[11] A.N.R.H : Agence Nationale de la Recherche Hydraulique.

[12] Cours de routes : Mr BENCHOHRA Kara.

Site internet :

- www.wikipedia.com
- www.4geniecivil.com
- www.infociments.fr/route
- www.d-maps.com/
- cci-titteri.dz/page/wilaya-de-medea
- decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/
- www.situation de wilaya de Médéa.com

Logiciels utilisés :

- Auto CAD 2020
- Civil 3D 2020
- Slide6
- Alize-Lcpc

ANNEXE 1 : AXE EN PLAN

Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	**Paramètres**		**Longueur**	**Abscisse**	**X**	**Y**
Droite 1	Gisement	103.5058 g	284.857m	0.000	483449.4759m	3996796.0917m
Arc 1	Rayon CentreX Centre Y	1000.000m 483645.2836m 3996864.8140m	413,677	284.857	483773.4917m	3996874.0400m
Droite 2	Gisement	98.3343 g	266.474m	698,534	484131.4714m	3996886.6607m
Clothoïde 1	Paramètre	206.543m	79.000m	965,008	484210.3256m	3996891.1380m
Arc 2	Rayon Centre X Centre Y	540.000m 484210.3256m 3996891.1380m	30.403m	1044,008	484240.4574m	3996895.1889m
Clothoïde 2	Paramètre	206.543m	79.000m	1074,411	484317.6942m	3996911.6967m
Droite 3	Gisement	91.7509 g	467.244m	1135,411	484480.3435m	3996950.6288m
Clothoïde 3	Paramètre	217.715m	79.000m	1 620,655	484557.5433m	3996967.3256m
Arc 3	Rayon Centre X Centre Y	600.000m 484658.5259m 3996375.8845m	64.972m	1 699,655	484622.0546m	3996974.7750m
Clothoïde 4	Paramètre	217.715m	79.000m	1 764,6272	484701.0281m	3996976.1125m
Droite 4	Gisement	138.1117 g	313.712m	1 843,6272	485014.7361m	3996974.5406m
Arc 4	Rayon Centre X Centre Y	700.000m 485057.7405m 3997674.7054m	242,809m	2357,3392	485177.9433m	3996985.1031m
Droite 5	Gisement		318.155m	2400,1482	485565.0424m	3997073.8070m
Arc 5	Rayon Centre X Centre Y	1000.000m 485830.5741m 3996108.6267m	233,09m	2918,3032	485716.4120m	3997102.0888m
Droite 6	Gisement	165.2465 g	813.21m	3151.3032	487305.5617m	3997267.4203m
Clothoïde 5	Paramètre	208.447m	79.000m	3 963,603	487383.1778m	3997282.0449m
Arc 6	Rayon Centre X Centre Y	550.000m 487459.0327m 3996737.3009m	52.159m	4 042,603	487409.0274m	3997285.6445m
Clothoïde 6	Paramètre	208.447m	79.000m	4 094,762	487514.0828m	3997286.4361m
Droite 7	Gisement		463.985m	4 173,762	487977.8819m	3997273.3102m
Clothoïde 7	Paramètre	206.543m	79.000m	4 637,747	488056.8625m	3997273.0012m
Arc 7	Rayon Centre X Centre Y	540.000m 488056.8625m 3997273.0012m	85.76m	4 716,747	488061.1460m	3997273.1935m
Clothoïde 8	Paramètre	206.543m	79.000m	4 802,507	488143.9341m	3997282.0851m
Droite 8	Gisement	117.2844 g	486.254m	4 881,507	488625.8362m	3997346.9921m
Arc 8	Rayon Centre X Centre Y	1200.000m 488825.1910m 3996162.7886m	395.573m	5 367,761	488822.8054m	3997368.6896m
Droite 9	Gisement		678.574m	5 762,761	489692.7137m	3997259.8543m
Arc 9	Rayon Centre X Centre Y	1100.000m 489589.3306m 3996163.7740m	101.386m	6 441,335	489820.9484m	3997240.3085m
Droite 10	Gisement	110.8237 g	665.580m	6 542,721	490582.9123m	3997012.5673m
Arc 10	Rayon Centre X	1300.000m 490359.9013m	562,559	7 208,301	490852.3030m	3996920.3886m

	Centre Y	3996139.4429m				
Droite 11	Gisement	151.6059 g	307.134m	7 770,86	491258.6081m	3996490.1555m
Arc 11	Rayon Centre X Centre Y	800.000m 490693.9943m 3996139.4429m	309,363m	8 077,994	490693.9943m	3995921.5683m
Droite 12	Gisement	124.6303 g	448.909m	8 387,357	491627.2335m	3995831.4282m
Clothoïde 9	Paramètre	206.543m	79.000m	8 836,266	491663.4264m	3995761.2277m
Arc 12	Rayon Centre X Centre Y	540.000m 492130.7587m 3996031.7835m	128.476m	8 915,266	491695.7642m	3995705.3703m
Clothoïde 10	Paramètre	206.543m	79.000m	9 043,742	491797.6409m	3995604.3348m
Droite 13	Gisement	179.4306 g	259.874m	9 122,742	491990.4332m	3995430.0782m
Clothoïde 11	Paramètre	206.543m	79.000m	9 382,616	492050.0921m	3995378.3117m
Arc 13	Rayon Centre X Centre Y	650.000m 492455.8552m 3995886.1072m	262.984m	9 461,616	492154.2414m	3995295.0893m
Clothoïde	Paramètre	206.543m	79.000m	9 724,6	492359.6657m	3995241.6480m
Droite 13	Gisement	123.25g	444.656m	9 803,6	492794.6632m	3995149.4716m
Longueur totale de l'axe 10 451,256 m						

PROFIL EN LONG PROJET :

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	**Pente/rayon**	**Longueur**	**Abscisse**	**Altitude**
Pente1	1.28%	265m	57000m	816.000m
Parabole 1	Pente 1.28% Rayon 38329.918m Sommet Absc. 57262m Sommet Alt. 819.36m Pente 2.44%	446	57486.73m	822.22 m
Pente2	2.44%	295m	57709m	827m
Parabole 2	Pente 2.44%% Rayon 14176.793m Sommet Absc. 57996m Sommet Alt. 834.44 m Pente 2.09%	50m	58021m	835m
Pente3	2.09%	694m	58046m	835m
Parabole 3	Pente 2.09% Rayon 19808.878m Sommet Absc. 58675m Sommet Alt. 844 m Pente 1.49%	150m	58750m	845m
Pente4	1.49%	748m	58864m	852m
Parabole 4	Pente 1.49% Rayon 59191.176m Sommet Absc. 59586m Sommet Alt. 863 Pente 1.74%	321.000m	58786m	866m
Pente5	1.74%	695m	59736m	865m
Parabole 5	Pente 1.74% Rayon 25481.763m Sommet Absc. 60420m Sommet Alt. 877m Pente 3.00%	49m	60581m	880.5m
Pente6	3.00%	1038m	60455m	886m
Parabole 6	Pente 3.00% Rayon 9743.463m Sommet Absc. 61720m Sommet Alt. 909m Pente 0.64%	150m	61795m	911.30m
Pente7	0.64%	915m	60741m	885m
Parabole 7	Pente 0.64% Rayon 10282.119m Sommet Absc. 62880m Sommet Alt. 925m Pente -2.20%	292m	63026m	926m
Pente8	-2.20%	1487m	63172	922
Parabole 8	Pente -2.20% Rayon 15064.162m	255m	64756m	887m

	Sommet Absc. 64628m Sommet Alt. 890m Pente -3.89%			
Pente9	-3.89%	858m	64883m	883m
Parabole 9	Pente -3.89% Rayon 6751.824m Sommet Absc. 65683m Sommet Alt. 852m Pente -0.56%	225m	65796m	847m
Pente10	-0.56%	646m	65908m	846m
Parabole 10	Pente -0.56% Rayon 6235.632m Sommet Absc. 66591m Sommet Alt. 834m Pente 2.49%	190m	66686m	842m
Pente11	2.49%	721m	66781m	845m

ANNEXE 2 : LES ESSAIS DU LABORATOIRE

- **Analyse granulométrie par tamisât** : Pour cette méthode il faut faire une représentation de la masse des particules en fonction de leur dimension.
But de L'essai : C'est un essai qui a pour objet de la détermination en poids des éléments d'un sol (matériau) suivant leurs dimensions (cailloux, gravier, gros sable, sable fin, limon et argile).
Principe de l'essai : Pour les fractions de matériaux compris entre 80µm et 50 mm. Séparer par brassage sous l'eau les grains agglomérés, puis une fois séchés, les classer au moyen d'une série de tamis et peser le refus cumulé sur chaque tamis. Rapporter à la masse totale sèche pour définir des pourcentages.

-Analyse granulométrie par Sédimentation La sédimentométrie c'est un essai qui complète l'analyse granulométrie par tamisage des sols.
But de l'essai : Le but de cet essai c'est de déterminer le pourcentage de particules argileuses dans un matériau. Dans l'étude des sols, on désigne par argile la fraction de matériau comprenant des éléments de diamètres inférieurs à 0,002mm, et séparés au cours de l'analyse mécanique ; pour cela on utilise toujours des méthodes indirecte parmi ces méthode on fait appel à la sédimentométrie.
Principe de l'essai : Le principe de la sédimentométrie est basé sur la loi de Stockes qui mesure la vitesse (v) de décantation des particules sphériques, et la fonction de la viscosité du milieu, ainsi mesure de la masse volumique du liquide avec un densimètre à : 0.5, 2, 5, 10, 20, 40, 80 minutes, 4 et 23 heures

L'argilosité : Pour caractériser l'argilosité des sols on utilise deux paramètres :
➢ L'indice de plasticité (Ip),
➢ La valeur au bleu de méthylène du sol (VBS).
-L'indice de plasticité Ip : C'est la différence entre la limite de liquidité et la limite de plasticité. L'indice de plasticité mesure l'étendue du domaine de plasticité du sol. Il s'exprime donc par la relation :

$$Ip = WL - WP$$

But d'essai : Il s'agit de déterminer les limites d'Atterberg sur les sols dont les éléments passent à travers le tamis de dimension 400 µm et déterminé l'indice de plasticité.
Principe de l'essai : Pour les sols comportant un pourcentage de Fines (80 µm) > 35%. L'essai s'effectue sur la fraction 0/400µm en 2 phases :
Détermination de la teneur en eau WL à la limite de liquidité.
Détermination de la teneur en eau WP à la limite de plasticité.
-La valeur au bleu de méthylène du sol (VBS) : L'essai au bleu de méthylène, également appelé « essai au bleu », est un essai utilisé en géotechnique pour déterminer l'argilosité d'un sol. Cette valeur est déterminée par l'essai au bleu de méthylène. Elle est mesurée sur la fraction 0/5mm et exprime en grammes de bleu par cent grammes de la fraction 0/50mm du sol sec étudié, elle est notée valeur au bleu de méthylène du sol « VBS ». Cet essai est applicables pour tous sols ainsi pour certain matériaux rocheux, toutefois pour les matériaux les plus argileux on privilégiera les essais des limites d'Atterberg «Ip : Indice de plasticité ».particulièrement.
But de l'essai : L'objectif principal de cet essai c'est de mesurer la richesse en argile d'un sol en mesurant sa capacité d'adsorption de molécules de bleu de méthylène.
Principe de l'essai : L'essai au bleu de méthylène consiste à doser la quantité de bleu méthylène adsorbée par la fraction 0/5mm du matériau mise en suspension dans l'eau. Cette quantité est rapportée à la fraction 0/50mm du matériau.

Essai de Proctor : L'essai Proctor, mis au point par l'ingénieur Ralph R. Proctor (1933), est un essai géotechnique qui permet de déterminer la teneur en eau nécessaire pour obtenir la densité sèche maximale d'un sol granulaire (ou non) par compactage à une énergie fixée. Les caractéristiques de compactage Proctor sont des paramètres très utilisés pour identifier les matériaux et pour définir les spécifications de compactage qui leur sont applicables lorsqu'ils sont utilisés dans la construction des remblais, des couches de forme et des assises de chaussées.

But de l'essai : Son but c'est la détermination de la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale, pour un compactage bien défini.

Principe de l'essai : L'essai consiste à compacter dans un moule normalisé, à l'aide d'une dame normalisée, selon un processus bien défini, l'échantillon de sol à étudier et à mesurer sa teneur en eau et son poids spécifique sec après compactage. L'essai est répété plusieurs fois de suite sur des échantillons portés à différentes teneurs en eau. Et aussi on définir plusieurs points d'une courbe (γd, ω) ; on trace cette courbe qui représente un maximum dont l'abscisse est la teneur en eau optimale et l'ordonnée la densité sèche optimale. [9]

- Essai Proctor Normal : Le compactage n'est que moyennement poussé. Il est généralement utilisé pour les études de remblais en terre (barrages et digues). Il s'effectue en trois couches avec « la dame Proctor normal », l'énergie de compactage est de :

• 55 coups de dame par couche dans le moule C .B .R.

• 25 coups par couche dans le moule Proctor normal.

Essai Proctor modifié : Le compactage est beaucoup plus intense ; il correspond en principe au compactage maximum que l'on peut obtenir sur chantier avec les rouleaux à pieds de mouton ou les rouleaux à pneus lourds modernes. Le compactage dans ce cas-là s'effectue en cinq couches successives avec « la dame Proctor modifié » l'énergie de compactage est de :

➢ 55 coups de dame par couche dans le moule C.B.R.

➢ 25 coups par couche dans le moule Proctor.

Essai CBR: (Californian-Bearing-Ratio) L'essai CBR (Californian-Bearing-Ratio) est un essai de portance (aptitude des matériaux à supporter les charges) des remblais et des couches de formes compactées des ouvrages routiers. Il s'agit de déterminer l'Indice Portant Immédiat, Indice CBR (Californian-Bearing-Ratio) après immersion d'un sol ou d'un matériau granulaire utilisé dans la construction des ouvrages en terre ou des assises de chaussées. C'est un essai de poinçonnement à l'aide d'une presse standard (presse CBR) à vitesse constante (1,27 tr/mn) et le diamètre du piston 19,6 cm. [9]

But de L'essai : L'objectif principal de cet essai c'est de connaitre les caractérisations mécaniques des sols naturels et de sols compactés dans des remblais et des couches de forme, de fondations et de sous-fondations de routes et aéroports. Donc c'est un essai qui a pour but de déterminer :

➢ D'établir une classification des sols (GTR) « Guide des Terrassements Routières »

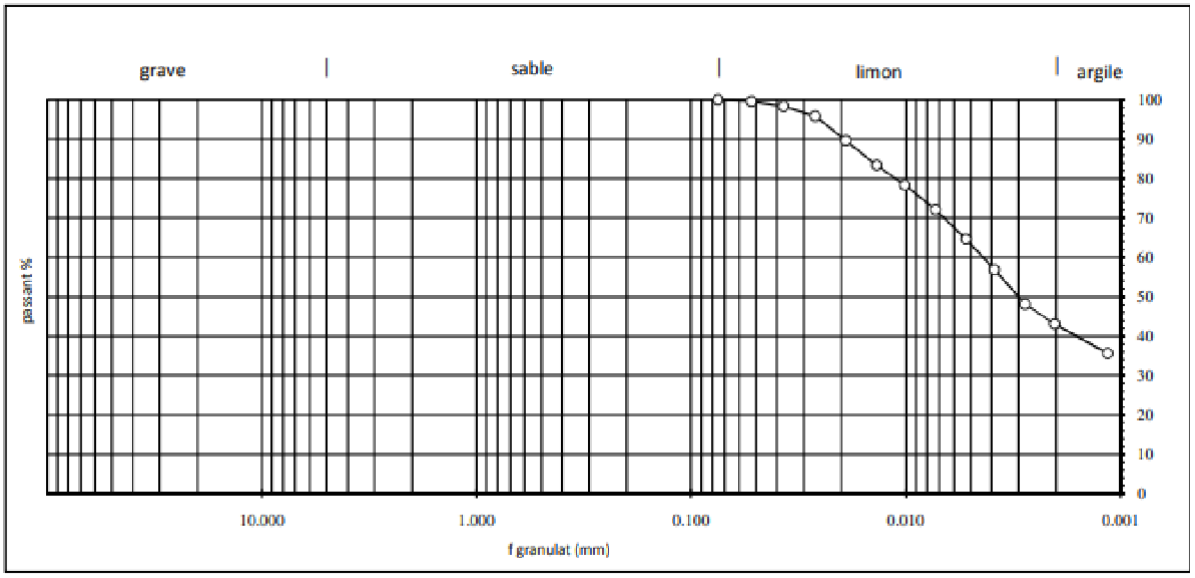
➢ D'évaluer la traficabilité des engins de terrassement (IPI) « Indice de Portance Immédiat)

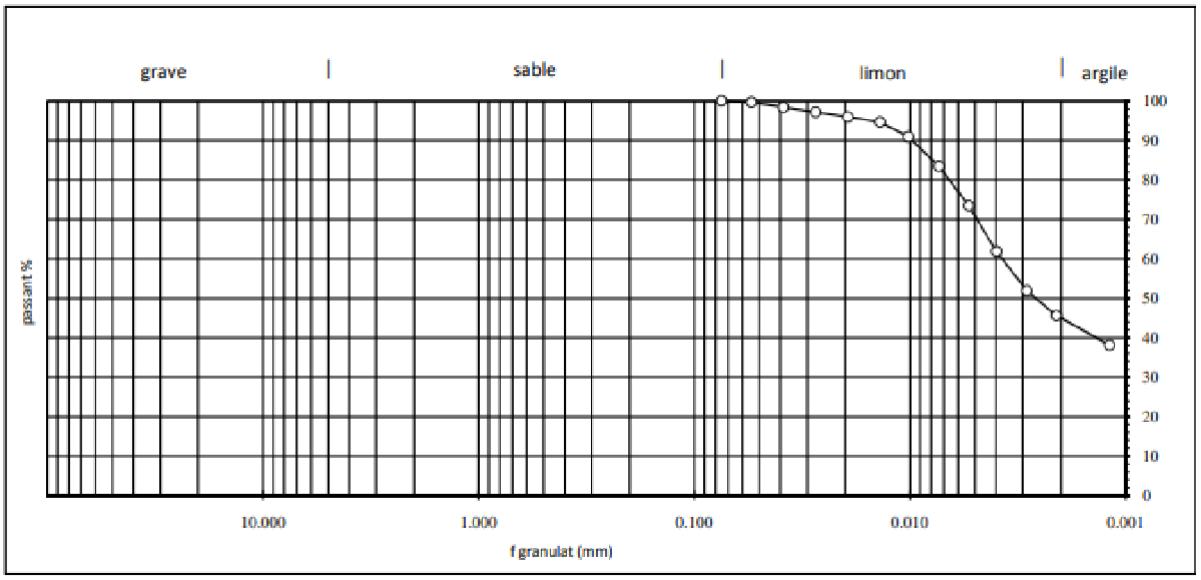
➢ Déterminer l'épaisseur des chaussées CBR (Californian-Bearing-Ratio) augmente ⇒ épaisseur diminue).

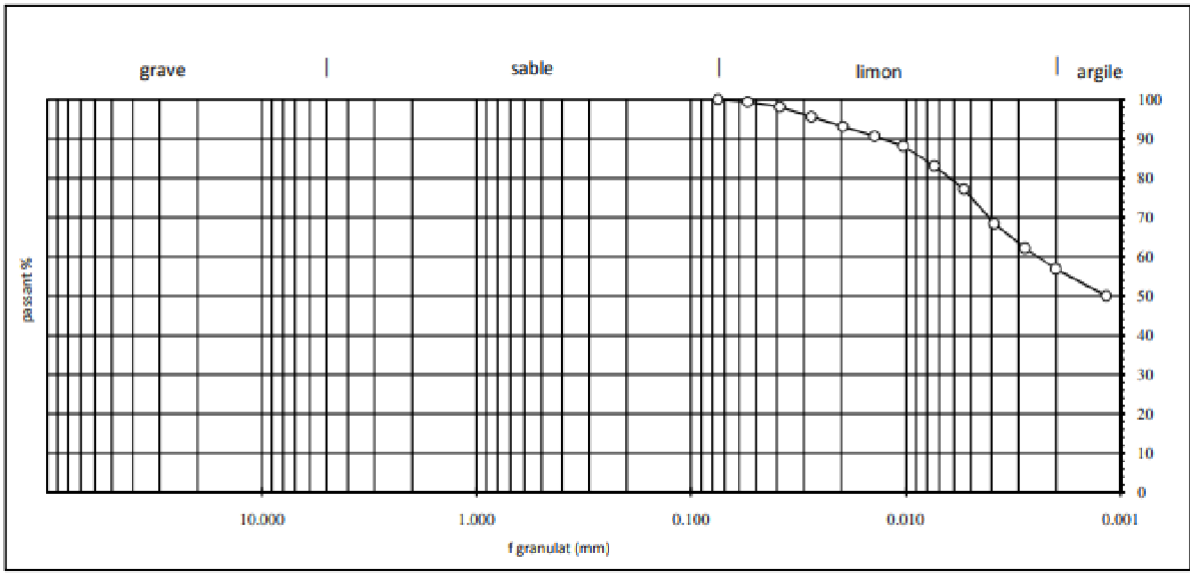
Principe de l'essai : Il mesure la résistance à l'effort tranchant d'un sol et le gonflement du sol lorsqu'il est immergé dans l'eau pendant 4 jours. Il nous permet de calculer la portance du sol, en estimant sa résistance au poinçonnement. Il est applicable aux sols fins, ainsi qu'aux sols grenus dont la teneur en éléments de plus de 20mm de dimension maximale ne dépasse pas 25%.

ANNEXE 3 : GRAPHES D'ANALYSE GRANULOMETROQUE OBTENUS DES ESSAIS LAB DE QUELQUE ECHANTILLONS

Pk 58 – 59 – 60 succesivement.







ANNEXE 4 : Classification GTR des roches

PK	Sondage	Profondeur(m)	FR	DG	Classement GTR	Description du matériaux
57+270	1	13.00-13.35	3.75	4.54	R33	Marne argileuse : peu fragmentable, peu dégradable.
57+340	2	1.50-2.10	3.61	5.21	R32	Marne argileuse peu fragmentable, moyennement dégradable.
57+650	3	2.00-2.50	2.80	1.56	R33	Marne argileuse : peu fragmentable, peu dégradable.
58+200	4	9.00-9.53	3.02	2.00	R33	Marne argileuse : peu fragmentable, peu dégradable.
59+425	5	6.00-6.48	3.17	2.16	R33	Marne argileuse : peu fragmentable, peu dégradable.
59+900	6	10.55-10.85	5.07	22.26	R31	Marne argileuse : peu fragmentable, très dégradable.
60+100	7	9.00-9.30	4.09	5.69	R32	Marne argileuse peu fragmentable, moyennement dégradable.
60+350	8	9.00-9.60	4.79	5.58	R32	Marne argileuse peu fragmentable, moyennement dégradable.

60+500	9	4.00-4.48	6.05	5.95	R32	Marne argileuse peu fragmentable, moyennement dégradable.
61+380	10	7.40-7.75	3.78	2.50	R33	Marne argileuse : peu fragmentable, peu dégradable.
62+230	11	10.40-10.80	4.26	43.58	R31	Marne argileuse : peu fragmentable, très dégradable
62+725	12	9.50-10.00	4.41	5.53	R32	Marne argileuse peu fragmentable, moyennement dégradable.
63+525	13	6.20-6.80	1.81	1.01	R33	Marne argileuse : peu fragmentable, peu dégradable.
63+700	14	8.42-8.85	3.73	2.24	R33	Marne argileuse : peu fragmentable, peu dégradable.
64+600	15	7.50-7.92	4.12	1.84	R33	Marne argileuse : peu fragmentable, peu dégradable.
65+800	16	12.60-13.10	4.03	3.67	R33	Marne argileuse : peu fragmentable, peu dégradable.
65+900	17	7.55-8.00	4.15	2.37	R33	Marne argileuse : peu fragmentable, peu dégradable.
66+500	18	15.22-15.81	3.72	2.22	R33	Marne argileuse : peu fragmentable, peu dégradable.

ANNEXE 5 : Les tableaux du Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP fascicule 1, 2,3).

Tableau 13 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Matériau (MTB)	E (30°C,10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°,10Hz) (Mpa)	ε_6(10°, 25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (cm)	υ	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

BB : béton bitumineux, GB : grave bitume, SB : sable bitume

Tableau 5 : Risques adoptés pour le réseau RP1

	Classe de trafic (TPLi) (PL/J/sens)	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GB, GB/GNT...	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2
	BCg/GC	12	10	5	2	2

Tableau 3 : Synthèses des hypothèses sur les conditions de collage

Structures types	Hypothèses sur le type d'interface
MTB : 1- BB/GB/GB/sol support	Toutes les interfaces sont collées
2- BB/GB/GNT ou TUF ou SG/sol	Toutes les interfaces sont collées

Tableau 8 : Choix des températures équivalentes

	Zone climatique		
Température équivalente θeq (°C)	I et II	III	IV
	20	25	30

ANNEXE 6 : Les différents types de chaussées :

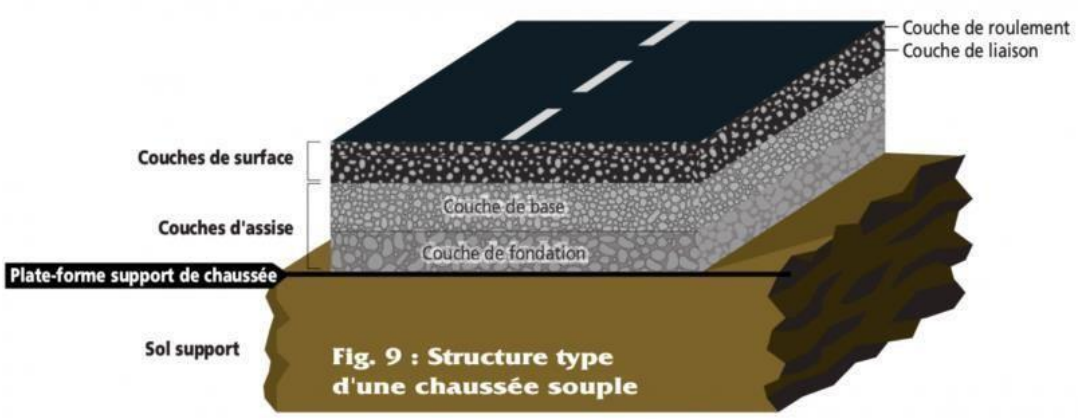


Fig. 9 : Structure type d'une chaussée souple

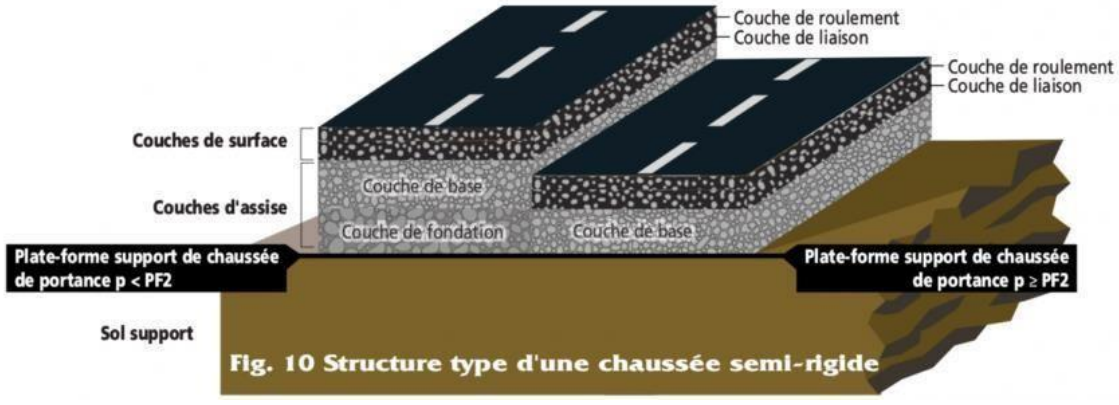


Fig. 10 Structure type d'une chaussée semi-rigide

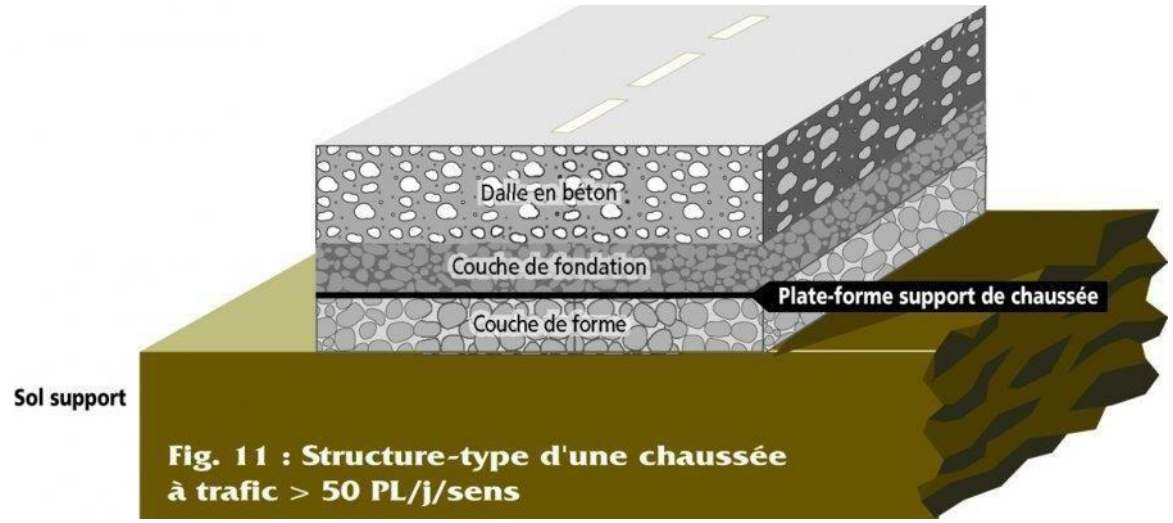


Fig. 11 : Structure-type d'une chaussée à trafic > 50 PL/j/sens

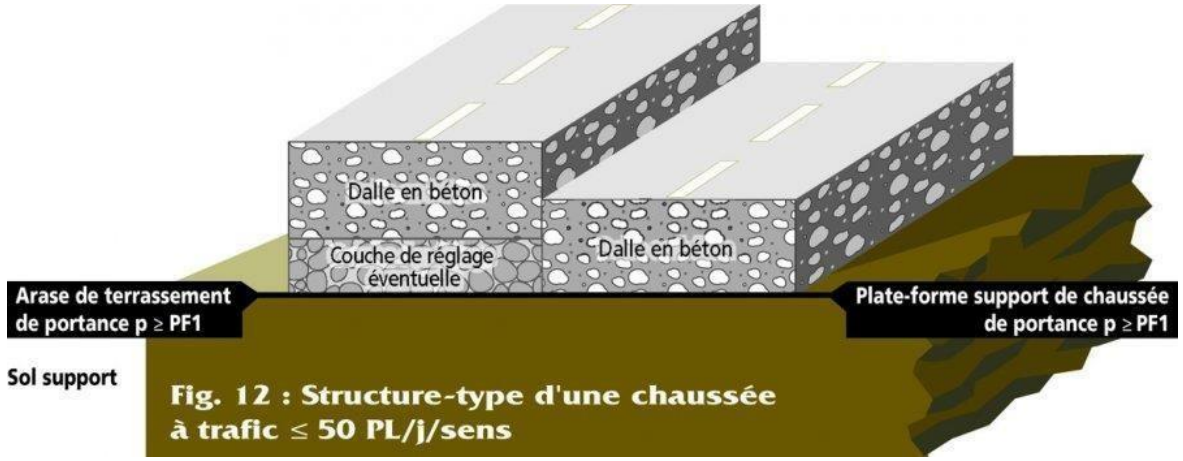


Fig. 12 : Structure-type d'une chaussée à trafic ≤ 50 PL/j/sens

ANNEXE 7 : TABLEAU DES CUBATURES

Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)	
57+000.000	0.00	0.00	0.00	237.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
57+025.000	0.00	0.00	0.00	235.38	5908.99	0.00	0.00	5908.99	-5908.99	
57+050.000	0.00	0.00	0.00	233.42	5860.01	0.00	0.00	11769.00	-11769.00	
57+075.000	0.00	0.00	0.00	231.49	5811.42	0.00	0.00	17580.42	-17580.42	
57+100.000	0.00	0.00	0.00	229.56	5763.15	0.00	0.00	23343.57	-23343.57	
57+125.000	0.00	0.00	0.00	227.66	5715.30	0.00	0.00	29058.87	-29058.87	
57+150.000	0.00	0.00	0.00	225.98	5670.52	0.00	0.00	34729.40	-34729.40	
57+175.000	0.00	0.00	0.00	225.27	5640.61	0.00	0.00	40370.01	-40370.01	
57+200.000	0.00	0.00	0.00	224.63	5623.69	0.00	0.00	45993.70	-45993.70	
57+225.000	0.00	0.00	0.00	223.95	5607.26	0.00	0.00	51600.96	-51600.96	
57+250.000	0.00	0.00	0.00	223.19	5589.28	0.00	0.00	57190.24	-57190.24	
57+275.000	0.00	0.00	0.00	222.29	5569.58	0.00	0.00	62759.82	-62759.82	
57+300.000	0.00	0.00	0.00	221.24	5545.13	0.00	0.00	68304.96	-68304.96	
57+325.000	0.00	0.00	0.00	220.03	5516.87	0.00	0.00	73821.82	-73821.82	
57+350.000	0.00	0.00	0.00	218.70	5485.08	0.00	0.00	79306.91	-79306.91	
57+375.000	0.00	0.00	0.00	217.71	5455.93	0.00	0.00	84762.84	-84762.84	
57+400.000	0.00	0.00	0.00	218.04	5447.69	0.00	0.00	90210.53	-90210.53	
57+425.000	0.00	0.00	0.00	219.75	5473.11	0.00	0.00	95683.64	-95683.64	
57+450.000	0.00	0.00	0.00	222.84	5532.97	0.00	0.00	101216.61	-101216.61	
57+475.000	0.00	0.00	0.00	227.35	5627.89	0.00	0.00	106844.49	-106844.49	
57+500.000	0.00	0.00	0.00	233.31	5758.68	0.00	0.00	112603.17	-112603.17	
57+525.000	0.00	0.00	0.00	240.28	5920.25	0.00	0.00	118523.42	-118523.42	
57+550.000	0.00	0.00	0.00	247.29	6094.93	0.00	0.00	124618.35	-124618.35	
57+575.000	0.00	0.00	0.00	254.35	6270.48	0.00	0.00	130888.84	-130888.84	
57+600.000	0.00	0.00	0.00	261.45	6447.49	0.00	0.00	137336.33	-137336.33	
57+625.000	0.00	0.00	0.00	268.62	6625.96	0.00	0.00	143962.29	-143962.29	
57+650.000	0.00	0.00	0.00	275.86	6806.05	0.00	0.00	150768.34	-150768.34	
57+675.000	0.00	0.00	0.00	283.16	6987.78	0.00	0.00	157756.11	-157756.11	
57+700.000	0.00	0.00	0.00	290.53	7171.15	0.00	0.00	164927.26	-164927.26	

57+725.000	0.00	0.00	0.00	297.96	7356.16	0.00	0.00	172283.42	-172283.42
57+750.000	0.00	0.00	0.00	305.46	7542.80	0.00	0.00	179826.22	-179826.22
57+775.000	0.00	0.00	0.00	313.03	7731.09	0.00	0.00	187557.32	-187557.32
57+800.000	0.00	0.00	0.00	320.66	7921.02	0.00	0.00	195478.34	-195478.34
57+825.000	0.00	0.00	0.00	328.35	8112.59	0.00	0.00	203590.93	-203590.93
57+850.000	0.00	0.00	0.00	335.93	8303.55	0.00	0.00	211894.48	-211894.48
57+875.000	0.00	0.00	0.00	340.74	8458.41	0.00	0.00	220352.89	-220352.89
57+900.000	0.00	0.00	0.00	345.64	8579.72	0.00	0.00	228932.60	-228932.60
57+925.000	0.00	0.00	0.00	351.49	8713.60	0.00	0.00	237646.20	-237646.20
57+950.000	0.00	0.00	0.00	358.57	8874.62	0.00	0.00	246520.82	-246520.82
57+975.000	0.00	0.00	0.00	366.97	9067.27	0.00	0.00	255588.09	-255588.09
58+000.000	0.00	0.00	0.00	376.78	9294.49	0.00	0.00	264882.58	-264882.58
58+025.000	0.00	0.00	0.00	388.05	9558.34	0.00	0.00	274440.92	-274440.92
58+050.000	0.00	0.00	0.00	400.64	9858.52	0.00	0.00	284299.43	-284299.43
58+075.000	0.00	0.00	0.00	413.63	10178.38	0.00	0.00	294477.81	-294477.81
58+100.000	0.00	0.00	0.00	426.78	10505.18	0.00	0.00	304982.99	-304982.99
58+125.000	0.00	0.00	0.00	440.06	10835.55	0.00	0.00	315818.53	-315818.53
58+150.000	0.00	0.00	0.00	453.24	11166.27	0.00	0.00	326984.80	-326984.80
58+175.000	0.00	0.00	0.00	464.26	11468.67	0.00	0.00	338453.48	-338453.48
58+200.000	0.00	0.00	0.00	475.93	11752.30	0.00	0.00	350205.78	-350205.78
58+225.000	0.00	0.00	0.00	488.57	12056.21	0.00	0.00	362261.98	-362261.98
58+250.000	0.00	0.00	0.00	502.13	12383.67	0.00	0.00	374645.66	-374645.66
58+275.000	0.00	0.00	0.00	516.08	12727.62	0.00	0.00	387373.28	-387373.28
58+300.000	0.00	0.00	0.00	530.40	13085.15	0.00	0.00	400458.44	-400458.44
58+325.000	0.00	0.00	0.00	545.18	13451.04	0.00	0.00	413909.48	-413909.48
58+350.000	0.00	0.00	0.00	559.64	13817.10	0.00	0.00	427726.58	-427726.58
58+375.000	0.00	0.00	0.00	573.71	14173.29	0.00	0.00	441899.87	-441899.87
58+400.000	0.00	0.00	0.00	587.32	14517.91	0.00	0.00	456417.78	-456417.78
58+425.000	0.00	0.00	0.00	600.62	14852.22	0.00	0.00	471270.00	-471270.00
58+450.000	0.00	0.00	0.00	611.19	15147.59	0.00	0.00	486417.59	-486417.59
58+475.000	0.00	0.00	0.00	612.94	15301.59	0.00	0.00	501719.18	-501719.18
58+500.000	0.00	0.00	0.00	614.69	15345.41	0.00	0.00	517064.59	-517064.59
58+525.000	0.00	0.00	0.00	616.70	15392.39	0.00	0.00	532456.97	-532456.97

58+550.000	0.00	0.00	0.00	619.13	15447.85	0.00	0.00	547904.83	-547904.83
58+575.000	0.00	0.00	0.00	622.06	15514.86	0.00	0.00	563419.68	-563419.68
58+600.000	0.00	0.00	0.00	625.26	15591.48	0.00	0.00	579011.17	-579011.17
58+625.000	0.00	0.00	0.00	628.73	15674.83	0.00	0.00	594686.00	-594686.00
58+650.000	0.00	0.00	0.00	632.67	15767.43	0.00	0.00	610453.43	-610453.43
58+675.000	0.00	0.00	0.00	639.17	15898.02	0.00	0.00	626351.44	-626351.44
58+700.000	0.00	0.00	0.00	646.54	16071.42	0.00	0.00	642422.87	-642422.87
58+725.000	0.00	0.00	0.00	654.02	16257.07	0.00	0.00	658679.94	-658679.94
58+750.000	0.00	0.00	0.00	661.61	16445.43	0.00	0.00	675125.37	-675125.37
58+775.000	0.00	0.00	0.00	669.25	16635.77	0.00	0.00	691761.14	-691761.14
58+800.000	0.00	0.00	0.00	676.64	16823.69	0.00	0.00	708584.83	-708584.83
58+825.000	0.00	0.00	0.00	683.88	17001.30	0.00	0.00	725586.13	-725586.13
58+850.000	0.00	0.00	0.00	691.53	17183.82	0.00	0.00	742769.95	-742769.95
58+875.000	0.00	0.00	0.00	700.09	17383.92	0.00	0.00	760153.87	-760153.87
58+900.000	0.00	0.00	0.00	710.03	17614.26	0.00	0.00	777768.13	-777768.13
58+925.000	0.00	0.00	0.00	722.02	17887.71	0.00	0.00	795655.84	-795655.84
58+950.000	0.00	0.00	0.00	735.62	18207.68	0.00	0.00	813863.52	-813863.52
58+975.000	0.00	0.00	0.00	750.29	18564.59	0.00	0.00	832428.12	-832428.12
59+000.000	0.00	0.00	0.00	765.85	18951.70	0.00	0.00	851379.82	-851379.82
59+025.000	0.00	0.00	0.00	781.84	19346.09	0.00	0.00	870725.91	-870725.91
59+050.000	0.00	0.00	0.00	798.20	19750.46	0.00	0.00	890476.37	-890476.37
59+075.000	0.00	0.00	0.00	814.89	20163.54	0.00	0.00	910639.90	-910639.90
59+100.000	0.00	0.00	0.00	831.72	20582.54	0.00	0.00	931222.44	-931222.44
59+125.000	0.00	0.00	0.00	849.09	21010.04	0.00	0.00	952232.48	-952232.48
59+150.000	0.00	0.00	0.00	867.03	21451.46	0.00	0.00	973683.94	-973683.94
59+175.000	0.00	0.00	0.00	885.59	21907.77	0.00	0.00	995591.71	-995591.71
59+200.000	0.00	0.00	0.00	904.53	22376.56	0.00	0.00	1017968.27	-1017968.27
59+225.000	0.00	0.00	0.00	924.38	22861.40	0.00	0.00	1040829.67	-1040829.67
59+250.000	0.00	0.00	0.00	945.07	23368.09	0.00	0.00	1064197.76	-1064197.76
59+275.000	0.00	0.00	0.00	966.50	23894.63	0.00	0.00	1088092.39	-1088092.39
59+300.000	0.00	0.00	0.00	988.24	24434.30	0.00	0.00	1112526.68	-1112526.68
59+325.000	0.00	0.00	0.00	1010.19	24980.44	0.00	0.00	1137507.12	-1137507.12
59+350.000	0.00	0.00	0.00	1032.34	25531.72	0.00	0.00	1163038.84	-1163038.84

59+375.000	0.00	0.00	0.00	1054.54	26086.02	0.00	0.00	1189124.86	-1189124.86
59+400.000	0.00	0.00	0.00	1076.56	26650.03	0.00	0.00	1215774.89	-1215774.89
59+425.000	0.00	0.00	0.00	1098.22	27200.15	0.00	0.00	1242975.04	-1242975.04
59+450.000	0.00	0.00	0.00	1119.41	27736.12	0.00	0.00	1270711.16	-1270711.16
59+475.000	0.00	0.00	0.00	1140.15	28260.24	0.00	0.00	1298971.40	-1298971.40
59+500.000	0.00	0.00	0.00	1160.45	28772.25	0.00	0.00	1327743.65	-1327743.65
59+525.000	0.00	0.00	0.00	1180.43	29260.97	0.00	0.00	1357004.62	-1357004.62
59+550.000	0.00	0.00	0.00	1200.18	29757.63	0.00	0.00	1386762.25	-1386762.25
59+575.000	0.00	0.00	0.00	1217.24	30217.78	0.00	0.00	1416980.03	-1416980.03
59+600.000	0.00	0.00	0.00	1230.33	30594.59	0.00	0.00	1447574.62	-1447574.62
59+625.000	0.00	0.00	0.00	1239.41	30871.70	0.00	0.00	1478446.32	-1478446.32
59+650.000	0.00	0.00	0.00	1244.43	31047.90	0.00	0.00	1509494.22	-1509494.22
59+675.000	0.00	0.00	0.00	1245.37	31122.41	0.00	0.00	1540616.63	-1540616.63
59+700.000	0.00	0.00	0.00	1242.31	31095.91	0.00	0.00	1571712.54	-1571712.54
59+725.000	0.00	0.00	0.00	1237.94	31003.13	0.00	0.00	1602715.67	-1602715.67
59+750.000	0.00	0.00	0.00	1233.59	30894.17	0.00	0.00	1633609.84	-1633609.84
59+775.000	0.00	0.00	0.00	1229.24	30785.39	0.00	0.00	1664395.23	-1664395.23
59+800.000	0.00	0.00	0.00	1224.90	30676.78	0.00	0.00	1695072.01	-1695072.01
59+825.000	0.00	0.00	0.00	1220.57	30568.33	0.00	0.00	1725640.35	-1725640.35
59+850.000	0.00	0.00	0.00	1216.24	30460.06	0.00	0.00	1756100.41	-1756100.41
59+875.000	0.00	0.00	0.00	1211.92	30351.95	0.00	0.00	1786452.36	-1786452.36
59+900.000	0.00	0.00	0.00	1207.60	30244.01	0.00	0.00	1816696.37	-1816696.37
59+925.000	0.00	0.00	0.00	1203.15	30134.35	0.00	0.00	1846830.72	-1846830.72
59+950.000	0.00	0.00	0.00	1197.60	30009.26	0.00	0.00	1876839.98	-1876839.98
59+975.000	0.00	0.00	0.00	1190.89	29856.02	0.00	0.00	1906696.00	-1906696.00
60+000.000	0.00	0.00	0.00	1183.45	29679.15	0.00	0.00	1936375.15	-1936375.15
60+025.000	0.00	0.00	0.00	1175.33	29484.65	0.00	0.00	1965859.81	-1965859.81
60+050.000	0.00	0.00	0.00	1166.40	29271.54	0.00	0.00	1995131.34	-1995131.34
60+075.000	0.00	0.00	0.00	1157.36	29046.93	0.00	0.00	2024178.27	-2024178.27
60+100.000	0.00	0.00	0.00	1148.80	28827.00	0.00	0.00	2053005.27	-2053005.27
60+125.000	0.00	0.00	0.00	1141.31	28626.36	0.00	0.00	2081631.63	-2081631.63
60+150.000	0.00	0.00	0.00	1135.51	28460.16	0.00	0.00	2110091.79	-2110091.79
60+175.000	0.00	0.00	0.00	1131.14	28333.10	0.00	0.00	2138424.89	-2138424.89

60+200.000	0.00	0.00	0.00	1127.02	28227.07	0.00	0.00	2166651.96	-2166651.96
60+225.000	0.00	0.00	0.00	1107.24	27928.31	0.00	0.00	2194580.27	-2194580.27
60+250.000	0.00	0.00	0.00	1075.54	27284.79	0.00	0.00	2221865.06	-2221865.06
60+275.000	0.00	0.00	0.00	1051.68	26590.25	0.00	0.00	2248455.31	-2248455.31
60+300.000	0.00	0.00	0.00	1033.08	26059.46	0.00	0.00	2274514.77	-2274514.77
60+325.000	0.00	0.00	0.00	1030.31	25792.30	0.00	0.00	2300307.08	-2300307.08
60+350.000	0.00	0.00	0.00	1028.98	25741.11	0.00	0.00	2326048.18	-2326048.18
60+375.000	0.00	0.00	0.00	1023.86	25660.59	0.00	0.00	2351708.78	-2351708.78
60+400.000	0.00	0.00	0.00	1015.42	25491.11	0.00	0.00	2377199.89	-2377199.89
60+425.000	0.00	0.00	0.00	1004.92	25254.35	0.00	0.00	2402454.23	-2402454.23
60+450.000	0.00	0.00	0.00	994.47	24992.37	0.00	0.00	2427446.60	-2427446.60
60+475.000	0.00	0.00	0.00	971.72	24577.35	0.00	0.00	2452023.94	-2452023.94
60+500.000	0.00	0.00	0.00	937.84	23869.58	0.00	0.00	2475893.53	-2475893.53
60+525.000	0.00	0.00	0.00	888.64	22831.05	0.00	0.00	2498724.57	-2498724.57
60+550.000	0.00	0.00	0.00	832.56	21514.99	0.00	0.00	2520239.56	-2520239.56
60+575.000	0.00	0.00	0.00	770.15	20033.92	0.00	0.00	2540273.48	-2540273.48
60+600.000	0.00	0.00	0.00	700.56	18383.97	0.00	0.00	2558657.44	-2558657.44
60+625.000	0.00	0.00	0.00	629.29	16623.16	0.00	0.00	2575280.60	-2575280.60
60+650.000	0.00	0.00	0.00	561.44	14884.16	0.00	0.00	2590164.76	-2590164.76
60+675.000	0.00	0.00	0.00	496.67	13226.41	0.00	0.00	2603391.17	-2603391.17
60+700.000	0.00	0.00	0.00	435.40	11650.88	0.00	0.00	2615042.05	-2615042.05
60+725.000	0.00	0.00	0.00	377.68	10163.50	0.00	0.00	2625205.55	-2625205.55
60+750.000	0.00	0.00	0.00	323.99	8770.85	0.00	0.00	2633976.40	-2633976.40
60+775.000	0.00	0.00	0.00	281.22	7525.36	0.00	0.00	2641501.76	-2641501.76
60+800.000	0.00	0.00	0.00	252.63	6673.18	0.00	0.00	2648174.94	-2648174.94
60+825.000	0.00	0.00	0.00	236.91	6119.34	0.00	0.00	2654294.28	-2654294.28
60+850.000	0.00	0.00	0.00	220.69	5720.08	0.00	0.00	2660014.36	-2660014.36
60+875.000	0.00	0.00	0.00	203.48	5302.18	0.00	0.00	2665316.54	-2665316.54
60+900.000	0.00	0.00	0.00	177.10	4757.27	0.00	0.00	2670073.81	-2670073.81
60+925.000	0.00	0.00	0.00	150.25	4091.83	0.00	0.00	2674165.64	-2674165.64
60+950.000	0.00	0.00	0.00	123.94	3427.31	0.00	0.00	2677592.95	-2677592.95
60+975.000	0.00	0.00	0.00	98.27	2777.63	0.00	0.00	2680370.58	-2680370.58
61+000.000	0.00	0.00	0.00	73.99	2153.31	0.00	0.00	2682523.89	-2682523.89

61+025.000	0.00	0.00	0.00	51.10	1563.65	0.00	0.00	2684087.54	-2684087.54
61+050.000	0.00	0.00	0.00	29.59	1008.64	0.00	0.00	2685096.18	-2685096.18
61+075.000	3.93	49.17	49.17	11.34	511.59	49.17	49.17	2685607.77	-2685558.60
61+100.000	14.71	233.11	233.11	0.35	146.11	282.28	282.28	2685753.88	-2685471.60
61+125.000	38.26	662.23	662.23	0.00	4.41	944.51	944.51	2685758.29	-2684813.78
61+150.000	64.25	1275.72	1275.72	0.00	0.00	2220.24	2220.24	2685758.29	-2683538.06
61+175.000	93.44	1961.67	1961.67	0.00	0.00	4181.91	4181.91	2685758.29	-2681576.39
61+200.000	126.46	2737.38	2737.38	0.00	0.00	6919.29	6919.29	2685758.29	-2678839.01
61+225.000	163.60	3613.07	3613.07	0.00	0.00	10532.36	10532.36	2685758.29	-2675225.94
61+250.000	204.91	4595.50	4595.50	0.00	0.00	15127.86	15127.86	2685758.29	-2670630.43
61+275.000	249.97	5678.78	5678.78	0.00	0.00	20806.64	20806.64	2685758.29	-2664951.66
61+300.000	299.08	6863.04	6863.04	0.00	0.00	27669.68	27669.68	2685758.29	-2658088.62
61+325.000	352.98	8150.66	8150.66	0.00	0.00	35820.34	35820.34	2685758.29	-2649937.96
61+350.000	409.52	9531.18	9531.18	0.00	0.00	45351.51	45351.51	2685758.29	-2640406.78
61+375.000	471.06	11007.27	11007.27	0.00	0.00	56358.79	56358.79	2685758.29	-2629399.51
61+400.000	535.48	12581.78	12581.78	0.00	0.00	68940.57	68940.57	2685758.29	-2616817.73
61+425.000	602.54	14225.31	14225.31	0.00	0.00	83165.88	83165.88	2685758.29	-2602592.42
61+450.000	672.26	15935.00	15935.00	0.00	0.00	99100.88	99100.88	2685758.29	-2586657.41
61+475.000	744.61	17710.86	17710.86	0.00	0.00	116811.75	116811.75	2685758.29	-2568946.55
61+500.000	820.50	19563.92	19563.92	0.00	0.00	136375.66	136375.66	2685758.29	-2549382.63
61+525.000	901.05	21519.32	21519.32	0.00	0.00	157894.98	157894.98	2685758.29	-2527863.31
61+550.000	984.24	23566.07	23566.07	0.00	0.00	181461.05	181461.05	2685758.29	-2504297.25
61+575.000	1070.08	25678.97	25678.97	0.00	0.00	207140.02	207140.02	2685758.29	-2478618.27
61+600.000	1160.38	27880.76	27880.76	0.00	0.00	235020.78	235020.78	2685758.29	-2450737.52
61+625.000	1254.09	30180.96	30180.96	0.00	0.00	265201.74	265201.74	2685758.29	-2420556.56
61+650.000	1350.45	32556.86	32556.86	0.00	0.00	297758.60	297758.60	2685758.29	-2387999.70
61+675.000	1449.46	34998.93	34998.93	0.00	0.00	332757.53	332757.53	2685758.29	-2353000.76
61+700.000	1552.04	37518.78	37518.78	0.00	0.00	370276.31	370276.31	2685758.29	-2315481.99
61+725.000	1659.27	40141.44	40141.44	0.00	0.00	410417.74	410417.74	2685758.29	-2275340.55
61+750.000	1770.43	42871.34	42871.34	0.00	0.00	453289.08	453289.08	2685758.29	-2232469.21
61+775.000	1886.25	45708.52	45708.52	0.00	0.00	498997.61	498997.61	2685758.29	-2186760.69
61+800.000	2006.14	48654.82	48654.82	0.00	0.00	547652.42	547652.42	2685758.29	-2138105.87
61+825.000	2129.57	51914.85	51914.85	0.00	0.00	599567.27	599567.27	2685758.29	-2086191.02

61+850.000	2254.37	55146.24	55146.24	0.00	0.00	654713.51	654713.51	2685758.29	-2031044.78
61+875.000	2377.75	58226.84	58226.84	0.00	0.00	712940.35	712940.35	2685758.29	-1972817.94
61+900.000	2502.09	61215.68	61215.68	0.00	0.00	774156.04	774156.04	2685758.29	-1911602.26
61+925.000	2626.10	64102.41	64102.41	0.00	0.00	838258.45	838258.45	2685758.29	-1847499.85
61+950.000	2751.69	67222.45	67222.45	0.00	0.00	905480.90	905480.90	2685758.29	-1780277.40
61+975.000	2879.05	70384.27	70384.27	0.00	0.00	975865.17	975865.17	2685758.29	-1709893.12
62+000.000	3007.45	73581.26	73581.26	0.00	0.00	1049446.43	1049446.43	2685758.29	-1636311.86
62+025.000	3136.88	76804.17	76804.17	0.00	0.00	1126250.60	1126250.60	2685758.29	-1559507.70
62+050.000	3267.36	80053.06	80053.06	0.00	0.00	1206303.66	1206303.66	2685758.29	-1479454.64
62+075.000	3399.36	83334.03	83334.03	0.00	0.00	1289637.69	1289637.69	2685758.29	-1396120.61
62+100.000	3534.28	86670.56	86670.56	0.00	0.00	1376308.25	1376308.25	2685758.29	-1309450.05
62+125.000	3670.25	90056.71	90056.71	0.00	0.00	1466364.96	1466364.96	2685758.29	-1219393.34
62+150.000	3807.27	93469.03	93469.03	0.00	0.00	1559833.98	1559833.98	2685758.29	-1125924.31
62+175.000	3945.21	96906.03	96906.03	0.00	0.00	1656740.01	1656740.01	2685758.29	-1029018.28
62+200.000	4081.02	100327.89	100327.89	0.00	0.00	1757067.90	1757067.90	2685758.29	-928690.39
62+225.000	4209.40	103630.29	103630.29	0.00	0.00	1860698.20	1860698.20	2685758.29	-825060.10
62+250.000	4312.54	106524.35	106524.35	0.00	0.00	1967222.55	1967222.55	2685758.29	-718535.75
62+275.000	4387.16	108746.28	108746.28	0.00	0.00	2075968.83	2075968.83	2685758.29	-609789.47
62+300.000	4387.63	109684.89	109684.89	0.00	0.00	2185653.72	2185653.72	2685758.29	-500104.58
62+325.000	4349.02	109208.21	109208.21	0.00	0.00	2294861.93	2294861.93	2685758.29	-390896.37
62+350.000	4297.02	108075.58	108075.58	0.00	0.00	2402937.51	2402937.51	2685758.29	-282820.79
62+375.000	4252.34	106866.96	106866.96	0.00	0.00	2509804.47	2509804.47	2685758.29	-175953.83
62+400.000	4262.14	106430.88	106430.88	0.00	0.00	2616235.35	2616235.35	2685758.29	-69522.95
62+425.000	4364.11	107828.10	107828.10	0.00	0.00	2724063.44	2724063.44	2685758.29	38305.15
62+450.000	4479.99	110551.22	110551.22	0.00	0.00	2834614.66	2834614.66	2685758.29	148856.37
62+475.000	4599.82	113497.57	113497.57	0.00	0.00	2948112.23	2948112.23	2685758.29	262353.93
62+500.000	4712.83	116414.99	116414.99	0.00	0.00	3064527.22	3064527.22	2685758.29	378768.93
62+525.000	4847.16	119557.93	119557.93	0.00	0.00	3184085.15	3184085.15	2685758.29	498326.85
62+550.000	5011.98	123324.63	123324.63	0.00	0.00	3307409.78	3307409.78	2685758.29	621651.48
62+575.000	5169.44	127366.59	127366.59	0.00	0.00	3434776.36	3434776.36	2685758.29	749018.07
62+600.000	5291.41	130871.27	130871.27	0.00	0.00	3565647.63	3565647.63	2685758.29	879889.34
62+625.000	5317.53	132709.44	132709.44	0.00	0.00	3698357.07	3698357.07	2685758.29	1012598.78
62+650.000	5258.41	132291.68	132291.68	0.00	0.00	3830648.75	3830648.75	2685758.29	1144890.46

62+675.000	5102.60	129627.46	129627.46	0.00	0.00	3960276.22	3960276.22	2685758.29	1274517.92
62+700.000	4910.55	125302.74	125302.74	0.00	0.00	4085578.96	4085578.96	2685758.29	1399820.66
62+725.000	4730.80	120684.28	120684.28	0.00	0.00	4206263.24	4206263.24	2685758.29	1520504.94
62+750.000	4561.36	116333.33	116333.33	0.00	0.00	4322596.56	4322596.56	2685758.29	1636838.27
62+775.000	4384.23	111819.93	111819.93	0.00	0.00	4434416.49	4434416.49	2685758.29	1748658.20
62+800.000	4221.41	107570.54	107570.54	0.00	0.00	4541987.03	4541987.03	2685758.29	1856228.74
62+825.000	4071.54	103661.89	103661.89	0.00	0.00	4645648.92	4645648.92	2685758.29	1959890.63
62+850.000	3933.59	100064.04	100064.04	0.00	0.00	4745712.96	4745712.96	2685758.29	2059954.67
62+875.000	3810.42	96800.06	96800.06	0.00	0.00	4842513.02	4842513.02	2685758.29	2156754.73
62+900.000	3696.68	93838.69	93838.69	0.00	0.00	4936351.72	4936351.72	2685758.29	2250593.42
62+925.000	3594.42	91138.69	91138.69	0.00	0.00	5027490.41	5027490.41	2685758.29	2341732.12
62+950.000	3503.86	88728.55	88728.55	0.00	0.00	5116218.96	5116218.96	2685758.29	2430460.66
62+975.000	3418.61	86530.96	86530.96	0.00	0.00	5202749.91	5202749.91	2685758.29	2516991.62
63+000.000	3332.47	84388.57	84388.57	0.00	0.00	5287138.48	5287138.48	2685758.29	2601380.19
63+025.000	3246.74	82240.10	82240.10	0.00	0.00	5369378.59	5369378.59	2685758.29	2683620.29
63+050.000	3168.27	80187.57	80187.57	0.00	0.00	5449566.15	5449566.15	2685758.29	2763807.86
63+075.000	3093.20	78268.34	78268.34	0.00	0.00	5527834.50	5527834.50	2685758.29	2842076.20
63+100.000	3018.15	76391.79	76391.79	0.00	0.00	5604226.29	5604226.29	2685758.29	2918467.99
63+125.000	2943.42	74519.55	74519.55	0.00	0.00	5678745.84	5678745.84	2685758.29	2992987.54
63+150.000	2869.04	72655.75	72655.75	0.00	0.00	5751401.59	5751401.59	2685758.29	3065643.29
63+175.000	2795.02	70800.75	70800.75	0.00	0.00	5822202.34	5822202.34	2685758.29	3136444.05
63+200.000	2721.35	68954.57	68954.57	0.00	0.00	5891156.91	5891156.91	2685758.29	3205398.61
63+225.000	2648.17	67119.01	67119.01	0.00	0.00	5958275.92	5958275.92	2685758.29	3272517.62
63+250.000	2575.76	65299.21	65299.21	0.00	0.00	6023575.12	6023575.12	2685758.29	3337816.83
63+275.000	2504.11	63498.44	63498.44	0.00	0.00	6087073.57	6087073.57	2685758.29	3401315.27
63+300.000	2433.22	61716.72	61716.72	0.00	0.00	6148790.28	6148790.28	2685758.29	3463031.99
63+325.000	2363.10	59954.06	59954.06	0.00	0.00	6208744.34	6208744.34	2685758.29	3522986.05
63+350.000	2294.65	58221.90	58221.90	0.00	0.00	6266966.24	6266966.24	2685758.29	3581207.94
63+375.000	2227.63	56528.58	56528.58	0.00	0.00	6323494.82	6323494.82	2685758.29	3637736.52
63+400.000	2161.40	54862.98	54862.98	0.00	0.00	6378357.79	6378357.79	2685758.29	3692599.50
63+425.000	2097.13	53231.70	53231.70	0.00	0.00	6431589.49	6431589.49	2685758.29	3745831.20
63+450.000	2033.76	51636.18	51636.18	0.00	0.00	6483225.67	6483225.67	2685758.29	3797467.38
63+475.000	1971.16	50061.50	50061.50	0.00	0.00	6533287.17	6533287.17	2685758.29	3847528.88

63+500.000	1909.26	48505.20	48505.20	0.00	0.00	6581792.37	6581792.37	2685758.29	3896034.07
63+525.000	1847.36	46957.74	46957.74	0.00	0.00	6628750.11	6628750.11	2685758.29	3942991.81
63+550.000	1784.42	45397.29	45397.29	0.00	0.00	6674147.39	6674147.39	2685758.29	3988389.10
63+575.000	1719.51	43943.10	43943.10	0.00	0.00	6718090.50	6718090.50	2685758.29	4032332.20
63+600.000	1652.29	42289.65	42289.65	0.00	0.00	6760380.15	6760380.15	2685758.29	4074621.85
63+625.000	1582.97	40571.80	40571.80	0.00	0.00	6800951.94	6800951.94	2685758.29	4115193.65
63+650.000	1511.74	38803.75	38803.75	0.00	0.00	6839755.69	6839755.69	2685758.29	4153997.40
63+675.000	1439.81	37001.99	37001.99	0.00	0.00	6876757.68	6876757.68	2685758.29	4190999.39
63+700.000	1368.08	35098.64	35098.64	0.00	0.00	6911856.32	6911856.32	2685758.29	4226098.03
63+725.000	1296.33	33305.24	33305.24	0.00	0.00	6945161.56	6945161.56	2685758.29	4259403.27
63+750.000	1225.46	31522.40	31522.40	0.00	0.00	6976683.96	6976683.96	2685758.29	4290925.67
63+775.000	1156.00	29768.26	29768.26	0.00	0.00	7006452.22	7006452.22	2685758.29	4320693.93
63+800.000	1089.05	28063.12	28063.12	0.00	0.00	7034515.34	7034515.34	2685758.29	4348757.05
63+825.000	1024.43	26418.48	26418.48	0.00	0.00	7060933.82	7060933.82	2685758.29	4375175.53
63+850.000	961.29	24821.51	24821.51	0.00	0.00	7085755.34	7085755.34	2685758.29	4399997.04
63+875.000	899.61	23261.25	23261.25	0.00	0.00	7109016.58	7109016.58	2685758.29	4423258.29
63+900.000	839.40	21737.68	21737.68	0.00	0.00	7130754.27	7130754.27	2685758.29	4444995.97
63+925.000	780.66	20250.82	20250.82	0.00	0.00	7151005.09	7151005.09	2685758.29	4465246.79
63+950.000	725.38	18825.55	18825.55	0.00	0.00	7169830.64	7169830.64	2685758.29	4484072.34
63+975.000	671.76	17464.31	17464.31	0.00	0.00	7187294.95	7187294.95	2685758.29	4501536.65
64+000.000	619.68	16143.08	16143.08	0.00	0.00	7203438.03	7203438.03	2685758.29	4517679.73
64+025.000	569.30	14862.27	14862.27	0.00	0.00	7218300.30	7218300.30	2685758.29	4532542.00
64+050.000	521.15	13630.65	13630.65	0.00	0.00	7231930.95	7231930.95	2685758.29	4546172.66
64+075.000	475.34	12456.19	12456.19	0.00	0.00	7244387.14	7244387.14	2685758.29	4558628.84
64+100.000	430.22	11319.52	11319.52	0.00	0.00	7255706.66	7255706.66	2685758.29	4569948.36
64+125.000	387.80	10225.28	10225.28	0.00	0.00	7265931.93	7265931.93	2685758.29	4580173.64
64+150.000	348.19	9199.84	9199.84	0.00	0.00	7275131.78	7275131.78	2685758.29	4589373.48
64+175.000	309.91	8226.23	8226.23	0.00	0.00	7283358.01	7283358.01	2685758.29	4597599.71
64+200.000	272.93	7285.56	7285.56	0.00	0.00	7290643.57	7290643.57	2685758.29	4604885.27
64+225.000	238.52	6393.13	6393.13	0.00	0.00	7297036.70	7297036.70	2685758.29	4611278.40
64+250.000	205.78	5553.69	5553.69	0.00	0.00	7302590.39	7302590.39	2685758.29	4616832.09
64+275.000	174.56	4754.22	4754.22	0.00	0.00	7307344.61	7307344.61	2685758.29	4621586.31
64+300.000	144.69	3990.69	3990.69	0.00	0.00	7311335.30	7311335.30	2685758.29	4625577.01

64+325.000	116.18	3260.95	3260.95	0.00	0.00	7314596.25	7314596.25	2685758.29	4628837.95
64+350.000	89.05	2565.40	2565.40	0.00	0.00	7317161.65	7317161.65	2685758.29	4631403.35
64+375.000	63.34	1904.90	1904.90	0.00	0.00	7319066.54	7319066.54	2685758.29	4633308.25
64+400.000	39.56	1286.30	1286.30	0.00	0.00	7320352.85	7320352.85	2685758.29	4634594.55
64+425.000	17.95	718.91	718.91	0.00	0.00	7321071.76	7321071.76	2685758.29	4635313.46
64+450.000	5.30	290.58	290.58	6.77	84.65	7321362.34	7321362.34	2685842.94	4635519.39
64+475.000	0.84	77.37	77.37	20.58	340.67	7321439.70	7321439.70	2686183.61	4635256.09
64+500.000	0.00	10.61	10.61	38.70	738.39	7321450.32	7321450.32	2686922.01	4634528.31
64+525.000	0.00	0.00	0.00	58.83	1215.91	7321450.32	7321450.32	2688137.92	4633312.40
64+550.000	0.00	0.00	0.00	81.15	1746.05	7321450.32	7321450.32	2689883.97	4631566.35
64+575.000	0.00	0.00	0.00	105.78	2332.31	7321450.32	7321450.32	2692216.28	4629234.04
64+600.000	0.00	0.00	0.00	132.75	2976.73	7321450.32	7321450.32	2695193.00	4626257.32
64+625.000	0.00	0.00	0.00	162.31	3682.76	7321450.32	7321450.32	2698875.76	4622574.56
64+650.000	0.00	0.00	0.00	193.33	4439.35	7321450.32	7321450.32	2703315.11	4618135.21
64+675.000	0.00	0.00	0.00	224.47	5215.68	7321450.32	7321450.32	2708530.79	4612919.52
64+700.000	0.00	0.00	0.00	255.49	5991.95	7321450.32	7321450.32	2714522.74	4606927.57
64+725.000	0.00	0.00	0.00	286.16	6762.36	7321450.32	7321450.32	2721285.10	4600165.21
64+750.000	0.00	0.00	0.00	316.19	7520.57	7321450.32	7321450.32	2728805.67	4592644.65
64+775.000	0.00	0.00	0.00	344.59	8250.35	7321450.32	7321450.32	2737056.02	4584394.29
64+800.000	0.00	0.00	0.00	371.94	8946.26	7321450.32	7321450.32	2746002.29	4575448.03
64+825.000	0.00	0.00	0.00	395.40	9579.45	7321450.32	7321450.32	2755581.74	4565868.58
64+850.000	0.00	0.00	0.00	411.81	10075.90	7321450.32	7321450.32	2765657.65	4555792.67
64+875.000	0.00	0.00	0.00	426.70	10466.17	7321450.32	7321450.32	2776123.82	4545326.50
64+900.000	0.00	0.00	0.00	442.37	10847.73	7321450.32	7321450.32	2786971.55	4534478.76
64+925.000	0.00	0.00	0.00	459.09	11255.69	7321450.32	7321450.32	2798227.24	4523223.08
64+950.000	0.00	0.00	0.00	476.65	11696.77	7321450.32	7321450.32	2809924.01	4511526.31
64+975.000	0.00	0.00	0.00	494.92	12144.65	7321450.32	7321450.32	2822068.66	4499381.66
65+000.000	0.00	0.00	0.00	513.48	12604.94	7321450.32	7321450.32	2834673.60	4486776.72
65+025.000	0.00	0.00	0.00	532.29	13072.06	7321450.32	7321450.32	2847745.66	4473704.66
65+050.000	0.00	0.00	0.00	551.36	13545.62	7321450.32	7321450.32	2861291.28	4460159.03
65+075.000	0.00	0.00	0.00	570.71	14025.93	7321450.32	7321450.32	2875317.21	4446133.10
65+100.000	0.00	0.00	0.00	590.33	14512.98	7321450.32	7321450.32	2889830.19	4431620.12
65+125.000	0.00	0.00	0.00	610.22	15006.90	7321450.32	7321450.32	2904837.09	4416613.23

65+150.000	0.00	0.00	0.00	630.39	15507.73	7321450.32	7321450.32	2920344.82	4401105.49
65+175.000	0.00	0.00	0.00	650.82	16015.20	7321450.32	7321450.32	2936360.02	4385090.29
65+200.000	0.00	0.00	0.00	671.46	16528.48	7321450.32	7321450.32	2952888.51	4368561.81
65+225.000	0.00	0.00	0.00	692.35	17047.52	7321450.32	7321450.32	2969936.03	4351514.29
65+250.000	0.00	0.00	0.00	713.56	17573.81	7321450.32	7321450.32	2987509.84	4333940.48
65+275.000	0.00	0.00	0.00	734.56	18101.54	7321450.32	7321450.32	3005611.37	4315838.94
65+300.000	0.00	0.00	0.00	755.04	18620.04	7321450.32	7321450.32	3024231.42	4297218.90
65+325.000	0.00	0.00	0.00	775.25	19128.63	7321450.32	7321450.32	3043360.05	4278090.27
65+350.000	0.00	0.00	0.00	794.96	19601.01	7321450.32	7321450.32	3062961.06	4258489.26
65+375.000	0.00	0.00	0.00	814.25	20077.29	7321450.32	7321450.32	3083038.35	4238411.97
65+400.000	0.00	0.00	0.00	833.99	20563.58	7321450.32	7321450.32	3103601.93	4217848.39
65+425.000	0.00	0.00	0.00	855.80	21082.80	7321450.32	7321450.32	3124684.73	4196765.59
65+450.000	0.00	0.00	0.00	879.89	21656.55	7321450.32	7321450.32	3146341.28	4175109.04
65+475.000	0.00	0.00	0.00	906.24	22287.05	7321450.32	7321450.32	3168628.32	4152821.99
65+500.000	0.00	0.00	0.00	934.83	22973.64	7321450.32	7321450.32	3191601.96	4129848.35
65+525.000	0.00	0.00	0.00	965.59	23717.26	7321450.32	7321450.32	3215319.22	4106131.09
65+550.000	0.00	0.00	0.00	998.46	24523.76	7321450.32	7321450.32	3239842.99	4081607.33
65+575.000	0.00	0.00	0.00	1032.83	25391.15	7321450.32	7321450.32	3265234.14	4056216.18
65+600.000	0.00	0.00	0.00	1068.13	26262.02	7321450.32	7321450.32	3291496.16	4029954.16
65+625.000	0.00	0.00	0.00	1103.99	27151.47	7321450.32	7321450.32	3318647.63	4002802.69
65+650.000	0.00	0.00	0.00	1140.35	28054.29	7321450.32	7321450.32	3346701.93	3974748.39
65+675.000	0.00	0.00	0.00	1177.25	28970.06	7321450.32	7321450.32	3375671.98	3945778.33
65+700.000	0.00	0.00	0.00	1215.26	29906.38	7321450.32	7321450.32	3405578.36	3915871.95
65+725.000	0.00	0.00	0.00	1259.90	30939.51	7321450.32	7321450.32	3436517.87	3884932.44
65+750.000	0.00	0.00	0.00	1308.99	32111.17	7321450.32	7321450.32	3468629.04	3852821.28
65+775.000	0.00	0.00	0.00	1360.43	33367.83	7321450.32	7321450.32	3501996.87	3819453.44
65+800.000	0.00	0.00	0.00	1414.64	34688.38	7321450.32	7321450.32	3536685.25	3784765.06
65+825.000	0.00	0.00	0.00	1476.29	36136.55	7321450.32	7321450.32	3572821.80	3748628.52
65+850.000	0.00	0.00	0.00	1544.89	37764.71	7321450.32	7321450.32	3610586.51	3710863.81
65+875.000	0.00	0.00	0.00	1615.04	39499.10	7321450.32	7321450.32	3650085.60	3671364.71
65+900.000	0.00	0.00	0.00	1685.52	41256.94	7321450.32	7321450.32	3691342.54	3630107.78
65+925.000	0.00	0.00	0.00	1756.26	43022.19	7321450.32	7321450.32	3734364.73	3587085.58
65+950.000	0.00	0.00	0.00	1828.15	44805.16	7321450.32	7321450.32	3779169.89	3542280.42

65+975.000	0.00	0.00	0.00	1901.31	46618.36	7321450.32	7321450.32	3825788.25	3495662.06
66+000.000	0.00	0.00	0.00	1978.30	48495.20	7321450.32	7321450.32	3874283.45	3447166.87
66+025.000	0.00	0.00	0.00	2059.09	50467.41	7321450.32	7321450.32	3924750.86	3396699.46
66+050.000	0.00	0.00	0.00	2140.05	52489.28	7321450.32	7321450.32	3977240.14	3344210.18
66+075.000	0.00	0.00	0.00	2214.27	54429.02	7321450.32	7321450.32	4031669.16	3289781.16
66+100.000	0.00	0.00	0.00	2278.30	56305.42	7321450.32	7321450.32	4087974.58	3233475.74
66+125.000	0.00	0.00	0.00	2332.48	57879.90	7321450.32	7321450.32	4145854.48	3175595.84
66+150.000	0.00	0.00	0.00	2375.57	59140.72	7321450.32	7321450.32	4204995.20	3116455.11
66+175.000	0.00	0.00	0.00	2404.30	60053.42	7321450.32	7321450.32	4265048.62	3056401.70
66+200.000	0.00	0.00	0.00	2424.56	60670.28	7321450.32	7321450.32	4325718.90	2995731.42
66+225.000	0.00	0.00	0.00	2437.14	61082.08	7321450.32	7321450.32	4386800.98	2934649.34
66+250.000	0.00	0.00	0.00	2437.17	61240.71	7321450.32	7321450.32	4448041.69	2873408.62
66+275.000	0.00	0.00	0.00	2433.11	61129.21	7321450.32	7321450.32	4509170.91	2812279.41
66+300.000	0.00	0.00	0.00	2423.83	60863.12	7321450.32	7321450.32	4570034.02	2751416.29
66+325.000	0.00	0.00	0.00	2411.65	60443.59	7321450.32	7321450.32	4630477.61	2690972.71
66+350.000	0.00	0.00	0.00	2399.67	60141.49	7321450.32	7321450.32	4690619.10	2630831.21
66+375.000	0.00	0.00	0.00	2387.19	59835.65	7321450.32	7321450.32	4750454.75	2570995.56
66+400.000	0.00	0.00	0.00	2374.52	59521.27	7321450.32	7321450.32	4809976.03	2511474.29
66+425.000	0.00	0.00	0.00	2361.97	59206.01	7321450.32	7321450.32	4869182.03	2452268.28
66+450.000	0.00	0.00	0.00	2349.51	58893.48	7321450.32	7321450.32	4928075.51	2393374.80
66+475.000	0.00	0.00	0.00	2337.09	58582.55	7321450.32	7321450.32	4986658.06	2334792.25
66+500.000	0.00	0.00	0.00	2323.74	58260.38	7321450.32	7321450.32	5044918.44	2276531.88
66+525.000	0.00	0.00	0.00	2311.14	57936.05	7321450.32	7321450.32	5102854.49	2218595.83
66+550.000	0.00	0.00	0.00	2298.08	57615.32	7321450.32	7321450.32	5160469.81	2160980.51
66+575.000	0.00	0.00	0.00	2283.82	57273.75	7321450.32	7321450.32	5217743.56	2103706.76
66+600.000	0.00	0.00	0.00	2273.56	56967.24	7321450.32	7321450.32	5274710.80	2046739.51
66+625.000	0.00	0.00	0.00	2265.93	56743.63	7321450.32	7321450.32	5331454.43	1989995.88
66+650.000	0.00	0.00	0.00	2258.33	56697.33	7321450.32	7321450.32	5388151.76	1933298.55
66+675.000	0.00	0.00	0.00	2243.41	56474.76	7321450.32	7321450.32	5444626.53	1876823.79
66+700.000	0.00	0.00	0.00	2238.52	56228.58	7321450.32	7321450.32	5500855.11	1820595.20
66+725.000	0.00	0.00	0.00	2228.40	56031.56	7321450.32	7321450.32	5556886.67	1764563.65
66+750.000	0.00	0.00	0.00	2225.11	55856.23	7321450.32	7321450.32	5612742.90	1708707.41
66+775.000	0.00	0.00	0.00	2214.85	55677.92	7321450.32	7321450.32	5668420.83	1653029.49

66+800.000	0.00	0.00	0.00	2200.94	55368.62	7321450.32	7321450.32	5723789.44	1597660.87
66+825.000	0.00	0.00	0.00	2182.71	54959.47	7321450.32	7321450.32	5778748.91	1542701.40
66+850.000	0.00	0.00	0.00	2160.09	54441.41	7321450.32	7321450.32	5833190.32	1488259.99
66+875.000	0.00	0.00	0.00	2134.48	53832.19	7321450.32	7321450.32	5887022.51	1434427.81
66+900.000	0.00	0.00	0.00	2104.95	53136.86	7321450.32	7321450.32	5940159.37	1381290.95
66+925.000	0.00	0.00	0.00	2072.85	52359.76	7321450.32	7321450.32	5992519.13	1328931.19
66+950.000	0.00	0.00	0.00	2038.33	51503.07	7321450.32	7321450.32	6044022.20	1277428.12
66+975.000	0.00	0.00	0.00	2001.51	50566.89	7321450.32	7321450.32	6094589.09	1226861.23
67+000.000	0.00	0.00	0.00	1963.98	49568.62	7321450.32	7321450.32	6144157.70	1177292.61
67+025.000	0.00	0.00	0.00	1926.63	48632.54	7321450.32	7321450.32	6192790.24	1128660.07
67+050.000	0.00	0.00	0.00	1889.58	47702.63	7321450.32	7321450.32	6240492.87	1080957.44
67+075.000	0.00	0.00	0.00	1852.87	46780.64	7321450.32	7321450.32	6287273.51	1034176.80
67+100.000	0.00	0.00	0.00	1816.49	45866.91	7321450.32	7321450.32	6333140.43	988309.89
67+125.000	0.00	0.00	0.00	1780.42	44961.27	7321450.32	7321450.32	6378101.70	943348.62
67+150.000	0.00	0.00	0.00	1744.63	44063.05	7321450.32	7321450.32	6422164.75	899285.57
67+175.000	0.00	0.00	0.00	1709.33	43174.47	7321450.32	7321450.32	6465339.22	856111.10
67+200.000	0.00	0.00	0.00	1674.37	42296.24	7321450.32	7321450.32	6507635.47	813814.85
67+225.000	0.00	0.00	0.00	1640.14	41431.39	7321450.32	7321450.32	6549066.86	772383.46
67+250.000	0.00	0.00	0.00	1607.02	40589.47	7321450.32	7321450.32	6589656.33	731793.99
67+275.000	0.00	0.00	0.00	1574.87	39773.55	7321450.32	7321450.32	6629429.88	692020.44
67+300.000	0.00	0.00	0.00	1544.77	38995.49	7321450.32	7321450.32	6668425.37	653024.95
67+325.000	0.00	0.00	0.00	1516.87	38270.51	7321450.32	7321450.32	6706695.88	614754.44
67+350.000	0.00	0.00	0.00	1490.54	37592.58	7321450.32	7321450.32	6744288.45	577161.87
67+375.000	0.00	0.00	0.00	1467.15	36971.03	7321450.32	7321450.32	6781259.48	540190.83
67+400.000	0.00	0.00	0.00	1447.46	36432.54	7321450.32	7321450.32	6817692.02	503758.30
67+425.000	0.00	0.00	0.00	1429.37	35960.38	7321450.32	7321450.32	6853652.40	467797.92
67+450.000	0.00	0.00	0.00	1410.20	35494.66	7321450.32	7321450.32	6889147.06	432303.26
67+451.297	0.00	0.00	0.00	1409.28	1828.04	7321450.32	7321450.32	6890975.10	430475.21