République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا لألشغـال العموميـة
فرنســيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

ÉTUDE DU DEDOUBLEMENT DE LA SECTION ROUTIERE ENTRE LA STATION DE TRAITEMENT DES EAUX D'OUED ATHMANIA ET L'AUTOROUTE EST-OUEST

Présenté par :

HEDIBEL RIMA

Encadré par :

Mme. MEDELCI-CHIALI SOUMIYA

Promotion 2022/2023

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire de fin d'études. J'adresse mes sincères remerciements à mon encadrante, M^{me} Medelci-Chiali Soumiya, pour son soutien, ses conseils éclairés et sa disponibilité tout au long de ce processus.

Je voudrais également remercier chaleureusement mes professeurs de l'ENSTP pour leur enseignement de qualité et leur investissement dans notre formation. Leurs connaissances et leur expertise ont grandement contribué à l'enrichissement de ce travail.

Un merci spécial à mes camarades de classe et mes amis qui m'ont soutenue, encouragée et partagé des moments mémorables tout au long de cette aventure académique. Leur soutien inconditionnel a été d'une valeur inestimable.

Je n'oublie pas de mentionner ma famille, mes parents et mes proches pour leur soutien inébranlable, leur amour et leur compréhension pendant mes études. Leur encouragement constant m'a donnée la force de poursuivre mes objectifs et d'accomplir ce travail.

Aussi, je souhaite exprimer ma reconnaissance envers toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. Leurs contributions, leurs conseils et leurs idées ont été d'une grande importance pour la réussite de ce projet.

Enfin, un grand merci aux jury pour leurs temps précieux et expertise pour l’évaluation de mon travail.

Merci sincèrement à tous pour votre soutien et votre contribution à la réalisation de ce mémoire de fin d'études.

Dédicaces

Je souhaite dédier ce mémoire de fin d'études à tous ceux qui ont été présents et ont contribué à mon parcours académique.

À mes parents et frères et ma belle sœur dont l'amour, le soutien inconditionnel et la confiance ont été mes piliers tout au long de cette aventure. Votre présence constante et vos encouragements ont été ma source de motivation.

À mes amis et camarades de classe : Malek Abdelhadi, Baiba Rahel, Louadah Adel, Azzouk Nazim, Allache Racim, Attoumi Rafik, Hadjkali Imad Eddine, Ameri Asma et j’en passe, pour les moments de partage, de collaboration et de soutien mutuel. Votre amitié et votre soutien ont rendu ce parcours plus agréable et m'ont aidée à surmonter les obstacles.

Aux enseignants et encadrants qui ont partagé leur expertise, m'ont guidée et ont investi dans ma formation. Vos connaissances et vos précieux conseils ont joué un rôle essentiel dans la réalisation de ce mémoire.

À mon encadrante, Medelci-Chiali Soumiya, pour son soutien, sa disponibilité et ses conseils avisés. Votre expertise et votre encouragement ont été déterminants dans la réussite de ce travail.

Enfin, je souhaite me dédier ce mémoire à moi-même, pour ma détermination, ma persévérance et ma passion pour ce domaine. Ce mémoire représente une étape significative de ma vie académique, fruit de mes efforts personnels.

Que cette dédicace témoigne de ma profonde gratitude envers tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Votre soutien a été inestimable et je vous en suis sincèrement reconnaissante.

Résumé

Notre projet de recherche pour ce mémoire se situe dans le domaine des infrastructures de transport, plus précisément celui des routes. Ce projet consiste en une étude approfondie du dédoublement d'une section située entre la Station de traitement des eaux du barrage réservoir de l'Oued Athmania et de l'autoroute Est-Ouest, sur une distance d'environ 8 kilomètres, allant du PK0+000 au PK 7+756.

Cette étude se décompose en plusieurs étapes, comprenant une étude géotechnique et géologique qui nous a permis de déterminer les caractéristiques du sol, une étude géométrique qui a été réalisée à l'aide du logiciel CIVIL 3D afin de créer les trois profils nécessaires : le profil en plan, le profil en long et le profil en travers. De plus, une étude hydrologique a été réalisée et le dimensionnement du corps de chaussée de la route a été effectué.

Mots clés : dédoublement, carrefour, étude hydraulique, Mila, étude géotechnique, étude géométrique.

ملخص

يقع مشروع البحث الخاص بنا لرسالتنا في مجال البنية التحتية للنقل، وتحديدًا في مجال الطرق. يتكون هذا المشروع من دراسة مفصلة لتوسيع جزء موجود بين محطة معالجة مياه سد وادي عثمانية والطريق السريع الشرقي-الغربي، على مسافة تقدر بحوالي 8 كيلومترات، من الكيلومتر 0+000 إلى الكيلومتر 7+756.

تتكون هذه الدراسة من عدة مراحل، بما في ذلك دراسة جيوتقنية وجيولوجية تسمح لنا بتحديد خصائص التربة، ودراسة هندسية تم إجراؤها باستخدام برنامج CIVIL 3D لإنشاء المقاطع الثلاثة الضرورية: المقطع الأفقي، والمقطع العمودي الطولي، والمقطع العرضي. بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء دراسة هيدرولوجية وتم تصميم هيكل الطريق

الكلمات المفتاحية : .توسيع، تقاطع، دراسة هيدرولوجية، ميلة، دراسة جيوتقنية، دراسة هندسية

Abstract

Our research project for our thesis is focused on the field of transportation infrastructure, specifically roads. This project involves a comprehensive study of the widening of a section of the road located between the Water Treatment Station of the Oued Athmania Reservoir Dam and the East-West Highway, covering a distance of approximately 8 kilometers, from PK0+000 to PK7+756.

The study comprises several stages, including a geotechnical and geological study that allowed us to determine the soil characteristics. A geometric study was conducted using CIVIL 3D software to create the required plan, longitudinal, and cross-sectional profiles. Additionally, a hydrological study was conducted, and the pavement design of the road was carried out.

Keywords : widening, intersection, hydraulic study, Mila, geotechnical study, geometric study.

Sommaire

CHAPITRE I : Introduction générale

I.1. Introduction…… 1

I.2. Problématique……1

I.3. Cadre de l'étude…….... 2

I.4. Méthodologie…….....2

CHAPITRE II : Présentation du projet

II.1. Généralités sur la zone d'étude……...3

II.1.1. Données sismiques…….....3

II.1.2. Données climatiques……...4

II.1.3. Reliefs…….. 4

II.1.4. Localisation du projet…… 4

II.1.5. Données du projet…….. 5

II.1.6. But de l'étude……..5

II.1.7. Cadre de références……... 5

II.1.8. Etat actuel de la route existante……6

II.1.8.1. Données existantes sur la route……..6

II.1.8.2. Inspection visuel……..6

II.1.8.3. Causes possibles de l'affaissement…….7

II.1.8.4. Solutions possibles au problème……7

II.1.8.5. Conclusion……8

CHAPITRE III : Recherche bibliographique "L'optimastion"

III.1. Introduction…….9

III.2. Optimisation du tracé routier…… 9

III.2.1. Étude du contexte et des contraintes…….. 9

III.2.2. Modélisation et analyse géométrique……..9

III.2.3. Optimisation des contraintes techniques……9

III.2.4. Méthodes de recherche heuristique…… 9

III.2.5. Optimisation multicritère…… 9

III.2.6. Optimisation des coûts et de l'efficacité…… 9

III.3. Optimisation de la conception de la chaussée…….10

III.3.1. Analyse des contraintes et des performances requises……... 10

III.3.2. Choix des matériaux et dimensionnement……... 10

III.3.3. Optimisation des techniques de construction……. 10
III.4. Outils d'optimisation du tracé routier et de la conception de la chaussée…….. 10
III.4.1. Logiciels de CAO spécialisés……. 10
III.4.2. Outils d'analyse et de simulation…….. 10
III.4.3. Logiciel d'optimisation…….. 10
III.5. Les avantages de l'optimisation d'un tracé routier et de la conception d'une chaussée …….. 11
III.5.1. Avantages de l'optimisation du tracé routier…….. 11
III.5.2. Avantages de l'optimisation dans la conception de la chaussée routière…….. 11
III.6. Conclusion……. 12

CHAPITRE IV : Etude de trafic
IV.1. Types de trafic……..... 13
IV.2. Applications……..... 15
IV.3. Conclusion……. 16

CHAPITRE V : Etude Avant-Projet Sommaire (APS)
V.1. Introduction……..…… 17
V.2. Description des variantes……..… 17
V.3. Comparaison des variantes…….. 20
V.4. Avantages et inconvénients……... 20
V.5. Conclusion……...……... 21

CHAPITRE VI : Étude géométrique et sécurité
VI.1. Sécurité…….. 22
VI.1.1. Vitesse de référence des véhicules légers 'VVL' et des véhicules poids lourd 'VPL'……22
VI.1.2. Distance minimale de freinage……..... 22
VI.1.3. Distance d'arrêt…… 24
VI.1.4. Distance d'arrêt en alignement droit…… 24
VI.1.5. Distance de visibilité de dépassement et de manœuvre…… 25
VI.1.1.6. Distance de sécurité……... 26
VI.1.7.Application au projet…… 26
VI.2. Tracé en plan…… 27
VI.2.1. Introduction……... 27
VI.2.2. Règles respectées dans le tracé en plan……... 27

VI.2.3. Les alignements droits……. 27
VI.2.4. Les arcs de cercle……. 28
VI.2.5. Les dévers……. 28
VI.2.6. Les rayons…… 29
VI.2.7. Les courbes de raccordement……. 30
VI.2.7.1. Visibilité en courbe…… 30
VI.2.7.2. Rôle des courbes de raccordement……... 31
VI.2.7.3. La clothoïde…… 31
VI.2.7.4. Les conditions de raccordement……... 31
VI.2.8. Paramètres fondamentaux……... 32
VI.3. Profil en long…… 33
VI.3.1. Règles respectées dans le profil en long……. 33
VI.3.2. Les alignements…… 33
VI.3.3. Normes géométriques adoptées…… 33
VI.3.4. Description du profil en long…… 34
VI.4. Profil en travers…… 34
VI.4.1. Introduction……... 34
VI.4.2. Types de profils en travers……... 34
VI.4.3. Récapitulatif des devers…… 35
VI.I. Conclusion…… 35

CHAPITRE VII : Etude géotechnique / géologique
VII.1. Introduction…… 36
VII.1.2. Caractéristiques générales du projet……..…… 36
VII.1.3. Reconnaissance géotechnique……... 37
VII.1.3.1. Description des sols rencontrés…… 37
VII.1.4. Les différents essais en laboratoire……. 46
VII.1.4.1. Programme des essais……... 46
VII.1.4.2. Caractéristiques physiques des sols…… 46
VII.1.4.3. Caractéristiques mécaniques……... 47
VII.1.5. Classification des sols support…… 48
VII.1.6. Terrassements ……..….. 48
VII.1.6.1. Décapage (déblais / remblais)……. 48
VII.1.7. Matériaux de gîtes d'emprunt…… 50
VII.1.7.1. Prospection de gîtes d'emprunt…… 51

VII.1.7.2. Caractéristiques géotechniques des matériaux de gîtes d'emprunt…… 51
VII.1.7.3. Classification de matériau de gîte…… 51
VII.1.8. Localisation de la zone de dépôts……... 53
VII.1.9. Carrières……... 54
VII.2. Etude géologique…… 55
VII.2.1.Introduction……... 55
VII.2.2. Méthodologie…… 56
VII.2.3. Aperçu géomorphologique…….. 56
VII.2.4. Aperçu hydrogéologique…… 56
VII.2.5. Description géologique…… 57
VII.2.5.1.Géologie régionale…….. 57
VII.2.5.2.Géologie du tracé…… 57
VII.2.6. Les caractéristiques géotechniques globales des terrains…… 57
VII.2.6.1. Terrains à caractéristiques géotechniques bonnes……..…… 57
VII.2.6.2. Terrains à caractéristiques géotechniques faibles……..…….. 57
VII.2.7. Synthèse……..…….. 58
VII.2.8. Conclusion…… 58

CHAPITRE VIII : Dimensionnement du corps de chaussée
VIII.1. Introduction…….. 59
VIII.2. Les différentes couches d'une chaussée…….. 59
VIII.3. Application des méthodes de dimensionnement au projet…… 60
VIII.3.1. Méthode de l'indice CBR (California -Bearing -Ratio)……... 60
VIII.3.2. Méthode du catalogue des chaussées neuves (CTTP)…….. 61
VIII.4. Conclusion…….. 68

CHAPITRE IX : Cubatures
IX.1. Introduction…….…… 69
IX.2. Rôle des cubatures dans un projet routier…… 69
IX.3. Méthode des modèles numériques de terrain (MNT)……... 69
IX.4. Résultat du calculs des volumes de déblais/remblais de la variante retenue…….. 69

CHAPITRE X : Etude carrefour giratoire
X.1. Introduction…… 70
X.2. Avantages et limitations…… 70

X.3. Application au projet…… 70
X.3.1. Îlot central…… 70
X.3.2. Îlot séparateur…….. 71
X.4. Tracé en plan du carrefour giratoire……... 72
X.5. Conclusion…….. 72

CHAPITRE XI : Etude hydraulique / Assainissement
XI.1. Introduction…….. 73
XI.2. Les objectifs de l'assainissement des routes……... 73
XI.3. Collecte des données cartographiques…… 73
XI.4. Caractéristiques physiques des bassins versants…….. 74
XI.5. Calculs hydrologiques…… 75
XI.6. Analyse hydrologique…….. 77
XI.7. Conclusion…… 78

CHAPITRE XII : Signalisations et éclairages
XII.1. Introduction……..…….. 79
XII.2. Signalisation……... 79
XII.2.1. Règles respectées pour les Signalisations…….. 79
XII.2.2. Catégories de signalisation…… 79
XII.2.3. Types de signalisation…… 79
XII.2.3.1. Signalisation horizontale…… 80
XII.2.3.2 Signalisation verticale……... 80
XII.2.4. Application au projet…… 82
XII.3. Éclairage…… 82
XII.2.1. Catégories d'éclairage…… 82
XII.2.2. Paramètres de l'implantation des luminaires…….. 82

CHAPITRE XIII : Étude d'impact sur environnement
XIII.1. Introduction……... 84
XIII.2. Objectifs de l'étude d'impact sur environnement…….. 84
XIII.3. Impact du projet sur l'environnement…… 84
XIII.3.1. Impacts positifs…… 84
XIII.3.2. Impacts négatifs…… 85
XIII.3.2.1. Impacts pendant la phase de travaux…… 85

XIII.3.2.2. Pendant la phase d'exploitation…… 86
XIII.4. Mesures prises pour minimiser les impacts…… 86
XIII.4.1.Mesures pendant la phase de travaux……..…… 86
XIII.4.2. Mesures pendant la phase exploitation…… 87
XIII.5. Conclusion…… 87

CHAPITRE XIV : Devis quantitatif et estimatif
XIV.1. Devis quantitatif et estimatif…….. 88

CHAPITRE XV : Conclusion générale
XV.1 Conclusion…… 89

Liste des figures

Figure II.1 : Représentation de la wilaya de Mila sur la carte de l'Algérie……..……3
Figure II.2 : Carte de zonage sismique de l'Algérie.……...…….3
Figure II.3 : Site géographique du projet…….....5
Figure II.4 : Dégradation de la couche de roulement de la chaussée sur la route existante….6
Figure V.I : Vue en 3D de la région d'étude……...….17
Figure V.2 : Axe en plan de la variante 1……18
Figure V.3 : Axe en plan de la variante 2……19
Figure V.4 : Contraintes sur le côté gauche de la route au PK 0+000……..19
Figure V.5 : Contraintes sur le côté gauche de la route au PK 3+060……..20
Figure VI.1: Distance de freinage…….23
Figure VI.2 : Obstacle immobile……..24
Figure VI.3 : Obstacle mobile……...…….25
Figure VI.4. Zone de dérasement……...……..31
FigureVI.5. Eléments constitutifs de la plate-forme (deux chaussées unidirectionnelles)…..34
Figure VII.1 : Carte réseau routier de la wilaya de Mila……...36
Figure VII.2 : Puits 1 PK 0+200.08 (limon argileux, surmonté par une terre végétale)…....37
Figure VII.3 : Puits 2 PK 1+377.72 (Argile limoneuse, surmonté par terre végétale)…...….37
Figure VII.4 : Puits 3 PK 2+468.46 (Argile limoneuse peu graveleuse, surmonté d'une couche de terre végétale)……..….38
Figure VII.6 : Puits 5 PK 4+565.18 (Argile limoneuse noirâtre, surmonté par une décharge)……38
Figure VII.7 : Puits 6 PK 6+056.57 (limon argileux avec la présence d'eau à une profondeur de 1.8m, surmonté d'une couche de terre végétale)……39
Figure VII.8 : Puits 7 PK 7+407.56 (limon graveleux l'ensemble est recouvert par terre végétale)……..……39
Figure VII.9.Puits 8 PK 8+511.66 (Argile limoneuse, surmonté par terre végétale)……...39
FigureVII.10.Photos réelles des travaux de terrassements sur chantier……..48
Figure VII.11 : Images des gîtes d'emprunt du site…….…..51
Figure VII.12 : Emplacement des matériaux de gîtes d'emprunt……...……..52
Figure VII.13 : Distance entre l'emplacement des gîtes et la route……...……52
Figure VII.14. Carte géologique de l'emplacement des gites d'emprunt…….53
Figure VII.15 : Endroits de mise en dépôt définitifs……..53
Figure VII.16 : Zone définitive de dépôt…….54
Figure VII.17 : Emplacement des carrières de Djebel Grouz.……...55
Figure VII.18 : Le réseau hydrographique de la région d'étude……..56
Figure VII.19.La géologie de la région d'étude (assemblage de 04 cartes de 1.50 000)…….57
Figure VIII.1. Les couches de chaussée…….……..59
Figure VIII.10. Tableau de la fiche de structures GB/GNT du fascicule 3 du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves……..65
Figure VIII.2.Calcule de la contrainte EpsiT avec le logiciel Alizée……..……...66
Figure VIII.3.Calcule de la contrainte EpsiZ avec le logiciel Alizée……...……...67
Figure VIII.4. Calcul de l'épaisseur des couches en fonction des contraintes admissibles….67
Figure VIII.5. La structure retenue pour la chaussée……..……..68
Figure X.1. Carrefour giratoire au PK4+240……..……70
Figure X.2. Construction des îlots séparateurs sur les branches des giratoires de rayon (Rg) > 15 m……...……..71

Figure X.3.Vu en plan du tracé au niveau du carrefour giratoire……...…….72
Figure XI.1. Plan Planimétrique du bassin versant……...74
Figure XII.1. Types de modulations…….80
Figure XII.2. Vue en plan de la signalisation au niveau du PK 3+900 au PK 4+600……..82
Figure XII.3. Positions des éclairages en fonction des paramètres d'implantation…….83

Liste des tableaux

Tableau IV.1 : Tableau des résultats de compactage du trafic…….14
Tableau IV.2 : Coefficient d'équivalence « P »…….……..14
TableauIV.3 :Coefficient«K1»……..14
Tableau IV.4 : Coefficient « K2 »…….……....14
Tableau IV.5 : Capacité théorique « Cth »……..15
Tableau V.1 : Comparaison des variantes……...20
Tableau V.2 : Avantages et inconvénients de chaque variante……..…20
Tableau VI.1 : VVL et VPL en fonction de la catégorie et l'environnement sur B40……..22
Tableau VI.2 : Coefficient de frottement longitudinal f en fonction de la vitesse (B40)…..23
Tableau VI.3 : Variations des « Ddmin » en fonction de la vitesse(B40)…… ……..25
Tableau VI.4 : Valeurs de « Dmd » en mètre en fonction de la vitesse selon B40……26
Tableau VI.5. Valeurs du dévers selon le B40…….…….29
Tableau VI.6 : Rayon en plan et dévers associés (b40)…….……..…….29
Tableau VI.8 : Récapitulatif des valeurs des caractéristiques minimales……..……32
TableauVI.9 : Normes géométriques adoptées……..34
Tableau VI.10. : Valeurs de largeur des éléments du profil en travers……..……35
Tableau VI.11 : Variations des dévers……..…….35
Tableau VII.1 : Tableau des résultats de l'analyse granulométrique…….……...…….47
Tableau VII.2. Tableau de la classification des sols supports……..48
Tableau VII.3 : Sol de la Classe A2h, A3h……...……..49
Tableau VII.4 : Sols de la Classe A2h, A3h……...…….50
Tableau VII.5 : Caractéristiques géotechniques des matériaux de gîtes d'emprunt…….51
Tableau VII.6 : Nature et situation des dépôts……..54
Tableau VII.7 : Carrières en niveau de la ville……..55
Tableau VIII.1. : Coefficients d'équivalences des matériaux (du manuel route)……60
Tableau VIII.2. Récapitulatif des résultats…….61

Tableau VII.3. Type de réseau principal…….….61
Tableau VII.4. Classe du trafic RP …….62
Tableau VII.5. Classes de portance de sols supports……..…….62
Tableau VIII.6. Sur classement avec couche de forme en matériaux non traités…….63
Tableau VIII.7.Les zones climatiques en Algérie…….63
Tableau VIII.8.Fiche de structures réseau principal niveau 1 (RP1)……..64
Tableau VIII.9. Synthèse des hypothèses sur les conditions de collage…….…….64
Tableau X.1. Récapitulatif des différents paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie…….71
Tableau X.2. Récapitulatif des différents paramètres de construction des îlots séparateurs.71
Tableau XI.1. Caractéristiques physiques des bassins versants…….……74
Tableau XI.2. Données pluviométriques de la zone…….……...….75
Tableau XI.3. Pluies journalières maximales fréquentielles……..…….75
Tableau XI.4. Homogénéisation des unités dans la loi rationnelle…….76
Tableau XI.5. Valeurs du coefficient de ruissellement……..……...76
Tableau XI.6. Tableau des débits critiques…….…….77
Tableau XI.7. Calculs des caractéristiques d'écoulement et du nombre de buses nécessaires……..…….77
Tableau XI.8. Calculs des caractéristiques d'écoulement et du nombre de dalots nécessaires…….……...77
Tableau XI.9. Calculs des caractéristiques du fossé trapézoïdal…….……...78
Tableau XII.1. Normes de signalisation horizontale…….……..80

Liste des abréviations

- **RN : route nationale**
- **PK : Point kilométrique**
- **DTP : direction des travaux publics**
- **RHm : rayon horizontal minimal absolu**
- **RHn : rayon horizontal normal**
- **Rhd : rayon au devers minimal**
- **Rhnd : rayon minimal non-déversé**
- **VB : vitesse de base**
- **BV : bassin versant**
- **Rh : rayon hydraulique**
- **Ø : diamètres**
- **Bb : béton bitumineux**
- **Gb : Grave bitume**
- **Gnt : Grave non-traitée**
- **TJMA : Trafic journalier moyen annuel**
- **UVP : Unité de véhicule particulier**
- **VB : Vitesse de base**
- **RP1 : Réseau principal 1**
- **CW chemin de wilaya**

Chapitre I : Introduction générale

CHAPITRE I

I.1. Introduction

Le dédoublement d'une route, également appelé "doublement de voie", désigne le processus d'élargissement et de création d'une deuxième voie parallèle à une route existante. Cette initiative d'infrastructure routière est d'une importance capitale pour de nombreux pays à travers le monde. En effet, le dédoublement des routes présente de nombreux avantages qui vont bien au-delà de la simple augmentation de la capacité de circulation.

L'importance du dédoublement des routes réside dans sa capacité à améliorer significativement la sécurité routière. Les routes à voie unique sont souvent confrontées à des problèmes de sécurité en raison de la circulation en sens inverse, des dépassements dangereux et des risques accrus de collision frontale. En dédoublant ces routes, on réduit considérablement ces risques, car chaque voie est destinée à une seule direction. Cela permet d'atténuer les conflits de trafic et de minimiser les collisions potentielles, offrant ainsi un environnement de conduite plus sûr pour les usagers de la route.

En outre, le dédoublement des routes favorise la fluidité du trafic et réduit les congestions routières. Les routes à voie unique peuvent souvent devenir saturées aux heures de pointe, entraînant des embouteillages et des retards pour les automobilistes. En créant des voies séparées pour chaque direction, le dédoublement permet d'augmenter la capacité de la route, ce qui facilite la circulation fluide des véhicules. Cela réduit les temps de trajet, les coûts opérationnels et les émissions de gaz à effet de serre, contribuant ainsi à améliorer l'efficacité globale du système de transport.

Par ailleurs, le dédoublement des routes a un impact positif sur le développement économique et social d'une région. En améliorant la connectivité entre les zones urbaines et rurales, le dédoublement des routes facilite l'accès aux marchés, aux services et aux opportunités d'emploi. Il favorise également le développement du tourisme en rendant les destinations plus accessibles et attractives. En permettant un transport plus rapide et plus efficace des biens et des personnes, le dédoublement des routes stimule l'activité économique, renforce la compétitivité des régions et contribue à réduire les disparités géographiques.

I.2. Problématique

Faite dans le cadre du projet de fin d’études de la formation d’ingénieur en Travaux Publics de l’ENSTP, la présente étude porte sur l'étude du dédoublement de la section de route située entre la station de traitement des eaux et le barrage-réservoir d’Oued Athmania au niveau de la wilaya de Mila.
Etant le seul itinéraire existant entre ces deux destinations, cette route n’arrive plus à répondre aux besoins des usagers dus à une demande croissante en matière de transport et ne suffit plus à faire face à l'intensité du trafic actuel induite par les différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région.

I.3. Cadre de l’étude

Dans le cadre du programme de développement des réseaux routiers, la direction des travaux publics de la Wilaya de Mila a mené une étude sur la section située entre la station de traitement des eaux du barrage-réservoir d'Oued Athmania et l'autoroute Est-Ouest. La présente étude porte spécifiquement sur un tronçon de 8 km sur lesquel nous cherchons à réaliser une extension de la capacité de la pénétrante qui passe par la R5A et la RN5 qui relient la section située entre la station de traitement des eaux du barrage-réservoir d'Oued Athmania et l'autoroute Est-Ouest du PK 0+000 au PK 7+756 . L’étude consiste en un dédoublement de la route en 2x2 voies en essayant d’avoir un tracé avec des courbes normalisées pour une vitesse de référence de 80 km/h tout en optimisant le nouveau tronçon pour satisfaire les nouveaux besoins des usagers.

I.4. Méthodologie

Pour mener à bien ce projet de dédoublement, une étude approfondie sera entreprise en suivant plusieurs étapes clés. Chacune de ces étapes contribuera à garantir la conception optimale de la nouvelle infrastructure routière. Tout d'abord, une étude de trafic sera réalisée afin d'évaluer les flux de véhicules existants et prévoir les besoins futurs en matière de capacité routière. Ensuite, une étude géométrique détaillée sera effectuée, englobant le profil en plan, le profil en long et le profil en travers, permettant ainsi de définir la géométrie précise de la route. Une étude géotechnique et géologique sera également menée pour évaluer la nature du sol et des sous-sols, ce qui sera essentiel pour déterminer les besoins en termes de fondations et de stabilité du projet.

Le dimensionnement du corps de chaussée sera ensuite réalisé pour déterminer les caractéristiques structurelles de la chaussée, en prenant en compte les charges de trafic prévues. Les cubatures seront calculées pour évaluer les quantités de matériaux nécessaires à la construction de la route. Par la suite, des études spécifiques seront effectuées pour les carrefours et les échangeurs afin d'optimiser leur conception et de garantir une circulation fluide et sécurisée. L'étude hydraulique et d'assainissement sera réalisée pour évaluer l'impact du projet sur les systèmes de drainage et garantir une gestion efficace des eaux pluviales.

Les équipements tels que les signalisations et les éclairages seront également étudiés dans le cadre de ce projet, afin d'assurer une visibilité adéquate et la sécurité des usagers de la route. Une étude d'impact sur l'environnement sera menée pour évaluer les conséquences potentielles du dédoublement de la route sur les écosystèmes environnants et proposer des mesures d'atténuation appropriées. Enfin, une estimation complète sera réalisée, comprenant un devis estimatif et quantitatif, permettant d'évaluer les coûts prévisionnels du projet.

Chapitre II : Présentation du projet

CHAPITRE II : Présentation du projet

II.1. Généralités sur la zone d'étude

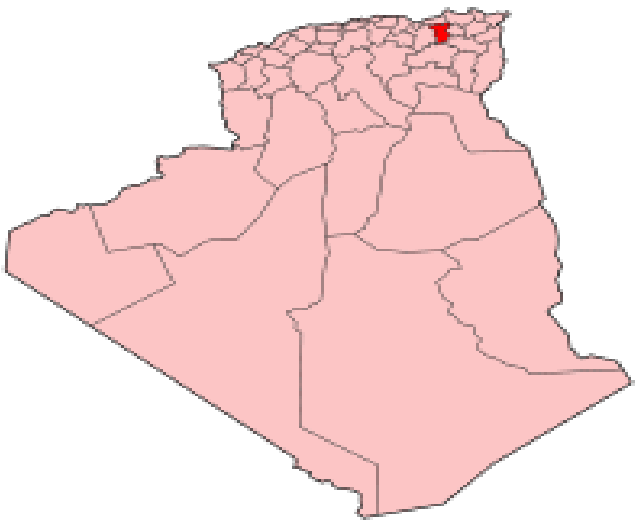


Figure II.1 : Représentation de la wilaya de Mila sur la carte de l'Algérie

La wilaya de Mila se situe au Nord Est de l'Algérie et est déclarée wilaya depuis l'année 1984 et son code est 43, elle contient 13 Daïras et 32 communes. Mila compte 766 885 habitants sur une superficie de 3 512 km². La densité de population de la Wilaya de Mila est donc de 218,4 habitants par km².

II.1.1. Données sismiques

Classification des zones sismiques

Le territoire national est divisé en cinq (5) zones de sismicité croissante :

Zone 0 : négligeable

Zone I : faible

Zone IIa : moyenne

Zone IIb : élevée

Zone III : très élevée

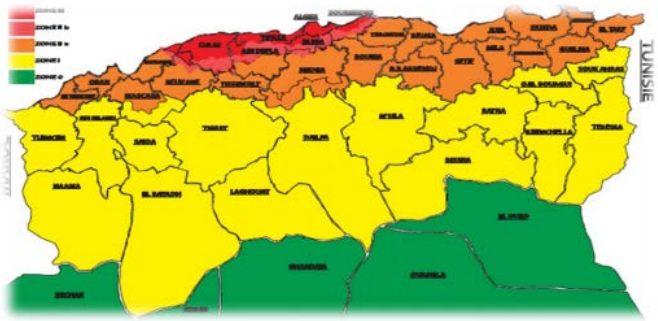


Figure II.2 : Carte de zonage sismique de l'Algérie

D’après la carte des zones sismiques de l’Algérie : la zone étudiée se situe à Mila et donc on est dans la Zone **IIa : moyenne**

II.1.2. Données climatiques

La pluviométrie varie entre 700 mm/an dans la zone montagneuse, 350 mm/an au sud et 400 à 600 mm/an dans la partie centrale.

II.1.3. Reliefs

La wilaya de Mila se caractérise par un relief varié et dont on va citer plusieurs zones distinctes :

La chaîne de l'Atlas tellien : Située au nord de la wilaya, cette chaîne de montagnes présente des reliefs escarpés et des sommets imposants. Il est crucial de comprendre la topographie et l'altitude de cette région, car cela peut influencer la conception de la route et les méthodes de construction.

Les vallées : La wilaya de Mila est traversée par plusieurs vallées, telles que la vallée de l'Oued El Kebir et la vallée de l'Oued Bouhatem. Ces vallées peuvent représenter des défis en termes de drainage des eaux et de stabilité des pentes, nécessitant des études hydrauliques et géotechniques appropriées.

Les plaines : Au sud de la wilaya, on trouve des plaines fertiles propices à l'agriculture. Il est important de prendre en compte ces zones plates lors de la planification de la route, notamment en ce qui concerne la stabilité des sols et les systèmes de drainage.

Les reliefs accidentés : Certains secteurs de la wilaya peuvent présenter des reliefs accidentés, avec des pentes abruptes et des zones rocheuses. Ces caractéristiques géologiques peuvent influencer la trajectoire de la route, nécessitant des études géotechniques approfondies et des mesures spécifiques pour assurer la sécurité de la route.

II.1.4. Localisation du projet

Le tronçon de la route objet de la présente étude de dédoublement est une partie de la RN 5A et RN 5 situé entre barrage réservoir de OUED ATHMANIA et CW 17, il prend son origine au fin de l’évitement, il se termine au CW 17 (vers TELEGHMA).

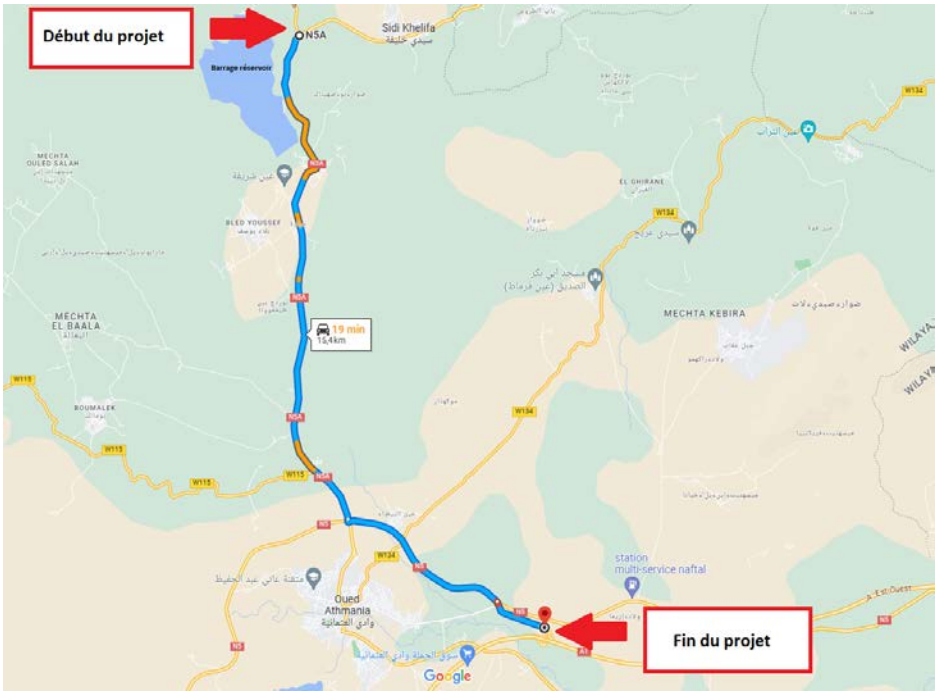


Figure II.3 : Site géographique du projet

II.1.5. Données du projet

Pour mener à bien l'étude, on nous a communiqué les données de l'étude menée par la société d'études techniques de Setif ''S.E.T.S'' qui sont les suivantes :

- Levé Topographique
- Rapport géotechnique
- Rapport géologique
- Pluviométrie

II.1.6. But de l'étude

L'objectif recherché à travers la présente étude est de réaliser une extension de la capacité de la R5A et la RN5 entre la section située entre la station de traitement des eaux du barrage-réservoir d'Oued Athmania et l'autoroute Est-Ouest en essayant de régler la problématique abordée de la manière la plus optimale possible.

II.1.7. Cadre de références

Les normes et catalogues utilisées pour l'étude :

- Le B40 « Normes techniques d'aménagement des routes »
- Catalogue de dimensionnement de chaussées neuves (CTTP)
- Catalogue d'aménagement des carrefours interurbains 1998.
- Manuel de projet route de M^{me} Kalli / Mr Goumettre
- Guide de signalisation SETRA
- Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales – Décembre 1998

II.1.8. Etat actuel de la route existante

II.1.8.1Données existantes sur la route :

La pénétrante en question présente les caractéristiques suivantes :

- La route du projet sert de liaison entre la wilaya de Mila et l'autoroute Est-Ouest et donc classée dans la catégorie 1.
- En termes de sinuosité et de dénivelé cumulé, la route appartient à l'environnement de type E2.
- La largeur de la chaussée existante est de 7,00 m.
- Les accotements ont généralement une largeur de 1,5 m.

II.1.8.2.Inspection visuelle :

En visitant le site et conduisant le long de la route existante, on a trouvé quelques dégradations de la chaussée entre les PK 0+200 et PK 0+300 comme on peut voir sur la figure II.4 :



Figure II.4 : Dégradation de la couche de roulement de la chaussée sur la route existante (Source : Auteur)

Les photos représentent un léger affaissement de la chaussée de la route.

II.1.8.3. Causes possibles de l'affaissement

Les causes probables de l'affaissement de la chaussée d'une route peuvent inclure :

- Érosion du sol : L'érosion peut affaiblir le sol sous la chaussée, entraînant un affaissement de la surface de la route.
- Fuites d'eau souterraine : Les fuites d'eau peuvent saturer le sol et entraîner une diminution de sa capacité portante, provoquant un affaissement de la chaussée.
- **Mauvaise construction :** Des défauts de construction ou des techniques de construction inadéquates peuvent entraîner une instabilité du sol et un affaissement ultérieur de la chaussée.
- **Affaiblissement des matériaux :** L'utilisation de matériaux de construction de qualité médiocre ou leur dégradation au fil du temps peut causer un affaissement de la chaussée.
- **Trafic intense :** Un trafic lourd et fréquent peut exercer une pression excessive sur la chaussée, provoquant des déformations et un affaissement.
- **Conditions climatiques extrêmes :** Les variations de température, les cycles de gel-dégel, les fortes précipitations ou les sécheresses prolongées peuvent influencer la stabilité du sol et entraîner un affaissement.

II.1.8.4. Solutions possibles au probléme

Afin de remédier à un affaissement de la chaussée d'une route, voici quelques mesures possibles :

- Évaluation et planification : Effectuer une évaluation approfondie de l'affaissement, y compris son ampleur et ses causes sous-jacentes. Établir un plan d'action en conséquence.
- Réparation des défauts : Identifier et corriger les défauts de construction, tels que les problèmes de drainage, les matériaux de mauvaise qualité ou les erreurs de conception.
- Renforcement du sol : Consolider le sol en utilisant des techniques appropriées, telles que l'injection de résine, la stabilisation du sol ou l'ajout de matériaux renforçants.
- Drainage adéquat : Améliorer le drainage de la zone affectée pour éviter l'accumulation d'eau souterraine, ce qui peut affaiblir le sol. Cela peut nécessiter l'installation de systèmes de drainage appropriés.
- Réparation de la chaussée : Reconstruire ou réparer la surface de la chaussée endommagée en utilisant des techniques et des matériaux adaptés.
- Surveillance continue : Mettre en place un système de surveillance régulière pour détecter rapidement tout nouvel affaissement ou signe de détérioration. Cela permettra d'engager des mesures correctives préventives si nécessaire.
- Maintenance routinière : Mettre en œuvre un programme de maintenance régulière de la chaussée, comprenant le remplissage des nids-de-poule, la réfection des couches d'usure et la réparation des fissures, afin de prévenir les problèmes futurs.

II.1.8.5. Conclusion

Il est important de souligner que la résolution de l'affaissement de la chaussée peut varier en fonction de la gravité du problème et des conditions spécifiques de la route. Dans certains cas, il peut être nécessaire de faire appel à des experts pour évaluer et traiter efficacement la situation.

Une étude seconde en rapport avec la route existante devra donc être faite afin de déterminer les causes de cette degradtion et pouvoir choisir la solution adéquate.

Chapitre III : Recherche bibliographique « L’optimisation »

CHAPITRE III : Recherche bibliographique « L'optimisation »

III.1. Introduction

L'optimisation joue un rôle crucial dans la réalisation d'un tracé routier et dans la conception de sa chaussée. Elle vise à trouver des solutions efficaces, sûres et durables, en prenant en compte diverses contraintes techniques, environnementales et économiques. Ce chapitre explore en détail les principes de l'optimisation dans ces deux aspects de la construction routière, tout en mettant en évidence les outils utilisés pour atteindre des résultats optimaux

III.2. Optimisation du tracé routier

III.2.1. Étude du contexte et des contraintes

Avant de commencer la réalisation d'un tracé routier, une étude approfondie du contexte et des contraintes est essentielle. Cela comprend l'analyse des caractéristiques topographiques, des contraintes géologiques, des zones sensibles sur le plan environnemental, ainsi que des besoins spécifiques des usagers de la route. Comprendre ces facteurs permet de définir les objectifs et les contraintes du projet, jetant ainsi les bases de l'optimisation du tracé routier.

III.2.2. Modélisation et analyse géométrique

La modélisation géométrique du tracé routier est une étape clé de l'optimisation. Les outils de conception assistée par ordinateur (CAO) permettent de créer des modèles tridimensionnels du tracé, en prenant en compte des paramètres tels que les rayons de virage, les pentes, les dévers et les profils en long et en travers. Ces modèles permettent de réaliser des analyses géométriques approfondies pour évaluer la visibilité, la sécurité, les distances de freinage, les profils de vitesse et d'autres critères pertinents.

III.2.3. Optimisation des contraintes techniques

L'optimisation d'un tracé routier ne se limite pas aux aspects géométriques, mais comprend également les coûts de construction et d'entretien. Il est important de minimiser les coûts tout en assurant la qualité et la durabilité de l'infrastructure. Cela peut impliquer des décisions telles que l'utilisation de matériaux locaux, l'optimisation des structures de chaussée, la gestion des eaux pluviales et la réduction des impacts environnementaux. L'analyse du cycle de vie peut également être utilisée pour évaluer les coûts sur le long terme et prendre des décisions optimales.

III.2.4. Méthodes de recherche heuristique

Des algorithmes génétiques, des algorithmes évolutionnaires et des méthodes de recherche taboue sont utilisés pour explorer efficacement l'espace des solutions et trouver des configurations optimales du tracé.

III.2.5. Optimisation multicritère

Les techniques d'optimisation multicritère permettent de prendre en compte plusieurs objectifs concurrents, tels que la réduction des coûts, l'amélioration de la sécurité et la minimisation des impacts environnementaux, afin de trouver des solutions qui équilibrent ces critères.

III.2.6. Optimisation des coûts et de l'efficacité

L'optimisation d'un tracé routier ne se limite pas aux aspects géométriques, mais comprend également les coûts de construction et d'entretien. Il est important de minimiser les coûts tout

en assurant la qualité et la durabilité de l'infrastructure. Cela peut impliquer des décisions telles que l'utilisation de matériaux locaux, l'optimisation des structures de chaussée, la gestion des eaux pluviales et la réduction des impacts environnementaux. L'analyse du cycle de vie peut également être utilisée pour évaluer les coûts sur le long terme et prendre des décisions optimales.

III.3. Optimisation de la conception de la chaussée

III.3.1. Analyse des contraintes et des performances requises

Dans la conception de la chaussée, il est crucial d'analyser les contraintes spécifiques du projet et les performances requises, telles que la capacité de charge, la résistance au vieillissement, la résistance aux intempéries et la durabilité. Cette analyse permet de déterminer les matériaux et les méthodes de construction les plus appropriés pour optimiser la conception de la chaussée.

III.3.2. Choix des matériaux et dimensionnement

L'optimisation de la conception de la chaussée implique le choix des matériaux de revêtement, de la couche de base et de la sous-couche, en fonction des performances souhaitées et des contraintes budgétaires.

Des méthodes de dimensionnement, telles que le dimensionnement mécanistique-empirique (DME), sont utilisées pour évaluer les épaisseurs nécessaires des différentes couches de la chaussée, en prenant en compte les caractéristiques du trafic et du sol.

III.3.3. Optimisation des techniques de construction

La conception optimale de la chaussée comprend également l'optimisation des techniques de construction pour assurer une mise en œuvre efficace et de haute qualité. Cela peut inclure l'utilisation de méthodes de construction innovantes, l'optimisation des séquences de construction et l'intégration de technologies avancées telles que le contrôle par GPS pour garantir des résultats optimaux.

III.4. Outils d'optimisation du tracé routier et de la conception de la chaussée

III.4.1. Logiciels de CAO spécialisés

Des logiciels tels que AutoCAD Civil 3D, Bentley MXROAD et MicroStation permettent de créer des modèles tridimensionnels du tracé routier, d'effectuer des analyses géométriques et de visualiser les résultats de l'optimisation.

III.4.2. Outils d'analyse et de simulation

Des outils tels que PTV Vissim, VISSIM, et Synchro permettent de simuler le comportement du trafic, d'analyser les performances des tracés routiers et d'optimiser les paramètres de signalisation et de circulation.

III.4.3. Logiciel d'optimisation

Des logiciels tels que Matlab, Simulink et LINGO offrent des fonctionnalités d'optimisation avancées pour résoudre des problèmes complexes de conception de tracé et de chaussée.

III.5. Les avantages de l'optimisation d'un tracé routier et de la conception d'une chaussée

L'optimisation d'un tracé routier et de la conception d'une chaussée routière présente de nombreux avantages. Voici quelques-uns des principaux avantages de ces deux aspects de l'optimisation :

III.5.1. Avantages de l'optimisation du tracé routier

- **Efficacité de la circulation :** L'optimisation du tracé routier permet de créer des itinéraires plus courts, plus directs et plus efficaces, ce qui réduit les temps de trajet, les congestions et les files d'attente.
- **Réduction des coûts :** Un tracé optimisé permet de réduire les coûts d'exploitation, tels que la consommation de carburant et les coûts de maintenance des véhicules, en minimisant les distances parcourues et les temps de trajet.
- **Sécurité accrue :** L'optimisation du tracé routier prend en compte les facteurs de sécurité, tels que la visibilité, les intersections, les zones dangereuses et les virages prononcés, ce qui contribue à réduire les risques d'accidents.
- **Réduction des impacts environnementaux :** Un tracé routier optimisé peut minimiser les impacts sur l'environnement, en évitant les zones sensibles, en préservant les espaces naturels et en réduisant les émissions de gaz à effet de serre.
- **Planification urbaine et développement durable** : L'optimisation du tracé routier peut contribuer à une planification urbaine plus efficace, en favorisant un aménagement harmonieux du territoire et une meilleure intégration des infrastructures de transport dans l'environnement urbain.

III.5.2. Avantages de l'optimisation dans la conception de la chaussée routière

- **Durabilité et résistance accrues :** L'optimisation de la conception de la chaussée vise à créer une infrastructure routière durable, résistante aux charges et aux conditions climatiques, ce qui permet de réduire les coûts d'entretien à long terme.
- **Confort et sécurité des usagers :** Une chaussée optimisée offre une meilleure qualité de roulement, réduisant les vibrations, le bruit et les risques d'accidents liés à des défauts de la chaussée.
- **Gestion des eaux pluviales :** L'optimisation de la conception de la chaussée prend en compte la gestion des eaux pluviales, en favorisant l'infiltration, la collecte et le drainage efficaces, ce qui contribue à prévenir les problèmes d'inondations et de ruissellement.
- **Adaptation aux conditions locales :** L'optimisation permet de prendre en compte les spécificités du sol, du climat et du trafic local, en utilisant des matériaux et des structures adaptés, ce qui prolonge la durée de vie de la chaussée et réduit les interventions d'entretien.
- **Optimisation des coûts :** Une conception de chaussée optimisée permet de réduire les coûts de construction et de maintenance, en utilisant les matériaux et les techniques les plus efficaces et économiques.

En somme, l'optimisation d'un tracé routier et de la conception de la chaussée routière offre des avantages importants en termes d'efficacité, de sécurité, de durabilité.

III.6. Conclusion

L'optimisation dans la réalisation d'un tracé routier et dans la conception de sa chaussée est essentielle pour garantir des infrastructures routières efficaces, sûres et durables. En analysant les contraintes, en choisissant les bons matériaux et les bonnes techniques de construction, et en utilisant des outils d'optimisation appropriés, il est possible de créer des tracés routiers et des chaussées qui répondent aux besoins des usagers de la route tout en optimisant les ressources disponibles. La combinaison de l'expertise des ingénieurs et des avancées technologiques permet d'atteindre des résultats optimaux pour une infrastructure routière de qualité.

Chapitre IV :
Etude de trafic

CHAPITRE IV : Etude de trafic

L'étude du trafic est une étape cruciale lors de la planification d'un projet routier, car elle vise à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route, telles que le volume, la composition, la saturation et l'origine-destination. Cette étude commence par la collecte de données. L'analyse de la circulation sur les différentes artères du réseau routier est nécessaire pour concevoir des plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, ainsi que pour déterminer les dimensions à donner aux routes et évaluer l'utilité des travaux projetés. Les éléments de ces analyses peuvent inclure des statistiques générales, des comptages manuels ou automatiques sur les routes et des enquêtes de circulation portant sur l'origine et la destination des usagers.

IV.1. Types de trafic

Il existe quatre types de trafic :

Le trafic existant : Le trafic existant se réfère à la quantité et aux caractéristiques du trafic routier qui est présent sur une route ou un réseau routier à un moment donné. Il représente la circulation actuelle des véhicules, y compris les voitures, les camions, les motos et les autres moyens de transport utilisant la route.

Le trafic dévié : Il s'agit du trafic qui est attiré vers la nouvelle route aménagée et qui emprunte la déviation de trafic. Il ne s'agit que d'un transfert vers un autre moyen pour atteindre la même destination.

Le trafic induit : Ce trafic est provoqué par deux facteurs. D'une part, il peut résulter de nouveaux déplacements qui sont rendus possibles par l'amélioration de l'infrastructure routière, attirant ainsi des trajets qui n'étaient pas effectués auparavant ou qui étaient dirigés vers d'autres destinations. D'autre part, il peut être causé par une augmentation de la production et des ventes résultant de la réduction des coûts de production et de vente grâce à la facilité d'accès offerte par la nouvelle infrastructure routière.

Le trafic total : C'est le trafic qui circule sur le nouvel aménagement routier et qui est la somme du trafic induit et du trafic dévié.

	23/01/19	24/01/19	25/01/19	26/01/19	27/01/19	28/01/19	29/01/19	Moyenne
TJM (véh)	4036	2307	1861	3383	4205	4362	4209	3480
TJM (véh)	3480							
Tp (véh)	428	242	291	368	436	403	388	
TC (véh)	3916	2176	2037	3419	4074	4168	3812	
THM (véh)	196	115	106	171	208	214	196	
Tc/TJM	83%	79%	80%	83%	82%	81%	81%	
Tp/TJM	09%	09%	11%	09%	09%	08%	08%	
Heure de pointe	16h00-17h00	14h00-15h00	12h00-13h00	15h00-16h00	15h00-16h00	15h00-16h00	13h00-14h00	
Trafic Nuit (TN)	782	593	509	681	922	962	885	762
TN/TJM	17%	21%	20%	17%	18%	19%	19%	19%

Tableau IV.1 : Tableau des résultats de comptage du trafic

Les tableaux provenant du B40 que nous avons utilisé pour la suite de nos calculs :

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite, ou à visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

Tableau IV.2 : Coefficient d'équivalence « P »

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau IV.3 : Coefficient « K1 »

Environnement	E1	E2	E3
Cat 1	1	0.99	0.91
Cat 2	1	0.99	0.95
Cat 3	1	0.99	0.97
Cat 4	1	0.98	0.96
Cat 5	1	0.98	0.96

Tableau IV.4 : Coefficient « K2 »

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3.5	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h

Tableau IV.5 : Capacité théorique « C_{th} »

IV.2. Applications

Selon les résultats des comptages et des prévisions effectués en 2019.

On a les données suivantes :
Le trafic à l'année 2019 TJMA 2019=3480 v/j deux sens confondus.
Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4$ %.
Le pourcentage de poids lourds Z=11 %.
L'année de mise en service : 2026.
La durée de vie estimée est de 20 ans.
Environnement E3 et la catégorie C1.
K1=0.9 et K2=0.91
P=10

- Calcul de TJMA de l'année de mise en service (par sens) :

$TMJA_{2026} = (1+\tau)^n \times TMJA_{2019}$
$= (1+0.04)^7 \times 3480$
$= 4580$ v/j

- Calcul de TJMA de l'année horizon (2045) :

$TMJA_{2046} = (1+\tau)^{20} \times TMJA_{2026}$
$= (1+0.04)^{20} \times 4580$
$= 10036$ v/j

- Calcul des trafics effectifs T_{eff} :

$T_{eff} = [(1- Z) + (P\times Z)] \times TMJA_{2045}$
$= [(1- 0.11) + (10\times 0.11)] \times 10036$
$= 19972$ uvp/h

Avec : P = 10 (route de 2x2 voies et de bonnes caractéristiques E3)

- Calcul du débit Q :

$Q = \frac{1}{n} \times T_{eff}$
$= 0.12 \times 19972$
$= 2397$ uvp/h

Avec $\frac{1}{n}$: est égale à 0.12 (n = 8 heures)

- Calcul du Débit admissible Q_{adm}:

$Q_{adm} = K1\times K2\times C_{th}$
K1: Cœfficient correcteur pris égal à 0.9 pour E3
K2 : Cœfficient correcteur pris égal à 0.91 pour environnent (E3) et catégorie (C1)

Avec : Capacité théorique C_{th} (uvp/h)
Donc on est dans le cas d'une route à chaussées séparées : La capacité d'une chaussée dans ce cas doit être : **1500 < C_{th}< 2000 uvp/h/sens**.
Si on prend **C_{th} = 1800**, le débit horaire admissible sera donc :

Q_{adm} = 0.9 x 0.91 x 1800
= **1475 uvp/h/sens**

Détermination du nombre de voies par sens :
N = S x (Q/Q_{adm})
Avec: S = (2/3)
N = (2/3) x (2397/1475) =1.625 ≈ 2
N= **2 voies /sens**

- Calcul de l'année de saturation de 2x2 voies :
$T_{eff2026}$ = [((1 –z) + (p x z)] x $TJMA_{2026}$
= [(1 – 0.11) + (10x0.11)] x 4580
= 9115 uvp/j

--Q de mise en service:
Q_{2026} = 0, 12 x $T_{eff2026}$
= 1094 uvp/h

-Calcul de Q saturation
Qsat= 4x Qadm = 4x 1475 = **5900 uvp/h/sens**

-Calcul de saturation à horizon:
Q saturation = $(1+ \tau)^n$ x Q mise en service
n = 43 ans

IV.3. Conclusion

En conclusion, l'étude du trafic routier joue un rôle essentiel dans la compréhension des défis auxquels sont confrontés les réseaux routiers. Grâce à une collecte de données précise, une analyse approfondie et l'utilisation de modèles appropriés, il devient possible de prendre des décisions éclairées pour améliorer l'efficacité, la sécurité et la durabilité des déplacements routiers.

Chapitre V :
Etude Avant-Projet Sommaire (APS)

CHAPITRE V : Etude Avant-Projet Sommaire (APS)

V.1. Introduction

L'étude APS (Avant-Projet Sommaire) d'une route est une étape cruciale dans le processus de conception et de planification d'une nouvelle route ou d'une amélioration majeure d'une route existante. Elle vise à définir les grandes lignes du projet et à évaluer sa faisabilité technique, économique et environnementale. L'objectif principal de l'étude APS est de fournir une vision d'ensemble du projet de route, en prenant en compte les besoins et les contraintes spécifiques, afin de guider les décisions futures et d'orienter les étapes ultérieures de l'étude.

Au cours de cette étude, des analyses approfondies sont réalisées pour évaluer les caractéristiques géométriques, les contraintes topographiques, les conditions géotechniques, les aspects environnementaux, les besoins en termes de capacité et de sécurité routière, ainsi que les impacts socio-économiques du projet. Ces évaluations permettent de déterminer les meilleures solutions techniques et les options les plus appropriées pour la réalisation de la route.

L'étude APS implique également une concertation avec les parties prenantes concernées, telles que les autorités locales, les utilisateurs de la route, les experts en environnement et les organismes de réglementation. Cette collaboration permet de prendre en compte les diverses perspectives et de répondre aux besoins de tous les acteurs impliqués.

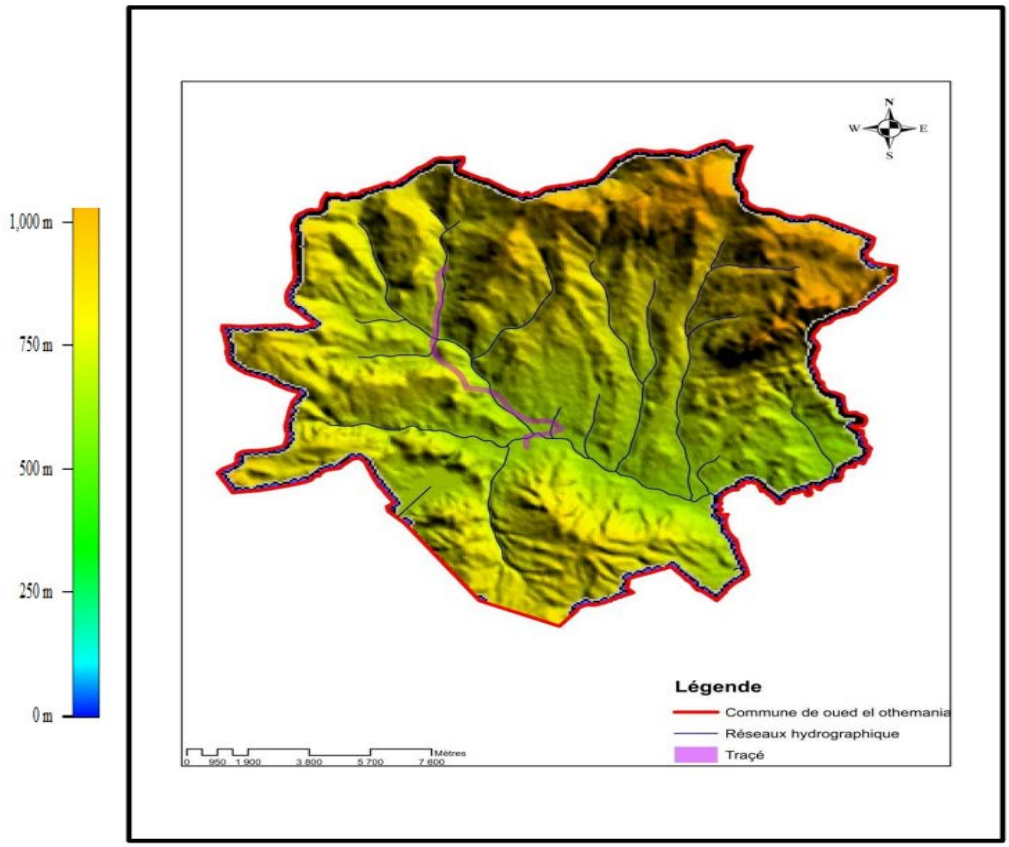


Figure V.I : Vue en 3D de la région d'étude

V.2. Description des variantes

Dans le but de proposer des variantes pour ensuite choisir la plus favorable et ayant un projet de dédoublement de route, les variantes proposées seront jugées sur plusieurs critères, un

tableau de comparaison est ensuite établi pour une comparaison et ce, pour choisir la variante la plus favorable et optimale dans notre cas.

Variante 1 : Dédoublement à droite de la route existante avec un axe débutant du PK 0 au PK 7+756 comme ci-dessous :



Figure V.2 : Axe en plan de la variante 1

Variante 2 : Dédoublement à gauche de la route existante avec une axe débutant du PK 0 au PK 7+970 comme ci-dessous :

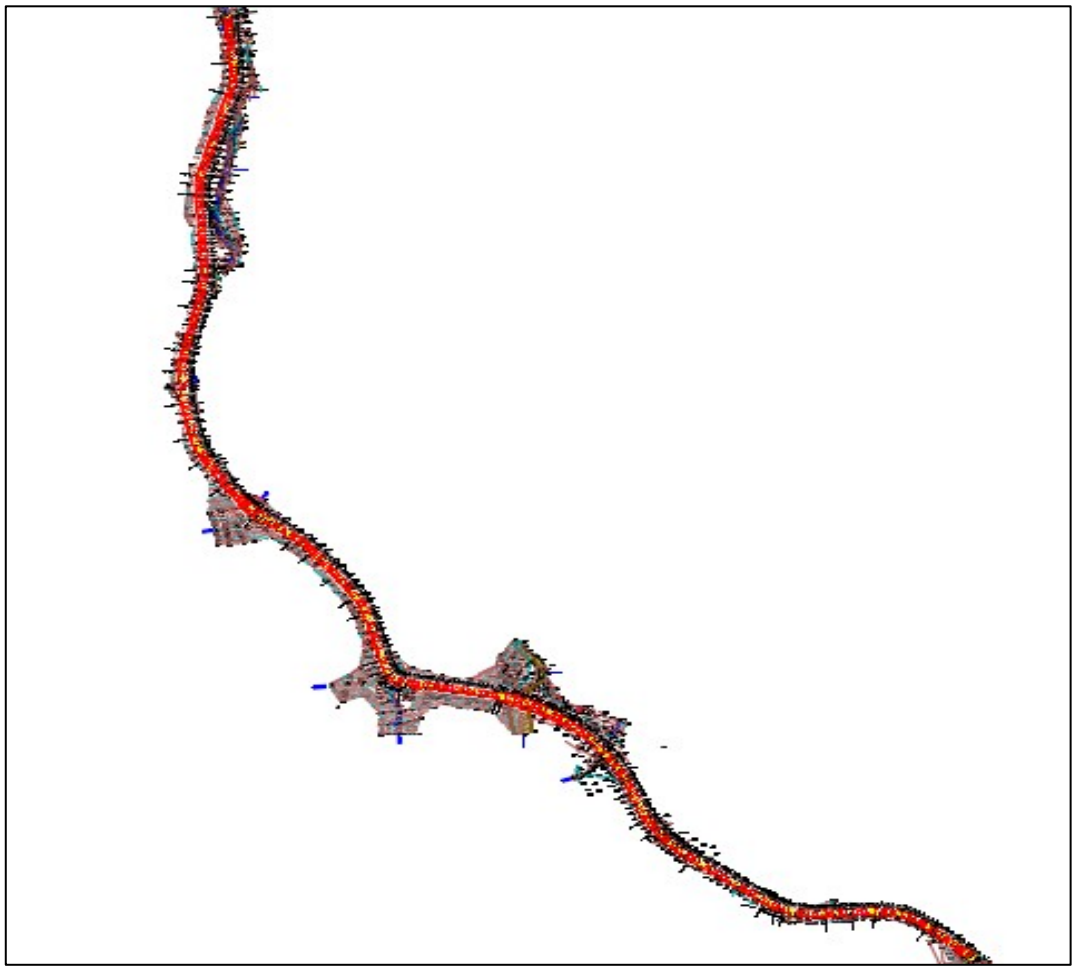


Figure V.3 : Axe en plan de la variante 2

On a pu, à partir du logiciel Google earth pro, déterminer plusieurs contraintes comme suit :

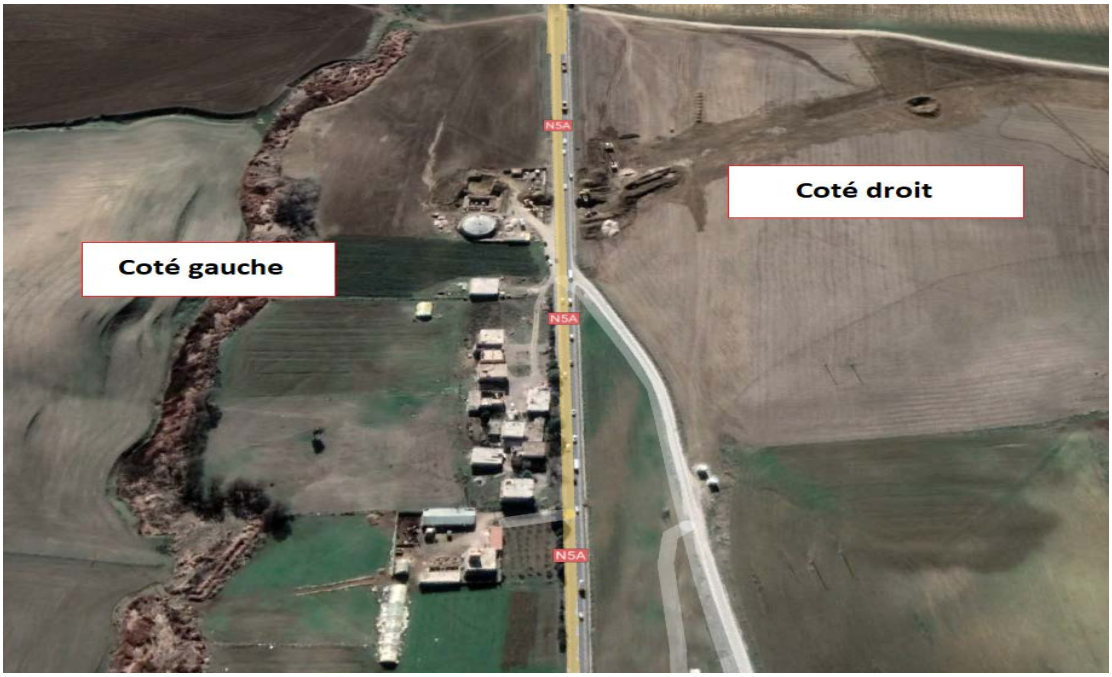


Figure V.4 : Contraintes sur le côté gauche de la route au PK 0+000



Figure V.5 : Contraintes sur le côté gauche de la route au PK 3+060

V.3. Comparaison des variantes

	Variante 1	Variante 2
Longueur totale (m)	7756	7970
Rayon minimal utilisé dans le tracé en plan (m)	500	250
Rayon maximal utilisé dans le tracé en plan (m)	1400	1000
Volume remblais (m3)	92341.71	118305.24
Volume déblais (m3)	156026.66	366664.68

Tableau V.1 : Comparaison des variantes

V.4. Avantages et inconvénients

	Avantages	Inconvénients
Variante 1	- Ne gêne pas l'extension urbaine. - Impacte sur environnement favorable.	Il n'y a pas vraiment d'inconvénient majeur.
Variante 2	- Aucun avantage de plus que l'autre variante à ajouter.	- Volumes de remblais et déblais plus importants. - Passage par des zones urbaines, usine et station d'essence ce qui nécessite des autorisations difficiles d'accès. - Gêne l'extension urbaine.

Tableau V.2 : Avantages et inconvénients de chaque variante

V.5. Conclusion

Suite à la comparaison des deux variantes proposées, on conclut qu'il serait beaucoup plus judicieux d'opter pour la variante 1, qui, selon cette étude, aura une réalisation plus fluide, plus économique avec un impact sur environnement favorable.

Chapitre VI :
Etude géométrique et sécurité

CHAPITRE VI : Étude géométrique et sécurité

VI.1. Sécurité

Les paramètres de base pour l'étude de tracé :
Il est essentiel de comprendre les vitesses pratiquées sur un tracé projeté, car elles jouent un rôle crucial en dehors de la demande de trafic à satisfaire et de l'évolution des caractéristiques géométriques.

VI.1.1. Vitesse de référence des véhicules légers 'VVL' et des véhicules poids lourd 'VPL'

La vitesse de référence des véhicules légers (VVL) sur une section de route est la vitesse utilisée pour déterminer les caractéristiques minimales de conception pour des points spécifiques.

Le respect de ces exigences de vitesse minimale garantit l'homogénéité du tracé.

De même, la vitesse de référence des poids lourds (VPL) sur une section de route est la vitesse utilisée pour définir les caractéristiques limites des rampes.

Le choix de la vitesse de référence dépend de plusieurs facteurs, tels que **le type de route**, l'importance **et la nature du trafic**, **la topographie**, ainsi que **les conditions économiques de réalisation et d'exploitation**.

Environnement / Catégorie		E.1	**E.2**	E.3
Caté.1	V_{VL}	120	100	80
	V_{PL}	40	35	30
Caté.2	V_{VL}	120	**100**	80
	V_{PL}	40	**35**	30
Caté.3	V_{VL}	120	100	80
	V_{PL}	35	30	25
Caté.4	V_{VL}	100	80	60
	V_{PL}	30	25	20
Caté.5	V_{VL}	80	60	40
	V_{PL}	/	/	/

Tableau VI.1 : VVL et VPL en fonction de la catégorie et l'environnement sur B40

VI.1.2. Distance minimale de freinage

On doit donner à un conducteur en cas de freinage d'urgence une distance de visibilité suffisante qui lui permettra de freiner sans qu'il ait un risque de danger.

La distance minimale de freinage « Dmf » est le paramètre fondamental pour déterminer les distances de visibilité dans les virages en plan et dans les courbes verticales du profil en long.

$$\frac{mv^2}{2} = p.f.d0$$

$$\Rightarrow \frac{v^2}{2.g.f} = \frac{v^2}{254.f}$$

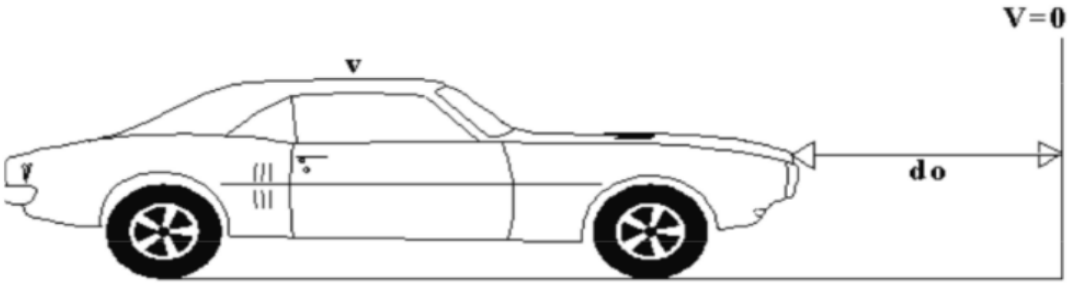


Figure VI.1: Distance de freinage

Dans le cas général, la route est déclive c'est-à-dire elle est en rampe ou en pente Dans ce cas, la formule de d0 :

$$d0 = v^2 / (254\ f \pm i)$$

f : coefficient de frottement longitudinal.

i : déclivité de la route en %

v : vitesse (km/h).

En palier (i=0) on aura :

$d0 = v^2/ 254.f$

En rampe (montée):

$d0 = v^2/ (254.f + i)$

En pente (descente) :

$d0 = v^2/ (254.f - i)$

Le coefficient de frottement longitudinal f varie avec l'état des pneus et l'état de la chaussée comme il peut varier avec la vitesse du véhicule.

Vitesse (km/h)	40	60	80	100	120
Catégorie 1.2	0.45	0.42	0.39	**0.36**	0.33
Catégorie 3.4.5	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36

Tableau VI.2 : Coefficient de frottement longitudinal f en fonction de la vitesse (B40)

VI.1.3. Distance d'arrêt

Le temps de perception-réaction, noté t_p, est une mesure du temps nécessaire pour percevoir un stimulus et réagir en conséquence. Selon les normes, ce temps est divisé en deux parties :

- Le temps physiologique moyen représente la durée pendant laquelle les informations sont transmises de l'œil au cerveau, qui ensuite donne l'ordre d'agir. Ce temps moyen est compris entre 1,3 et 1,5 seconde.

- Le temps mort mécanique correspond au temps nécessaire pour que les freins soient actionnés, soit 0,5 seconde.

Le temps de perception à une vitesse de 80 km/h dans un environnement E3 catégorie C1 :

t_p= 1.8s

VI.1.4. Distance d'arrêt en alignement droit

La distance de visibilité d'arrêt correspond à la distance requise pour qu'un véhicule puisse s'arrêter en présence d'un obstacle potentiel. Cette distance est obtenue en additionnant deux distances :

- **Obstacles immobiles :**

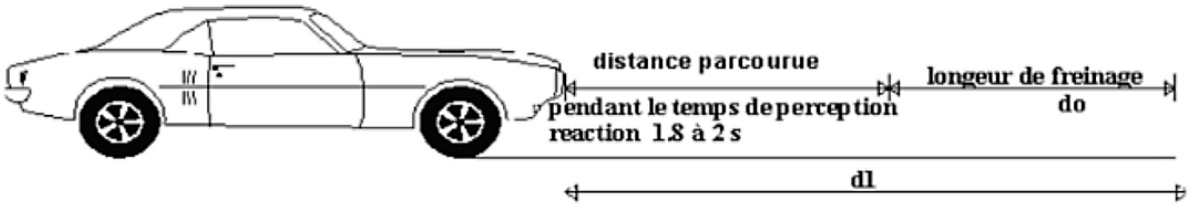


Figure VI.2 : Obstacle immobile.

La distance d'arrêt d1 est égale à la somme de :

- La distance de freinage d0 .

- La distance parcourue pendant le temps de perception-réaction.

$$\Rightarrow d1 = d0 + \frac{v}{3.6} \times t_p$$

Avec :

t_p : temps de perception –réaction.

d0 : distance de freinage.

v : vitesse de référence.

Donc on aura :

- $d1 = \frac{v^2}{254\,f \pm i} + 0.5\,v$ pour $v \geq 100km/h$

- $d1 = \frac{v^2}{254\,f \pm i} + 0.55\,v$ pour $v < 100km/h$

- **Obstacles mobiles :**

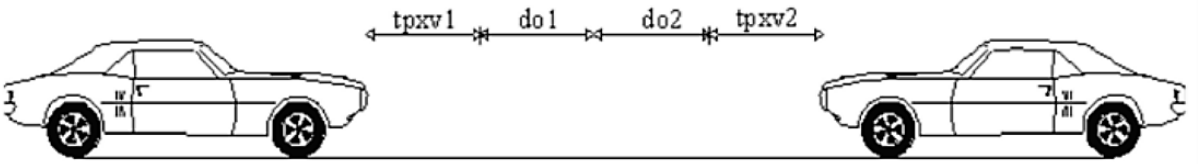


Figure VI.3 : Obstacle mobile

- d2 = $\frac{v^2}{254\,f \pm i}$ + 0.5 x v1 + $\frac{2v^2}{254\,f \pm i}$ + 0.5 x v2 pour v ≥ 100km/h.

- d2 = $\frac{v^2}{254\,f \pm i}$ + 0.55 x v1 + $\frac{2v^2}{254\,f \pm i}$ + 0.55 x v2 pour v < 100km/h.

Si v1=v2=v , On a :

- d2= $\frac{v^2}{127\,f \pm i}$ + v pour v ≥ 100km/h.

- d2= $\frac{v^2}{127\,f \pm i}$ + 1.1 x v pour v < 100km/h.

Avec :

v : vitesse de référence (km/h)

f : coefficient de frottement longitudinal

i : devers

VI.1.1.5. Distance de visibilité de dépassement et de manœuvre

Selon la norme B40 on distingue deux distances de visibilités de dépassement servant de base aux calculs de la géométrie des routes à voies de dépassements.

Distance de visibilité de dépassement minimal 'Ddmin' :

La distance de visibilité de dépassement est égale au double de la distance parcourue par un véhicule rapide pendant la durée de dépassement.

Vitesse (km/h)	40	60	80	100	120
Ddmin (m)	150	250	325	**425**	550

Tableau VI.3 : Variations des « Ddmin » en fonction de la vitesse(B40)

Distance de visibilité de manœuvre de dépassement :

La distance de manœuvre de dépassement sert à calculer le rayon minimal de courbure du profil en long au sommet.

Vitesse (km/h)	40	60	80	**100**	120
Dmd (m)	70	120	200	**300**	425

Tableau VI.4 : Valeurs de « Dmd » en mètre en fonction de la vitesse selon B40

VI.1.1.6. Distance de sécurité

La distance de sécurité entre deux véhicules correspond à l'espace requis pour éviter une collision lorsque le premier véhicule freine au maximum. Elle est mesurée lorsque les deux véhicules circulent dans la même direction, sur la même voie et à la même vitesse.

$$Ds = v \times \frac{tp}{3.6} + L$$

Avec :
tp : temps perception réaction (sec).
V : vitesse de véhicule (Km/h). (Même vitesse).
L : Longueur de véhicule en moyenne (8m).

VI.1.7. Application au projet

Sur le **Tableau VI.1** : Catégorie 1 ; Environnement (E3)
VVL=80Km/h
VPL=30 Km/h

Distance de freinage :
On a catégorie 1;
vitesse = 80 km/h ;
f = 0.39 sur Tableau VI.2

Donc en remplace dans la formule :
$d0 = \frac{v^2}{254\,f} = \frac{80^2}{254x0.39} = 65m$

Distance d'arrêt en alignement droit :
Obstacle immobile :
v= 80 km/h, d0= 65 m et tp = 2s.
$d1 = d0 + v \times \frac{tp}{3.6} = 65 + 80 \times \frac{2}{3.6} = 105m$

Obstacle mobile :
d2= v^2 / 127 f + v x 1.1 = (80^2/ 127 x 0.39) + (80 x 1.1) = 218m

Distance de visibilité de dépassement minimale :
Sur le Tableau VI.3 : Ddmin = 325m

Distance de visibilité de manœuvre de dépassement « Dmd » :
Sur le Tableau VI.4 : Dmd = 200m

Distances de sécurité entre deux véhicules (Ds) :
L=8m (longueur de véhicule en moyenne (8m)).
tp =1.8s (temps perception réaction (sec).
V=80 Km/h (vitesse de véhicule (Km/h)).

$$Ds = v \times \frac{tp}{3.6} + L = 80 \times \frac{2}{3.6} + 8 = 12m$$

VI.2. Tracé en plan

VI.2.1. Introduction

Le tracé en plan d'une route est créé en projetant tous les points de la route sur un plan horizontal. Il est généralement composé d'une séquence de segments droits et d'arcs reliés par des courbes de raccordement progressif. Ce tracé est défini par une vitesse de référence à partir de laquelle les caractéristiques géométriques de la route peuvent être déterminées. L'objectif principal du tracé en plan d'une route est d'assurer une sécurité optimale.

VI.2.2. Règles respectées dans le tracé en plan

Voici les règles respectées lors du tracé en plan :
-Application des normes du B40 le plus fidèlement possible.

-Dans la mesure du possible, éviter de passer sur des terrains agricoles.

-Éviter de traverser des oueds afin de limiter la construction d'ouvrages d'art pour des raisons économiques.

-Adapter le tracé autant que possible au terrain naturel.

-Utiliser des rayons larges si les conditions du terrain le permettent.

-Respecter la cote des plus hautes eaux.

-Respecter la pente maximale et suivre autant que possible une même courbe de niveau.

-Respect de la longueur minimale des alignements droits.

-Raccordement aux réseaux existants.

-l'inscription dans le couloir choisi pour la route.

-Évitement des sites sujets à des problèmes géologiques.

-La longueur totale des alignements droits ne dépasse pas 60 % de la longueur totale du trajet.

-En présence de lignes électriques aériennes, prévention d'une hauteur minimale de 10 mètres.

VI.2.3. Les alignements droits

Bien que la ligne droite soit le tracé géométrique le plus simple, son utilisation dans la conception des routes est limitée. Cela s'explique par plusieurs inconvénients, tels que :

-Éblouissement prolongé des phares la nuit.

-Difficultés de conduite.

-Mauvaise adaptation de la route au paysage.

-Difficultés à estimer les distances entre les véhicules éloignés.

-Cependant, il existe des cas exceptionnels où l'utilisation d'alignements est justifiée, par

Il existe des **règles** concernant la longueur des alignements, qui dépendent également de **la vitesse de base**, de **la durée du tronçon rectiligne**, des **sinuosités précédentes et suivantes**, ainsi que du **rayon de courbure de ces sinuosités**.

Une longueur minimale d'alignement, notée **Lmin**, doit être respectée entre deux courbes circulaires de même sens. Cette longueur est déterminée en calculant la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale autorisée par le rayon le plus grand parmi les deux arcs de cercle.

De même, une longueur maximale d'alignement, notée **Lmax,** est établie en prenant en compte la distance parcourue pendant soixante (60) secondes.

Leurs formules respectives :

$$\textbf{Lmin} = 5 \times \frac{Vr}{3.6} \quad ; \quad \textbf{Lmax} = 60 \times \frac{Vr}{3.6}$$

Vr : vitesse de référence en km/h.

VI.2.4. Les arcs de cercle

Les éléments qui sont pris en compte pour limiter les courbures sont :

- La stabilité, afin de faire face à la force centrifuge exercée par les véhicules circulant à grande vitesse.
- La visibilité dans les courbes.
- L'adaptation des véhicules longs aux courbes de faible rayon.

Dans ce but, on s'est efforcé de choisir des rayons aussi grands que possible pour éviter de descendre en dessous du rayon minimum requis.

VI.2.6. Les rayons

Les rayons RHmin , RHn , RHd et RHnd utilisés lors de notre étude sont listés dans le tableau ci-dessous:

	Symbole	E1			E2			E3		
Catégorie 1-2	V_b (km/h)	**120**	**100**	**80**	**100**	**80**	**60**	**80**	**60**	**40**
-mini absolu	RHm (7%)	650	450	250	450	250	125	250	125	50
-mini normal	RHn (5%)	1000	650	450	650	450	250	450	250	125
-au d.min	RHd (2.5%)	2200	1600	1000	1600	1000	550	1000	550	250
-non déversé	RHnd (-2.5%)	3200	2200	1400	2200	1400	800	1400	800	350
Catégorie 3	V_b (km/h)	**120**	**100**	**80**	**100**	**80**	**60**	**80**	**60**	**40**
-mini absolu	RHm	600 (8%)	375 (8%)	220 (8%)	375 (8%)	220 (8%)	115 (8%)	230 (8%)	115 (8%)	40 (8%)
-mini normal	RHn	850 (6%)	600 (6%)	375 (6%)	600 (6%)	375 (6%)	220 (6%)	400 (6%)	230 (6%)	115 (6%)
-au d.min	RHd (3%)	1900 (3%)	1300 (3%)	800 (3%)	1300 (3%)	800 (3%)	450 (3%)	800 (3%)	450 (3%)	200 (3%)
-non déversé	RHnd (-3%)	2800 (-3%	2000 (-3%	1200 (-3%	2000 (-3%	1200 (-3%	700 (-3%	1200 (-3%	700 (-3%	300 (-3%
Catégorie 4	V_b (km/h)	**100**	**80**	**60**	**80**	**60**	**40**	**60**	**40**	
-mini absolu	RHm	375 (8%)	220 (8%)	115 (8%)	220 (8%)	115 (8%)	40 (7%)	115 (8%)	40 (7%)	- -
-mini normal	RHn	600 (6%)	375 (6%)	220 (6%)	375 (6%)	220 (6%)	115 (5%)	230 (6%)	115 (5%)	- -
-au d.min	RHd (3%)	1300 (3%)	800 (3%)	450 (3%)	800 (3%)	450 (3%)	200 (3%)	450 (3%)	200 (3%)	- -
-non déversé	RHnd (-3%)	1750 (-3%	1100 (-3%	650 (-3%	1100 (-3%	650 (-3%	280 (-3%	650 (-3%	280 (-3%	- -
Catégorie 5	V_b (km/h)	**80**	**60**	**40**	**60**	**40**	**-**	**40**	**-**	**-**
-mini absolu	RHm	210	105	40	105	40	-	40	-	-
-mini normal	RHn	350	210	105	210	105	-	105	-	-
-au d.min	RHd (3%)	800	450	200	450	200	-	200	-	-
-non déversé	RHnd (-3%)	1100	650	280	650	280	-	280	-	-

Tableau VI.6 : Rayon en plan et dévers associés (b40)

Règles appliquées lors de l'utilisation des rayons en plan:

- Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm, on a utilisé autant que possible des valeurs de rayon ≥ à RHN
- Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en 1/R arrondi à 0,5% près.

C'est -à- dire que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant.

Si :

RHm < R < RHN ⇒

$$d = d_{max} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm}\right) \frac{d_{max} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHN}}$$

- Les rayons compris entre RHd et RHnd sont en dévers minimal dmin.
- Les rayons supérieurs à RHnd peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.
- Un rayon RHm doit être encadré par des RHn.

En réalité, les distances devraient être mesurées en fonction de l'arc de trajectoire, mais dans un souci de simplification (conformément à la norme), on admet généralement qu'elles sont mesurées le long de la corde de l'arc.

VI.2.7. Les courbes de raccordement

Lorsqu'il s'agit de relier une ligne droite à une courbe circulaire, il est nécessaire d'utiliser des transitions courbées progressives qui permettent d'introduire progressivement le dévers tout en assurant le confort et la sécurité. La méthode de transition courbée la plus couramment utilisée est la Clothoïde, en raison de ses caractéristiques telles que l'augmentation linéaire des courbures. Cette courbe assure une apparence satisfaisante de la voie, notamment dans les zones où le dévers varie (condition de gauchissement), et permet l'introduction progressive du dévers et de la courbure de manière à respecter les critères de stabilité et de confort dynamique, qui sont limités par unité de temps de variation de la sollicitation transversale des véhicules.

VI.2.7.1. Visibilité en courbe

Pour garantir une visibilité suffisante au conducteur d'un véhicule lorsqu'il aborde un virage sur une route en tranchée, une construction ou une forêt peuvent masquer le côté intérieur de la courbe en raison du talus du déblai. Afin de remédier à cette situation, il sera nécessaire de reculer le talus ou de supprimer les obstacles sur une certaine largeur à définir.

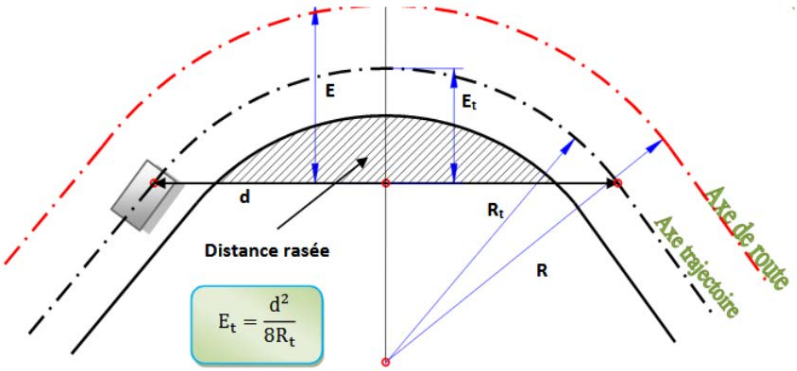


Figure VI.4. Zone de dérasement

Avec :

d : longueur de visibilité = Md (chaussée bidirectionnel).

Rt = **R** –2.50**m** d = d1(chaussée unidirectionnel).

E = **Et**+2.50m

VI.2.7.2. Rôle des courbes de raccordement

Les courbes de raccordement sont utilisées pour répondre à quatre conditions essentielles :

-Assurer la stabilité transversale du véhicule.

-Offrir un confort optimal aux passagers du véhicule.

-Permettre une transition harmonieuse de la forme de la chaussée.

-Offrir un tracé élégant, fluide et esthétiquement satisfaisant sur le plan visuel.

VI.2.7.3. La clothoïde

La courbe de raccordement utilisée dans le projet est la clothoïde, elle est caractérisée par une courbure variable le long de sa longueur, ce qui en fait une transition en douceur entre deux courbes de rayons différents. La clothoïde est souvent utilisée pour réaliser des transitions entre les sections droites d'une route et les virages, permettant ainsi aux conducteurs de s'adapter progressivement aux changements de direction plutôt que de subir des variations abruptes de courbure.

L'équation caractéristique est donnée par : **$A^2 = R.L$**

VI.2.7.4. Les conditions de raccordement

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour répondre aux conditions suivantes :

<u>Conditions de confort optique :</u>

Cette condition permet d'assurer à l'usager une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels. L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.

- **$R \leq 1500$ m ; $\Delta R = 0.5m \approx 1m$** **$L = \sqrt{24R\Delta R}$**
- **$1500 < R \leq 5000$ m** **$L = R/9$**
- **$R > 5000$m** **$L = 7.75\sqrt{R}$**

Conditions de confort dynamique :
La condition consiste à limiter la variation de l'accélération transversale par unité de temps pendant la durée Δt du parcours du raccordement.

$$L = \frac{V_B^{\,2}}{18}\left(\frac{V_B^{\,2}}{127 \times R} - \Delta d\right)$$

VB : vitesse de base (km/h). **R :** rayon en (m).
Δd: variation de dévers.

Conditions de gauchissement :
L'objectif de cette condition est de garantir une apparence satisfaisante de la voie, notamment dans les zones où le dévers varie. Elle est appliquée par rapport à l'axe de la voie.

$$L \geq l.\ \Delta d.VR$$

L : Longueur de raccordement.
l : Largeur de la chaussée.
Δd : Variation de dévers.

VI.2.8. Paramètres fondamentaux

D'après le règlement des normes algériennes B40, pour un environnement E3, catégorie C1, et vitesse de base VB = 80km/h, on définit les paramètres suivants :

Paramètre	Symboles	Valeurs	Unités
Vitesse de Base	VB	80	Km/h
Longueur minimale	Lmin	111	m
Longueur maximale	Lmax	1333	m
Devers minimal	Dmin	2.5	%
Devers maximal	Dmax	7	%
Temps de perception	Tl	1.8	S
Frottement longitudinal	fl.	0.39	–
Frottement transversal	ft	0.13	–
Distance de freinage	d0	65	m
Distance d'arrêt	d1	105	m
Distance de visibilité de dépassement minimale	dm	325	m
Distance de visibilité de dépassement normale	dn	500	m
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	dmd	200	m
RHm	RHm	250 (7%)	m (%)
RHn	RHn	450 (5%)	m (%)
RHd	RHd	1000 (2.5%)	m (%)
RHnd	RHnd	1400 (-2.5%)	m (%)
Condition de Confort optique	Cop	77	m
Condition de Confort dynamique	Cdyn	33	m
Condition de gauchissement	Cg	106	m

Tableau VI.8 : Récapitulatif des valeurs des caractéristiques minimales

VI.3. Profil en long

Le profil en long est une représentation graphique de l'axe de la route projeté sur un plan vertical, dessiné à une échelle donnée. Son objectif principal est d'assurer une continuité spatiale de la route pour le conducteur, lui permettant d'anticiper les variations de trajectoire et de bien percevoir les points importants.

Le profil en long est composé de deux éléments géométriques : des segments de lignes droites indiquant les pentes et les rampes, ainsi que des transitions verticales en forme de courbes (convexes et concaves).

VI.3.1. Règles respectées dans le profil en long

Parmi les règles qu'il a fallu tenir en compte pour ce tracé on peut citer :
- Assurer la visibilité pour les Rayon en angle saillant (ou convexe).
- Assurer le confort pour les Rayon en angle rentrant (ou concave).
- Ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les règlements.
- Minimiser les terrassements, en cherchant l'équilibre entre le volume de remblais et de déblais.
- Respect de la valeur maximale et minimale des pentes et rampes.
- Assurer l'écoulement et l'évacuation des eaux de ruissellement de la chaussée tout le long du tracé.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Eviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.

VI.3.2. Les alignements

Les alignements sont des segments droits de la route qui sont caractérisés par leurs déclivités. La déclivité d'une route est définie par la tangente de l'angle formé entre la ligne du profil en long du projet et l'horizontale. On utilise le terme "pente" pour les descentes et "rampe" pour les montées.

Il existe des limites à respecter pour la **déclivité maximale** en raison de plusieurs causes Tout d'abord, une pente trop abrupte peut réduire la vitesse et augmenter les coûts de circulation. C'est le cas des rampes maximales. De plus, une déclivité excessive peut entraîner une usure prématurée des pneumatiques en raison de l'effort de freinage important des poids lourds, ce qui est préjudiciable à la sécurité routière. La déclivité maximale dépend de facteurs tels que les conditions d'adhérence, la vitesse maximale des poids lourds et les considérations économiques.

D'autre part, il est également important de prendre en compte une **déclivité minimale**. Dans les zones où le terrain est plat, la pente de la route ne doit pas être inférieure à 0,5% et de préférence 1% si possible. Cela permet d'assurer un écoulement efficace des eaux de pluie le long de la chaussée.

VI.3.3. Normes géométriques adoptées

D'après le règlement des normes algériennes B40,on définit les paramètres suivants :

		symbole	unité	valeurs
Vitesse de base		V_B	Km/h	80
Profil En Long	Déclivité maximale	d max	%	0.5
	Déclivité minimale	d min	%	6
	Rayon en angle Saillant	Rvm	m	2500
		Rvn	m	6000
	Rayon en angle Rentrant	R'vm	m	2400
		R'vn	m	3000

TableauVI.9 : Normes géométriques adoptées

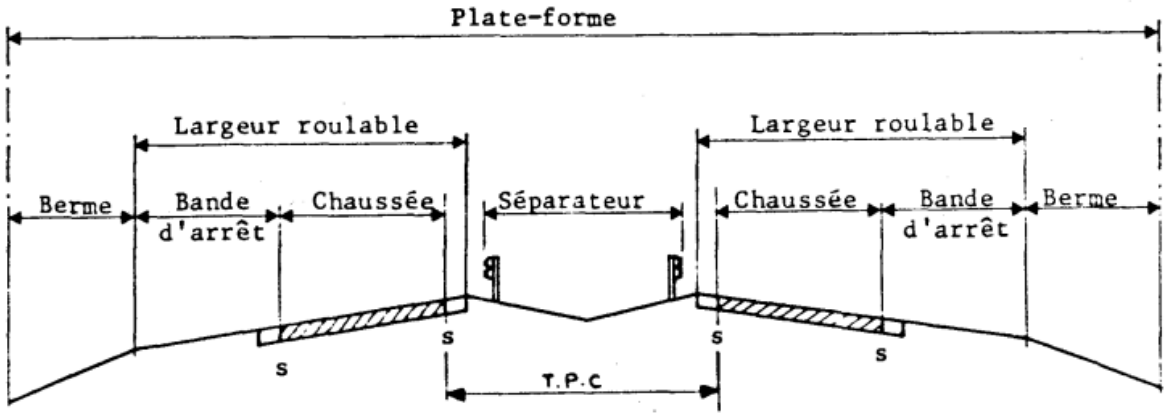
VI.3.4. Description du profil en long

Le profil en long est constitué de 37 éléments dont 9 sont des droites, 11 sont des arcs et 17 éléments sont des clothoïdes.
La longueur totale du tracé est de **7756 m.**
La longueur des déclivités est de **4392.4m.**
La longueur des alignements droits représente environ **28%** du linéaire du tracé.

VI.4. Profil en travers

VI.4.1. Introduction

Le profil en travers est un élément essentiel de l'ingénierie des routes. Il représente une coupe transversale de l'emprise de la route, montrant les différentes caractéristiques et dimensions de la construction. Cette représentation graphique est utilisée pour visualiser les variations d'altitude, les pentes, les dénivelés, les courbes, ainsi que les différents éléments de la chaussée ou de la plateforme.



FigureVI.5. Eléments constitutifs de la plate-forme (deux chaussées unidirectionnelles)

VI.4.2. Types de profils en travers

Il existe deux types de profil en travers :

a) Le profil en travers type : C'est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (en remblais, déblais ou mixte).

b) Le profil en travers courant : Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières (10, 15, 20,25 m…) qui nous permettent de calculer les cubatures.

Conformément aux normes du B40, on présente les largeurs des éléments du profil en travers et les valeurs des devers :

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale (m)
Voie de circulation 2.2	3.5	4	14
Terre-plein centrale	1	2	2
-Bande de guidage BG	0.5	2	2
-Bande médiane BM	1	1	2
Accotement	2.5	2	5
-Bande dérasée droite BDD	1.5	2	3
-Berme	0.5	2	1
Bande dérasée de gauche BDG	1	2	2
Total	23m		

Tableau VI.10. : Valeurs de largeur des éléments du profil en travers

VI.4.3. Récapitulatif des devers

Chaussée	**2.5% vers l'extérieur**
Bande de guidage BG	**Identique à la chaussée**
Accotement :	
Bande dérasée droite BDD	**4% vers l'extérieur**
Berme	**8% vers l'extérieur**
Dévers en courbe	
Chaussée	**7% maximum**
Bande de guidage BG	**Identique à la chaussée**
Accotement	**Identique à la chaussée**

Tableau VI.11 : Variations des déver

VI.5. Conclusion

La conception précise de la géométrie routière est essentielle pour assurer la sécurité, l'efficacité et le confort des usagers de la route. Des aspects tels que les profils en long et en travers, les rayons de courbure, les pentes, les intersections et les ronds-points ont été soigneusement analysés et intégrés dans la conception pour garantir une circulation fluide et sécurisée. La prise en compte des normes et des meilleures pratiques de conception routière, ainsi qu'une évaluation minutieuse des contraintes environnementales et des conditions géologiques, ont contribué à la réalisation d'un projet de dédoublement de la route réussi, répondant aux besoins des usagers tout en respectant les exigences de sécurité et d'efficacité.

Chapitre VII :
Etude géotechnique / géologique

CHAPITRE VII : Etude géotechnique / géologique

VII.1. Introduction

La géotechnique routière est une discipline scientifique qui se concentre sur l'étude des propriétés physiques des roches et des sols qui servent de fondation à la chaussée. Elle vise à comprendre les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de diverses natures soumises aux forces extérieures et intérieures. Pour cela, elle doit localiser les différentes couches, fournir des informations sur chacune d'entre elles, ainsi que sur les caractéristiques mécaniques et physiques de chaque sol.

Lors de la mise en œuvre d'un projet routier, il est essentiel de bien connaître les terrains traversés, ce qui nécessite des investigations géotechniques approfondies.
Les éléments obtenus lors de cette phase du travail vont permettre de répondre aux points suivants :
-La nature du terrain ainsi que les caractéristiques géo-mécaniques fondamentales.
-Q<W Les terrains seront classés selon les classifications GTR.
-La localisation et l'étude détaillée des zones à faible portance (zones marécageuses.)
-La détermination de zones de déblais, à réutiliser en remblais ;
-La détermination de sols à rejeter (mis en dépôt), ainsi que l'emplacement de zones de dépôts
-La détermination de travaux, au niveau des assiettes de remblais et arases des déblais.

VII.1.2. Caractéristiques générales du projet

Le projet est situé entre la station de traitement des eaux et barrage réservoir de O-Athmania et et Autoroute est-ouest, voici une carte délimitant le réseau routier dans la wilaya :



Figure VII.1 : Carte réseau routier de la wilaya de Mila

VII.1.3. Reconnaissance géotechnique

Le Bureau d'études S.E.T.S de Sétif a réalisé le programme de reconnaissance qui impliquait la création de puits à ciel ouvert aux emplacements spécifiés sur le tracé en plan. Un total de dix (10) puits ont été excavés à l'aide d'une pelle mécanique, avec une profondeur variable de 1 à 2 mètres. Des échantillons de sol de différentes natures ont été prélevés dans chaque puits.

VII.1.3.1. Description des sols rencontrés

Puits 1 PK 0+200.08 :
0.0 – 0.4m : terre végétale
0.4 – 1.0m : argile
1.0 – 2.0m : limon argileux encroutée



Figure VII.2 : Puits 1 PK 0+200.08 (limon argileux, surmonté par une terre végétale)

Puits 2 PK 1+377.72 :
0.0 – 0.4m : terre végétale
0.4 – 2.0m : argile



Figure VII.3 : Puits 2 PK 1+377.72 (Argile limoneuse, surmonté par terre végétale)

Puits 3 PK 2+468.46 :
0.0 – 0.4m : terre végétale
0.4 – 0.8m : limon graveleux
0.8 – 2.0m : argile limoneuse



Figure VII.4 : Puits 3 PK 2+468.46 (Argile limoneuse peu graveleuse, surmonté d'une couche de terre végétale)

Puits 4 PK 3+490.71 :
0.0 – 0.6m : terre végétale
0.6 – 2.0m : argile marneuse



Figure VII.5 : Puits 4 PK 3+490.71 (Argile marneuse jaunâtre, surmonté par terre végétale)

Puits 5 PK 4+565.18 :
0.00 – 2.0m : argile limoneuse



Figure VII.6 : Puits 5 PK 4+565.18 (Argile limoneuse noirâtre, surmonté par une décharge)

Puits 6 PK 6+056.57 :
0.00 – 0.4m : terre végétale
0.4 – 2.0m : limon argileux



Figure VII.7 : Puits 6 PK 6+056.57 (limon argileux avec la présence d'eau à une profondeur de 1.8m, surmonté d'une couche de terre végétale)

Puits 7 PK 7+407.56 :
0.0 – 0.20m : terre végétale
0.2 – 1.2m : limon graveleux
1.2 – 2.0m : tuf



Figure VII.8 : Puits 7 PK 7+407.56 (limon graveleux l'ensemble est recouvert par terre végétale)

Puits 8 PK 8+511.66:
0.0 – 0.4m : terre végétale
0.4 – 2.0m : argile



Figure VII.9.Puits 8 PK 8+511.66 (Argile limoneuse, surmonté par terre végétale)

Les puits de reconnaissance ont mis en évidence la présence des formations géologiques suivantes :
-Au niveau de K 01, 02, 05,08 : on note la présence d'une formation argile limoneuse surmontée d'une couche de terre végétale d'épaisseur variant entre 0.40m à 2.00m.
-Au droit de K 03, 07: le sous-sol est constitué d'une formation de limon graveleux surmonté d'une couche de terre végétale d'épaisseur atteignant 1.00m.
-Au niveau de K04 : on note la présence d'une formation d'argile marneuse surmontée d'une couche de terre végétale d'épaisseur variant entre 0.40m à 2.00m.
-Au droit de K 06: le sous-sol est constitué d'une formation limon argileux surmonté d'une couche de terre végétale d'épaisseur atteignant 0.40m à 2.00m

VII.1.4.Les différents essais en laboratoire

VII.1.4.1. Programme des essais

Les essais réalisés en laboratoire pour les échantillons prélevés de ce projet sont :
-Teneur en eau naturelle (NF P 94-050)
-Analyse granulométrique par tamisage mécanique. (NF P 94-056)
- Limite d'Atterberg (NF P 94-051)
-Essai Modifié (NF P 94-093)
-Essai CBR imbibé (NF P 94-078)

VII.1.4.2. Caractéristiques physiques des sols

Teneur en eau

La teneur en eau d'un granulat ou d'un sol est le pourcentage d'eau (en masse) par rapport au matériau sec.
Selon l'argile qui se tient en profondeur 1 m où en surface, elle va du simple au double, c'est-à-dire dans une plage de variation de 15 à 32%. La valeur élevée est, tout à fait évidente, due à cette période hivernale de prélèvement.

Plasticité

La plasticité d'un sol est appréhendée par la méthode classique de limite de liquidité et de plasticité. Cet essai exécuté selon le mode opératoire permet de déduire la teneur en eau dite de liquidité (Wl), et l'indice de plasticité (Ip) Sur les échantillons testés, les valeurs des trois paramètres varient ainsi :
Wl =43 à 70
IP=16 à 30

Un tel seuil de la valeur IP indique que les sols sont moyennement à peu plastiques.

Analyse granulométrique

C'est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur. L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes.

L'analyse granulométrique fait ressortir un sol composé essentiellement de fines (inférieurs à 80 u), soit un taux supérieur à 30%.

On présente les résultats dans le tableau VII.1 :

Point kilométrique	Pourcentage des éléments inférieurs à 80µ	Pourcentage des éléments < 2mm	Type de sol
K1 (PK 0+200.08)	84% - 98%	≤ 100%	Sables fins argileux, limons, argiles et marne peu plastiques (A2h, A2th)
K2 (PK 1+377.72)	84% - 98%	≤ 100%	Sables fins argileux, limons, argiles et marne peu plastiques (A2h, A2th)
K3 (PK 2+468.46)	84% - 98%	≤ 100%	Sables fins argileux, limons, argiles et marne peu plastiques (A2h, A2th)
K4 (PK 3+490.71)	88.23%	99%	Argiles et argiles marneuses, très plastiques (A3h)
K5 (PK 4+565.18)	84% - 98%	≤ 100%	Sables fins argileux, limons, argiles et marne peu plastiques (A2h, A2th)
K6 (PK 6+056.57)	84% - 98%	≤ 100%	Sables fins argileux, limons, argiles et marne peu plastiques (A2h, A2th)
K7 (PK 7+407.56)	44.31%	66%	Sables et graves, argileux à très argileux (A2h)
K8 (PK 8+511.66)	84% - 98%	≤ 100%	Sables fins argileux, limons, argiles et marne peu plastiques (A2h, A2th)

Tableau VII.1 : Tableau des résultats de l'analyse granulométrique

VII.1.4.3. Caractéristiques mécaniques

Par caractéristiques mécaniques, on entend les caractéristiques de compactage et la portance des sols.
Ainsi, ont été effectués les essais Proctor Modifié et CBR {95% de l'OPM sur le sol support).

Essai Proctor modifié

Il sert à déterminer le γd maximum et la teneur en eau optimale des matériaux.

Γd = 1.57 à 1.74 t/m^3
W% = 12 à 20 %

Essais de Poinçonnement CBR

La détermination d'indice portant des sols par dimensionnement de la chaussée sera effectuée à partir d'essais de poinçonnement CBR.

Les essais seront élaborés par poiçonnement de 3 échantillons moulés, aux valeurs proches de celles obtenues lors des essais Proctor.

Essai CBR à **95% OPM < 1**

VII.1.5. Classification des sols support

Nous avons employé la méthode de classification appelée « GTR » pour classifier les sols. Selon cette méthode, les sols que nous avons analysés ont été classés dans les catégories suivantes :

Puits	Wn %	Granularité			Argilosité		OPN		I.CBR	Class GTR
		Dmax	%2mm	80µ	LL%	IP%	γd (T/m³)	W%		
K1	17.65	≤50mm	99 %	91.98 %	46.44	16.52	1.8	14.6	0.43	A_2h
K2	24.97	≤50mm	99 %	83.91 %	50.86	17.14	1.74	15.9	0.54	A_2th
K 3	25.88	≤50mm	100%	93.91 %	54.6	18.8	1.66	17.0	0.35	A_2th
K4	26.31	≤50mm	99 %	88.23 %	70.5	30.19	1.71	20.7	< 1	A_3h
K5	23.04	≤50mm	95 %	85.55 %	54.44	21.52	1.7	16.7	0.25	A_2th
K6	32.78	≤50mm	98 %	92.61 %	59.86	24.94	1.57	19.3	0.47	A_2th
K7	14.93	≤50mm	66 %	44.31 %	43.42	17.75	1.9	12.0	0.60	A_2h
K8	27.44	≤50mm	100%	98.78 %	56.46	21.56	1.6	18.0	0.67	A_2th

Tableau VII.2. Tableau de la classification des sols supports

VII.1.6. Terrassements

VII.1.6.1.Décapage (déblais / remblais)

Prévoir un décapage de la couche meuble superficielle et de la terre végétale, avant l'exécution des travaux.



FigureVII.10 : Photos réelles des travaux de terrassements sur chantier (Source : Auteur)

Déblais

a) Extraction

Vu la nature meuble des terrains à excaver, l'extraction sera frontale en couches minces, au moyen d'un bulldozer.

b) Réemploi

Selon le GTR, les matériaux du sol sont classés A2h et A3h, selon l'expérience locale, les matériaux testés sont communément appelés « tuf », ils présentent de bonnes caractéristiques physiques (ils se prêtent bien au compactage et présentent une faible plasticité), donc il serait intéressant de les réutilisées en remblai et/ou en couche de forme, conformément aux recommandations du GTR.

Les tableaux résumant les conditions d'utilisation en remblais et couche de forme des matériaux de la classe A2h, A2m, A2s, R33, R34h, R34s et R34ts sont comme suit :

c) Réutilisation en remblais

puits	Classe de sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai
K1 *K7*	A_2h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible. Le matelassage est à éviter au niveau de l'arase-terrassement.	+	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes
			=	ni pluie ni évaporation importante	**Solution 1 :** traitement **T :** traitement à la chaux **C :** compactage moyen
					Solution 2 : utilisation en l'état **C :** compactage faible **H :** remblai de hauteur faible (≤ 5 m)
			-	Evaporation importante	**Solution 1 :** aération **E :** extraction en couches **W :** réduction de la teneur en eau par aération **R :** couches minces **C :** compactage moyen **H :** remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)
					Solution 2 : traitement **T :** traitement à la chaux **C :** compactage moyen
K4	A_3h	Sols difficiles à mettre en œuvre en raison: - de leur caractère collant ou glissant dû à leur grande plasticité et à leur faible perméabilité - de leur portance faible Le drainage préalable ne permet pas de réduire utilement la teneur en eau W.	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes
			+	Pluie faible	**C :** compactage faible **H :** remblai de hauteur faible (≤5 m)
			=	ni pluie ni évaporation importante	**Solution 1 :** traitement **T :** traitement à la chaux **C :** compactage moyen
					Solution 2 : utilisation en l'état **C :** compactage faible. **H :** remblai de hauteur faible (≤ 5 m).
			-	Evaporation importante	**Solution 1 :** traitement **T :** traitement à la chaux **C :** compactage moyen
					Solution 2 : aération **E :** extraction en couches **W :** réduction de la teneur en eau par aération **R :** couches minces **C :** compactage moyen **H :** remblai de hauteur moyenne (≤10 m)

Tableau VII.3 : Sol de la Classe A2h, A3h

d)Réutilisation en couche de forme :

puits	Classe de sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme
K1 *K7*	A_2h	La sensibilité à l'eau des sols de cette classe implique de les traiter le plus souvent en associant chaux + liant hydraulique étant donné l'importance de la fraction argileuse qu'ils peuvent contenir. L'association avec de la chaux peut par ailleurs s'imposer pour ajuster leur état hydrique lors hydrique lorsqu'ils sont trop humides. Lorsqu'ils sont dans un état sec, il est nécessaire de les humidifier pour les ramener à l'état moyen et dans ce cas la chaux peut avantageusement être introduite sous forme de lait de chaux dont la concentration doit être adaptée au cas de chantier considéré. Ces sols se traitent presque toujours en place pour la phase de prétraitement à la chaux et éventuellement en centrale pour la phase traitement au ciment.	+	Pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maitrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s).
			=	ni pluie ni évaporation importante	**T :** Traitement mixte: chaux + liant hydraulique. S : Application d'un enduit de cure gravillon né éventuellement clouté.
			–	Evaporation importante	**T** : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux. **S** : Application d'un enduit de cure gravillon né éventuellement clouté.
K4	A_3h	La sensibilité à l'eau et la plasticité élevée des sols de cette classe implique un traitement associant chaux et liant hydraulique pour pouvoir les utiliser en couche de forme. Pour les plus plastiques d'entre eux un traitement à la chaux seule peut être envisagé notamment s'il n'y a pas de risques d'apparition de gel peu après la réalisation. Ces sols se traitent exclusivement en place. Lorsqu'ils sont dans un état humide, la chaux est très efficace pour faciliter leur malaxage et ajuster leur état hydrique. Lorsqu'ils sont dans un état sec leur emploi en couche de forme est à déconseiller en raison de la difficulté qu'il y a à les humidifier de manière homogène.	+	Pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s)
			= Ou –	Pas de pluie	**Solution 1 :** **T :** Traitement mixte : chaux + liant hydraulique **S :** Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté
					Solution 2: **T :** Traitement à la chaux seule **S :** Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté

Tableau VII.4 : Sols de la Classe A2h, A3h

VII.1.7. Matériaux de gîtes d'emprunt

Dans le cadre de l'étude de dédoublement de la section entre la station de traitement des eaux et barrage réservoir d'oued Athmania et autoroute est- ouest wilaya de Mila, et en prévision de la construction des remblais que comporte le projet susvisé, poursuivons la recherche de matériau d'emprunt devant constituer les remblais. D'après la visite du site effectuée, on a pu localiser la présence de gîtes d'emprunt de matériau de type tuf calcaire graveleux caillouteux « Gîte Bled –Youcef »
Les matériaux provenant des gîtes seront destinés aux remblais et éventuellement à la couche de forme.

Les matériaux provenant de déblais meubles pourront constituer un remblai avoisinant sous réserve qu'ils ne soient pas d'une nature argileuse sensible à l'eau.

VII.1.7.1. Prospection de gîtes d'emprunt

Un gîte d'emprunt a été localisé à proximité immédiate de Bled Youcef.
Dans ce gîte, ont été exécutés deux sondages par une pelle mécanique (prélèvement des échantillons remanié) n'ayant mis en évidence qu'une couche de tuf graveleux.

VII.1.7.2. Caractéristiques géotechniques des matériaux de gîtes d'emprunt

Les matériaux prélevés de gîte d'emprunts ont fait l'objet d'analyses suivantes :
-Teneur en eau
-Analyse granulométrique
-Limite d'Atterberg
-Essai Proctor Normal
L'ensemble de résultats est récapitulé dans le tableau VII.5 :

Gite	*Wn*%	*Granularité*			*Argilosité*		*OPN*		*Calss GTR*
		Dmax	%2mm	80µ	LL%	IP%	γd(T/m³)	W%	
gîte prof.1.5m	8.56	>50mm	29	22.02	28.76	11.49	1.97	11.2	C_1B_5s

Tableau VII.5 : Caractéristiques géotechniques des matériaux de gîtes d'emprunt

VII.1.7.3. Classification de matériau de gîte

Pour classer ces matériaux, nous avons utilisé la classification dite «GTR » relative à l'utilisation des sols ayant un usage routier. Selon cette dernière, les matériaux de gîte se situent respectivement dans les catégories : C1 B5s, ces sols ne posent pas de problème d'utilisation en remblai sauf par pluie forte.

Gîte Bled - Youcef
Ce gîte fournira du tuf squelettique sur une épaisseur de 6 à 5 m, au sommet d'une colline :



Figure VII.11 : Images des gîtes d'emprunt du site

a) Nature

Ce gîte fournira du tuf calcaire graveleux caillouteux sur une épaisseur importante.

b) Capacité

Surface de 6,05 hectares, capacité totale de 1.814.400 m^3.

N.B : Pour ce qui est des gîtes d'emprunts, il y a lieu de préciser que les quantités de remblais prévues dans le devis quantitatif du projet peuvent être largement extraites des gîtes existants et prévues initialement dans cette étude.

c) Localisation

Dans le village de Bled - Youcef, à 700 m de début de projet, on trouve des affleurements gréseux de bonne qualité apparente.

d) Coordonnée de gîte d'emprunt

- P1 : X =254836.18 Y= 4021734.32
- P2 : X= 254442.61 Y= 4021227.99

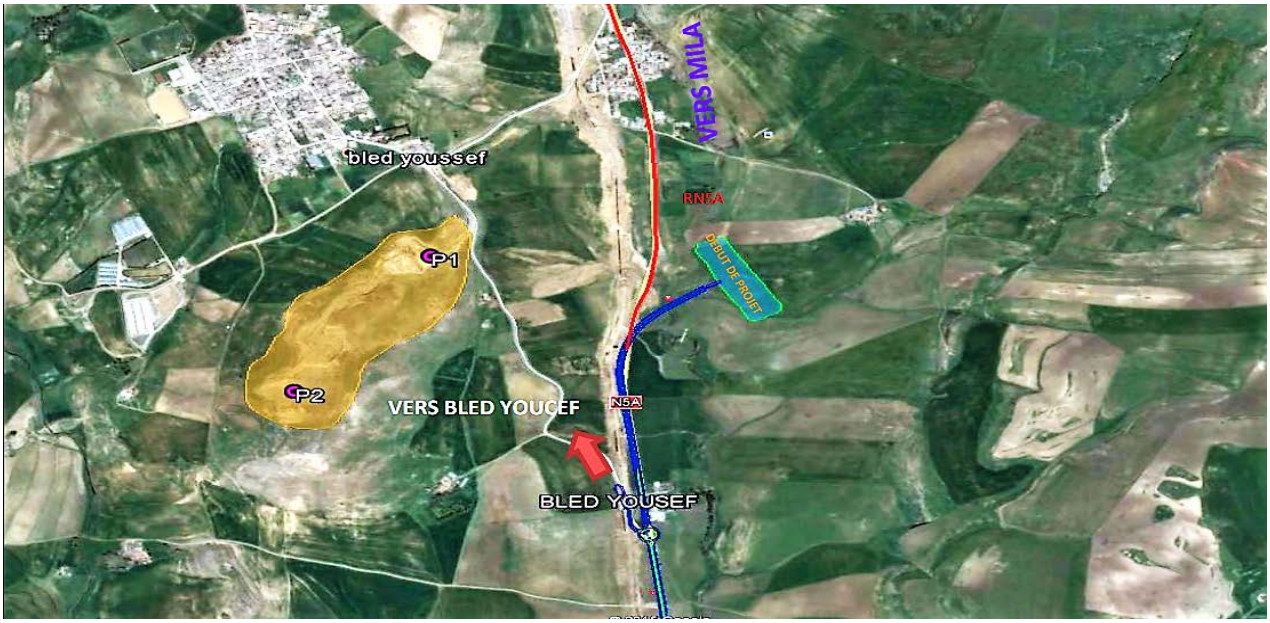


Figure VII.12 : Emplacement des matériaux de gîtes d'emprunt

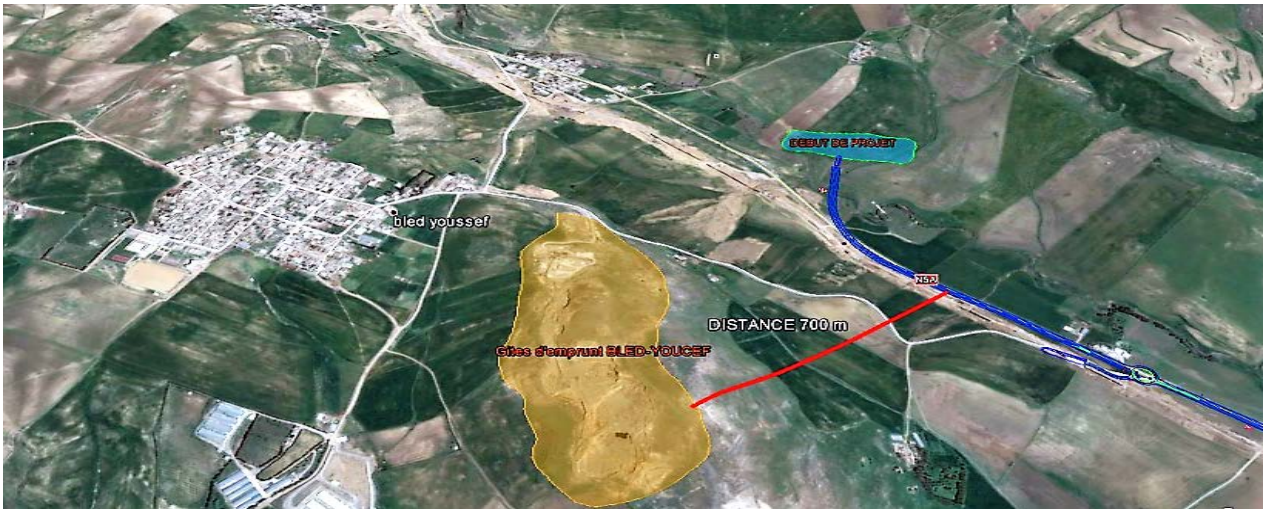


Figure VII.13 : Distance entre l'emplacement des gîtes et la route

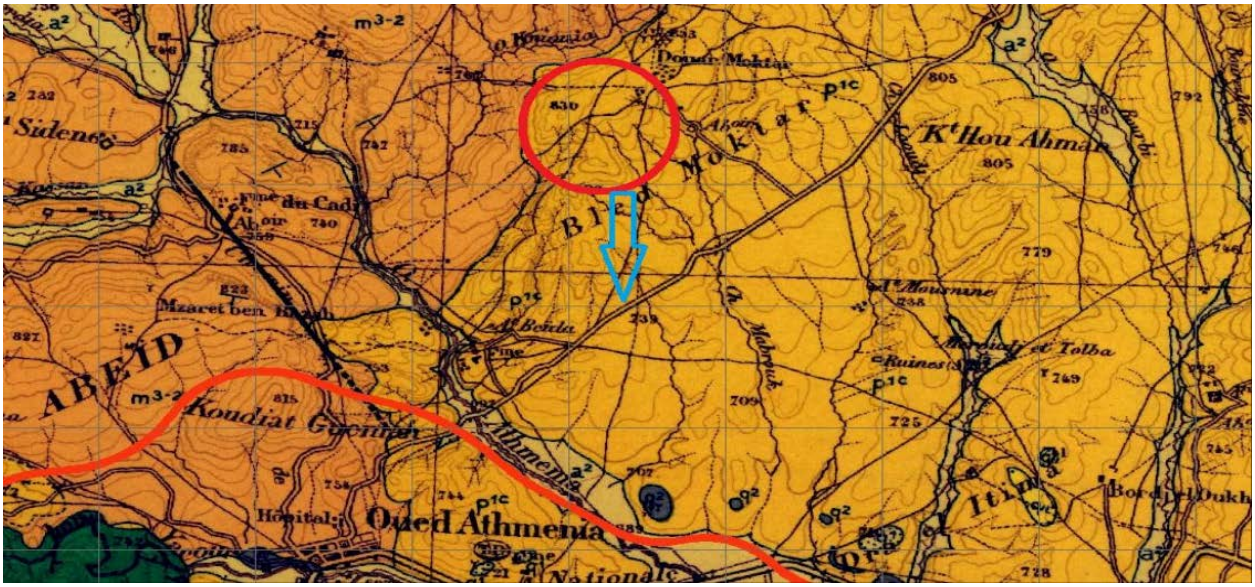


Figure VII.14. Carte géologique de l'emplacement des gites d'emprunt.

On y trouve : Pliocène – villafranchien calcaire et marne lacustres brèches, conglomérats, grès grossiers, grès et sable continentaux.

VII.1.8. Localisation de la zone de dépôts

Les lieux de dépôts définitifs et de dépôts provisoires pour terre végétale seront précisés :



Figure VII.15 : Endroits de mise en dépôt définitifs

a) Coordonnée de la zone de dépôts

- P1 : X =254756.76 Y= 4021073.62
- P2 : X =254776.78 Y= 4020760.06

b) Surface et Capacité

Surface de 4,48 hectares capacité totale de 897000 m3 En cas de besoin, Des dépôts complémentaires peuvent être déposés à l'acceptation du Maître d'Ouvrage.

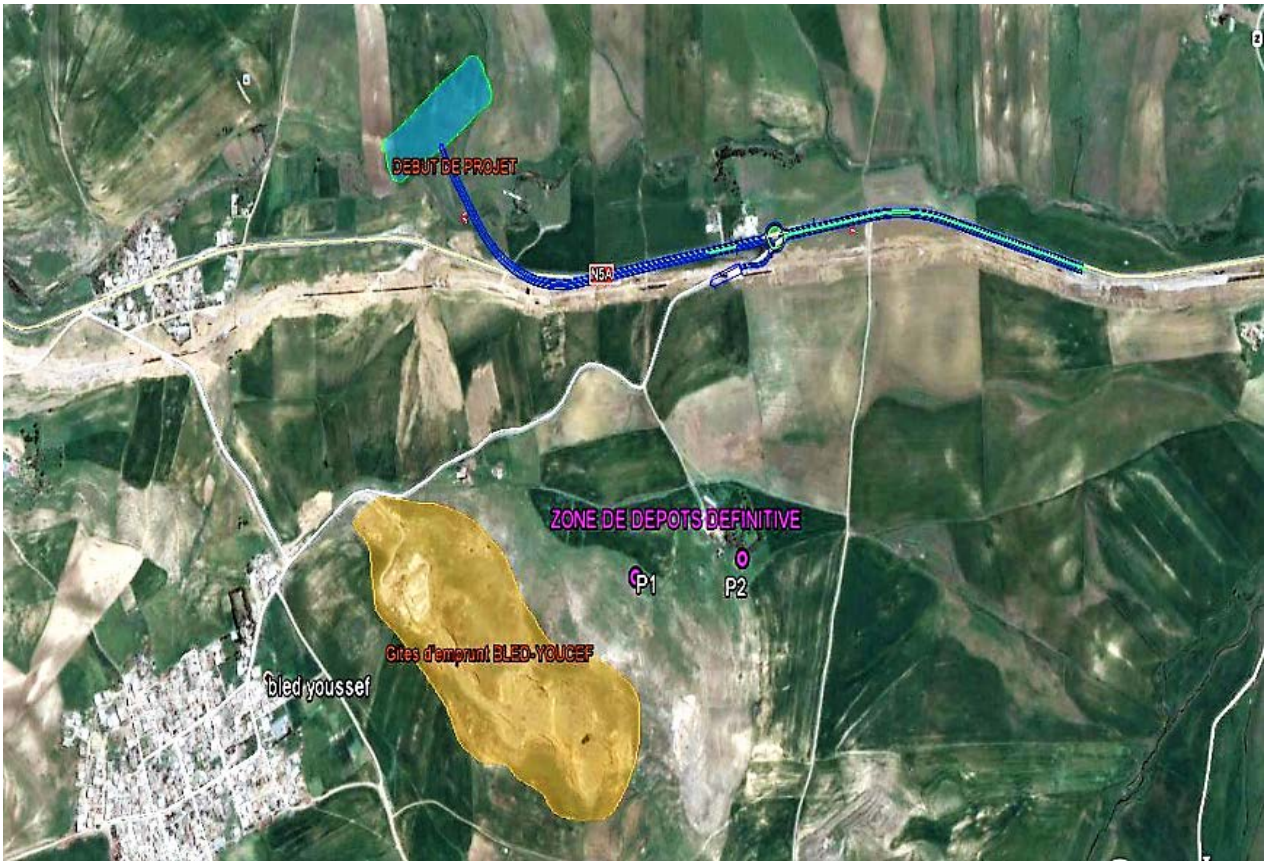


Figure VII.16 : Zone définitive de dépôt

Nature des matériaux à mettre en dépôt	Situation des dépôts
Dégagement des emprises (souches, clôtures)	Site de décharge proposé par l'Entrepreneur
Matériaux de remblai en dépôts provisoires Matériaux rocheux valorisables	Proposée par l'Entrepreneur dans les limites des emprises travaux
Terre végétale Déblais impropres, produits de purges, curages, etc Matériaux excédentaires	Définie par le Maître d'Ouvrage sur plans

Tableau VII.6 : Nature et situation des dépôts

VII.1.9. Carrières :

Les carrières suggérées les plus proches du projet se trouvent dans la région de Ain Melouk - DJEBEL - GROUZ dans la wilaya de Mila, situées à environ 10 kms du côté de projet.

a) Coordonnée des carrières : Points :

P1 : X =250519.77 Y= 4012216.61 ; P2 : X =247626.69 Y= 4012889.72

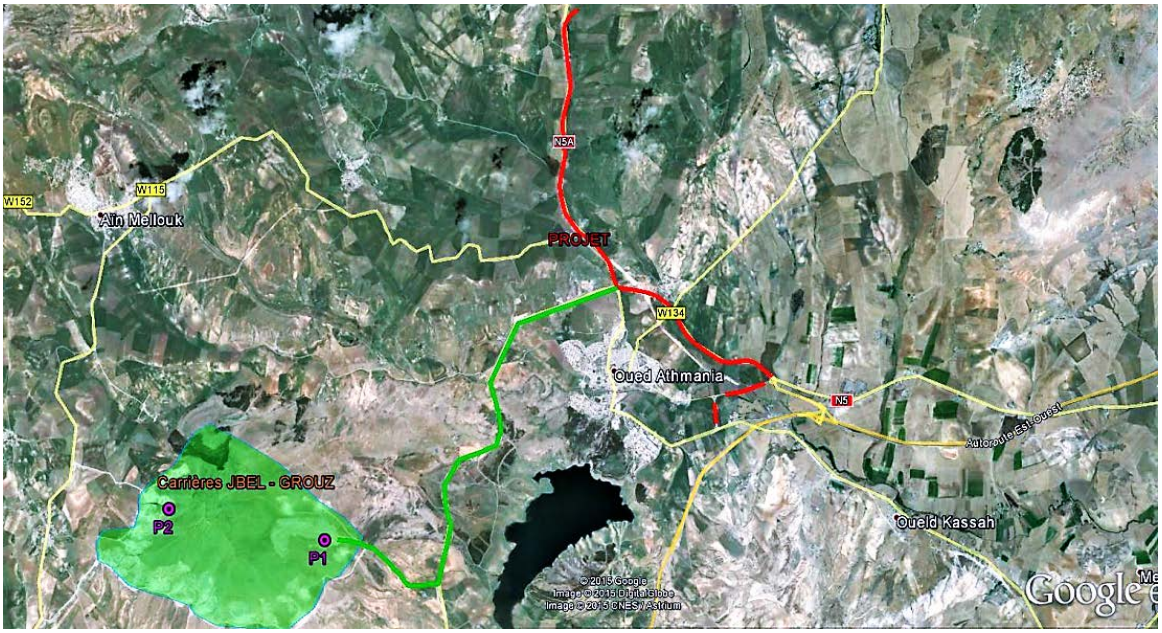


Figure VII.17 : Emplacement des carrières de Djebel Grouz

Quelque carrière au niveau de la ville:

N°	Localisation	Dénomination des carrières	Nature Lithologie
1	Djebel - GROUZ	Carrière ARRIS KHOUDJA EURL	Calcaire
2	Djebel - GROUZ	Carrière BENISSAAD ET KERRICHE SNC	Calcaire marneux
3	Djebel - GROUZ	Carrière AGREGAT DE L'EST SARL	Calcaire
4	Djebel - GROUZ	Carrière AGREGAT ET SABLE DE L'EST EURL	Calcaire
5	Djebel - GROUZ	Carrière RE.SER.BAT SAP	Calcaire

Tableau VII.7 : Carrières en niveau de la ville

On complètera notre étude géotechnique en se lançant sur l'étude géologique comme suit :

VII.2. Etude géologique

VII.2.1. Introduction

La présente étude s'appuie sur la réalisation de relevés géologiques qui nous permettent la description de l'aire d'étude et les différentes contraintes et qui aborde les points suivants :

• Description générale du contexte géologique, hydrogéologique et géomorphologique de l'aire d'étude.
• Exploitation des cartes géologiques de la région d'étude permettant de définir les extensions des différentes formations.
• Description du contexte hydrologique et géomorphologique
• Description des différentes formations géologiques.
• Localisation des zones pouvant présenter des difficultés de franchissement : glissements de terrains, inondations, séisme, etc.

VII.2.2. Méthodologie

Ce rapport est le résultat d'une série de visites sur site effectuées dans le secteur d'étude. Parallèlement à ces visites sur le terrain, des recherches bibliographiques ont été réalisées pour compléter le rapport. Des cartes, des analyses et des études de nature géologique, géotechnique, géomorphologique ou séismo-tectonique ont été examinées pour le secteur en question. Les visites sur le terrain nous ont permis d'obtenir des informations détaillées sur la nature des sédiments meubles et du substratum rocheux, et tous les phénomènes pertinents ont été photographiés.

VII.2.3. Aperçu géomorphologique

Le relief de la région fait partie de l'Atlas Tellien, il est peu accidenté et se caractérise par deux grands ensembles qui sont : un ensemble associant vallées, collines et piémonts, voire même quelques hauts versants. Il s'agit de basses collines situées entre 500 et 600 m d'altitude taillées dans un matériau détritique tendre où un réseau de ravins denses donne au relief un aspect très disséqué. Les dépôts continentaux accumulés dans cette dépression sont composés d'argiles où affleurent parfois des niveaux conglomératiques. Les formations superficielles généralement marneuses sont caractérisées par une géomorphologie irrégulière. Au sud, un ensemble de hautes plaines (plaines et collines). Ces hautes plaines constituent d'immenses étendues plates à peine ondulées, correspondent à une aire de structure beaucoup plus calme. Ce sont des plaines plio quaternaires encadrées par les massifs calcaires crétacés, dont l'altitude moyenne varie entre 600 et 800 m.

VII.2.4. Aperçu hydrogéologique

La wilaya de Mila représente un réservoir d'eau appréciable, la majeure partie des cours d'eau sont des torrents semi-permanents ; ils roulent des eaux abondantes pendant les périodes pluvieuses, hivers et début du printemps, leur régime est torrentiel, leur profil extrêmement jeune. Le réseau hydrologique est organisé par l'évolution tectonique et reflète l'adaptation à la structure. La région d'étude est une plaine drainée par un Oued qui prend naissance par la confluence des ravins des piedmonts qui l'entourent. La région d'étude est traversée par Oued El Aathmania à écoulement intermittent du sud vers le nord.

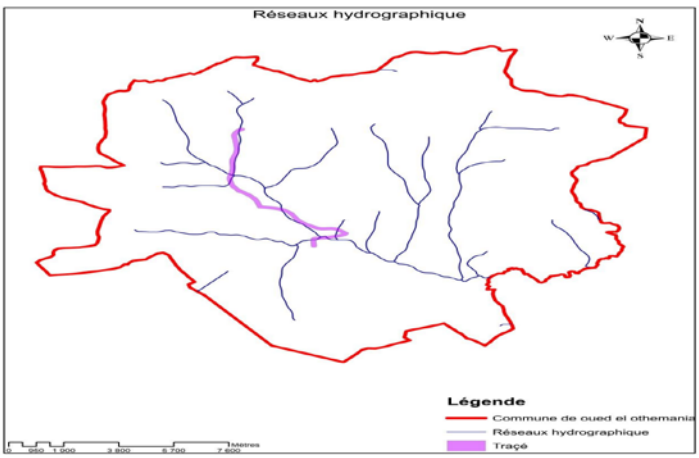


Figure VII.18 : Le réseau hydrographique de la région d'étude

VII.2.5. Description géologique

VII.2.5.1. Géologie régionale

La région contient des : Alluvions récentes et actuelles, Formation Quaternaire, Tufs hydrothermaux, Mio-Pliocène, Yprésien – Lutétien inférieur, Maestrichtien à paléocène, Barres marno-calcaires, Campanien supérieur et Maestrichtien inférieur.

VII.2.5.2. Géologie du tracé

L'ensemble des formations géologiques au niveau du périmètre constituent des dépôts continentaux du Néogène (Miocène supérieur, Pliocène, Villafranchien) et dépôts alluvionnaires du Quaternaire.

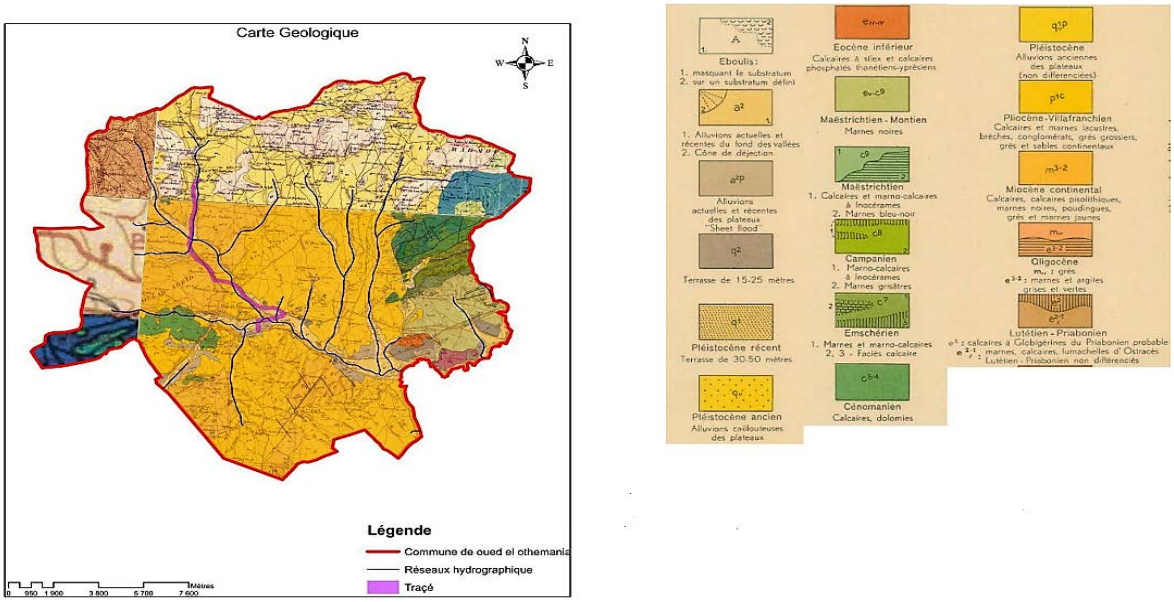


Figure VII.19 : La géologie de la région d'étude (assemblage de 04 cartes de 1.50 000).

VII.2.6. Les caractéristiques géotechniques globales des terrains

De façon générale, le couloir géologique de tracé routier est de nature hétérogène et on y retrouve à la fois des marnes, grés, calcaires gypse et argile bariolées.
De façon sommaire ou préliminaire, on peut définir 2 groupes de caractéristiques géotechnique différentes.

VII.2.6.1. Terrains à caractéristiques géotechniques bonnes

On y constate de bons grès et la formation calcaire.

VII.2.6.2. Terrains à caractéristiques géotechniques faibles

Faible, les argiles et les limons argileux des terrasses alluviales sont sensibles au tassement dans les endroits où les épaisseurs sont importantes (≥ 5 m) en littérature géotechnique ces

sols sont considérées comme des matériaux compressibles.

VII.2.7. Synthèse

De point de vue stabilité, la région d'étude est exclue de tout risque naturel. Le seul problème remarqué se situe au début du projet sur presque 200 m de pk 450+000 jusqu'au PK 583+0 0 où il y a une zone plus au moins inondable. A cet effet, il est recommandé que les travaux de réalisation et de protection soient rigoureux, en respectant les règles de l'art de la construction routière (taux de compactage, choix des matériaux, assainissement…).

VII.2.8. Conclusion :

Cette phase nous permettra d'étudier le couloir et de bien identifier le contexte géologique sur une bande d'étude plus étroite.

Le programme géotechnique préliminaire

Le programme géotechnique suivant peut être exécuté, afin de mieux connaître les caractéristiques géotechniques des sols et de sous-sols :

Phase d'investigation in situ :

- La réalisation des puits de reconnaissance à l'aide d'une pelle mécanique ou par un rétro chargeur.
- Une campagne d'investigation par sondage carotté.
- Essais hydrogéologique in situ (perméabilité in situ).
- Essais de pénétrations et pressiométriques.

Pour but de connaître la nature du sol à des profondeurs plus importantes et d'extraire des échantillons intacts pour la pratique des essais de laboratoire à savoir les caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques du sol. Par ailleurs, ces essais physico-mécaniques permettent de calculer l'ampleur des risques liés à la nature des terrains.

Phase d'investigation laboratoire

Les essais de laboratoire sont partagés en trois catégories :

- Les essais d'identification et de classification physique
- Les essais mécaniques
- Les analyses chimiques

Chapitre VIII : Dimensionnement du corps de chaussée

CHAPITRE VIII : Dimensionnement du corps de chaussée

VIII.1. Introduction

Il existe de nombreuses qualités que doit présenter une chaussée moderne dont la sécurité et le confort.

La sécurité dépend de la capacité du conducteur à freiner à tout moment, tandis que le confort est garanti par un profil de chaussée exempt de toutes irrégularités susceptibles de causer des oscillations verticales gênantes pour la carrosserie ou les roues.

La durabilité de la chaussée est assurée si les conditions de freinage et de virage restent les mêmes pendant de nombreuses années, malgré le trafic.

La qualité de construction de la chaussée est donc primordiale et dépend d'une bonne reconnaissance du sol support ainsi que d'un choix judicieux des matériaux à utiliser.

Enfin, il est essentiel que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtées.

VIII.2. Les différentes couches d'une chaussée

Il existe quatre couches de chaussée :

Couche de Surface (Couche de Roulement + Couche de Liaison).

Couche de Base.

Couche de Fondation.

Couche de forme.

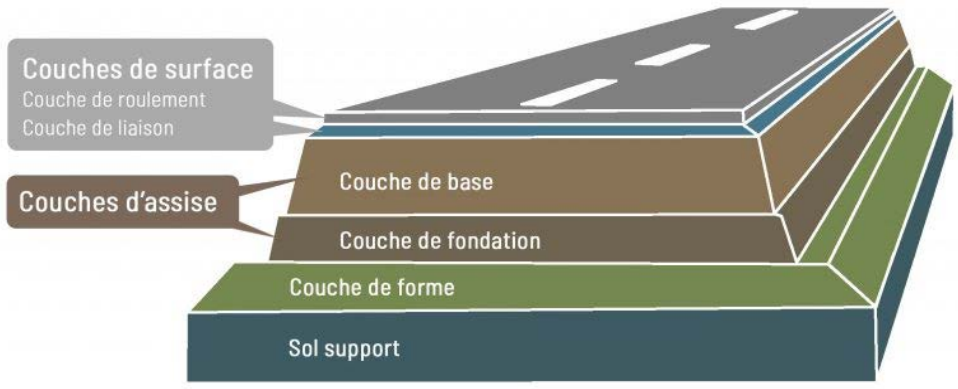


Figure VIII.1. Les couches de chaussée

La chaussée est constituée de plusieurs couches de matériaux disposées sur une fondation, chaque couche ayant une fonction spécifique.

VIII.3. Application des méthodes de dimensionnement au projet

VIII.3.1. Méthode de l'indice CBR (California -Bearing -Ratio)

Données de projet :
Le trafic à l'année 2019 : **$TJMA_{2019}$ = 3480 v/j**
Le taux d'accroissement annuel du trafic noté **τ = 4**%
Le pourcentage moyen de poids lourds **Z = 11** %
L'année de mise en service sera en 2026 **$TMJA_{2026}$ = 4580 v/j**
La durée de vie est de **20 ans**.
Le trafic en 2046 : **$TMJA_{2046}$ = 7364 v/j**
CBR<5 tout le long de la route du K1 à K8.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée

Elle s'obtient en utilisant la formule empirique suivante :

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

N = le nombre moyen de poids lourd à l'année horizon
P = charge par roue, en Algérie on prend P = 6.5t (l'essieu 13 tonnes).
I = indice CBR du sol support.

$N= TPL_{2026}$ x $(1+\tau)^{20}$
= 227 x 1.04^{20} = **498 PL/J/Voie** (à la 20ème année)

Eeq ≈ **85cm**
L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante : $\sum ai \times ei$

Nature matériau	**ai**
Béton bitumineux (BB)	2
Grave bitumineux (GB)	1.5
Grave ciment	1.5
Sable ciment	1-1.2
Sable bitumineux	1-1.2
Grave concassé GC	1
Grave roulé (TVO)	0.75
Sable	0.5

Tableau VIII.1. : Coefficients d'équivalences des matériaux (du manuel route)

Détermination de l'épaisseur réelle

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe « e1 » et « e2 » et on calcule « e3 ».
Généralement les épaisseurs adoptées sont :
e1 : épaisseur de la couche de roulement **BB**.
e2 : épaisseur de la couche de base **GB**, **GC**.
e3 : épaisseur de la couche de fondation **TVO**, **TUF**.
On a : **BB =6 - 8 cm** ; **GB= 10 - 20 cm** ; **GC =15 - 25 cm** ; **TVO= 25 cm** et plus.
On prendra donc une couche de **8cm** de **BB** et **20 cm** de **GB** et on tente de trouver la valeur e3 pour les TVO:
$e1= E_{tot} - (a2.e2 + a3.e3)a1= 52cm$

Récapitulatif des résultats :

Structure	E réel (cm)	E équivalente (cm)
BB **GB** **TVO**	8 20 52	16 30 39
TOTAL	**80**	**85**

Tableau VIII.2. Récapitulatif des résultats

Structure retenue : **8BB+ 20GB + 52TVO**

VIII.3.2. Méthode du catalogue des chaussées neuves (CTTP)

Les paramètres utilisés dans la méthode du catalogue des chaussées sont : trafic, sol support, Environnement et zone climatique.

Détermination du type de réseau principal

On a la classification des réseaux principaux suivante :

Réseau principal	Trafic (véhicule/jour)
RP1	> 1500
RP2	< 1500

Tableau VII.3. Type de réseau principal

$TMJA_{2026}$ = 4580 v/j
Donc d'après le tableau notre réseau est du type : **RP1 (Réseaux Principal N°1)**

Détermination de la classe de trafic (2×2 Voies) :

Un poids lourd (PL) est un véhicule de plus de 3,5 tonnes de poids total autorisé en charge.
TPL_i (2×2 voies) = (TMJA × Z) × 0.5 × 0.90
TPL_{2026} = (4580 ×0.11) ×0.5× 0.9 = 227 (PL/ j/sens).

Détermination de la classe de trafic (TPL_i)

Les fiches structures de dimensionnement présentent les classes de trafic (TPL_i) pour chaque niveau de réseau principal, exprimées en nombre de véhicules poids lourds par jour et par sens, dès la mise en service. Pour la classe TPL_i du réseau principal RP1 :

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

Tableau VII.4. Classe du trafic RP

TPL = 227(PL/J/SENS) donc la classe est **TPL_3**.

Détermination de la classe de portance du sol support :

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 5 classes de sol support : S4, S3, S2, S1, S0 :

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

Tableau VII.5. Classes de portance de sols supports

CBR<5 tout le long de la route du K1 à K8 ⇒ **S4**
Comme notre réseau principal est RP1 , sa portance minimale doit être S2 et donc , il faut surclasser le sol support en 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.6. Sur classement avec couche de forme en matériaux non traités

Donc on surclasse le sol support en ajoutant **60 cm de T.V.O/Tufs** en deux couches.

Zone climatique

Pour notre projet la zone climatique et la zone II Selon la carte climatique de l'Algérie

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Teq	Région
I	>600	Très humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord, hauts plateaux
III	100-350	Semi-aride	25	Hauts plateaux
IV	<100	aride	30	sud

Tableau VIII.7.Les zones climatiques en Algérie

D'après l'annexe 3 du fascicule 1 catalogue CTTP on est en **zone I**

VIII.3.2.6. Détermination de la structure de chaussée adéquate :

RP1 : Couche de roulement en béton bitumineux (BB), les épaisseurs sont modulées en fonction de la classe de trafic (TPLi) et du type de structure de l'assise de chaussée.

- 6BB à 8BB pour les structures traitées au bitume (GB/GB, GB/GNT ...)
- 688 à lOBB pour la structure GL/GL

Types de Matériaux	Fiche structure n°	Type structure	Zones climatiques (*)
1 - MTB (Matériaux traités au bitume)	1	GB/GB	I , II
	2	GB/GNT	I , II
	3	GB/GNT	III
	4	GB/SG1	IV
	5	GB/TUF1	III
2 - MTLH (matériaux traités liants hydrauliques)	6	GL/GL	I , II
	7	BCg/GC	I , II

Tableau VIII.8.Fiche de structures réseau principal niveau 1 (RP1)

Les deux structures possibles:

-GB/GB

-GB/GNT

Notre choix se porte sur GB/GNT pour des raisons économiques.

Et nos interfaces sont toutes collées comme le montre le tableau ci-dessous :

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
3- SB/SG/sol support	Toutes les interfaces sont collées
MTLH : 1- BB/GL/GL/sol support	Toutes les interfaces sont collées
2- BCg/GC/soi support	interface BCg/GC décollée interface GC/sol collée
MNT : 1- GNT/GNT/sol support 2- TUF/TUF/sol support 3- SG/SG/sol support 4- AG/AG/sol support	Toutes les interfaces sont collées

Tableau VIII.9. Synthèse des hypothèses sur les conditions de collage

En utilisant le fascicule 3 du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) on obtient:

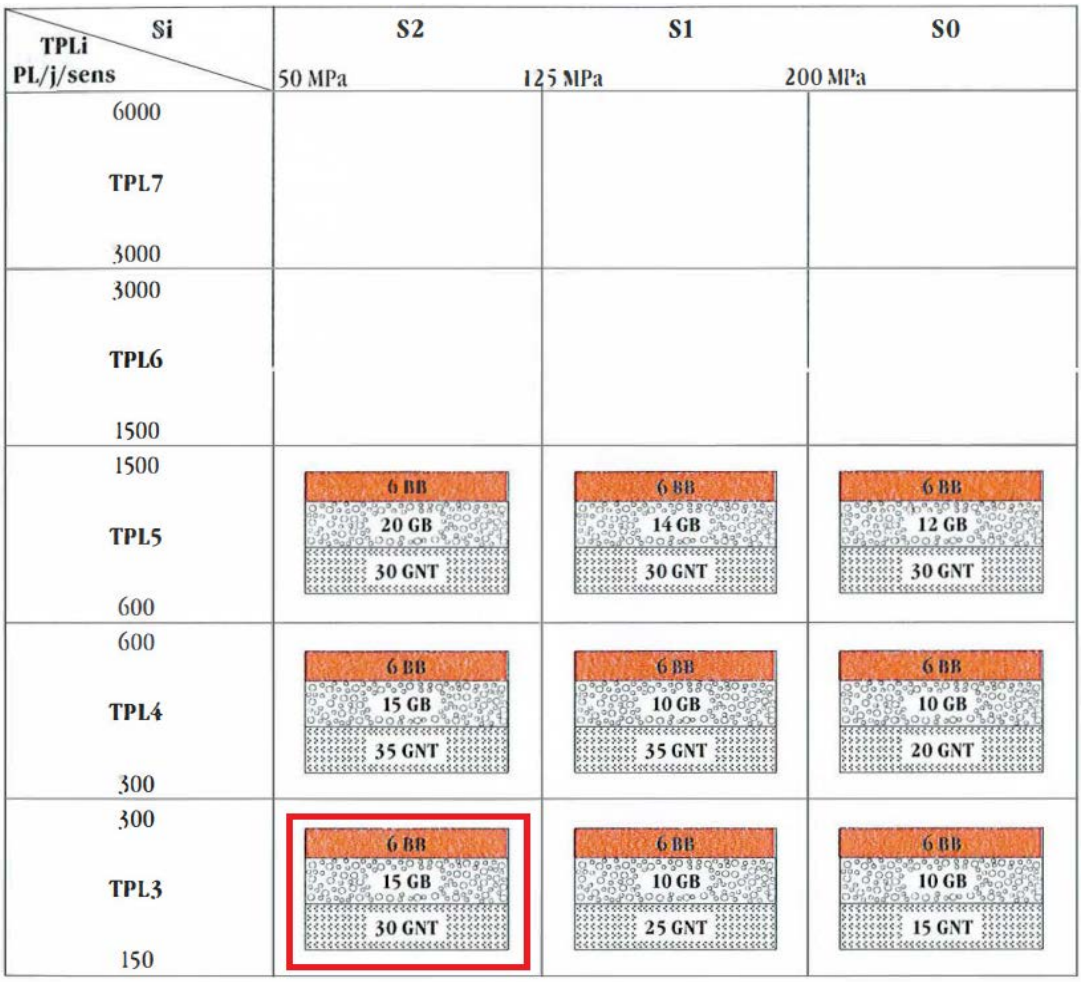


Figure VIII.10. Tableau de la fiche de structures GB/GNT du fascicule 3 du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

Et donc notre structure donne : 6BB + 15GB + 30GNT

Vérification à l'aide d'Alizée

En utilisant le logiciel **Alizée ,** on peut vérifier les contraintes admissibles et choisir un dimensionnement adéquat et optimal pour notre structure comme ci-dessous:

a) Pour la couche en GB :

- Coefficient CAM : 0.6

- τ = 4%

- -1/b = 6.84

- TPL= 227(PL/J/SENS)

- Risque : 20%

- Durée de service : 20 ans

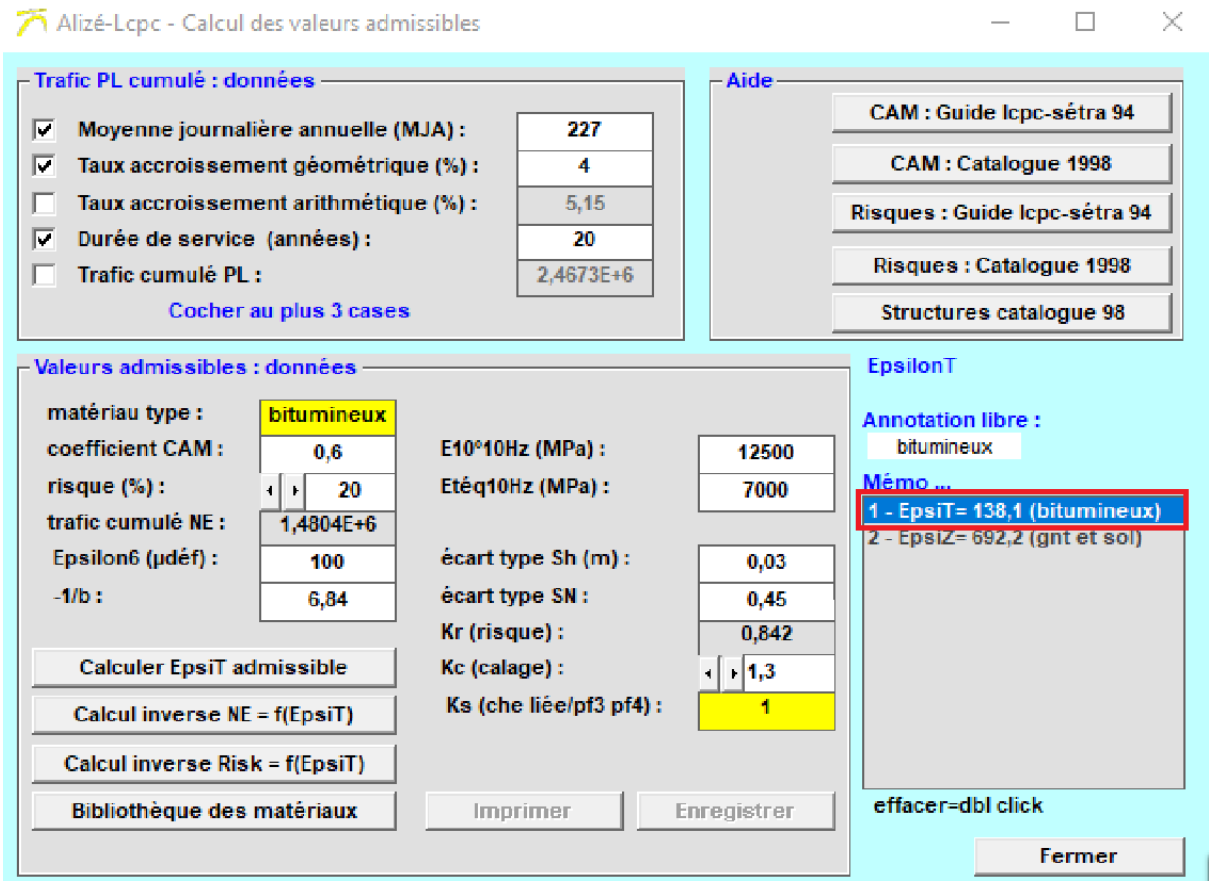


Figure VIII.2.Calcule de la contrainte EpsiT avec le logiciel Alizée

Pour la couche GB on obtient : **EpsiT = 138.1 MPa**

b) Pour la couche en GNT

- Coefficient CAM : 1.0
- $\tau = 4\%$
- Coefficient A: 22000
- Pente b : -0.235
- Durée de service : 20 ans

-Température équivalente : 20°C

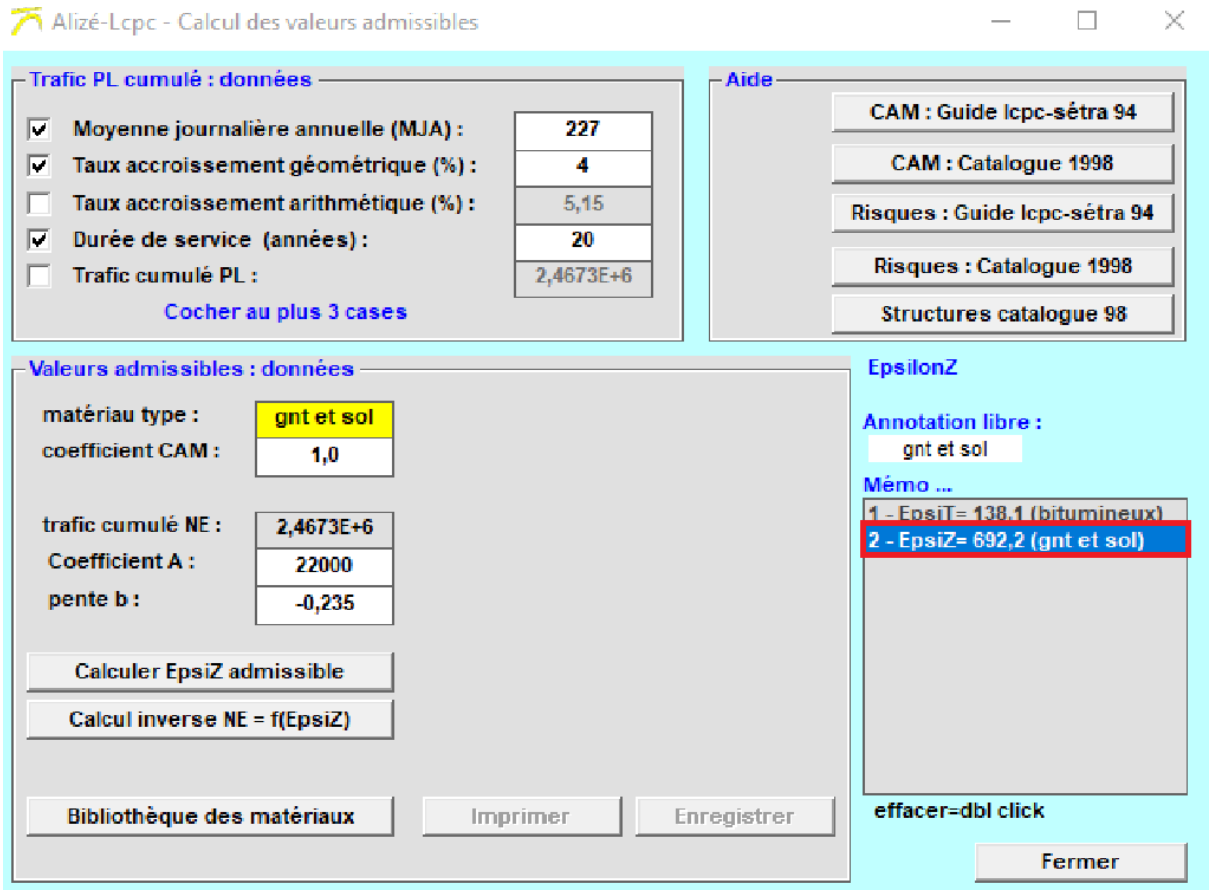


Figure VIII.3.Calcule de la contrainte EpsiZ avec le logiciel Alizée

Pour la couche en GNT on obtient **: EpsiZ= 692.2 MPa**

Après quelques tests sur le logiciel on obtient une chaussée de : **6 BB+ 15GB + 30 GNT** comme le montrent les figures suivantes :

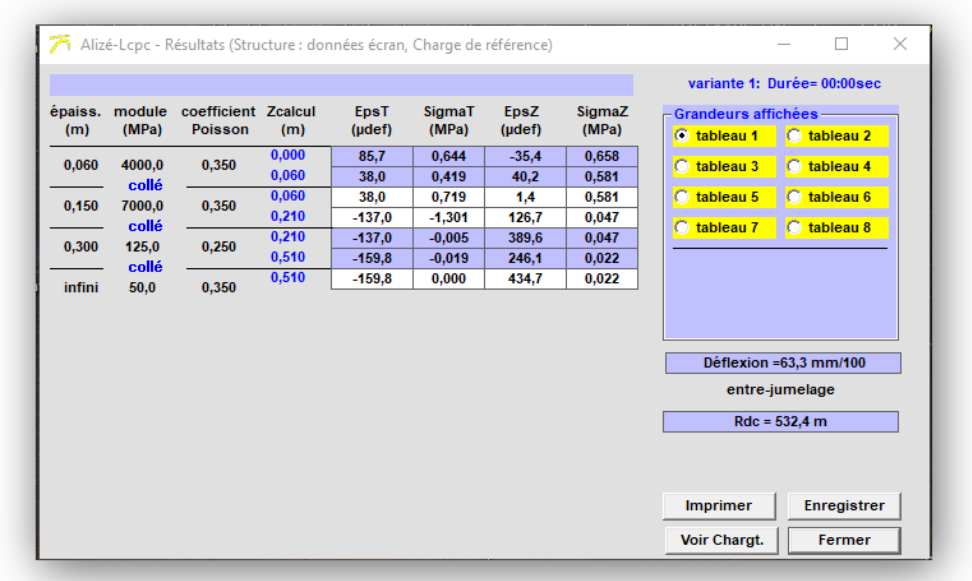


Figure VIII.4. Calcul de l'épaisseur des couches en fonction des contraintes admissibles

Le résultat le plus optimale donnée par le logiciel est donc le suivant :

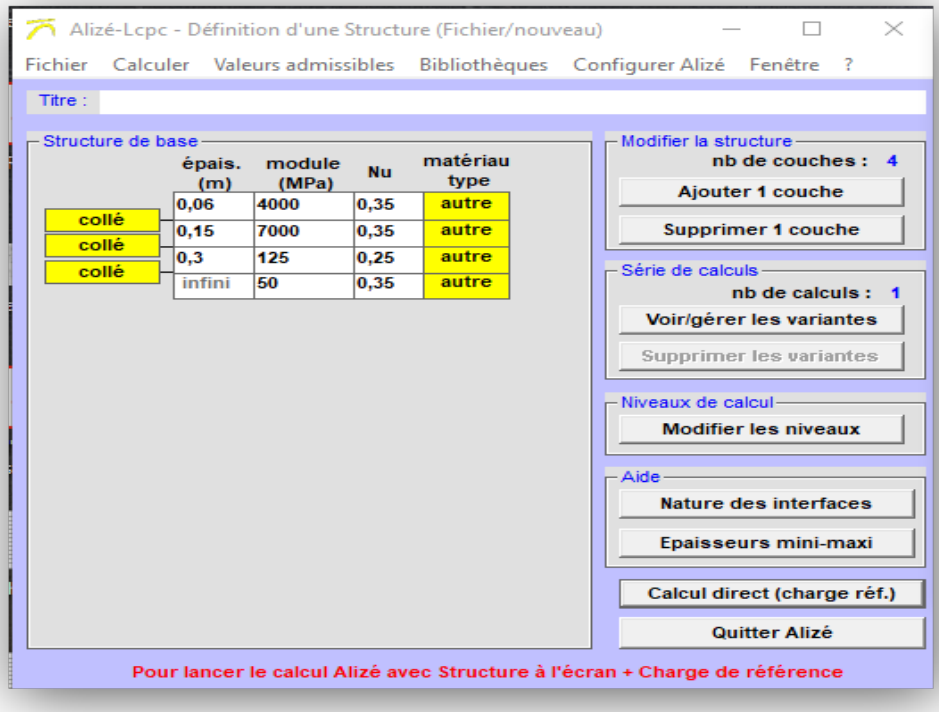
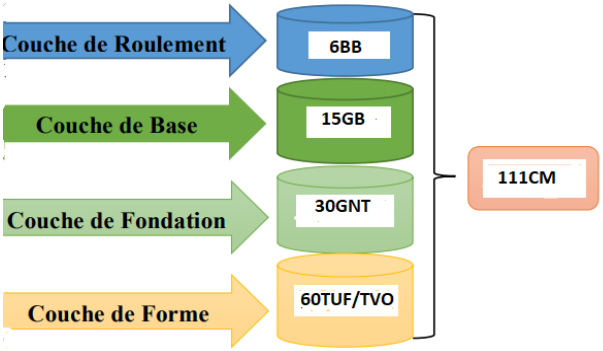


Figure VIII.5. La structure retenue pour la chaussée.

Et donc on propose la structure suivante : 6BB + 15GB + 30GNT



VIII.4.Conclusion

On retient donc la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves qui est préférée à la méthode CBR en raison de sa précision, de son adaptation aux conditions locales, sa mise à jour régulière. Elle permet une conception plus fiable, durable et performante des chaussées, ce qui contribue à une meilleure qualité des infrastructures routières.

Chapitre IX : Cubatures

CHAPITRE IX : Cubatures

IX.1. Introduction

Les mouvements de terre englobent tous les travaux de terrassement visant principalement à altérer la configuration du terrain naturel afin de le préparer à recevoir diverses structures en général. Ces opérations sont nécessaires et couramment observées dans les profils en long et en travers. La modification de la configuration du terrain naturel comprend deux actions principales : l'ajout de terre (remblai) et l'enlèvement de terre (déblai).

Le calcul des volumes de terre enlevée et ajoutée est appelé les cubatures des terrassements.

IX.2. Rôle des cubatures dans un projet routier

Les cubatures des terrassements revêtent une importance capitale dans la planification et la réalisation d'un projet routier. Elles permettent de quantifier avec précision les volumes de terre à déplacer, ce qui influence directement la logistique, les coûts et les délais du chantier. Une bonne estimation des cubatures permet de minimiser les erreurs et les imprévus, d'optimiser l'utilisation des ressources et de garantir la stabilité et la durabilité de la route.

IX.3.Méthode des modèles numériques de terrain (MNT)

Il existe plusieurs méthodes pour calculer les cubatures, dont la méthode des modèles numériques de terrain (MNT), celle utilisée dans notre étude.
Les MNT sont des représentations numériques tridimensionnelles du terrain. Ils permettent d'obtenir une vue détaillée de la topographie et sont souvent utilisés pour calculer les cubatures avec précision. En utilisant des logiciels spécialisés (dans notre cas Civil3D), on peut comparer le MNT du terrain naturel avec le MNT du projet routier pour déterminer les volumes de terre à déplacer.

IX.4.Résultat du calcul des volumes de déblais/remblais de la variante retenue

Déblais	Remblais
156026.66	**92341.71**

Le tableau des résultats complets est joint dans l’annexe.

Chapitre X :
Etude carrefour giratoire

CHAPITRE X : Etude carrefour giratoire

X.1. Introduction

Le carrefour giratoire, également connu sous le nom de rond-point, est une intersection routière conçue pour améliorer la fluidité de la circulation et réduire les risques d'accidents. Un carrefour giratoire présente généralement une forme circulaire ou ovale. Sa taille dépend du volume de trafic attendu et du nombre de voies d'accès. Il est essentiel que le diamètre du giratoire soit suffisamment large pour permettre aux véhicules de circuler en toute sécurité. Dans ce projet de dédoublement, nous aménageons le carrefour giratoire existant et qui figure dans la figure X.1 :

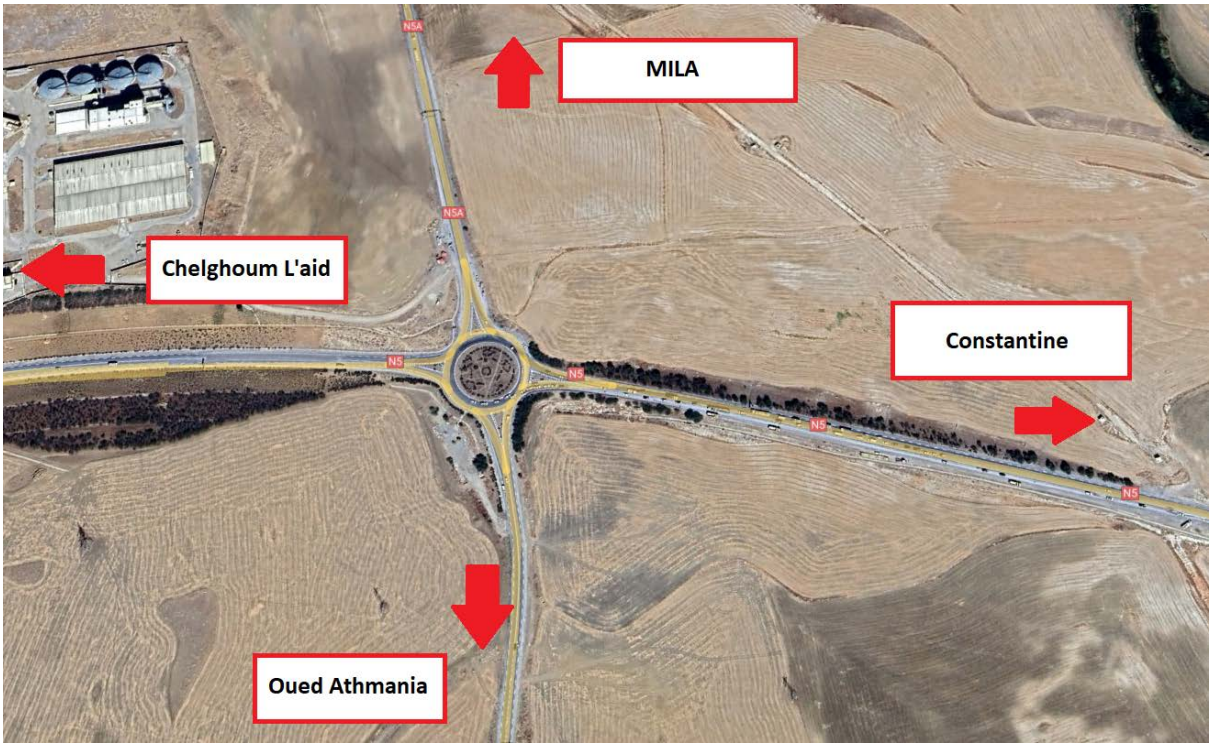


Figure X.1. Carrefour giratoire au PK4+240

X.2. Avantages et limitations

Les carrefours giratoires présentent plusieurs avantages, tels qu'une meilleure fluidité du trafic, une réduction des temps d'attente et une diminution des risques d'accidents graves. Cependant, ils peuvent être moins adaptés aux zones à forte densité de circulation ou lorsque le trafic est déséquilibré entre différentes voies d'accès.

X.3.Application au projet :

X.3.1.Îlot central

Au centre du carrefour giratoire, on trouve un îlot central (dans notre cas circulaire), souvent décoré avec des plantes, des arbustes ou des ornements. Cet îlot à plusieurs fonctions, notamment celle de séparer les voies d'entrée et de sortie du carrefour et d'offrir un point de repère visuel aux conducteurs.
Il n'y a pas de valeur maximale recommandable pour le rayon de l'îlot central, mais le prévoir trop grand est inutile ; cela n'améliore pas le fonctionnement du carrefour (gain de capacité faible ou nul) et a souvent des effets négatifs (augmentation des vitesses pratiquées sur l'anneau, coûts accrus...).

A partir du catalogue de dimensionnement des carrefours interurbains (1998) :

	Notations	Paramétrage	Valeurs courantes (en m)			
Royon du giratoire	R_g	12 m ≤ R_g ≤ 25 m	R_g = 12	R_g = 15	R_g = 20	R_g = 25
Largeur de l'anneou	ℓ_a	6 m≤ℓ_a ≤ 9 m	7	7	7	8
Surlargeur franchissable	sl_f	1,5 m si R_g ≤ 15 m	1,5	1,5	—	—
Rayon intérieur	R_i	R_g - ℓ_a - sl_f	3,5	6,5	13	18
Royon d'entrée*	R_e	10 m ≤ R_e ≤ 15 m et ≤R_g	12	15	15	15
Largeur de la voie entronte	ℓ_e	ℓ_e = 4 m	4	4	4	4
Rayon de sortie*	R_s	15 m ≤ R_s ≤ 30 m et > R_i	15	20	20	20
Largeur de lo voie sortonte	ℓ_s	4 m ≤ℓ_s ≤ 5 m	4	4	4,5	5
Rayon de raccordement	R_r	R_r = 4 R_g	48	60	80	100

Tableau X.1. Récapitulatif des différents paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie

X.3.2.Îlot séparateur :

Un îlot séparateur est une structure physique au milieu de la chaussée ou du carrefour, qui sépare les flux de circulation et offre à la fois une orientation du trafic et une protection contre les accidents.

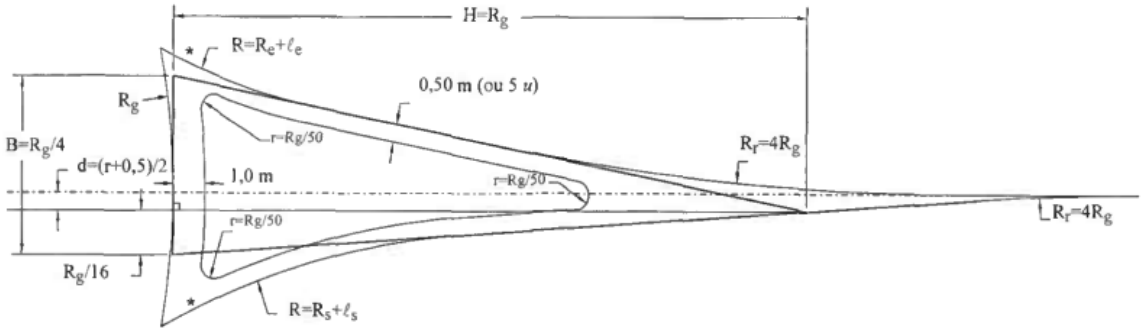


Figure X.2. Construction des îlots séparateurs sur les branches des giratoires de rayon (Rg) > 15 m

	Notation	Paramètrage	Valeurs courantes (en m)			
Rayon giratoire	R_g		R_g<15	R_g=15	R_g=20	R_g=25
Hauteur du triangle de construction	H	H = R_g	12 à 15	15	20	25
Base du triangle de construction	B	B = R_g /4	3 à 3,75	3,75	5,00	6,25
Départ de l'îlot sur l'axe	d	d = (0,5+R_g/50)/2 ou 0	0	0,40	0,45	0,50
Rayon de raccordement des bordures	r	r = R_g / 50	0,25	0,30	0,40	0,50

Tableau X.2. Récapitulatif des différents paramètres de construction des îlots séparateurs

X.4. Tracé en plan du carrefour giratoire :

En utilisant les paramètres précédents, on a pu tracer le carrefour comme sur la figure X.3 :

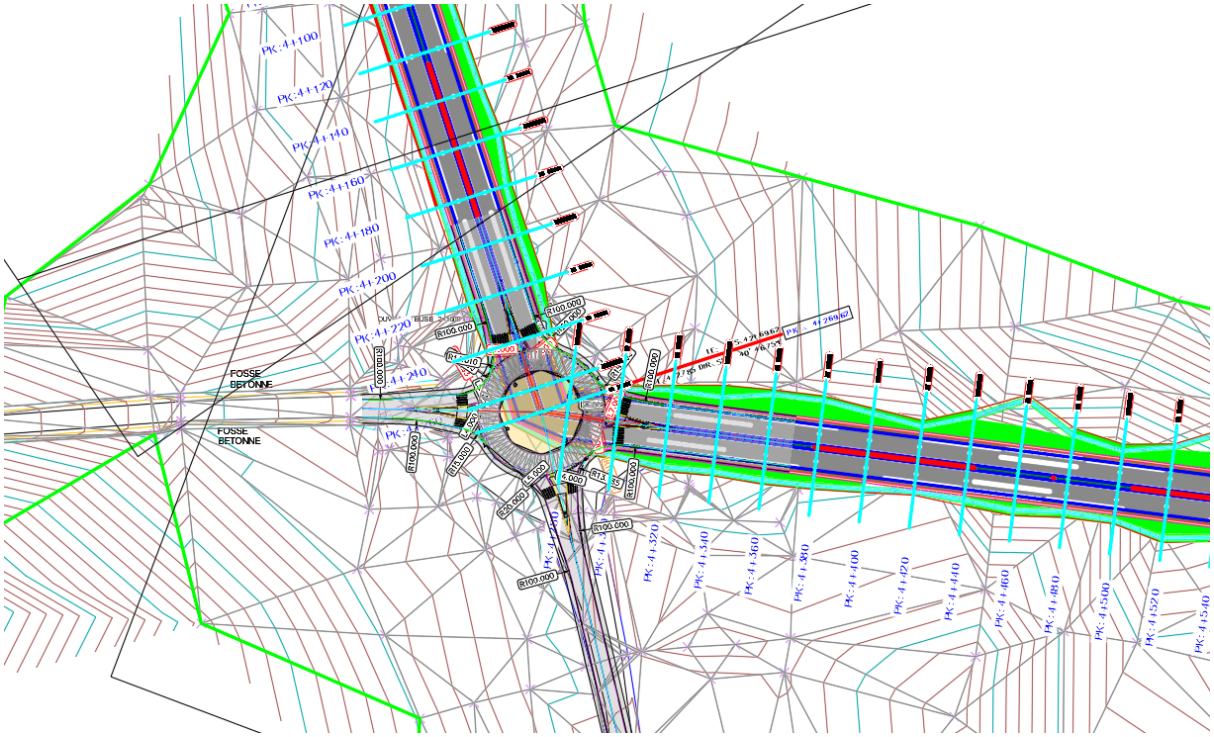


Figure X.3.Vu en plan du tracé au niveau du carrefour giratoire

Le carrefour giratoire est situé à la fin de la RA5 correspondant au (PK 4+240), il s'agit d'un carrefour giratoire à quatre (04) branches en 2*2 voies de circulation.

X.5. Conclusion :

La conception d'un carrefour giratoire repose sur des principes visant à améliorer la circulation et la sécurité routière. Grâce à leur conception circulaire, leurs îlots centraux et leur gestion des priorités, les carrefours giratoires offrent une alternative efficace et sécurisée aux intersections traditionnelles. Cependant, il est important de prendre en compte les spécificités de chaque situation pour garantir une conception optimale et adaptée aux besoins locaux.

Chapitre XI :
Etude hydraulique / Assainissement

CHAPITRE XI : Etude hydraulique / Assainissement

XI.1. Introduction

L'étude d'assainissement des routes est une discipline essentielle dans le domaine de l'ingénierie des transports. Elle vise à évaluer et à améliorer les systèmes de drainage et d'assainissement le long des routes pour assurer leur durabilité et leur sécurité. L'assainissement des routes englobe la conception, la construction et la maintenance des infrastructures de drainage, telles que les caniveaux, les avaloirs, les fossés et les systèmes de collecte des eaux pluviales. L'objectif principal de cette étude est de prévenir les problèmes d'inondations, d'érosion et de dégradation des chaussées, en permettant une évacuation efficace des eaux de pluie.

En évaluant les caractéristiques hydrauliques du réseau de drainage existant et en utilisant des modèles de simulation, les ingénieurs en assainissement des routes peuvent proposer des solutions appropriées pour minimiser les impacts négatifs des intempéries sur les infrastructures routières.

En clair, l'étude d'assainissement des routes joue un rôle crucial dans la planification et la conception d'infrastructures de transport durables et résistantes aux aléas climatiques.

XI.2. Les objectifs de l'assainissement des routes

L’assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer une évacuation rapide des eaux qui tombent et s'écoulent directement sur la chaussée, afin de prévenir le phénomène d'aquaplaning.
- Maintenir de bonnes conditions de viabilité de la chaussée.
- Réduire les coûts d'entretien.
- Prévenir les problèmes d'érosion.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de la chaussée.
- Évacuer les eaux qui s'infiltrent dans le terrain de la plate-forme routière.

Pour atteindre ces objectifs, différents dispositifs d'assainissement sont nécessaires, à la fois pour assurer la durabilité de la structure et le confort des usagers de la route.

XI.3. Collecte des données cartographiques

Les données sont tirées de la carte d’état-major ECH : 1/25.000 à l’aide de logiciel global mapper :



Figure XI.1. Plan Planimétrique des bassins versants

Un traitement cartographique approprié a permis de déterminer les principales caractéristiques morphologiques des bassins versants qui sont :

- La superficie du bassin versant, S en km^2.
- Le périmètre du bassin versant, P en km.
- La pente des bassins versants.
- La hauteur max et min.

XI.4. Caractéristiques physiques des bassins versants

La délimitation des bassins versants a été faite sur logiciel global mapper comme présenté sur la figure XI.1, Les caractéristiques géométriques des bassins versants sont rassemblées ci-dessous :

Tron	Surface du bassin versant (km2)	Périmètre du bassin versant (km)	H max	H min	pente
sb 1	3.564	11.3	1 000.00	756	**11.06**
sb2	4.053	22.5	922.00	724	9.50
sb3	1.677	7.0	856.00	706	9.60
sb4	1.141	5.5	772.00	724	4.46
sb5	1.794	7.0	836.00	728	8.15
sb6	5.987	14.6	810.00	686	7.02
sb7	1.235	7.3	764.00	686	3.61
sb8	0.978	5.8	712.00	680	2.69

Tableau XI.1. Caractéristiques physiques des bassins versants

XI.5. Calculs hydrologiques

1) Données pluviométriques

Année	Pjmax	Année	Pjmax
1968	37,50	1989	32,00
1969	35,50	1990	28,70
1972	99,30	1991	77,10
1973	68,00	1992	50,70
1974	62,70	1993	62,50
1975	32,70	1994	65,90
1976	43,50	1995	49,10
1977	63,00	1997	46,40
1978	45,00	1998	32,80
1979	57,20	1999	42,60
1980	34,40	2000	48,90
1981	38,40	2001	46,70
1982	82,60	2002	51,5
1984	52,50	2003	43,5
1985	88,70	2004	67,9
1986	35,90		
1987	34,60		
1988	49,30		

Tableau XI.2. Données pluviométriques de la zone

Les pluies journalières de périodes de retour 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans :

T période de retour (ans)	Fréquences	Valeurs théoriques (mm)
100.0	0.9900	130
50.0	0.9800	118
20.0	0.9500	101
10.0	0.9000	88.7

Tableau XI.3.Pluies journalières maximales fréquentielles

2) Méthode rationnelle (Turazza)

$$Qmax = C * i * A$$

Qmax: Débit max de la crue (m^3/s)
i : intensité maximale 188.89 (mm/h)
C: Coefficient de ruissellement (Cr=0.2)
A: Superficie du bassin versant (km^2)

Unité de			La loi s'écrit
Q_p	A	I_M	
m3/s	m^2	m/s	Ci_MA
	ha	mm/h	(1/360).Ci_MA
		mm/mn	(⅙).Ci_MA
	km^2	mm/h	**0.278.Ci_MA**
		mm/mn	0.00463.CiA
		l/s/m^2	103 .Ci_MA

Tableau XI.4. Homogénéisation des unités dans la loi rationnelle

On prend les valeurs de C du tableau XI.5 :

Nature de la surface	Valeurs de C
Pavage, chaussées revêtues, pistes ciment	0,70 ≤ C ≤ 0,95
Toitures et terrasses	0,75 ≤ C ≤ 0,95
Sols imperméables avec végétation :	
- Pente < 2%	0,13 ≤ C ≤ 0,18
- Pente = 2 à 7%	0,18 ≤ C ≤ 0,22 à 0,25
- Pente > 7%	0,25 ≤ C ≤ 0,35
Sols perméables avec végétation :	
- Pente < 2%	0,05 ≤ C ≤ 0,10
- Pente = 2 à 7%	0,10 ≤ C ≤ 0,15
- Pente > 7%	0,15 ≤ C ≤ 0,20

Tableau XI.5. Valeurs du coefficient de ruissellement

Débits critiques de chaque bassin pour une période de retour 50 ans :

C	I	A	Q pour 50 ans (m3/S
0.1	188.89	3.564	18.72
0.1	188.89	4.053	21.28
0.1	188.89	1.677	8.8
0.15	188.89	1.141	8.9
0.1	188.89	1.794	9.42
0.1	188.89	5.987	31.43
0.15	188.89	1.235	9.72
0.15	188.89	0.978	7.7

Tableau XI.6. Tableau des débits critiques

XI.6. Analyse hydrologique

L'analyse hydraulique nous permet d'estimer la section nécessaire pour véhiculer la quantité d'eau ruisselée pendant le moment de la crue.
L'estimation de la section est en fonction de :
- Débit de la crue.
- Pente du cours d'eau.
- Rugosité du cours d'eau.

Les résultats de calcul sont représentés dans les tableaux XI.7, XI.8 et XI.9 :

Buses

Tableau des buses						
N° du BV	Q10 moyen (m3/s)	Dimension de l'ouvrage			Débit C. m3 / s	Nbre Ouv.
7	9.72	Buse	Ø	1500	10.17	3
5	9.42	Buse	Ø	1500	10.17	3
4	8.60	Buse	Ø	1500	10.17	3
3	8.80	Buse	Ø	1500	10.17	3
8	7.70	Buse	Ø	1500	10.17	3

Tableau XI.7. Calculs des caractéristiques d'écoulement et du nombre de buses nécessaires

Dalots

Tableau des dalots							
BV	Q10 moyen (m3/s)	Dimension de l'ouvrage				Débit C. m3 / s	Nbre Ouv.
5	31.43	Dalot	4.00	x	4.00	38.10	1
2	21.28	Dalot	3.50	x	3.50	27.90	1
1	18.72	Dalot	3.00	x	3.00	19.47	1

Tableau XI.8. Calculs des caractéristiques d'écoulement et du nombre de dalots nécessaires

Fossé trapézoïdal

pk	Type	Sm (m²)	Pm (ml)	K	Rh	Qc (m3/s)
	Fossé A1	***0.5***	***1.91***	**35**	**0.26**	***1.35***

Tableau XI.9. Calculs des caractéristiques du fossé trapézoïdal

XI.7. Conclusion

En résumé, l'étude d'assainissement pour le projet routier a permis de proposer des solutions efficaces pour gérer les eaux pluviales, minimiser les impacts environnementaux et assurer la durabilité de l'infrastructure. L'utilisation des ouvrages hydrauliques (buses, dalots et fossés trapézoïdaux) servira à réduire les problèmes d'inondation.
Ces mesures contribueront à préserver les ressources en eau locales et créer un environnement sûr pour les usagers de la route et les communautés avoisinantes.

Chapitre XII : Équipements, Signalisations et Eclairages

CHAPITRE XII : Signalisations et Eclairages

XII.1. Introduction

La signalisation et l'éclairage sont des éléments essentiels de la conception d'une route. Ils contribuent à assurer la sécurité et la fluidité de la circulation en fournissant des informations claires aux conducteurs et en améliorant la visibilité tout au long de la route. Une signalisation adéquate et un éclairage approprié sont des aspects fondamentaux pour garantir une conduite sûre et efficace sur nos routes.

XII.2. Signalisation

La signalisation routière comprend une variété de panneaux et de signaux qui transmettent des indications, des avertissements, des restrictions et des conseils aux conducteurs. Ces panneaux peuvent être utilisés pour indiquer les limites de vitesse, les intersections, les passages piétons, les changements de direction, les zones de travaux et bien d'autres informations essentielles. Ils sont conçus de manière à être facilement compris et interprétés par les conducteurs, contribuant ainsi à la sécurité routière en réduisant les risques d'accidents.

XII.2.1. Règles respectées pour les signalisations

- Homogénéité entre la géométrie de la route et la signalisation.
- Respect des règles d’implantation.
- Cohérence entre les signalisations verticales et horizontales.
- Éviter les panneaux publicitaires irréguliers.
- Éviter la multiplication des signaux et des super signaux, car la surabondance nuit à l’efficacité.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l’attention de l’usager.
- Bon choix des types de signalisation correspondant de chaque

XII.2.2. 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.2.3. Types de signalisation

On distingue deux types de signalisation :
-Signalisation verticale.
-Signalisation horizontale

XII.2.3.1. Signalisation horizontale

Le dispositif qui a été adopté pour le présent projet est :
U = 6 cm sur les routes et voies urbaines.

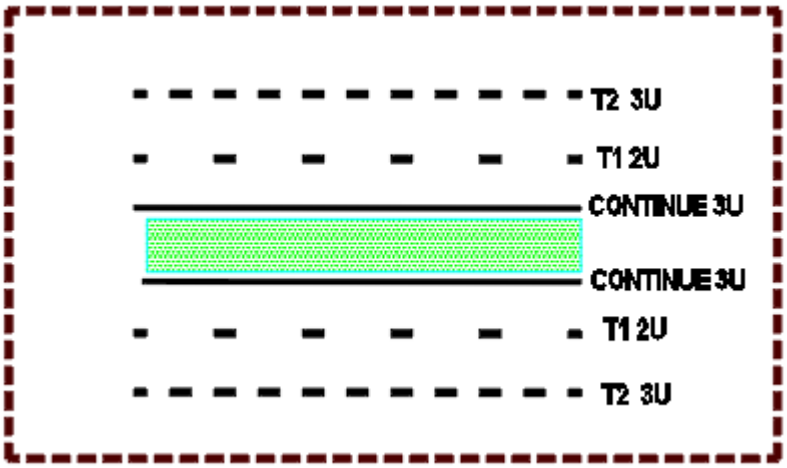


Figure XII.1. Types de modulations

Type de marquage	Type de modulation	Longueur du trait (en m)	Intervalle entre 02 traits successifs (en m)	Rapport plein/vide
axial longitudinal	T1 T'1 T3	3 1.5 3	10 5 1.33	1/3 1/3 3
rive	T2 T'3	3 20	3.5 6	1 3
transversal	T'2	0.5	0.5	1

Tableau XII.1. Normes de signalisation horizontale

XII.2.3.2 Signalisation verticale

C'est un panneau de signalisation. Un peu partout sur la chaussée, ils véhiculent de nombreux messages aux usagers en fonction de leurs formes et couleurs.

Les panneaux de présignalisation :

Egalement connus sous le nom de panneaux de danger, ce sont des panneaux de forme triangulaire qui alertent les usagers de la route d'un danger présent sur la chaussée. Leur objectif principal est d'informer les conducteurs de la situation à venir, leur permettant ainsi d'anticiper et d'ajuster leur conduite en conséquence. Ces panneaux jouent un rôle crucial en prévenant les automobilistes des circonstances particulières qu'ils rencontreront, favorisant ainsi une conduite plus sûre.

Les panneaux d'interdiction et d'obligation :

De forme ronde, ils délivrent un message soit d'interdiction (exemple : interdiction de stationner), soit d'obligation (exemple : contourner par la droite).

Les panneaux d'indication : de forme carrée avec fond bleu et liseré blanc, ils sont implantés à l'endroit dont ils signalent la particularité (exemple : cassis ou dos d'âne, passage piétons…)
Les panneaux d'information : de formes et couleurs diverses, ils donnent une direction, ou délivrent une information. Ils permettent de faciliter le déplacement des usagers en leur donnant des indications précises sur leur itinéraire. Exemple : panneau d'autoroute, panneau d'entrée de ville…

Panneaux types adoptés :
Les signaux de danger type ''A'' :



Les signaux d'intersections et de priorité type ''B'' :



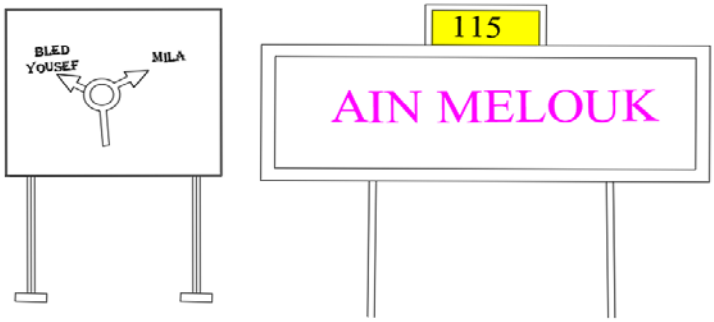
Les signaux d'interdictions type ''C'' :



La vitesse est réduite progressivement par pallier de 20 km/h à l'approche du carrefour.
Les signaux d'obligation type ''D'' :



Les signaux d'identification des routes type ''E'' :



XII.1.4. Application au projet

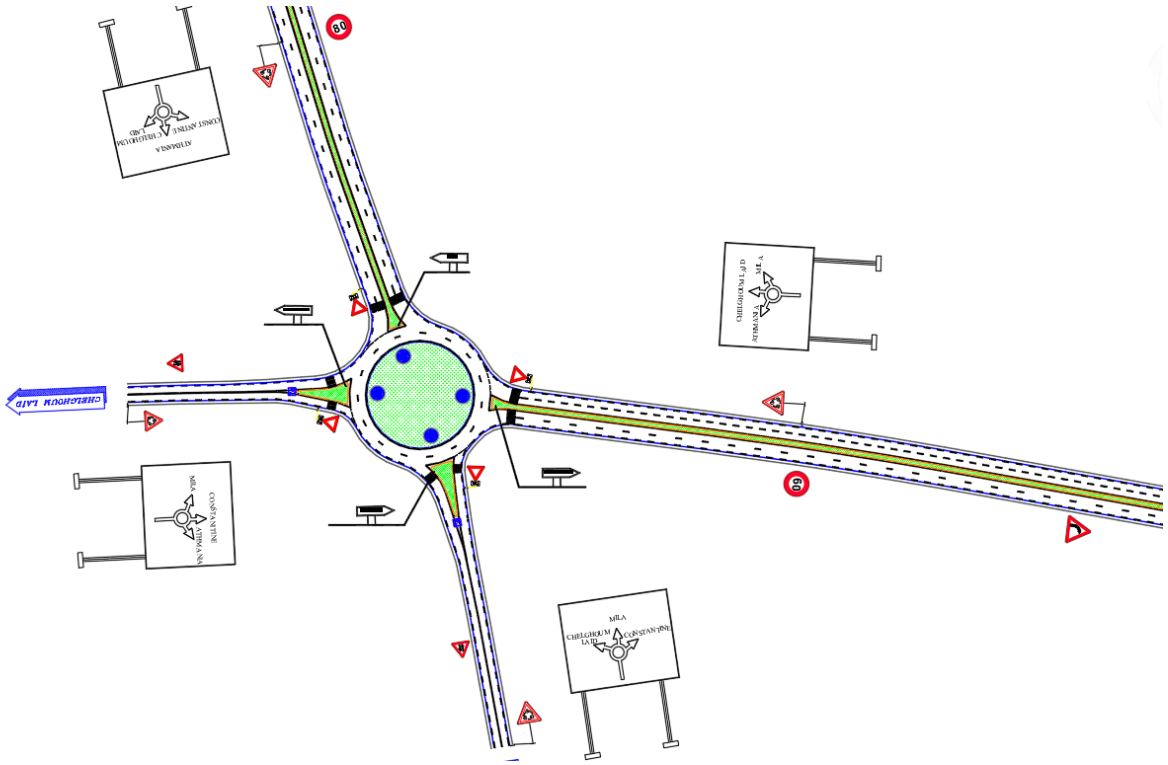


Figure 12.2. Vue en plan de la signalisation au niveau du PK 3+900 au PK 4+600

XII.2. Éclairages

L'éclairage joue également un rôle crucial dans la conception d'une route, en particulier lorsqu'il fait sombre ou par mauvaise visibilité. Un éclairage adéquat permet aux conducteurs de voir clairement la route, les panneaux de signalisation, les marquages au sol et les autres usagers de la route, tels que les piétons et les cyclistes. Cela améliore la visibilité et réduit les risques d'accidents en permettant aux conducteurs de réagir rapidement et en toute sécurité aux situations de la circulation.

XII.2.1. Catégories d'éclairage

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :
- Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- Eclairage des voies desserte, catégorie C.
- Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage…) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

XII.2.2. Paramètres de l'implantation des luminaires

-L'espacement (e) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie.
-La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et parfois 12 m 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.

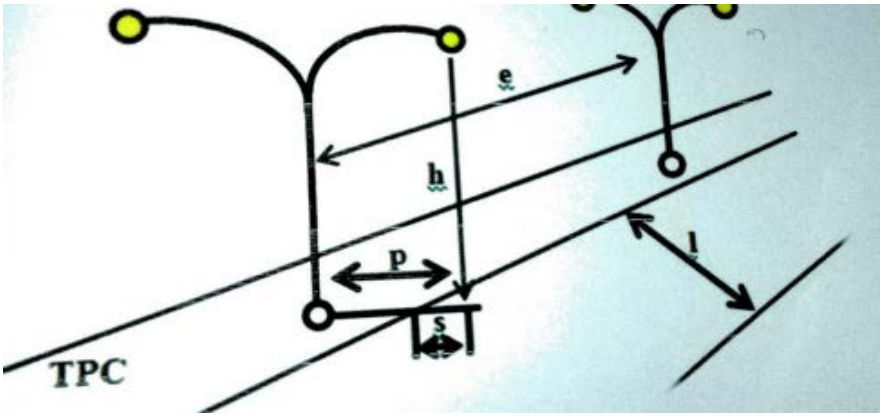


Figure XII.3. Positions des éclairages en fonction des paramètres d'implantation

Chapitre XIII : Étude d’impact sur environnement

CHAPITRE XIII : Étude d'impact sur environnement

XIII.1. Introduction

L'impact sur l'environnement peut être défini comme les conséquences d'une activité humaine sur une composante de l'environnement, à la fois sur une période de temps spécifique et dans un espace donné. Il englobe à la fois les aspects biophysiques et humains. L'analyse comparative est effectuée par rapport à la situation probable si le projet n'était pas réalisé. Ainsi, la réalisation d'un projet entraîne des modifications et des perturbations du système par rapport à son état initial.

Cette étude vise à analyser et évaluer les effets et les mesures liés à chaque composante environnementale d'un projet spécifique. Dans le cas des routes, leur impact sur l'environnement est amplifié par la circulation des véhicules qui les empruntent. La construction et l'entretien des routes entraînent une demande importante en granulats, absorbant près de la moitié de la production nationale, et une quantité considérable de déchets routiers qui sont ensuite mis en décharge. De plus, la circulation routière et les travaux associés contribuent aux émissions nationales de dioxyde de carbone (CO2), ce qui conduit à une fragmentation des écosystèmes.

XIII.2. Objectifs de l'étude d'impact sur environnement

L'étude d'impact sur l'environnement vise à identifier, évaluer et mesurer les effets directs et indirects à court, moyen et long terme d'un projet, tout en proposant des compensations et des remèdes pour limiter au maximum les effets négatifs. Ses objectifs sont les suivants :

- Identifier et évaluer l'ampleur des impacts du projet sur les aspects physiques, biologiques, humains, ainsi que sur le climat sonore et le paysage.
- Proposer des mesures visant à réduire les impacts négatifs du projet.
- Préserver les conditions de vie des générations futures.
- Préserver les espèces végétales et animales.

Ainsi, l'étude d'impact sur l'environnement vise à comprendre les conséquences potentielles d'un projet, à proposer des mesures pour atténuer les impacts négatifs, et à garantir la protection de l'environnement et des espèces pour les générations présentes et futures.

XIII.3. Impact du projet sur l'environnement

Il se résume en deux types d'impacts :

XIII.3.1. Impacts positifs

Amélioration de la sécurité routière : Le dédoublement de la section située entre la station de traitement des eaux du barrage-réservoir d'Oued Athmania et l'autoroute Est-ouest améliorera les caractéristiques géométriques de la route, ce qui entraînera une amélioration de la sécurité routière. Une meilleure infrastructure routière réduit les risques d'accidents et de mortalité, notamment sur les autoroutes et les routes à deux voies.

Amélioration des conditions de circulation : La réalisation du projet permettra une amélioration des conditions de circulation sur cet axe routier spécifique. Une route élargie et mieux conçue peut réduire les congestions, les temps de trajet et les difficultés rencontrées par les usagers de la route.

Impact positif sur les activités socio-économiques et le développement régional : La construction du projet entraînera la création de nouveaux emplois, à la fois temporaires et permanents. Les emplois temporaires seront générés pendant la phase de construction, bénéficiant à la main-d'œuvre locale. Les emplois permanents seront nécessaires pour l'entretien de la route une fois celle-ci achevée. Cette augmentation des activités économiques peut stimuler le développement régional et avoir un impact positif sur les communautés locales.

Développement du tourisme dans la région : L'amélioration des infrastructures routières peut contribuer au développement du tourisme dans la région. Une meilleure accessibilité permettra aux visiteurs de se déplacer plus facilement vers les attractions touristiques, ce qui peut stimuler l'industrie du tourisme et avoir des retombées économiques positives pour la région.

XIII.3.2. Impacts négatifs

Expropriation des propriétés bâties et des terres dans l'emprise du projet : La réalisation du projet entraînera l'expropriation des propriétés et des terres qui se trouvent sur le tracé de la route, notamment au niveau de la construction au PK 3+060. Cela peut avoir un impact négatif sur les propriétaires fonciers, qui peuvent perdre leur domicile ou leurs sources de revenus.

Coupures temporaires des réseaux : Pendant la phase de construction, il peut y avoir des coupures temporaires des réseaux tels que les routes, l'approvisionnement en eau et l'électricité. Cela peut causer des inconvénients pour les résidents locaux et les entreprises qui dépendent de ces infrastructures.

Consommation excessive des granulats : La construction et l'entretien des routes nécessitent une quantité importante de granulats. Cela peut entraîner une consommation excessive de ces ressources naturelles, ce qui peut avoir un impact sur l'environnement, notamment en termes d'extraction de matériaux et de perturbation des écosystèmes locaux.

De manière plus détaillée, les impacts peuvent être distingués entre ceux survenant pendant la phase de construction et ceux pendant la phase d'exploitation d'un projet routier.

XIII.3.2.1. Impacts pendant la phase de travaux

Milieu physique :
Les émissions de poussières et la pollution atmosphérique affectent la qualité de l'air.
Les nuisances acoustiques résultant de la circulation des engins de chantier.
Les risques de contamination des sols et des ressources hydriques en cas d'accidents impliquant des produits dangereux utilisés sur le chantier.

Le risque de perte de la végétation et de dégradation des sols suite à l'exploitation des carrières et à l'installation des chantiers.

Milieu biologique :
Perturbations liées à la création d'une barrière terrestre.
Risque d'incendie accru.

Milieu humain :
Abattage d'arbres et impact sur les constructions privées pendant la phase de travaux.
Les bruits, les vibrations et les émissions peuvent avoir des effets sur la santé des habitants résidant à proximité de la route et des ouvriers.
La circulation des camions et des engins de chantier peut également augmenter les risques d'accidents.
Impact visuel des chantiers et des bases de vie.

XIII.3.2.2.Pendant la phase d'exploitation

Milieu physique :
-Érosion et décapage des sols le long du tracé de la route.
-Risques de pollution chronique (eaux de ruissellement de la chaussée) ou de pollution accidentelle en cas d'accidents.

Milieu biologique :
-Nuisances liées à la circulation des véhicules.
-Dégradation de la qualité des habitats de différentes espèces.
-Risque d'incendie accru.

Milieu humain :
-Nuisances pour les résidents vivant à proximité de la route, notamment le bruit et les problèmes respiratoires.
-Impact visuel.

XIII.4.Mesures prises pour minimiser les impacts

Il est essentiel de déterminer les mesures pouvant être prises pour prévenir ou réduire les effets négatifs du projet sur l'environnement.

XIII.4.1.Mesures pendant la phase de travaux

Les impacts négatifs mentionnés précédemment peuvent être atténués voire éliminés grâce à l'adoption et à la mise en œuvre de plusieurs mesures, notamment :

- Sélection judicieuse des emplacements des zones de chantier et des routes d'accès, en les éloignant autant que possible des zones sensibles et des habitations.
- Stockage sécurisé des produits dangereux avec des dispositifs spécifiques pour réduire au minimum les risques pour l'environnement.

- Aménagement d'espaces dédiés à l'entretien, au ravitaillement et au nettoyage des engins utilisés afin de limiter les risques de contamination et de dégradation de la qualité des eaux.
- Utilisation d'engins respectant les normes en matière de bruit et surveillance des réglages moteur pour limiter les émissions de fumées, de gaz ou d'odeurs indésirables.
- Collecte régulière des déchets du chantier en vue de leur traitement approprié.
- Indemnisation des propriétaires fonciers et des bâtiments détruits dans le cadre des expropriations pour cause d'utilité publique.
- Mise en place d'un plan d'aménagement paysager comprenant le reboisement afin de compenser la déforestation, limitée strictement et exclusivement aux zones nécessaires au projet, notamment aux carrefours, aux zones de remblais et de déblais.
- Utilisation de carrières abandonnées et de carrières existantes pour le dépôt des matériaux excédentaires plutôt que de créer de nouveaux sites.
- Optimisation des perturbations pour les autres services (approvisionnement en eau et électricité) grâce à une coordination efficace entre les parties prenantes concernées et à une campagne de communication adéquate pour informer le public touché ou concerné.

En mettant en place ces mesures, il est possible de réduire les impacts négatifs sur l'environnement pendant la phase de travaux d'un projet routier.

XIII.4.2. Mesures pendant la phase exploitation

En phase d'exploitation, les mesures de compensation et d'atténuation visent principalement les aspects suivants :

-Suivi de la restauration des principales zones de dépôt des chantiers et des bases de vie.
-Retenue des véhicules dans l'emprise routière pour éviter tout déversement en dehors de celle-ci.
-Étanchéification des accotements et des réseaux d'assainissement pour prévenir toute infiltration de substances polluantes.
-Entretien des plantations, y compris le terre-plein central et les talus.
-Réduction des risques de pollution accidentelle (déversement de produits dangereux sur la chaussée) par la limitation et le contrôle de la vitesse des poids lourds.
-Élaboration et mise en œuvre d'un programme de suivi de la qualité de l'air et des niveaux sonores sur les tronçons sensibles.

XIII.5. Conclusion

La mise en œuvre d'un projet routier entraîne inévitablement des conséquences néfastes sur l'environnement, tant pendant la phase de construction que pendant son exploitation. Cependant, ces effets indésirables sont relativement mineurs par rapport aux nombreux avantages que cette route apportera.

L'objectif de cette étude est de réduire au minimum l'impact négatif sur l'environnement de la région, en assurant une surveillance continue de cet impact dans les années à venir, lorsque le trafic automobile augmentera et que la pollution sera plus grave et préoccupante.

Chapitre XIV : Devis quantitatif et estimatif

XIV. Devis quantitatif et estimatif

N	Désignation des Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (Da)	Prix Total (DA)
1	**Travaux préparatoire**				
1.1	Déplacement des poteaux électriques	U	4	200000	800000
1.2	Abattage d'arbres	U	44	4000	176000
				Totale	976000
2	**Terrassement**				
2.1	Décapage de la terre végétale e=30cm.	M³	22600	400	9040000
2.2	Remblai en provenance y compris transport	M³	63685	600	38210970
2.3	Déblai mise en dépôt		156027	300	46807998
				Totale	94058968
3	**Chaussée**				
3.1	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre du (GNT 0.315) pour la couche de fondation	M³	36 300	3000	108900000
3.2	F.T.M.O du TUF pour couche de forme e=60 cm	M³	80500	1500	120750000
3.3	F.T.M.O du Grave Bitume pour couche de base e=20cm	T	63 234	7100	448961400
3.4	Couche d'imprégnation au Cut/back 0/1	T	97	8000	779200
3.5	Couche d'accrochage dosée 200 à 300g/m2	T	17.6	6000	105600
3.6	F.T.M.O pour couche de roulement en BB e= =6cm	T	17125.24	7000	119876680
3.7	F.T.M.O du matériau pour les accotements	M³	42650	1200	51180000
				Totale	850552880
4	**Assainissement**				
4.1	Fossés longitudinaux trapézoïdale en béton	ml	7756	7000	54,292,000
4.2	Buses 1500	ml	345	36000	12,420,000
4.3	Dalots en béton armé 4x4	ml	23	150000	3,450,000
4.4	Dalots en béton armé 3.5x3.5	ml	23	120000	2,760,000
4.5	Dalots en béton armé 3x3	ml	23	90000	2,070,000
				Totale	62,184,500
5	**Signalisation**				
5.1	Signalisation horizontale.	ml	31024	150	4653600
5.2	Panneaux de signalisation verticale.	U	45	20000	900000
6	Equipement				
6.1	Séparation en béton double (DBA)	ml	15512	6500	100828000
6.2	L'éclairage public	ml	7756	4200	32575200
7	Impact sur l'environnement			1% (3+4+5)	10067963.48
7.1	Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)			3% (3+4+5)	30203890.44
7.2	Installation du chantier			3% (3+4+5)	30203890.44
				MONTANT (HT)	1,236,222,392
				TVA (19%)	234,882,254
				MONTANT (TTC)	1,471,104,646

Chapitre XV : Conclusion générale

CHAPITRE XV

XV.1 Conclusion générale

Pour conclure, ce travail nous a permis d'explorer un projet concret où l'on a pu mettre en pratique les connaissances acquises lors de la formation à l'ENSTP. L'avantage principal de ce projet résidait dans sa diversité, couvrant différents aspects de la construction d'une route. On a eu l'opportunité d'acquérir une expertise dans plusieurs étapes du processus, notamment en ce qui concerne le tracé et l'assainissement.

Bien que l'on aurait aimé disposer de plus de temps afin de se pencher sur d'autres aspects, on a tout de même réussi à répondre à l'objectif désiré.

Cette expérience modeste s'est révélée extrêmement enrichissante et aura sans aucun doute un impact significatif sur ma future carrière dans le domaine des travaux publics.

Bibliographie :

• B40: Normes techniques d’aménagement des routes.1975.

• Manuel de projet de route de Mr. GOUMETRE AHMED & Mme. KALLI FATIMA

• Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves. Ministère des Travaux Publics /«CTTP». 2001.

• Guide des terrassements routiers GTR. SETRA – 1994.

• Cours Enstp 1ère et 2ème année de route de Mr. KARA

• Cours Enstp 2ème année de géotechnique routière Mme. DERRICHE FATIMA ZOHRA

• Cours Enstp 2ème année d’hydraulique de Mr. RAHMANI

• Thèses de route des années passées des étudiants de l’ENSTP (Rafik Larbi 2022, Bouzina Mohamed 2016)

• Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales, décembre 1998

• Résumé de Mr. Cherrared Merzouk professeur à l’USTHB

• Règles parasismiques applicables au domaine des ouvrages d’art RPOA 2008

• Site web : www.dcwmila.dz

• Site Web : "Transportation Research Board" (www.trb.org)

• Site Web: "Federal Highway Administration" (www.fhwa.dot.gov)

• Mémoire de Chadli Ahmed Redha 2020.

Abscisse curviligne de départ: 0+000.000
Abscisse curviligne de fin: 7+756.401

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Vol. remblai (m3)	Vol. déblai Cum. (m3)	Vol. réutilisable Cum. (Cu.m.)	Vol. remblai Cum. (m3)	Vol. Net Cum. (m3)
0+000.000	32.03	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.000	32.75	647.82	647.82	1.06	20.14	647.82	647.82	20.14	627.69
0+040.000	22.88	556.34	556.34	0.91	19.74	1204.17	1204.17	39.88	1164.29
0+060.000	24.45	473.31	473.31	0.52	14.35	1677.48	1677.48	54.23	1623.25
0+073.129	33.30	379.11	379.11	0.72	8.19	2056.58	2056.58	62.42	1994.16
0+080.000	37.40	242.90	242.90	0.53	4.30	2299.48	2299.48	66.72	2232.76
0+100.000	45.80	832.04	832.04	0.14	6.71	3131.52	3131.52	73.43	3058.09
0+120.000	41.22	870.22	870.22	0.21	3.47	4001.75	4001.75	76.90	3924.84
0+140.000	40.21	811.40	811.40	0.25	4.64	4813.15	4813.15	81.54	4731.60
0+160.000	41.05	808.10	808.10	0.19	4.48	5621.25	5621.25	86.02	5535.23
0+170.129	44.44	429.88	429.88	0.20	2.02	6051.13	6051.13	88.04	5963.09
0+180.000	48.48	454.98	454.98	0.35	2.79	6506.11	6506.11	90.83	6415.28
0+191.106	49.90	541.92	541.92	0.35	4.00	7048.02	7048.02	94.82	6953.20
0+200.000	49.26	440.99	440.99	0.34	3.07	7489.01	7489.01	97.90	7391.11
0+212.082	43.23	554.59	554.59	0.14	2.97	8043.60	8043.60	100.87	7942.74
0+220.000	43.18	342.11	342.11	0.37	2.03	8385.71	8385.71	102.90	8282.81
0+230.270	46.18	455.73	455.73	0.48	4.50	8841.44	8841.44	107.39	8734.04
0+233.059	47.14	130.11	130.11	0.51	1.38	8971.55	8971.55	108.77	8862.78
0+240.000	49.69	336.09	336.09	0.53	3.61	9307.64	9307.64	112.38	9195.27

0+254.035	49.95	693.74	693.74	0.48	7.31	10001.39	10001.39	119.69	9881.69
0+260.000	53.30	307.95	307.95	0.36	2.51	10309.33	10309.33	122.20	10187.13
0+275.012	58.34	831.47	831.47	0.10	3.53	11140.81	11140.81	125.73	11015.07
0+280.000	55.79	284.67	284.67	0.06	0.41	11425.48	11425.48	126.15	11299.33
0+290.411	53.90	566.41	566.41	0.07	0.69	11991.89	11991.89	126.84	11865.05
0+300.000	51.81	506.86	506.86	0.16	1.08	12498.75	12498.75	127.92	12370.83
0+320.000	52.12	1032.60	1032.60	0.21	3.76	13531.35	13531.35	131.68	13399.67
0+340.000	51.90	1035.42	1035.42	0.07	2.86	14566.77	14566.77	134.54	14432.22
0+360.000	51.06	1029.60	1029.60	0.20	2.75	15596.37	15596.37	137.29	15459.08
0+380.000	47.93	989.93	989.93	0.19	3.92	16586.30	16586.30	141.21	16445.08
0+387.411	46.80	351.01	351.01	0.20	1.46	16937.31	16937.31	142.67	16794.64
0+400.000	44.81	576.63	576.63	0.17	2.34	17513.93	17513.93	145.01	17368.93
0+420.000	39.92	847.36	847.36	0.05	2.20	18361.29	18361.29	147.21	18214.08
0+440.000	37.40	773.24	773.24	0.07	1.26	19134.53	19134.53	148.48	18986.06
0+460.000	34.52	719.22	719.22	0.10	1.71	19853.76	19853.76	150.19	19703.57
0+480.000	32.09	666.15	666.15	0.60	6.95	20519.91	20519.91	157.14	20362.77
0+500.000	28.56	606.50	606.50	0.63	12.26	21126.41	21126.41	169.41	20957.01
0+520.000	30.64	591.93	591.93	0.56	11.90	21718.34	21718.34	181.31	21537.03
0+540.000	28.07	587.00	587.00	0.47	10.32	22305.34	22305.34	191.63	22113.71
0+560.000	24.69	527.55	527.55	0.15	6.24	22832.89	22832.89	197.87	22635.01
0+580.000	21.58	462.67	462.67	0.25	3.99	23295.55	23295.55	201.86	23093.69
0+600.000	17.92	394.98	394.98	0.44	6.85	23690.53	23690.53	208.71	23481.82
0+620.000	18.77	366.90	366.90	0.47	9.11	24057.43	24057.43	217.82	23839.61

0+640.000	16.75	355.19	355.19	0.46	9.35	24412.62	24412.62	227.17	24185.45
0+660.000	14.20	309.45	309.45	0.33	7.95	24722.07	24722.07	235.12	24486.95
0+680.000	14.45	286.50	286.50	0.29	6.21	25008.57	25008.57	241.33	24767.24
0+700.000	19.90	343.58	343.58	0.19	4.75	25352.15	25352.15	246.08	25106.07
0+720.000	16.39	362.91	362.91	0.17	3.52	25715.07	25715.07	249.59	25465.47
0+740.000	16.62	330.10	330.10	0.24	4.01	26045.17	26045.17	253.61	25791.56
0+744.611	16.31	75.93	75.93	0.25	1.12	26121.09	26121.09	254.73	25866.36
0+760.000	16.74	254.27	254.27	0.30	4.25	26375.36	26375.36	258.98	26116.38
0+780.000	13.81	305.46	305.46	0.47	7.71	26680.82	26680.82	266.69	26414.13
0+800.000	11.85	256.58	256.58	0.92	13.92	26937.40	26937.40	280.61	26656.79
0+820.000	9.29	210.92	210.92	0.96	18.88	27148.32	27148.32	299.49	26848.83
0+840.000	7.93	171.32	171.32	2.92	39.22	27319.64	27319.64	338.71	26980.93
0+841.611	7.96	12.80	12.80	3.18	4.92	27332.44	27332.44	343.63	26988.81
0+860.000	7.30	139.28	139.28	4.41	70.68	27471.72	27471.72	414.31	27057.40
0+862.588	7.13	18.67	18.67	4.33	11.31	27490.39	27490.39	425.63	27064.76
0+880.000	6.57	118.44	118.44	4.46	77.46	27608.83	27608.83	503.08	27105.75
0+883.564	6.71	23.67	23.67	4.49	15.96	27632.50	27632.50	519.04	27113.46
0+889.076	6.69	36.93	36.93	4.37	24.42	27669.43	27669.43	543.46	27125.97
0+900.000	6.52	71.71	71.71	3.15	41.49	27741.14	27741.14	584.95	27156.19
0+904.541	6.91	30.49	30.49	2.79	13.48	27771.63	27771.63	598.43	27173.20
0+920.000	1.43	64.12	64.12	3.81	51.23	27835.75	27835.75	649.66	27186.09
0+925.517	1.34	7.64	7.64	3.58	20.38	27843.39	27843.39	670.04	27173.35
0+936.540	1.42	15.21	15.21	3.06	36.67	27858.59	27858.59	706.71	27151.88

0+940.000	1.41	4.89	4.89	2.85	10.22	27863.49	27863.49	716.93	27146.56
0+960.000	2.56	39.61	39.61	1.29	41.45	27903.10	27903.10	758.38	27144.72
0+980.000	4.52	70.67	70.67	1.69	29.82	27973.77	27973.77	788.20	27185.57
1+000.000	4.65	91.64	91.64	1.44	31.32	28065.41	28065.41	819.52	27245.89
1+020.000	5.29	99.31	99.31	1.13	25.65	28164.72	28164.72	845.17	27319.55
1+033.540	7.71	88.01	88.01	0.66	12.09	28252.73	28252.73	857.26	27395.46
1+040.000	8.32	51.80	51.80	1.16	5.88	28304.52	28304.52	863.14	27441.38
1+060.000	6.34	146.64	146.64	0.92	20.77	28451.17	28451.17	883.92	27567.25
1+080.000	4.94	112.78	112.78	0.99	19.06	28563.95	28563.95	902.98	27660.97
1+100.000	9.35	142.88	142.88	0.45	14.43	28706.82	28706.82	917.41	27789.41
1+120.000	8.30	176.54	176.54	0.53	9.87	28883.36	28883.36	927.29	27956.08
1+140.000	11.66	199.61	199.61	0.22	7.50	29082.97	29082.97	934.78	28148.19
1+160.000	15.04	266.98	266.98	0.12	3.40	29349.95	29349.95	938.19	28411.77
1+180.000	14.40	294.36	294.36	0.17	2.97	29644.31	29644.31	941.16	28703.15
1+200.000	13.74	281.33	281.33	0.21	3.85	29925.64	29925.64	945.01	28980.63
1+220.000	14.72	284.58	284.58	0.17	3.86	30210.21	30210.21	948.87	29261.35
1+240.000	16.32	310.38	310.38	0.19	3.66	30520.60	30520.60	952.53	29568.07
1+260.000	17.67	339.86	339.86	0.25	4.45	30860.46	30860.46	956.98	29903.48
1+280.000	18.99	366.64	366.64	0.25	4.98	31227.10	31227.10	961.96	30265.14
1+300.000	20.61	396.05	396.05	0.30	5.50	31623.15	31623.15	967.46	30655.69
1+320.000	22.03	426.43	426.43	0.32	6.25	32049.58	32049.58	973.71	31075.87
1+340.000	21.11	431.42	431.42	0.32	6.46	32481.00	32481.00	980.17	31500.83
1+352.642	20.41	262.48	262.48	0.35	4.24	32743.47	32743.47	984.41	31759.07

1+360.000	19.71	147.61	147.61	0.37	2.65	32891.09	32891.09	987.06	31904.03
1+380.000	16.95	366.62	366.62	0.51	8.86	33257.71	33257.71	995.92	32261.79
1+400.000	14.25	312.01	312.01	0.87	13.86	33569.73	33569.73	1009.78	32559.95
1+420.000	13.51	275.99	275.99	1.33	22.26	33845.71	33845.71	1032.04	32813.67
1+440.000	13.97	272.07	272.07	1.64	30.09	34117.78	34117.78	1062.13	33055.65
1+449.642	16.05	144.71	144.71	1.08	13.10	34262.50	34262.50	1075.23	33187.27
1+460.000	14.71	157.28	157.28	1.17	11.89	34419.78	34419.78	1087.12	33332.66
1+470.618	13.73	149.03	149.03	1.31	13.45	34568.81	34568.81	1100.56	33468.25
1+480.000	13.07	125.70	125.70	1.51	13.25	34694.51	34694.51	1113.81	33580.70
1+482.199	12.99	28.65	28.65	1.63	3.45	34723.16	34723.16	1117.26	33605.90
1+491.595	11.69	115.93	115.93	2.43	19.04	34839.10	34839.10	1136.31	33702.79
1+500.000	12.28	100.74	100.74	1.01	14.46	34939.84	34939.84	1150.77	33789.07
1+512.571	8.87	131.70	131.70	1.22	14.36	35071.53	35071.53	1165.13	33906.40
1+514.756	8.58	19.06	19.06	1.28	2.73	35090.60	35090.60	1167.86	33922.74
1+520.000	8.02	43.50	43.50	1.46	7.16	35134.10	35134.10	1175.02	33959.08
1+540.000	7.04	149.28	149.28	1.36	28.66	35283.38	35283.38	1203.68	34079.70
1+560.000	6.63	135.84	135.84	2.13	35.25	35419.23	35419.23	1238.93	34180.30
1+580.000	5.28	119.03	119.03	2.21	43.40	35538.25	35538.25	1282.33	34255.92
1+600.000	3.52	88.01	88.01	2.35	45.56	35626.27	35626.27	1327.89	34298.38
1+611.756	2.52	35.55	35.55	3.33	33.34	35661.82	35661.82	1361.22	34300.59
1+620.000	2.09	19.03	19.03	4.29	31.37	35680.84	35680.84	1392.60	34288.24
1+640.000	1.64	37.33	37.33	6.77	110.53	35718.17	35718.17	1503.13	34215.05
1+660.000	1.30	29.44	29.44	8.81	155.72	35747.62	35747.62	1658.85	34088.76

1+680.000	1.06	23.62	23.62	9.91	187.20	35771.24	35771.24	1846.05	33925.19
1+700.000	1.06	21.18	21.18	11.07	209.79	35792.42	35792.42	2055.84	33736.58
1+720.000	1.08	21.43	21.43	13.35	244.16	35813.85	35813.85	2300.00	33513.84
1+740.000	1.00	20.82	20.82	14.36	277.09	35834.67	35834.67	2577.10	33257.57
1+760.000	1.21	22.13	22.13	16.54	308.98	35856.80	35856.80	2886.08	32970.72
1+780.000	1.02	22.34	22.34	11.22	277.61	35879.14	35879.14	3163.69	32715.44
1+800.000	1.09	21.09	21.09	18.93	301.53	35900.23	35900.23	3465.22	32435.00
1+820.000	1.09	21.80	21.80	17.94	368.76	35922.03	35922.03	3833.99	32088.04
1+840.000	1.09	21.84	21.84	23.09	410.30	35943.87	35943.87	4244.29	31699.58
1+844.996	1.57	6.64	6.64	26.67	124.27	35950.51	35950.51	4368.56	31581.95
1+860.000	1.15	20.39	20.39	23.31	374.93	35970.90	35970.90	4743.50	31227.40
1+880.000	1.06	22.11	22.11	27.89	511.99	35993.00	35993.00	5255.49	30737.52
1+885.996	1.06	6.35	6.35	24.99	158.53	35999.35	35999.35	5414.02	30585.33
1+900.000	0.91	13.79	13.79	16.24	288.73	36013.14	36013.14	5702.75	30310.39
1+914.280	1.09	14.32	14.32	10.49	190.84	36027.45	36027.45	5893.59	30133.87
1+920.000	1.14	6.38	6.38	9.23	56.39	36033.84	36033.84	5949.98	30083.86
1+940.000	1.16	23.04	23.04	5.91	151.55	36056.87	36056.87	6101.53	29955.35
1+942.565	1.16	2.99	2.99	5.51	14.65	36059.86	36059.86	6116.17	29943.69
1+960.000	3.85	43.73	43.73	2.62	70.80	36103.58	36103.58	6186.97	29916.61
1+970.849	7.41	61.08	61.08	0.69	17.96	36164.66	36164.66	6204.93	29959.74
1+980.000	12.87	92.77	92.77	0.43	5.14	36257.43	36257.43	6210.07	30047.36
1+999.134	10.59	224.63	224.63	0.29	6.91	36482.06	36482.06	6216.98	30265.08
2+000.000	10.56	9.16	9.16	0.30	0.26	36491.22	36491.22	6217.24	30273.98

2+020.000	12.76	233.70	233.70	0.72	10.12	36724.92	36724.92	6227.36	30497.56
2+027.418	13.33	96.75	96.75	1.04	6.53	36821.68	36821.68	6233.89	30587.79
2+040.000	17.43	193.46	193.46	2.14	19.97	37015.13	37015.13	6253.86	30761.27
2+055.703	15.23	256.38	256.38	2.67	37.72	37271.51	37271.51	6291.58	30979.93
2+060.000	14.72	64.34	64.34	2.82	11.78	37335.85	37335.85	6303.36	31032.49
2+080.000	13.00	278.51	278.51	3.68	64.24	37614.37	37614.37	6367.60	31246.77
2+083.987	13.22	52.28	52.28	3.93	15.18	37666.65	37666.65	6382.78	31283.87
2+100.000	20.51	270.06	270.06	2.60	52.25	37936.71	37936.71	6435.03	31501.68
2+112.272	23.52	270.15	270.15	1.05	22.40	38206.86	38206.86	6457.43	31749.43
2+120.000	27.39	196.72	196.72	0.51	6.04	38403.58	38403.58	6463.46	31940.11
2+140.000	10.17	377.14	377.14	1.16	16.49	38780.72	38780.72	6479.95	32300.77
2+140.556	9.64	5.51	5.51	1.27	0.68	38786.23	38786.23	6480.63	32305.60
2+160.000	2.82	121.44	121.44	15.15	158.90	38907.66	38907.66	6639.53	32268.14
2+168.841	5.61	37.25	37.25	16.78	141.17	38944.91	38944.91	6780.70	32164.21
2+180.000	4.90	58.61	58.61	15.07	177.73	39003.52	39003.52	6958.42	32045.10
2+197.125	11.50	140.39	140.39	5.56	176.61	39143.92	39143.92	7135.03	32008.89
2+200.000	11.93	33.68	33.68	3.40	12.87	39177.60	39177.60	7147.90	32029.70
2+220.000	11.50	232.66	232.66	2.35	58.11	39410.26	39410.26	7206.01	32204.25
2+225.410	11.23	61.47	61.47	2.06	11.94	39471.73	39471.73	7217.95	32253.78
2+240.000	11.32	164.45	164.45	0.69	20.03	39636.18	39636.18	7237.98	32398.19
2+253.694	10.83	151.62	151.62	0.78	10.03	39787.80	39787.80	7248.01	32539.79
2+260.000	10.48	67.18	67.18	0.90	5.30	39854.98	39854.98	7253.31	32601.67
2+280.000	9.49	197.99	197.99	2.16	30.90	40052.97	40052.97	7284.21	32768.76

2+281.979	9.41	18.69	18.69	2.35	4.46	40071.66	40071.66	7288.67	32782.99
2+297.671	8.62	141.43	141.43	5.44	61.12	40213.09	40213.09	7349.79	32863.30
2+300.000	8.46	19.89	19.89	6.26	13.62	40232.98	40232.98	7363.41	32869.57
2+310.263	7.86	83.77	83.77	9.73	82.03	40316.75	40316.75	7445.44	32871.31
2+320.000	7.41	74.35	74.35	12.79	109.63	40391.10	40391.10	7555.07	32836.03
2+338.548	6.98	132.31	132.31	17.89	286.36	40523.41	40523.41	7841.43	32681.98
2+340.000	6.97	10.13	10.13	18.24	26.23	40533.53	40533.53	7867.66	32665.87
2+360.000	8.00	148.30	148.30	21.71	402.09	40681.83	40681.83	8269.75	32412.08
2+366.832	7.93	54.42	54.42	22.58	151.29	40736.25	40736.25	8421.04	32315.21
2+380.000	7.80	103.61	103.61	23.65	304.34	40839.86	40839.86	8725.38	32114.48
2+395.117	7.90	118.71	118.71	23.85	359.01	40958.57	40958.57	9084.40	31874.17
2+400.000	7.98	38.76	38.76	23.66	116.00	40997.33	40997.33	9200.39	31796.94
2+420.000	6.00	138.71	138.71	21.53	455.35	41136.04	41136.04	9655.74	31480.30
2+423.401	6.20	20.76	20.76	20.85	72.08	41156.80	41156.80	9727.82	31428.98
2+440.000	8.07	118.49	118.49	17.22	316.03	41275.29	41275.29	10043.85	31231.44
2+451.686	8.76	98.36	98.36	14.32	184.30	41373.65	41373.65	10228.15	31145.50
2+460.000	9.53	76.03	76.03	12.20	110.25	41449.67	41449.67	10338.40	31111.27
2+479.970	16.40	257.03	257.03	7.20	195.80	41706.70	41706.70	10534.20	31172.50
2+480.000	16.41	0.49	0.49	7.20	0.21	41707.19	41707.19	10534.41	31172.78
2+500.000	22.92	390.24	390.24	3.95	112.71	42097.43	42097.43	10647.12	31450.31
2+508.255	26.81	205.27	205.27	2.87	28.13	42302.70	42302.70	10675.25	31627.45
2+520.000	33.79	355.89	355.89	1.88	27.90	42658.59	42658.59	10703.15	31955.44
2+536.539	34.12	561.59	561.59	1.64	29.14	43220.18	43220.18	10732.29	32487.89

2+540.000	34.02	117.90	117.90	1.58	5.58	43338.08	43338.08	10737.87	32600.21
2+560.000	35.21	687.01	687.01	2.18	38.14	44025.09	44025.09	10776.01	33249.08
2+564.824	32.86	164.19	164.19	3.57	13.88	44189.28	44189.28	10789.89	33399.39
2+580.000	24.68	436.63	436.63	5.59	69.52	44625.92	44625.92	10859.41	33766.50
2+593.108	26.09	332.75	332.75	9.03	95.85	44958.67	44958.67	10955.26	34003.41
2+600.000	29.42	191.29	191.29	10.96	68.89	45149.96	45149.96	11024.15	34125.81
2+620.000	48.45	771.94	771.94	13.41	246.19	45921.90	45921.90	11270.34	34651.56
2+621.393	50.19	68.70	68.70	13.26	18.57	45990.60	45990.60	11288.92	34701.69
2+640.000	26.30	705.24	705.24	11.58	233.50	46695.84	46695.84	11522.41	35173.43
2+649.677	15.45	202.02	202.02	12.73	117.61	46897.86	46897.86	11640.03	35257.84
2+660.000	8.35	122.87	122.87	13.12	133.42	47020.73	47020.73	11773.45	35247.28
2+677.962	9.06	155.64	155.64	12.41	231.76	47176.37	47176.37	12005.21	35171.16
2+680.000	9.21	18.61	18.61	12.20	25.08	47194.98	47194.98	12030.28	35164.70
2+700.000	9.49	186.00	186.00	14.92	273.89	47380.98	47380.98	12304.18	35076.80
2+706.246	10.50	62.41	62.41	14.50	91.89	47443.38	47443.38	12396.07	35047.32
2+709.347	10.71	32.87	32.87	14.24	44.56	47476.26	47476.26	12440.62	35035.63
2+720.000	11.51	118.33	118.33	12.84	144.22	47594.59	47594.59	12584.84	35009.75
2+740.000	10.24	217.45	217.45	10.05	228.89	47812.04	47812.04	12813.73	34998.31
2+750.347	8.34	96.11	96.11	8.60	96.50	47908.15	47908.15	12910.23	34997.92
2+760.000	6.64	72.30	72.30	7.29	76.72	47980.45	47980.45	12986.94	34993.50
2+780.000	14.46	210.95	210.95	6.82	141.13	48191.39	48191.39	13128.07	35063.32
2+800.000	14.27	287.23	287.23	6.28	131.03	48478.63	48478.63	13259.11	35219.52
2+820.000	13.57	278.33	278.33	6.10	123.89	48756.96	48756.96	13382.99	35373.96

2+840.000	9.60	231.69	231.69	5.08	111.81	48988.64	48988.64	13494.80	35493.84
2+860.000	9.37	189.77	189.77	4.13	92.12	49178.41	49178.41	13586.92	35591.49
2+867.317	8.82	66.56	66.56	4.08	30.07	49244.97	49244.97	13616.99	35627.98
2+880.000	7.24	101.82	101.82	5.19	58.78	49346.79	49346.79	13675.77	35671.02
2+900.000	4.23	114.64	114.64	6.64	118.26	49461.43	49461.43	13794.03	35667.40
2+920.000	29.00	329.13	329.13	2.82	95.56	49790.56	49790.56	13889.59	35900.97
2+934.317	52.21	575.30	575.30	14.60	126.83	50365.86	50365.86	14016.41	36349.44
2+940.000	53.04	299.09	299.09	20.30	99.17	50664.94	50664.94	14115.58	36549.36
2+955.293	43.85	732.77	732.77	6.72	210.55	51397.72	51397.72	14326.13	37071.58
2+960.000	38.23	193.15	193.15	1.69	19.81	51590.86	51590.86	14345.94	37244.92
2+976.270	27.54	530.79	530.79	0.04	14.41	52121.66	52121.66	14360.35	37761.30
2+980.000	23.90	95.94	95.94	0.12	0.31	52217.60	52217.60	14360.67	37856.93
2+997.246	19.93	377.09	377.09	1.01	9.87	52594.69	52594.69	14370.54	38224.15
2+997.916	19.92	13.34	13.34	1.02	0.68	52608.03	52608.03	14371.22	38236.81
3+000.000	19.92	41.53	41.53	1.05	2.15	52649.55	52649.55	14373.37	38276.18
3+018.223	30.92	461.54	461.54	0.02	9.85	53111.09	53111.09	14383.22	38727.86
3+020.000	32.94	56.74	56.74	0.00	0.03	53167.83	53167.83	14383.25	38784.58
3+039.199	35.50	654.76	654.76	0.00	0.07	53822.58	53822.58	14383.32	39439.27
3+040.000	35.89	28.58	28.58	0.00	0.00	53851.16	53851.16	14383.32	39467.85
3+060.000	6.72	425.93	425.93	13.09	129.27	54277.10	54277.10	14512.59	39764.50
3+060.176	6.65	1.18	1.18	13.44	2.33	54278.27	54278.27	14514.92	39763.35
3+061.514	6.25	8.63	8.63	13.63	18.12	54286.91	54286.91	14533.04	39753.87
3+080.000	9.24	143.99	143.99	1.10	134.46	54430.90	54430.90	14667.50	39763.40

3+100.000	23.14	324.91	324.91	0.83	19.23	54755.80	54755.80	14686.72	40069.08
3+120.000	31.29	544.26	544.26	0.38	12.09	55300.07	55300.07	14698.81	40601.26
3+128.514	33.74	276.84	276.84	0.26	2.70	55576.91	55576.91	14701.51	40875.40
3+140.000	35.14	395.58	395.58	0.19	2.55	55972.49	55972.49	14704.06	41268.42
3+160.000	35.35	704.93	704.93	0.12	3.10	56677.42	56677.42	14707.16	41970.25
3+180.000	47.50	828.45	828.45	0.19	3.11	57505.86	57505.86	14710.28	42795.59
3+200.000	49.23	967.26	967.26	1.63	18.20	58473.12	58473.12	14728.48	43744.65
3+220.000	48.51	977.41	977.41	0.49	21.23	59450.53	59450.53	14749.71	44700.82
3+240.000	49.24	971.51	971.51	0.54	10.45	60422.04	60422.04	14760.16	45661.88
3+248.514	44.43	398.75	398.75	0.92	6.24	60820.78	60820.78	14766.40	46054.38
3+260.000	38.64	477.06	477.06	1.47	13.72	61297.84	61297.84	14780.12	46517.72
3+275.348	32.29	544.33	544.33	2.08	27.21	61842.17	61842.17	14807.34	47034.84
3+280.000	31.07	147.39	147.39	2.30	10.18	61989.56	61989.56	14817.52	47172.04
3+300.000	34.79	655.51	655.51	1.77	41.23	62645.07	62645.07	14858.75	47786.32
3+302.181	35.14	76.24	76.24	1.66	3.74	62721.32	62721.32	14862.49	47858.83
3+320.000	40.70	669.85	669.85	1.75	30.80	63391.16	63391.16	14893.29	48497.88
3+329.014	44.79	385.30	385.30	3.60	24.12	63776.46	63776.46	14917.41	48859.06
3+340.000	44.75	491.88	491.88	5.11	47.85	64268.35	64268.35	14965.26	49303.09
3+347.034	42.93	308.35	308.35	5.67	37.90	64576.70	64576.70	15003.16	49573.54
3+355.847	40.06	365.68	365.68	5.87	50.85	64942.38	64942.38	15054.00	49888.38
3+360.000	38.62	163.40	163.40	5.71	24.06	65105.78	65105.78	15078.06	50027.72
3+380.000	30.00	680.65	680.65	4.09	99.39	65786.43	65786.43	15177.45	50608.98
3+382.680	32.25	83.40	83.40	4.86	12.00	65869.83	65869.83	15189.45	50680.39

3+400.000	42.63	643.74	643.74	6.12	96.41	66513.57	66513.57	15285.86	51227.72
3+409.513	45.72	420.23	420.23	5.60	55.71	66933.80	66933.80	15341.56	51592.24
3+420.000	44.65	473.88	473.88	4.79	54.46	67407.68	67407.68	15396.02	52011.66
3+436.346	24.23	558.79	558.79	2.76	62.61	67966.47	67966.47	15458.63	52507.84
3+440.000	16.97	75.28	75.28	2.92	10.39	68041.75	68041.75	15469.02	52572.73
3+445.553	18.10	97.39	97.39	2.44	14.88	68139.14	68139.14	15483.90	52655.24
3+460.000	22.55	293.68	293.68	1.97	31.81	68432.82	68432.82	15515.71	52917.11
3+480.000	31.03	535.81	535.81	1.62	35.83	68968.62	68968.62	15551.54	53417.09
3+500.000	28.07	590.98	590.98	1.12	27.33	69559.61	69559.61	15578.87	53980.74
3+520.000	28.12	561.89	561.89	0.72	18.33	70121.50	70121.50	15597.20	54524.29
3+540.000	32.30	604.18	604.18	0.19	9.05	70725.68	70725.68	15606.25	55119.43
3+545.553	32.55	180.05	180.05	0.19	1.06	70905.73	70905.73	15607.32	55298.42
3+548.732	32.65	103.65	103.65	0.20	0.62	71009.38	71009.38	15607.93	55401.44
3+560.000	33.02	369.97	369.97	0.19	2.19	71379.35	71379.35	15610.13	55769.23
3+580.000	34.29	673.10	673.10	0.16	3.54	72052.45	72052.45	15613.67	56438.79
3+582.199	34.49	75.62	75.62	0.16	0.35	72128.07	72128.07	15614.02	56514.06
3+600.000	35.83	625.91	625.91	0.08	2.09	72753.99	72753.99	15616.11	57137.88
3+615.665	33.26	541.18	541.18	0.06	1.13	73295.17	73295.17	15617.24	57677.93
3+620.000	32.63	142.81	142.81	0.06	0.28	73437.98	73437.98	15617.52	57820.46
3+640.000	32.21	648.42	648.42	0.17	2.30	74086.39	74086.39	15619.82	58466.57
3+649.132	27.01	270.40	270.40	0.38	2.50	74356.79	74356.79	15622.32	58734.47
3+660.000	20.33	257.26	257.26	0.71	5.95	74614.05	74614.05	15628.27	58985.79
3+680.000	24.07	443.97	443.97	0.57	12.86	75058.02	75058.02	15641.13	59416.89

3+682.599	27.23	66.65	66.65	0.48	1.36	75124.67	75124.67	15642.49	59482.17
3+700.000	53.93	706.12	706.12	0.13	5.25	75830.79	75830.79	15647.75	60183.04
3+716.065	107.36	1295.56	1295.56	0.26	3.09	77126.35	77126.35	15650.84	61475.51
3+720.000	125.30	457.74	457.74	0.33	1.16	77584.09	77584.09	15652.00	61932.09
3+740.000	203.04	3283.41	3283.41	0.31	6.36	80867.50	80867.50	15658.35	65209.15
3+749.532	209.07	1964.03	1964.03	0.00	1.46	82831.53	82831.53	15659.81	67171.72
3+760.000	203.04	2157.02	2157.02	0.00	0.00	84988.56	84988.56	15659.81	69328.74
3+780.000	171.83	3748.74	3748.74	0.00	0.00	88737.30	88737.30	15659.81	73077.49
3+780.290	172.02	49.87	49.87	0.00	0.00	88787.17	88787.17	15659.81	73127.36
3+782.998	173.68	468.13	468.13	0.00	0.00	89255.30	89255.30	15659.81	73595.49
3+800.000	176.22	2974.42	2974.42	0.00	0.00	92229.72	92229.72	15659.81	76569.91
3+816.465	179.11	2925.21	2925.21	0.00	0.00	95154.93	95154.93	15659.81	79495.12
3+820.000	179.39	633.65	633.65	0.00	0.00	95788.59	95788.59	15659.81	80128.77
3+840.000	173.55	3529.43	3529.43	0.00	0.00	99318.01	99318.01	15659.81	83658.20
3+849.932	161.54	1663.96	1663.96	0.00	0.00	100981.97	100981.97	15659.81	85322.16
3+860.000	149.81	1567.37	1567.37	0.00	0.00	102549.34	102549.34	15659.81	86889.53
3+880.000	111.99	2617.97	2617.97	0.00	0.00	105167.31	105167.31	15659.81	89507.50
3+883.398	107.06	372.18	372.18	0.00	0.00	105539.49	105539.49	15659.81	89879.68
3+900.000	85.01	1594.30	1594.30	0.00	0.00	107133.79	107133.79	15659.81	91473.98
3+916.865	55.40	1183.92	1183.92	0.04	0.35	108317.72	108317.72	15660.16	92657.56
3+920.000	50.08	165.35	165.35	0.07	0.17	108483.07	108483.07	15660.33	92822.74
3+940.000	44.90	949.81	949.81	2.22	22.87	109432.88	109432.88	15683.20	93749.68
3+950.331	47.30	476.25	476.25	3.11	27.50	109909.13	109909.13	15710.70	94198.44

3+960.000	48.79	464.53	464.53	2.05	24.94	110373.66	110373.66	15735.64	94638.02
3+980.000	52.88	1016.76	1016.76	0.41	24.58	111390.42	111390.42	15760.22	95630.20
3+983.798	54.06	203.09	203.09	0.21	1.16	111593.52	111593.52	15761.38	95832.14
4+000.000	52.83	865.94	865.94	0.02	1.85	112459.45	112459.45	15763.23	96696.23
4+011.848	53.39	629.24	629.24	0.00	0.15	113088.70	113088.70	15763.38	97325.32
4+020.000	48.63	415.83	415.83	0.00	0.03	113504.53	113504.53	15763.41	97741.12
4+040.000	39.74	883.70	883.70	0.40	4.07	114388.23	114388.23	15767.48	98620.74
4+060.000	29.63	693.68	693.68	1.45	18.51	115081.91	115081.91	15786.00	99295.91
4+080.000	23.30	529.27	529.27	2.68	41.29	115611.18	115611.18	15827.29	99783.89
4+100.000	20.83	441.32	441.32	3.53	62.09	116052.51	116052.51	15889.38	100163.12
4+120.000	18.54	393.74	393.74	4.19	77.22	116446.25	116446.25	15966.61	100479.64
4+140.000	16.52	350.59	350.59	6.25	104.45	116796.84	116796.84	16071.06	100725.78
4+160.000	18.37	348.86	348.86	9.41	156.62	117145.70	117145.70	16227.67	100918.03
4+180.000	22.02	403.86	403.86	1.50	109.16	117549.56	117549.56	16336.83	101212.73
4+200.000	15.80	378.22	378.22	2.21	37.20	117927.79	117927.79	16374.03	101553.76
4+220.000	15.54	313.49	313.49	2.80	50.19	118241.27	118241.27	16424.22	101817.05
4+240.000	18.46	340.02	340.02	0.17	29.77	118581.30	118581.30	16453.99	102127.31
4+260.000	19.66	381.14	381.14	0.16	3.30	118962.44	118962.44	16457.29	102505.15
4+269.623	19.17	186.82	186.82	0.25	1.97	119149.26	119149.26	16459.25	102690.01
4+280.000	9.78	136.75	136.75	0.56	3.91	119286.01	119286.01	16463.16	102822.85
4+300.000	10.92	207.06	207.06	0.48	10.38	119493.08	119493.08	16473.53	103019.54
4+320.000	15.33	262.51	262.51	4.29	47.69	119755.59	119755.59	16521.23	103234.36
4+340.000	3.27	186.00	186.00	7.08	113.74	119941.58	119941.58	16634.97	103306.62

4+360.000	0.71	39.84	39.84	36.63	437.13	119981.42	119981.42	17072.10	102909.32
4+380.000	0.81	15.19	15.19	44.71	813.42	119996.61	119996.61	17885.53	102111.09
4+400.000	1.07	18.78	18.78	12.75	574.60	120015.40	120015.40	18460.12	101555.27
4+420.000	15.63	167.00	167.00	1.00	137.51	120182.40	120182.40	18597.63	101584.77
4+440.000	2.03	176.58	176.58	42.98	439.81	120358.98	120358.98	19037.44	101321.54
4+460.000	1.47	34.99	34.99	96.24	1392.15	120393.97	120393.97	20429.59	99964.38
4+480.000	2.67	41.36	41.36	20.54	1167.72	120435.34	120435.34	21597.31	98838.02
4+500.000	2.04	47.10	47.10	2.87	234.04	120482.43	120482.43	21831.35	98651.08
4+520.000	1.63	36.76	36.76	97.39	1002.58	120519.19	120519.19	22833.93	97685.26
4+540.000	1.18	28.15	28.15	88.60	1859.88	120547.34	120547.34	24693.81	95853.53
4+560.000	9.53	107.13	107.13	3.88	924.79	120654.48	120654.48	25618.60	95035.88
4+580.000	0.92	104.51	104.51	84.28	881.63	120758.99	120758.99	26500.23	94258.76
4+600.000	1.31	22.29	22.29	166.28	2505.64	120781.28	120781.28	29005.86	91775.41
4+620.000	1.58	28.87	28.87	59.24	2255.22	120810.15	120810.15	31261.08	89549.07
4+640.000	9.66	112.38	112.38	14.30	735.37	120922.53	120922.53	31996.45	88926.07
4+660.000	13.58	232.38	232.38	16.54	308.33	121154.91	121154.91	32304.78	88850.13
4+680.000	11.88	254.62	254.62	20.32	368.52	121409.53	121409.53	32673.30	88736.22
4+682.408	11.55	28.21	28.21	20.80	49.50	121437.73	121437.73	32722.81	88714.93
4+700.000	8.06	172.48	172.48	22.20	378.21	121610.21	121610.21	33101.02	88509.19
4+720.000	3.79	118.48	118.48	32.02	542.16	121728.69	121728.69	33643.18	88085.51
4+740.000	2.70	64.82	64.82	38.29	703.07	121793.52	121793.52	34346.25	87447.27
4+760.000	4.43	70.89	70.89	23.17	619.84	121864.40	121864.40	34966.09	86898.32
4+761.642	4.16	7.05	7.05	25.27	39.77	121871.45	121871.45	35005.85	86865.60

4+780.000	7.60	107.35	107.35	4.58	276.69	121978.81	121978.81	35282.55	86696.26
4+788.370	11.59	80.30	80.30	1.83	26.84	122059.11	122059.11	35309.39	86749.73
4+800.000	19.25	179.31	179.31	0.74	14.91	122238.42	122238.42	35324.29	86914.13
4+815.099	30.56	376.04	376.04	0.16	6.76	122614.46	122614.46	35331.05	87283.41
4+820.000	35.75	162.49	162.49	0.17	0.80	122776.95	122776.95	35331.86	87445.10
4+840.000	1.95	377.95	377.95	36.47	366.42	123154.90	123154.90	35698.28	87456.62
4+841.827	1.69	3.33	3.33	36.17	66.37	123158.23	123158.23	35764.65	87393.58
4+860.000	6.31	72.35	72.35	31.56	618.76	123230.58	123230.58	36383.41	86847.17
4+868.556	6.42	54.45	54.45	56.42	376.41	123285.03	123285.03	36759.83	86525.20
4+880.000	5.98	70.94	70.94	94.66	864.53	123355.96	123355.96	37624.35	85731.61
4+895.285	7.10	99.99	99.99	142.15	1809.77	123455.95	123455.95	39434.12	84021.83
4+900.000	7.42	34.25	34.25	141.49	668.74	123490.20	123490.20	40102.86	83387.34
4+920.000	8.55	158.30	158.30	132.73	2786.48	123648.50	123648.50	42889.34	80759.17
4+922.013	8.67	17.33	17.33	137.07	271.56	123665.83	123665.83	43160.89	80504.94
4+940.000	9.64	163.26	163.26	160.63	2722.09	123829.09	123829.09	45882.99	77946.11
4+948.742	4.17	60.34	60.34	105.58	1163.55	123889.43	123889.43	47046.54	76842.89
4+960.000	7.80	67.36	67.36	124.64	1295.98	123956.79	123956.79	48342.52	75614.27
4+975.470	10.91	144.68	144.68	125.54	1935.19	124101.47	124101.47	50277.71	73823.76
4+980.000	11.25	50.19	50.19	115.91	546.87	124151.66	124151.66	50824.59	73327.07
5+000.000	10.90	219.89	219.89	96.82	2162.87	124371.54	124371.54	52987.46	71384.08
5+002.199	10.86	23.91	23.91	94.70	210.53	124395.46	124395.46	53197.99	71197.47
5+020.000	11.11	194.24	194.24	75.96	1543.08	124589.69	124589.69	54741.07	69848.62
5+028.927	12.13	103.74	103.74	54.77	583.50	124693.43	124693.43	55324.58	69368.86

5+040.000	12.48	136.30	136.30	47.06	563.77	124829.73	124829.73	55888.34	68941.39
5+055.656	12.84	197.47	197.47	39.84	689.17	125027.20	125027.20	56577.51	68449.68
5+060.000	13.15	56.45	56.45	38.87	170.97	125083.65	125083.65	56748.49	68335.16
5+080.000	14.22	272.70	272.70	33.08	728.38	125356.35	125356.35	57476.86	67879.48
5+082.384	14.35	34.05	34.05	32.14	77.75	125390.40	125390.40	57554.61	67835.78
5+100.000	13.66	245.78	245.78	26.01	518.00	125636.18	125636.18	58072.62	67563.56
5+109.113	14.29	127.33	127.33	22.52	221.09	125763.51	125763.51	58293.71	67469.80
5+112.798	14.69	53.39	53.39	21.64	81.36	125816.90	125816.90	58375.08	67441.82
5+120.000	15.32	108.06	108.06	19.52	148.21	125924.96	125924.96	58523.29	67401.67
5+135.841	15.53	243.75	243.75	15.44	278.36	126168.71	126168.71	58801.65	67367.06
5+140.000	15.28	64.07	64.07	14.25	61.73	126232.77	126232.77	58863.38	67369.40
5+160.000	13.45	286.56	286.56	6.32	205.60	126519.33	126519.33	59068.97	67450.36
5+162.570	13.70	34.88	34.88	5.59	15.31	126554.21	126554.21	59084.29	67469.93
5+180.000	13.59	237.24	237.24	9.04	127.05	126791.45	126791.45	59211.34	67580.11
5+189.298	14.22	129.28	129.28	8.38	80.97	126920.73	126920.73	59292.31	67628.42
5+200.000	14.97	156.15	156.15	6.34	78.77	127076.88	127076.88	59371.08	67705.79
5+216.027	14.11	232.50	232.50	8.74	120.77	127309.37	127309.37	59491.86	67817.51
5+220.000	13.70	55.25	55.25	8.17	33.59	127364.62	127364.62	59525.45	67839.17
5+240.000	17.21	308.96	308.96	4.30	124.09	127673.58	127673.58	59649.54	68024.04
5+242.755	14.71	43.96	43.96	3.40	10.60	127717.54	127717.54	59660.14	68057.40
5+260.000	1.17	136.94	136.94	17.63	181.55	127854.48	127854.48	59841.68	68012.79
5+269.484	1.34	11.89	11.89	32.72	238.77	127866.37	127866.37	60080.46	67785.91
5+280.000	0.94	11.96	11.96	21.17	283.40	127878.33	127878.33	60363.86	67514.47

5+296.212	7.48	68.20	68.20	2.40	190.73	127946.54	127946.54	60554.59	67391.95
5+300.000	11.04	35.08	35.08	3.52	11.21	127981.62	127981.62	60565.80	67415.82
5+320.000	8.49	195.22	195.22	11.33	148.44	128176.84	128176.84	60714.24	67462.60
5+322.941	8.17	24.50	24.50	11.39	33.41	128201.34	128201.34	60747.64	67453.70
5+340.000	4.94	111.84	111.84	10.30	184.51	128313.17	128313.17	60932.15	67381.02
5+349.669	3.20	39.35	39.35	9.46	95.52	128352.52	128352.52	61027.67	67324.86
5+360.000	4.46	39.54	39.54	8.68	93.70	128392.06	128392.06	61121.37	67270.70
5+376.398	7.01	94.03	94.03	5.79	117.93	128486.09	128486.09	61239.30	67246.79
5+380.000	8.24	27.48	27.48	5.20	19.78	128513.57	128513.57	61259.08	67254.49
5+400.000	9.64	179.06	179.06	3.83	89.78	128692.63	128692.63	61348.86	67343.77
5+403.126	9.63	30.13	30.13	3.57	11.56	128722.75	128722.75	61360.42	67362.33
5+420.000	9.44	161.21	161.21	2.30	49.23	128883.96	128883.96	61409.65	67474.31
5+429.855	9.63	93.93	93.93	1.42	18.35	128977.89	128977.89	61428.00	67549.89
5+440.000	10.92	104.21	104.21	1.06	12.58	129082.10	129082.10	61440.58	67641.52
5+456.583	12.66	195.60	195.60	0.53	13.06	129277.70	129277.70	61453.64	67824.06
5+460.000	12.73	43.37	43.37	0.48	1.73	129321.06	129321.06	61455.37	67865.70
5+463.954	13.06	50.97	50.97	0.47	1.88	129372.04	129372.04	61457.25	67914.79
5+480.000	14.35	219.85	219.85	0.58	8.38	129591.89	129591.89	61465.63	68126.26
5+500.000	13.72	280.70	280.70	1.43	20.03	129872.59	129872.59	61485.65	68386.93
5+520.000	12.85	265.75	265.75	4.10	55.29	130138.34	130138.34	61540.94	68597.40
5+540.000	11.23	240.78	240.78	6.30	104.02	130379.12	130379.12	61644.96	68734.16
5+543.188	11.16	35.68	35.68	6.34	20.14	130414.80	130414.80	61665.10	68749.70
5+560.000	11.20	187.96	187.96	6.21	105.48	130602.76	130602.76	61770.59	68832.18

5+580.000	11.91	231.10	231.10	7.31	135.19	130833.86	130833.86	61905.78	68928.08
5+600.000	12.37	242.81	242.81	6.82	141.26	131076.67	131076.67	62047.04	69029.64
5+620.000	12.67	250.42	250.42	5.89	127.07	131327.09	131327.09	62174.10	69152.99
5+640.000	11.50	241.65	241.65	6.80	126.87	131568.74	131568.74	62300.98	69267.76
5+660.000	10.73	222.28	222.28	8.27	150.68	131791.03	131791.03	62451.65	69339.37
5+680.000	9.78	205.10	205.10	9.21	174.79	131996.13	131996.13	62626.45	69369.68
5+700.000	7.39	171.68	171.68	13.51	227.21	132167.80	132167.80	62853.66	69314.15
5+720.000	5.42	128.11	128.11	19.04	325.46	132295.91	132295.91	63179.12	69116.79
5+740.000	3.32	87.35	87.35	24.03	430.68	132383.27	132383.27	63609.80	68773.47
5+760.000	1.61	49.24	49.24	26.95	509.84	132432.50	132432.50	64119.64	68312.87
5+780.000	2.76	43.73	43.73	31.69	586.46	132476.24	132476.24	64706.10	67770.14
5+800.000	3.96	67.29	67.29	35.37	670.66	132543.53	132543.53	65376.75	67166.77
5+820.000	3.64	76.01	76.01	35.82	711.96	132619.54	132619.54	66088.71	66530.82
5+840.000	3.54	71.78	71.78	38.75	745.77	132691.32	132691.32	66834.48	65856.84
5+860.000	2.97	65.16	65.16	39.01	777.67	132756.48	132756.48	67612.14	65144.33
5+880.000	2.26	52.32	52.32	37.86	768.72	132808.80	132808.80	68380.86	64427.93
5+900.000	2.19	44.44	44.44	36.22	740.80	132853.24	132853.24	69121.66	63731.57
5+920.000	4.03	62.20	62.20	36.34	725.62	132915.44	132915.44	69847.29	63068.15
5+929.071	3.69	35.04	35.04	35.86	327.46	132950.48	132950.48	70174.74	62775.74
5+940.000	3.30	38.19	38.19	34.76	385.88	132988.67	132988.67	70560.63	62428.04
5+960.000	4.16	74.52	74.52	34.50	692.62	133063.19	133063.19	71253.24	61809.95
5+980.000	3.54	76.93	76.93	36.41	709.08	133140.12	133140.12	71962.33	61177.79
5+999.827	2.43	59.13	59.13	34.27	700.69	133199.25	133199.25	72663.01	60536.24

6+000.000	2.42	0.42	0.42	34.25	5.92	133199.67	133199.67	72668.93	60530.74
6+020.000	1.63	40.69	40.69	30.75	649.30	133240.36	133240.36	73318.24	59922.12
6+028.112	1.61	13.13	13.13	29.17	243.03	133253.50	133253.50	73561.27	59692.23
6+040.000	2.17	22.49	22.49	29.18	346.85	133275.98	133275.98	73908.12	59367.86
6+056.396	3.00	42.42	42.42	27.48	464.54	133318.41	133318.41	74372.66	58945.75
6+060.000	3.16	11.10	11.10	27.22	98.57	133329.51	133329.51	74471.22	58858.28
6+080.000	4.71	79.21	79.21	21.53	485.64	133408.71	133408.71	74956.87	58451.85
6+084.681	4.99	22.70	22.70	20.87	99.23	133431.42	133431.42	75056.10	58375.32
6+100.000	5.72	82.01	82.01	22.40	331.47	133513.43	133513.43	75387.56	58125.86
6+112.965	6.44	78.81	78.81	20.72	279.56	133592.23	133592.23	75667.13	57925.10
6+120.000	6.73	46.32	46.32	19.83	142.63	133638.56	133638.56	75809.76	57828.80
6+140.000	7.52	143.39	143.39	16.99	365.98	133781.95	133781.95	76175.74	57606.21
6+141.250	7.56	9.43	9.43	16.90	21.18	133791.38	133791.38	76196.91	57594.46
6+160.000	8.52	151.54	151.54	15.79	304.37	133942.92	133942.92	76501.29	57441.63
6+169.534	8.88	82.94	82.94	15.11	147.30	134025.86	134025.86	76648.58	57377.27
6+179.556	9.28	91.01	91.01	13.54	143.53	134116.87	134116.87	76792.11	57324.76
6+180.000	8.83	4.02	4.02	13.36	5.97	134120.89	134120.89	76798.08	57322.81
6+197.819	9.19	161.25	161.25	11.14	216.68	134282.13	134282.13	77014.77	57267.37
6+200.000	9.31	20.18	20.18	10.86	24.00	134302.32	134302.32	77038.76	57263.56
6+220.000	10.23	196.08	196.08	13.00	236.99	134498.40	134498.40	77275.75	57222.65
6+226.103	10.39	62.94	62.94	12.86	78.91	134561.34	134561.34	77354.67	57206.68
6+240.000	11.43	151.61	151.61	12.14	173.74	134712.95	134712.95	77528.41	57184.54
6+254.388	12.55	172.49	172.49	9.57	156.24	134885.44	134885.44	77684.64	57200.79

6+260.000	9.90	63.00	63.00	8.42	50.50	134948.44	134948.44	77735.14	57213.29
6+280.000	10.30	201.92	201.92	8.75	171.82	135150.36	135150.36	77906.96	57243.40
6+282.672	10.70	28.06	28.06	8.54	23.10	135178.42	135178.42	77930.06	57248.35
6+300.000	11.63	193.47	193.47	8.86	150.76	135371.89	135371.89	78080.82	57291.07
6+310.957	9.88	117.87	117.87	9.59	101.11	135489.75	135489.75	78181.93	57307.83
6+320.000	9.78	88.90	88.90	7.39	76.80	135578.65	135578.65	78258.72	57319.93
6+339.241	10.39	193.33	193.33	4.22	112.48	135771.98	135771.98	78371.20	57400.78
6+340.000	10.47	7.92	7.92	4.05	3.14	135779.90	135779.90	78374.33	57405.56
6+359.285	9.33	190.10	190.10	10.60	141.95	135970.00	135970.00	78516.29	57453.71
6+360.000	9.24	6.64	6.64	10.65	7.60	135976.64	135976.64	78523.88	57452.75
6+380.000	6.89	161.30	161.30	8.43	190.85	136137.94	136137.94	78714.74	57423.20
6+400.000	11.23	181.18	181.18	8.16	165.98	136319.11	136319.11	78880.72	57438.40
6+420.000	6.11	173.43	173.43	3.78	119.42	136492.55	136492.55	79000.14	57492.41
6+440.000	11.45	175.58	175.58	8.73	125.06	136668.12	136668.12	79125.20	57542.93
6+460.000	11.49	229.36	229.36	7.05	157.73	136897.49	136897.49	79282.93	57614.56
6+480.000	11.37	228.61	228.61	6.22	132.70	137126.09	137126.09	79415.63	57710.47
6+500.000	10.81	221.76	221.76	6.67	128.96	137347.86	137347.86	79544.59	57803.27
6+520.000	11.12	219.32	219.32	7.01	136.82	137567.17	137567.17	79681.41	57885.77
6+540.000	11.31	224.33	224.33	5.98	129.93	137791.50	137791.50	79811.34	57980.17
6+560.000	11.43	227.38	227.38	4.81	107.90	138018.88	138018.88	79919.24	58099.65
6+580.000	11.33	227.61	227.61	4.51	93.12	138246.49	138246.49	80012.36	58234.13
6+600.000	11.26	225.86	225.86	3.67	81.81	138472.35	138472.35	80094.17	58378.18
6+620.000	11.42	226.79	226.79	1.41	50.82	138699.14	138699.14	80144.99	58554.15

6+640.000	13.67	250.90	250.90	1.63	30.39	138950.04	138950.04	80175.38	58774.66
6+640.689	13.78	9.45	9.45	1.61	1.12	138959.49	138959.49	80176.50	58782.99
6+660.000	7.29	203.51	203.51	2.61	40.74	139163.00	139163.00	80217.24	58945.76
6+680.000	8.64	159.32	159.32	4.16	67.68	139322.33	139322.33	80284.91	59037.41
6+700.000	11.55	200.96	200.96	6.63	108.82	139523.28	139523.28	80393.73	59129.55
6+720.000	11.62	230.12	230.12	7.31	141.12	139753.40	139753.40	80534.85	59218.55
6+720.689	11.63	8.00	8.00	7.35	5.05	139761.41	139761.41	80539.90	59221.50
6+740.000	13.62	241.84	241.84	6.47	135.42	140003.24	140003.24	80675.32	59327.92
6+740.689	13.63	9.39	9.39	6.43	4.44	140012.63	140012.63	80679.77	59332.86
6+760.000	13.51	260.19	260.19	7.00	131.71	140272.81	140272.81	80811.48	59461.33
6+760.689	13.50	9.31	9.31	7.02	4.83	140282.12	140282.12	80816.31	59465.81
6+780.000	13.15	255.38	255.38	7.87	146.09	140537.50	140537.50	80962.40	59575.10
6+780.690	13.14	9.06	9.06	7.91	5.44	140546.56	140546.56	80967.84	59578.72
6+800.000	12.53	246.08	246.08	9.34	169.26	140792.65	140792.65	81137.10	59655.55
6+800.690	12.55	8.65	8.65	9.39	6.46	140801.30	140801.30	81143.56	59657.74
6+820.000	11.98	235.07	235.07	11.13	201.49	141036.37	141036.37	81345.05	59691.31
6+820.690	11.94	8.26	8.26	11.22	7.71	141044.62	141044.62	81352.76	59691.86
6+840.000	9.76	207.94	207.94	25.37	356.88	141252.57	141252.57	81709.64	59542.92
6+840.691	9.89	6.78	6.78	22.25	16.44	141259.35	141259.35	81726.08	59533.26
6+860.000	5.84	150.47	150.47	23.09	443.93	141409.82	141409.82	82170.01	59239.81
6+860.691	5.93	4.07	4.07	22.89	15.88	141413.88	141413.88	82185.90	59227.99
6+875.187	4.91	77.60	77.60	17.44	296.48	141491.48	141491.48	82482.38	59009.10
6+880.000	6.88	28.36	28.36	18.07	85.45	141519.84	141519.84	82567.83	58952.01

6+880.691	7.41	4.94	4.94	18.40	12.60	141524.78	141524.78	82580.43	58944.34
6+900.000	10.66	173.11	173.11	21.98	395.92	141697.88	141697.88	82976.35	58721.53
6+900.692	10.67	7.38	7.38	21.94	15.19	141705.26	141705.26	82991.54	58713.72
6+920.000	11.18	209.33	209.33	21.93	430.78	141914.59	141914.59	83422.32	58492.28
6+920.692	11.19	7.74	7.74	21.92	15.17	141922.34	141922.34	83437.49	58484.85
6+940.000	11.21	214.67	214.67	20.82	420.06	142137.00	142137.00	83857.54	58279.46
6+940.692	11.22	7.76	7.76	20.71	14.38	142144.77	142144.77	83871.92	58272.85
6+960.000	11.59	218.57	218.57	16.66	367.30	142363.34	142363.34	84239.22	58124.12
6+960.693	11.63	8.04	8.04	16.47	11.47	142371.38	142371.38	84250.69	58120.69
6+980.000	6.68	175.10	175.10	10.57	266.07	142546.48	142546.48	84516.76	58029.72
6+980.693	6.72	4.64	4.64	10.41	7.27	142551.12	142551.12	84524.03	58027.09
7+000.000	16.36	219.59	219.59	7.92	180.60	142770.70	142770.70	84704.62	58066.08
7+000.693	16.33	11.33	11.33	7.86	5.47	142782.03	142782.03	84710.10	58071.94
7+020.000	17.24	319.41	319.41	5.48	131.46	143101.44	143101.44	84841.56	58259.88
7+020.694	17.18	11.94	11.94	5.35	3.76	143113.38	143113.38	84845.32	58268.06
7+029.685	16.05	147.49	147.49	3.63	41.27	143260.87	143260.87	84886.59	58374.28
7+040.000	17.23	169.61	169.61	2.12	30.30	143430.49	143430.49	84916.89	58513.60
7+060.000	24.74	415.30	415.30	1.10	32.72	143845.79	143845.79	84949.61	58896.18
7+080.000	32.83	571.48	571.48	0.74	18.58	144417.27	144417.27	84968.19	59449.08
7+100.000	41.20	740.33	740.33	0.59	13.32	145157.60	145157.60	84981.51	60176.09
7+109.685	42.29	404.30	404.30	0.50	5.31	145561.90	145561.90	84986.82	60575.08
7+120.000	42.72	438.43	438.43	0.30	4.14	146000.33	146000.33	84990.96	61009.37
7+140.000	38.79	815.12	815.12	0.51	8.10	146815.45	146815.45	84999.06	61816.39

7+160.000	34.60	736.56	736.56	0.47	9.65	147552.01	147552.01	85008.71	62543.30
7+180.000	29.59	644.58	644.58	0.17	6.26	148196.60	148196.60	85014.97	63181.63
7+189.685	25.78	269.45	269.45	0.37	2.57	148466.05	148466.05	85017.54	63448.50
7+200.000	23.82	257.05	257.05	0.32	3.46	148723.10	148723.10	85021.00	63702.10
7+209.686	21.64	221.09	221.09	1.16	6.94	148944.19	148944.19	85027.94	63916.25
7+220.000	13.50	181.97	181.97	2.45	18.13	149126.17	149126.17	85046.07	64080.09
7+229.686	6.31	96.30	96.30	6.48	42.46	149222.47	149222.47	85088.54	64133.94
7+240.000	10.80	88.22	88.22	7.23	69.70	149310.69	149310.69	85158.24	64152.45
7+249.686	11.24	106.34	106.34	13.07	98.14	149417.03	149417.03	85256.38	64160.65
7+260.000	11.20	115.22	115.22	16.77	155.07	149532.25	149532.25	85411.45	64120.80
7+269.687	10.69	105.73	105.73	23.51	196.62	149637.99	149637.99	85608.07	64029.92
7+280.000	14.64	130.60	130.60	16.86	209.15	149768.59	149768.59	85817.22	63951.37
7+289.687	12.69	132.48	132.48	14.59	152.05	149901.07	149901.07	85969.27	63931.80
7+300.000	12.30	129.13	129.13	11.93	135.63	150030.20	150030.20	86104.90	63925.30
7+309.687	11.03	113.44	113.44	6.65	89.19	150143.64	150143.64	86194.09	63949.55
7+320.000	12.26	120.57	120.57	14.70	108.32	150264.21	150264.21	86302.40	63961.81
7+329.688	11.48	115.50	115.50	15.89	145.36	150379.72	150379.72	86447.77	63931.95
7+340.000	11.01	116.54	116.54	16.62	164.35	150496.25	150496.25	86612.12	63884.14
7+349.688	10.23	103.47	103.47	18.07	164.65	150599.73	150599.73	86776.77	63822.96
7+360.000	9.64	103.11	103.11	20.00	192.40	150702.84	150702.84	86969.17	63733.67
7+369.688	8.58	88.93	88.93	22.73	203.01	150791.77	150791.77	87172.18	63619.59
7+378.150	8.48	72.20	72.20	24.84	201.28	150863.97	150863.97	87373.45	63490.51
7+380.000	8.76	15.95	15.95	24.88	45.98	150879.91	150879.91	87419.44	63460.47

7+389.689	9.69	90.17	90.17	23.02	227.66	150970.08	150970.08	87647.10	63322.98
7+400.000	9.17	98.15	98.15	23.22	233.91	151068.23	151068.23	87881.02	63187.22
7+409.689	8.56	86.71	86.71	23.58	222.56	151154.94	151154.94	88103.57	63051.37
7+420.000	8.16	87.06	87.06	23.48	238.30	151242.00	151242.00	88341.88	62900.12
7+429.689	7.77	77.96	77.96	22.87	220.68	151319.95	151319.95	88562.56	62757.39
7+440.000	7.11	77.49	77.49	22.28	228.87	151397.44	151397.44	88791.43	62606.01
7+449.690	7.14	69.75	69.75	20.64	204.55	151467.20	151467.20	88995.98	62471.22
7+460.000	7.16	74.48	74.48	19.18	201.98	151541.68	151541.68	89197.96	62343.72
7+469.690	7.08	69.72	69.72	18.63	180.25	151611.40	151611.40	89378.20	62233.19
7+480.000	6.56	71.08	71.08	18.74	189.58	151682.47	151682.47	89567.78	62114.69
7+489.690	6.31	63.07	63.07	18.63	178.27	151745.54	151745.54	89746.05	61999.49
7+500.000	6.96	69.15	69.15	16.99	180.79	151814.69	151814.69	89926.83	61887.86
7+509.691	7.29	69.75	69.75	17.13	162.78	151884.44	151884.44	90089.61	61794.84
7+520.000	7.29	75.90	75.90	18.20	179.29	151960.35	151960.35	90268.90	61691.45
7+529.691	7.38	71.76	71.76	19.70	180.70	152032.11	152032.11	90449.60	61582.51
7+540.000	7.35	76.66	76.66	21.07	206.65	152108.77	152108.77	90656.25	61452.52
7+549.691	7.73	73.76	73.76	21.54	202.94	152182.52	152182.52	90859.18	61323.34
7+560.000	8.40	83.87	83.87	20.87	214.79	152266.39	152266.39	91073.97	61192.42
7+566.615	8.47	55.80	55.80	19.15	132.35	152322.20	152322.20	91206.32	61115.87
7+580.000	9.15	118.75	118.75	15.14	226.73	152440.95	152440.95	91433.05	61007.89
7+600.000	5.95	151.81	151.81	18.97	338.26	152592.76	152592.76	91771.32	60821.44
7+620.000	9.77	157.84	157.84	12.85	315.85	152750.60	152750.60	92087.17	60663.43
7+640.000	12.90	226.67	226.67	5.77	186.21	152977.26	152977.26	92273.38	60703.88

7+646.615	13.62	87.71	87.71	2.67	27.93	153064.97	153064.97	92301.31	60763.66
7+660.000	18.16	212.65	212.65	0.86	23.61	153277.62	153277.62	92324.92	60952.70
7+680.000	20.90	390.54	390.54	0.32	11.83	153668.16	153668.16	92336.75	61331.41
7+700.000	24.43	453.29	453.29	0.08	3.99	154121.45	154121.45	92340.74	61780.70
7+720.000	38.79	632.18	632.18	0.00	0.79	154753.62	154753.62	92341.54	62412.09
7+740.000	48.63	874.20	874.20	0.00	0.12	155627.82	155627.82	92341.65	63286.17
7+756.401	0.00	398.84	398.84	0.00	0.06	156026.66	156026.66	92341.71	63684.95

Déblai / remblai de la variante 02 :

366664.68	118305.24