

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

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

Université de RELIZANE
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département : Génie civil et travaux publics



MÉMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en :
Voies et Ouvrages d'art

Intitulé

Étude géométrique du contournement de la ville de Mazouna sur 03 km
du PK 00+000 au PK 03+000

Présenté par :

Mr : CHAANBI Mohamed

Mr : BENALI Mohamed Fayçal

Devant les membres de jury :

| | | |
|-------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| Président : Mr | BERRABAH Hamza Madjid | Professeur (U. Relizane) |
| Encadreur : Mr | HADJ MOSTEFA Adda | Maître de conférences (U. Relizane) |
| Co-encadreur : Mr | BENALI Yacine | Docteur en génie civil (U. Relizane) |
| Examineur : Mr | SAFA Abdelkader | Maître de conférences (U. Relizane) |

Année universitaire : 2024/2025

REMERCIEMENT

Louange à Allah, Seigneur de l'univers, qui nous a accordé la santé et la persévérance pour mener à bien ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos honorables professeurs M. BENALI Yacine et M. HADJ MOSTEFA Adda pour avoir accepté d'encadrer ce mémoire. Nous le remercions pour ses précieuses orientations académiques, son suivi continu et leurs rigueurs méthodologiques qui ont grandement contribué à l'enrichissement de ce travail et à ses réalisations sous sa forme optimale.

Nous exprimons également notre sincère reconnaissance aux membres respectés du jury ainsi qu'à tous nos éminents professeurs pour l'intérêt scientifique qu'ils nous ont porté et les efforts déployés dans l'évaluation de ce mémoire, malgré leurs nombreuses obligations académiques et professionnelles.

Enfin, nous adressons nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué, directement ou indirectement, à la réalisation de ce travail scientifique.

Dédicaces 1

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux

Louange à Allah, Seigneur des mondes, et que la prière et la paix soient sur notre Prophète

Mohammed, le meilleur des êtres,

Ô Allah, prie sur lui, salue-le et bénis-le autant que le nombre de Tes créatures, autant que

Ta satisfaction, autant que le poids de Ton Trône et autant que l'encre de Tes mots,

Ô Allah, prie sur lui, salue-le et bénis-le autant que ce que Tu as créé, autant que ce que Tu

as accordé, autant que ce que Tu as fait vivre et autant que ce que Tu as fait mourir.

*Après cela, C'est avec une immense fierté et un profond respect que je dédie ce travail de
recherche :*

*À mes chers parents, qui ont donné tout ce qu'ils avaient de plus précieux pour que ces pages
soient le fruit de leurs efforts et de leur patience. Leur rôle fondamental dans
l'aboutissement de ce parcours est indéniable.*

À mes frères et sœurs, qui m'ont soutenu à chaque étape de ce chemin.

*À mes précieux collègues du parcours académique en VOA promotion 2025, ainsi qu'à mes
amis en dehors du cadre académique, qui ont été une source constante de soutien et
d'encouragement dans mon parcours éducatif et personnel.*

*Je n'oublie pas d'exprimer ma profonde gratitude à tous mes honorables professeurs, qui
m'ont enrichi de leur savoir et de leur sagesse, et qui ont été une lumière guidant mon
parcours académique.*

*Enfin, à tous ceux qui ont contribué, ne serait-ce que par une parole bienveillante ou une
prière sincère, à la réalisation de ce travail.*

Et louange à Allah, Seigneur des mondes, par Sa grâce s'accomplissent les bonnes œuvres.

CHAANBI MOHAMED

Dédicaces 2

C'est avec une profonde gratitude et un immense respect que je dédie ce travail de recherche :

En premier lieu et à jamais : À mes chers parents, qui ont consacré leur vie à mon épanouissement. Ils ont été mon plus ferme soutien dans mon parcours académique, m'offrant un amour inconditionnel, une patience infinie et des encouragements qui ont été ma plus grande motivation pour accomplir ce travail.

À mes frères et sœurs bien-aimés, compagnons de route qui m'ont soutenu à chaque étape.

À mes estimés collègues de la promotion 2024/2025 en VOA, partenaires de réussite et d'apprentissage.

À tous mes honorables professeurs qui m'ont enrichi de leur savoir et ont été des phares éclairant mon chemin académique.

Enfin, à toutes les personnes qui ont cru en moi et ont contribué, ne serait-ce que par une parole bienveillante, à la réussite de mon parcours éducatif.

BENALI Mohamed Fayçal

Résumé

Ce travail porte sur une étude géométrique d'une voie de contournement reliant les routes nationales RN19A et RN90, visant à réduire la congestion routière au sein de la commune de Mazouna et à améliorer la performance du réseau routier local.

L'étude repose sur une analyse approfondie incluant la localisation, les données géotechniques, la définition des caractéristiques géométriques de la route, l'analyse du trafic et le choix des couches de chaussée appropriées. Des logiciels spécialisés tels que Covadis pour les plans d'ingénierie et Alizé pour l'analyse des couches de chaussée a été utilisés, avec une gestion des références via Mendeley. Deux tracés ont été développés, comparés ensuite pour sélectionner l'option la plus adaptée en termes de sécurité et de faisabilité technique.

Ce projet représente une application pratique des connaissances académiques et contribue au développement des infrastructures dans une perspective durable.

Mots-clés : voie de contournement, conception géométrique, Covadis, Alizé, trafic routier, chaussée.

ملخص

يتناول هذا البحث دراسة تقنية لإنشاء طريق اجتنابي يربط بين الطريقتين الوطنيين رقم 19 أ ورقم 90، ويهدف إلى الحد من الازدحام المروري داخل بلدية مازونة وتحسين أداء شبكة الطرق المحلية.

تعتمد هذه الدراسة على تحليل شامل يشمل تحديد الموقع، دراسة المعطيات الجيوتقنية، تعريف الخصائص الهندسية للطريق، تحليل حركة المرور، واختيار الطبقات الإنشائية المناسبة للرصف. تم استخدام برامج متخصصة، من بينها برنامج كوفاديس لإعداد المخططات الهندسية، وأليزي لتحليل طبقات الرصف، مع إدارة المراجع باستخدام برنامج مندلي. وقد تم تطوير مسارين مقترحين للطريق، ثم مقارنتهما وفقًا لمعايير السلامة، والجدوى التقنية لاختيار الحل الأمثل.

يمثل هذا المشروع تطبيقًا عمليًا للمعارف الأكاديمية في مجال هندسة الطرق، كما يساهم في تطوير البنية التحتية من منظور مستدام.

الكلمات المفتاحية: طريق اجتنابي، التصميم الهندسي، كوفاديس، أليزي، حركة المرور، الرصف

Abstract

This research presents a technical study for the construction of a bypass road connecting NR19A and NR90, aiming to reduce traffic congestion within the Mazouna municipality and enhance the performance of the local road network.

The study is based on a comprehensive analysis, including site location, geotechnical data assessment, geometric road design, traffic analysis, and the selection of appropriate pavement layers.

Specialized software, including Covadis for engineering design and Alizé for pavement analysis, was utilized, with reference management conducted through Mendeley. Two alternative road alignments were developed and compared based on safety and technical feasibility to determine the most suitable option.

This project serves as a practical application of academic knowledge in road engineering and contributes to infrastructure development within a sustainable framework.

Keywords: bypass road, geometric design, Covadis, Alizé, road traffic, pavement.

Sommaire

| | |
|--|-------------|
| <i>REMERCIEMENT</i> | <i>II</i> |
| <i>Dédicaces 1</i> | <i>III</i> |
| <i>Dédicaces 2</i> | <i>IV</i> |
| <i>Résumé</i> | <i>V</i> |
| <i>ملخص</i> | <i>VI</i> |
| <i>Abstract</i> | <i>VII</i> |
| <i>Sommaire</i> | <i>VIII</i> |
| <i>Liste des tableaux</i> | <i>XII</i> |
| <i>Listes des figures</i> | <i>XIV</i> |
| <i>Liste des Symboles</i> | <i>XVI</i> |
| <i>Introduction générale</i> | <i>1</i> |
| CHAPITRE I PRESENTATION DU PROJET | 2 |
| I.1. Introduction..... | 3 |
| I.2. Présentation de la wilaya..... | 3 |
| I.3. Réseau routier de la wilaya de Relizane..... | 4 |
| I.4. Présentation du projet..... | 4 |
| I.5. Objectif du projet..... | 5 |
| I.6. Catégorie du tracé..... | 5 |
| I.7. Environnement de la route..... | 6 |
| I.8. Application au projet..... | 8 |
| I.9. Conclusion..... | 17 |
| CHAPITRE II ÉTUDE GEOTECHNIQUE | 18 |
| II.1 Introduction..... | 19 |
| II.2 La géotechnique..... | 19 |
| II.2.1 Géotechnique routière..... | 20 |
| II.3. Caractérisation des sols..... | 20 |
| II.4. Méthodes de reconnaissance des sols..... | 20 |
| II.4.1. L'étude des documents des archives existantes..... | 21 |
| II.4.2. Les visites de sites et des tests "in situ"..... | 21 |
| II.5. Les essais en laboratoire..... | 22 |
| II.6. Résultats des essais de laboratoire réaliser..... | 25 |
| II.6.1. Interprétation des résultats des essais..... | 25 |

| | |
|--|-----------|
| II.7. Conclusion | 30 |
| CHAPITRE III PARAMÈTRES FONDAMENTAUX..... | 31 |
| III.1. Introduction..... | 32 |
| III.2. Vitesse de référence..... | 32 |
| III.3. Hauteur de l'œil et les obstacles..... | 32 |
| III.4. Distance de freinage « d_0 » | 33 |
| III.4.1. Application au projet | 35 |
| III.5. Distance d'arrêt « d_1 » | 35 |
| III.5.1. En alignement droit: | 36 |
| III.5.2. En courbe : | 36 |
| III.5.3. Application au projet | 37 |
| III.6. Distance de visibilité et de dépassement « d_{vd} » | 37 |
| III.6.1. Application au projet | 38 |
| III.7. Distance de manœuvre et de dépassement « d_{md} » | 39 |
| III.8. Distance de sécurité..... | 40 |
| III.9. Conclusion | 41 |
| CHAPITRE IV TRACE EN PLAN..... | 42 |
| IV.1. Introduction | 43 |
| IV.2. Définition..... | 43 |
| IV.3. Règle à respecter dans le tracé en plan..... | 43 |
| IV.4. Les éléments du tracé en plan | 44 |
| IV.4.1. Les alignements droits | 44 |
| IV.4.2. Arc de cercle | 45 |
| IV.4.3. Clothoïde..... | 49 |
| IV.5. La Vérification de non-chevauchement..... | 52 |
| IV.6. Autres courbes utilisés pour le raccordement progressif..... | 53 |
| IV.7. Application au projet..... | 55 |
| IV.7.1. Vérification de (L_{min}) et (L_{max}) | 55 |
| IV.7.2. Calcul des rayons horizontaux | 55 |
| IV.7.3. Calcul des éléments de la Clothoïde..... | 57 |
| IV.8. Conclusion | 62 |
| CHAPITRE V PROFIL EN LONG..... | 63 |
| V.1. Introduction..... | 64 |
| V.2. Définition du profile en long..... | 64 |
| V.3 Règles à respecter dans le tracé du profil en long | 64 |
| V.4 Les éléments de composition du profil en long..... | 65 |
| V.5 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long | 65 |

| | |
|---|------------|
| V.6. Définition de la déclivité..... | 66 |
| V.6.1 Déclivité minimum | 66 |
| V.6.2 Déclivité maximum | 66 |
| V.7 Raccordements en profil en long..... | 67 |
| V.7.1 Raccordements convexes (angle saillant) | 68 |
| V.7.2 Raccordements concaves (angle rentrant)..... | 70 |
| V.8 Conclusion | 72 |
| CHAPITRE VI ÉTUDE DE TRAFIC | 73 |
| VI.1. Introduction | 74 |
| VI.2. Analyse du trafic | 74 |
| VI.3. La mesure des trafics..... | 74 |
| VI.3.1. Les comptages..... | 74 |
| VI.4. Différents types de trafics..... | 75 |
| VI.5. Calcul de la capacité :..... | 76 |
| VI.5.1. Définition de la capacité : | 76 |
| VI.5.2. Projection future du trafic : | 76 |
| VI.5.3. Calcul de trafic effectif : | 76 |
| VI.5.4. Débit de point horaire normal | 77 |
| VI.6. Application au projet..... | 78 |
| VI.6.1. Les données de trafic | 78 |
| VI.6.2. Calcul de trafic moyen journalier (TJMA) horizon..... | 78 |
| VI.7. Conclusion..... | 80 |
| CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSÉE..... | 82 |
| VII.1. Introduction | 83 |
| VII.2. Principe de constitution des chaussées..... | 83 |
| VII.2.1. Définition de la chaussée..... | 83 |
| VII.3. Les différents types de chaussée..... | 84 |
| VII.4. Les différents facteurs de dimensionnement de chaussée | 86 |
| VII.5. Principe du dimensionnement du corps de chaussée | 87 |
| VII.5.1. Les méthodes empiriques et semi-empiriques | 88 |
| VII.5.2. Les méthodes rationnelles | 89 |
| VII.6. Application au projet..... | 90 |
| VII.6.1. Méthode CBR | 90 |
| VII.6.2. Méthode du catalogue des structures..... | 92 |
| VII.7. Étude comparative des deux méthodes utiliser..... | 100 |
| VII.8 Conclusion..... | 101 |
| Chapitre VIII Profil en travers..... | 102 |

| | |
|---|------------|
| VIII.1. Introduction..... | 103 |
| VIII.2. Les éléments constructifs du profil en travers..... | 103 |
| VIII.3. Différent type de profile..... | 104 |
| VIII.4. Conclusion | 106 |
| Chapitre IX Cubatures..... | 107 |
| IX.1. Introduction | 108 |
| IX.2. Définition..... | 108 |
| IX.3. Méthode utilisée..... | 108 |
| IX.4. Description de la méthode | 108 |
| IX.5. Application : | 109 |
| IX.6. Conclusion..... | 110 |
| Conclusion générale..... | 111 |
| Références bibliographiques..... | 113 |
| ANNEXE TRACE EN PLAN..... | 115 |
| ANNEXE PROFIL EN LONG..... | 118 |
| ANNEXECUBATURES | 121 |

Liste des tableaux

Chapitre I Présentation du projet

| | |
|--|---|
| Tableau I. 1. Détermination de la nature du terrain..... | 7 |
| Tableau I. 2. Détermination de la nature de la sinuosité..... | 7 |
| Tableau I. 3. Classifications d'environnement en fonction de la Dénivelée moyenne et la sinuosité..... | 7 |
| Tableau I. 4. Dénivelée moyenne cumulée « variante 1 »..... | 9 |

Chapitre II Étude géotechnique

| | |
|--|----|
| Tableau II.1. Les essais réalisés in situ..... | 21 |
| Tableau II.2. Récap des essais géotechniques de laboratoire..... | 22 |
| Tableau II.3. Résultats de l'essai de l'analyse granulométrique..... | 29 |
| Tableau II.4. Résultats des essais CBR et Proctor..... | 30 |

Chapitre III Paramètres fondamentaux

| | |
|--|----|
| Tableau III. 1. La vitesse de référence selon la catégorie et l'environnement de la route..... | 32 |
| Tableau III. 2. Valeurs des hauteurs proposées pour les différentes catégories selon les normes B40..... | 33 |
| Tableau III. 3. Coefficient de frottement longitudinal fl en fonction de la vitesse..... | 34 |
| Tableau III. 4. Distance de manœuvre et dépassement..... | 39 |
| Tableau III. 5. Paramètres fondamentaux du tracé..... | 41 |

Chapitre IV Tracé en plan

| | |
|--|----|
| Tableau IV.1. Les valeurs des dévers (B40)..... | 46 |
| Tableau IV.2. Les valeurs de « ft » adoptées (B40)..... | 47 |
| Tableau IV.3. Coefficient « f " » (B40)..... | 48 |
| Tableau IV.4. Cas de chevauchement et non-chevauchement..... | 52 |

Chapitre V Profil en long

| | |
|---|----|
| Tableau V. 1. Valeur de déclivité max en fonction de la vitesse de référence pour profil en long..... | 67 |
| Tableau V.2. Rayons en angle saillant selon les normes (B40)..... | 69 |
| Tableau V.3. Rayons angle rentrant selon les normes (B40)..... | 71 |

Chapitre VI Étude de trafic

| | |
|---|----|
| Tableau VI.1. Coefficient d'équivalence selon de la nature de la route..... | 77 |
| Tableau VI.2. Valeurs de coefficient K1..... | 78 |
| Tableau VI.3. Valeurs de coefficient K2..... | 78 |
| Tableau VI.4. Capacité des routes en U.V.P/h – normes B30..... | 80 |
| Tableau VI.5. Récapitulatif de l'étude du trafic..... | 81 |

Chapitre VII Dimensionnement de corps de chaussée

| | |
|--|----|
| Tableau VII. 1. Coefficient d'équivalence des matériaux utilisés..... | 89 |
| Tableau VII.2. les matériaux proposés..... | 91 |
| Tableau VII.3. Classifications des réseaux principaux en fonction du trafic..... | 93 |
| Tableau VII.4. Les classes (TPLi) en fonction du trafic..... | 93 |
| Tableau VII.5. Portance (Si) en fonction de ICBR..... | 94 |
| Tableau VII.6. Fiche structure grave bitume/grave non traité..... | 95 |
| Tableau VII.7. Valeurs du coefficient d'agressivité A..... | 96 |

| | |
|--|-----|
| Tableau VII.8.Risques adoptés pour le réseau RP1..... | 97 |
| Tableau VII. 9.Valeurs de t en fonction de r% | 97 |
| Tableau VII. 10.Étude comparative des deux méthodes..... | 100 |

Chapitre IX Cubatures

| | |
|--|-----|
| Tableau XI.1. Résultats des cubatures pour les deux variantes..... | 110 |
|--|-----|

Listes des figures

Chapitre I Présentation du projet

| | |
|--|---|
| Figure I.1. Carte de découpage administratif et des limites de la wilaya de Relizane | 3 |
| Figure I.2. Situation géographique de Mazouna | 4 |
| Figure I. 3. Point de départ du projet..... | 5 |
| Figure I. 4. Point d'arrivée du contournement | 5 |
| Figure I. 5. En rouge le couloir retenu du contournement..... | 8 |
| Figure I. 6 . Levé topo du tracé sous Covadis 13b | 9 |

Chapitre II Étude géotechnique

| | |
|---|----|
| Figure II. 1. Morphologie des graphes de l'analyse granulo des sols selon le coefficient d'uniformité. | 28 |
| Figure II. 2. Morphologie des graphes de l'analyse granulo des sols selon le coefficient de courbure. | 29 |

Chapitre III Paramètres fondamentaux

| | |
|---|----|
| Figure III. 1. Distances de freinage des véhicules..... | 33 |
| Figure III.2. Distance d'arrêt des véhicules..... | 35 |
| Figure III. 3. Distance de visibilité et de dépassement des véhicules | 38 |
| Figure III. 4. Distance de manœuvre et de dépassement des véhicules | 39 |
| Figure III. 5. Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement | 40 |
| Figure III. 6. Distance de sécurité | 40 |

Chapitre IV Tracé en plan

| | |
|---|----|
| Figure IV. 1. Éléments de trace en plan | 44 |
| Figure IV. 2. Stabilité en Courbe..... | 46 |
| Figure IV. 3. Éléments de la clothoïde | 49 |
| Figure IV. 4. Courbe en S | 53 |
| Figure IV. 5. Courbe à sommet | 54 |
| Figure IV. 6. Courbe en C | 54 |
| Figure IV. 7. Courbe en ove..... | 54 |

Chapitre V Profil en long

| | |
|--|----|
| Figure V. 1. Les éléments de coordination tracés en plan et profil en long | 66 |
| Figure V. 2. Les deux types de raccords (convexes), (concaves) | 68 |
| Figure V. 3. Éléments de raccordement convexe (angle saillant) | 68 |
| Figure V. 4. Éléments de raccordement concave (angle rentrant) | 71 |

Chapitre VII Dimensionnement de corps de chaussée

| | |
|--|----|
| Figure VII. 1. Coupe des différentes couches de la chaussée. | 84 |
| Figure VII. 2. Coupe type d'une chaussée souple | 85 |
| Figure VII. 3. Chaussées semi-rigides | 86 |
| Figure VII. 4. Chaussées rigides. | 86 |
| Figure VII. 5. Les différents facteurs de dimensionnement de chaussée | 87 |
| Figure VII. 6. Démarche de la méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves | 90 |
| Figure VII. 7. Corps de la chaussée calculé par la méthode CBR | 92 |

| | |
|---|----|
| Figure VII. 8. Carte climatique de l'Algérie..... | 94 |
| Figure VII. 9.(a) et (b). | 99 |

Chapitre VIII Profil en travers

| | |
|---|-----|
| Figure VIII. 1. Les éléments constitutifs du profil en travers | 104 |
| Figure VIII. 2. Exemple d'un profil en remblai cas de notre projet..... | 105 |
| Figure VIII. 3. Exemple d'un profil en déblai cas de notre projet | 105 |
| Figure VIII. 4. Exemple d'un profil mixte cas de notre projet | 106 |

Chapitre IX Cubatures

| | |
|---|-----|
| Figure XI. 1. Schéma représentant la surface entre profils..... | 109 |
|---|-----|

Liste des Symboles

| <i>Symboles</i> | <i>Designation</i> |
|-----------------|---|
| f_l | Coefficient de frottement longitudinal |
| d_0 | Distance de freinage |
| d_1 | Distance d'arrêt |
| V_r | Vitesse de référence |
| I | Déclivité (pente ou rampe) |
| t | Temps de réaction |
| d_{vd} | Distance de visibilité de dépassement |
| d_{md} | Distance de manœuvre et de dépassement |
| d_{max} | Divers en courbe (maximal) |
| d_{min} | Divers en alignement (minimale) |
| f_t | Coefficient de frottement transversal |
| RH | Rayon horizontal |
| L | Longueur de raccordement progressive |
| RH_m | Rayon horizontal minimal |
| RH_n | Rayon horizontal minimal normal |
| RH_d | Rayon horizontal déversé |
| RH_{nd} | Rayon horizontal non déversé |
| R_v | Rayon vertical |
| R_{vm} | Rayon vertical minimal |
| R_{vn} | Rayon vertical minimal normal |
| R_{vd} | Rayon vertical déversé |
| $TMJA$ | Trafic moyen journalier annuel |
| τ | Taux d'accroissement |
| N | Nombre d'années |
| $Z-PL\%$ | Pourcentage poids lourds |
| UVP/h | Unité véhicule poids lourds par heure |
| UVP/j | Unité véhicule poids lourds par jours |
| T_{eff} | Trafic effectif |
| Q_{adm} | Débit admissible |
| C_{th} | Capacité théorique |
| K_1 | Coefficient lié à l'environnement |
| K_2 | Coefficient de réduction de capacité |
| e | Épaisseur totale de corps de chaussée |
| I_{CBR} | Indice CBR du sol support |
| N | Nombre de poids lourds par sens de véhicule |
| P | Charge par roue |

Introduction générale

Les infrastructures de transport représentent l'un des piliers fondamentaux du développement économique et de la cohésion sociale. Elles contribuent directement à améliorer la mobilité des personnes et la circulation des biens, favorisant ainsi l'intensification des échanges commerciaux et l'élargissement du champ du développement. Parmi ces infrastructures, les routes occupent une place centrale en raison de leur rôle crucial dans la connexion des territoires et l'optimisation de la mobilité.

Cependant, ces réseaux routiers sont souvent confrontés à des défis complexes tels que la congestion, la faiblesse des niveaux de sécurité et les impacts environnementaux négatifs. Cela impose la mise en œuvre de solutions pratiques et durables, capables de concilier les besoins économiques, sociaux et environnementaux. La résolution de ces problématiques ne repose pas uniquement sur des interventions techniques, mais exige une approche globale fondée sur des normes d'ingénierie rigoureuses et une vision de planification intégrant les principes du développement durable.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent projet, qui répond à un besoin urgent de désengorgement des axes routiers stratégiques, à travers une étude géométrique approfondie d'un tronçon routier sur une distance de 3 km. Les normes nationales de conception ont été rigoureusement appliquées, et deux possibilités de tracé ont été développées, analysées et comparées afin d'identifier le parcours optimal en termes de sécurité et d'efficacité.

Organisation du Mémoire :

Cette étude est structurée en quatre parties principales : La première partie traite de la localisation du projet et des données géotechniques ;

La deuxième se concentre sur la conception géométrique du tracé, comprenant les aspects horizontal, longitudinal et transversal ainsi que les calculs des volumes ; La troisième est consacrée à l'étude du trafic et à la détermination des couches de chaussée ;

Enfin, le travail se conclut par une synthèse globale et des annexes explicatives.

CHAPITRE I

PRESENTATION DU

PROJET

I.1. Introduction

Avec l'augmentation du nombre de véhicules, le trafic routier fait face à un nombre croissant de problèmes topologiques sur les routes à forte affluence. Ainsi, l'amélioration du confort, de la sécurité et de la fluidité du trafic sur les routes dépend en grande partie de leur construction, de leur aménagement et de leur réhabilitation.

Dans ce contexte, notre projet se positionne. Il s'agit de l'étude de la déviation de la ville de Mazouna. Il vise à analyser le trajet qui commence à la RN90 avec la route reliant la commune de Guettar et se dirige vers la RN19A, à proximité du Douar Chaïb Draa.

L'objectif de cette partie du mémoire est d'exposer le relief et l'emplacement géographique du projet. De plus, nous aborderons la catégorie et le contexte du projet.

I.2. Présentation de la wilaya

La wilaya de Relizane est située le long de la Route Nationale 04 entre Alger et Oran, la capitale de l'Algérie occidentale, il est limitrophe de wilaya de Chlef à l'est, de Mascara à l'ouest, de la wilaya de Mostaganem au nord et de Tiaret et Tissemselt au sud, à environ 330 km de la capitale et à 100 km d'Oran [1]



Figure I.1. Carte de découpage administratif et des limites de la wilaya de Relizane [1]

I.3. Réseau routier de la wilaya de Relizane

La wilaya de Relizane comporte une distance de [1] :

- Autoroute Est-Ouest de linaire de (87 ,000km).
- Routes nationales de linaire de (314,477km).
- Chemin de wilaya de linaire de (496,136km).
- Chemin communal de linaire de (2186,6km).

I.4. Présentation du projet

Le projet est situé dans le territoire de la Daïra de Mazouna qui fait partie du découpage administratif de la Wilaya de Relizane, voir la figure I.2.

La Daïra de Mazouna est distante de 75km de la Wilaya de Relizane.

Communes limitrophes de la commune de Mazouna :

- Au Nord par la commune de M’Hamed Ben Ali.
- De l’Ouest par la commune d’El Guettar.
- De l’Est par la commune d’Ain Mrane (W. Chlef).
- Au Sud par la commune d’Ouarizaine

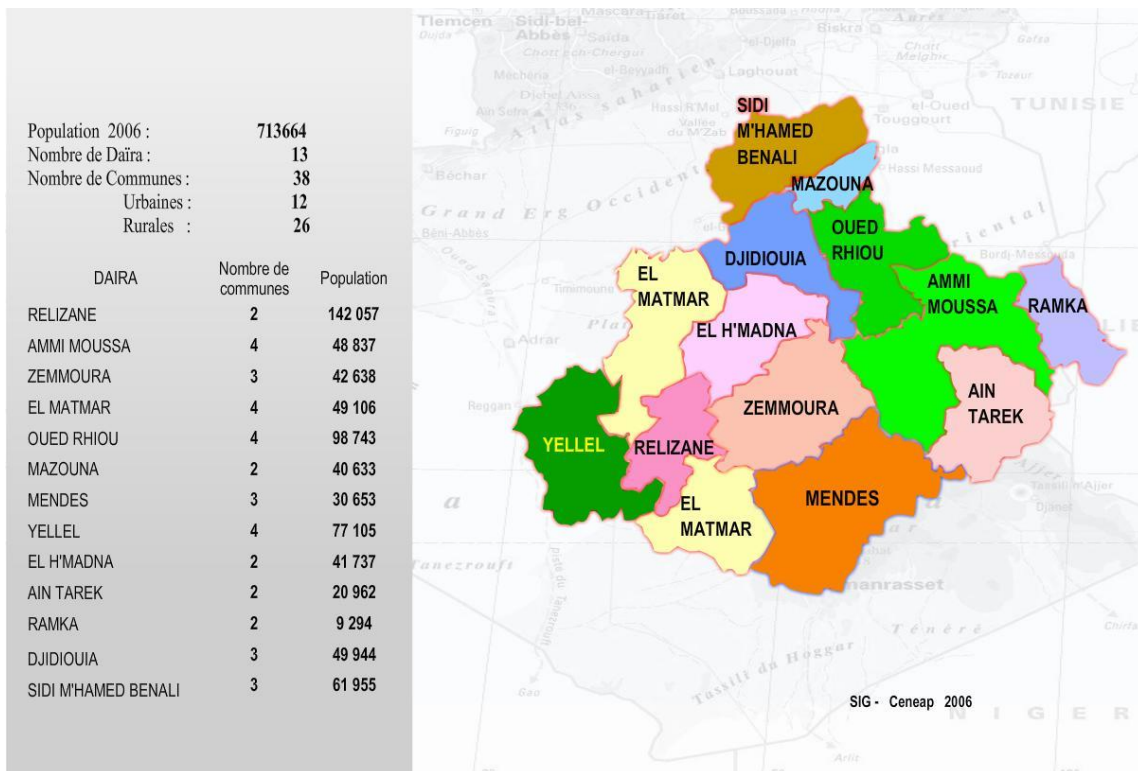


Figure I.2. Situation géographique de Mazouna

I.5. Objectif du projet

Notre projet consiste à étudier le contournement de Mazouna qui va relier la RN90 vers la RN19A, voir figures I.3 et I.4.

Ce projet une fois réalisé va sans doute régler les problèmes d'étranglement de circulation constatés au niveau de chef lieux, beaucoup plus pour les usagers de la RN 90 qui se dirige vers RN19A soit vers Chlef ou sortie Nord de Mazouna.

Il va aussi servir à fluidifier le trafic routier de la section d'étude pour les usagers de la RN 90 vers la RN19A que ce soit vers la Wilaya de Mostaganem ou vers Chlef.



Figure I. 3. Point de départ du projet



Figure I. 4. Point d'arrivée du contournement

I.6. Catégorie du tracé

Selon les normes techniques d'aménagement des routes [2], les itinéraires en Algérie sont classés en cinq catégories fonctionnelles :

- **Catégorie 1** : Comprends les liaisons entre les principaux centres économiques et les grands pôles d'industrie lourde, ainsi que les routes permettant de relier les centres industriels de transformation au réseau principal.
- **Catégorie 2** : Englobe les liaisons entre les différents pôles industriels de transformation, ainsi que les connexions entre ces pôles et les centres d'industries légères diversifiées.
- **Catégorie 3** : Implique les liaisons entre les chefs-lieux de Wilaya et les chefs-lieux de Daïra qui ne sont pas desservis par les réseaux des catégories précédentes (Catégorie 1 et 2).
- **Catégorie 4** : Concernant les liaisons entre tous les centres de vie qui ne sont pas connectés au réseau des catégories 1 à 3, avec les chefs-lieux de Daïra dont ils dépendent, ainsi qu'avec le réseau mentionné précédemment.
- **Catégorie 5** : Englobe les routes et les pistes qui ne rentrent pas dans les catégories précédentes.

I.7. Environnement de la route

La classe environnementale de la route est définie par deux paramètres [2]:

- La dénivelée cumulée moyenne (H/L).
- La sinuosité (σ).
- La dénivelée cumulée moyenne (H/L) :

Représente la somme des valeurs absolues des pentes successives le long de l'itinéraire. Ce rapport entre le dénivelé cumulé H et la longueur totale de l'itinéraire L offre une mesure de la variation longitudinale du terrain.

La formule pour calculer (H/L) est la suivante :

$$\frac{H}{L} = \frac{|\sum_{p_i > 0} P_i \cdot l_i + \sum_{p_i < 0} P_i \cdot l_i|}{L_T}$$

Avec :

- P : pente du terrain.
- L_T : $L_1 + L_2 + \dots + L_N$: Longueur totale de l'itinéraire.

La nature du terrain est déterminée en se référant au tableau I.1.

Tableau I. 1. Détermination de la nature du terrain [2]

| N : de code | Classification | Dénivelée cumulée |
|--------------------|------------------------------|----------------------------|
| 1 | Terrain plat | $h / L < 1,5 \%$ |
| 2a | Terrain plat, mais inondable | $h / L = 1,5 \%$ |
| 2b | Terrain vallonné | $1,5 \% < h / L \leq 4 \%$ |
| 3 | Terrain montagneux | $h / L > 4 \%$ |

- La sinuosité (σ) :

La longueur de l’itinéraire est égale au rapport entre la longueur du L (s) et la longueur totale de l’itinéraire.

$$\sigma = \frac{L_s}{L_{totale}}$$

Avec :

- L_{totale} : Longueur totale de l’itinéraire.
- L_s : Longueur sinueuse des courbes dont $R_i \leq 200m$.

La sinuosité se détermine à partir du tableau I.2.

Tableau I. 2. Détermination de la nature de la sinuosité [2]

| N : de code | Sinuosité | Classification |
|--------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1 | $\sigma \leq 0.1$ | Sinuosité faible |
| 2 | $0.1 < \sigma \leq 0.3$ | Sinuosité moyenne |
| 3 | $\sigma > 0.3$ | Sinuosité forte |

Le type d’environnement est déterminé en croisant les deux paramètres mentionnés dans le tableau I.3.

Tableau I. 3. Classifications d’environnement en fonction de la Dénivelée moyenne et la sinuosité [2]

| Sinuosité | Faible | Moyenne | Forte |
|------------------|---------------|----------------|--------------|
| Relief | | | |
| Plat | E1 | E2 | |

| | | | |
|-------------------|----|----|----|
| Vallonné | E2 | E2 | E3 |
| Montagneux | | E3 | E3 |

I.8. Application au projet

- Couloir retenu du contournement pour le projet la comité technique (DTP, STP, et BET) :

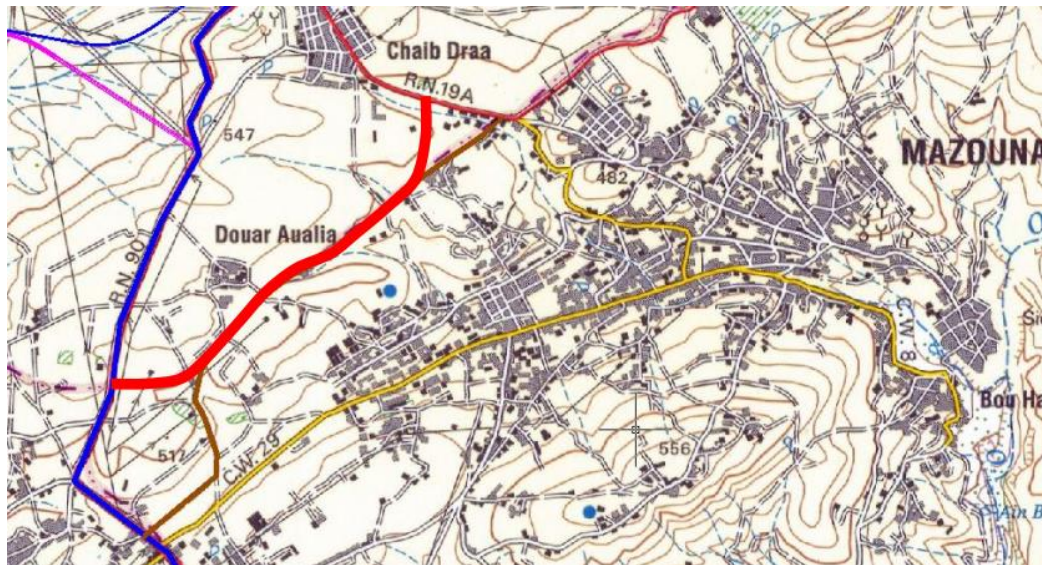


Figure I. 5. En rouge le couloir retenu du contournement

- Levé topographique sur carte

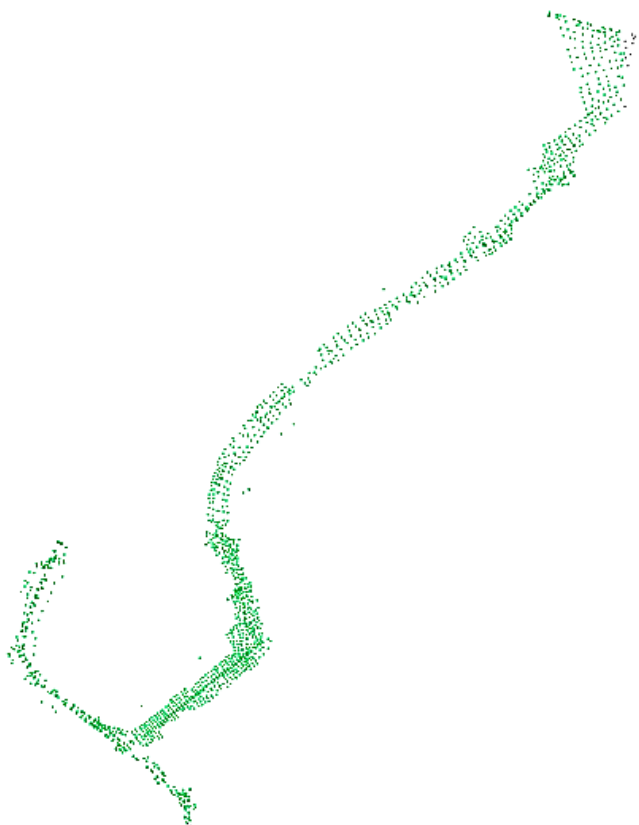


Figure I. 6 . Levé topo du tracé sous Covadis 13b

La figure 1.6 présente la géomorphologie du site du projet.

○ Catégorie du tracé :

De ce qu’y cité auparavant on peut dire que la catégorie de notre route est catégorie 03 (CAT03), implique les liaisons entre les chefs-lieux de Wilaya et les chefs-lieux de Daïra qui ne sont pas desservis par les réseaux des catégories précédentes (Catégorie 1 et 2).

○ Environnement de la route :

- La dénivelée moyenne cumulée H/L

La dénivelée cumulée moyenne nous fournit des informations sur la nature du terrain. Le tableau suivant présente la dénivelée moyenne cumulée de chaque profil.

Tableau I. 4. Dénivelée moyenne cumulée « variante 1 »

| Distance | | Point d'axe | | | ΔH |
|----------|-----------|-------------|-------------|----------|--------|
| Cumulée | Partielle | X | Y | Z TN | |
| 0 | 0 | 308074,971 | 4000773,34 | 492,3444 | 0 |
| 10 | 10 | 308074,971 | 4000763,34 | 490,4323 | -1,912 |
| 20,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000753,337 | 489,018 | -1,415 |
| 30,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000743,337 | 487,967 | -1,050 |
| 40,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000733,337 | 487,257 | -0,711 |

| | | | | | |
|---------|--------|------------|-------------|---------|--------|
| 50,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000723,337 | 487,047 | -0,210 |
| 60,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000713,337 | 487,400 | 0,353 |
| 70,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000703,337 | 488,091 | 0,691 |
| 80,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000693,337 | 488,983 | 0,892 |
| 90,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000683,337 | 489,985 | 1,002 |
| 100,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000673,337 | 491,220 | 1,235 |
| 110,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000663,337 | 492,459 | 1,239 |
| 120,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000653,337 | 493,681 | 1,222 |
| 130,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000643,337 | 494,915 | 1,234 |
| 140,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000633,337 | 495,944 | 1,029 |
| 150,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000623,337 | 496,993 | 1,049 |
| 160,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000613,337 | 498,121 | 1,128 |
| 170,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000603,337 | 499,335 | 1,214 |
| 180,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000593,337 | 500,343 | 1,008 |
| 190,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000583,337 | 501,129 | 0,785 |
| 200,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000573,337 | 501,098 | -0,031 |
| 210,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000563,337 | 500,751 | -0,347 |
| 220,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000553,337 | 500,408 | -0,344 |
| 230,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000543,337 | 499,941 | -0,467 |
| 240,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000533,337 | 499,133 | -0,808 |
| 250,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000523,337 | 498,144 | -0,988 |
| 260,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000513,337 | 496,664 | -1,481 |
| 270,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000503,337 | 495,265 | -1,399 |
| 280,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000493,337 | 494,191 | -1,074 |
| 290,000 | 10,000 | 308074,971 | 4000483,337 | 493,110 | -1,081 |
| 297,645 | 7,645 | 308074,971 | 4000475,692 | 492,364 | -0,745 |
| 300,000 | 2,355 | 308073,354 | 4000473,979 | 492,369 | 0,005 |
| 310,000 | 10,000 | 308066,490 | 4000466,707 | 492,346 | -0,023 |
| 320,000 | 10,000 | 308059,626 | 4000459,435 | 492,305 | -0,041 |
| 330,000 | 10,000 | 308052,762 | 4000452,162 | 492,231 | -0,074 |
| 340,000 | 10,000 | 308045,898 | 4000444,890 | 492,021 | -0,211 |
| 350,000 | 10,000 | 308039,035 | 4000437,618 | 491,860 | -0,161 |
| 360,000 | 10,000 | 308032,171 | 4000430,346 | 491,728 | -0,132 |
| 370,000 | 10,000 | 308025,307 | 4000423,073 | 491,504 | -0,224 |
| 380,000 | 10,000 | 308018,443 | 4000415,801 | 491,210 | -0,294 |
| 390,000 | 10,000 | 308011,579 | 4000408,529 | 490,664 | -0,545 |
| 400,000 | 10,000 | 308004,715 | 4000401,256 | 490,147 | -0,518 |
| 410,000 | 10,000 | 307997,851 | 4000393,984 | 489,921 | -0,226 |
| 420,000 | 10,000 | 307990,987 | 4000386,712 | 489,404 | -0,517 |
| 430,000 | 10,000 | 307984,123 | 4000379,439 | 488,885 | -0,519 |
| 440,000 | 10,000 | 307977,259 | 4000372,167 | 488,323 | -0,561 |
| 450,000 | 10,000 | 307970,395 | 4000364,895 | 487,735 | -0,588 |
| 460,000 | 10,000 | 307963,531 | 4000357,622 | 487,002 | -0,733 |
| 470,000 | 10,000 | 307956,667 | 4000350,350 | 486,279 | -0,723 |

| | | | | | |
|---------|--------|------------|-------------|---------|--------|
| 480,000 | 10,000 | 307949,804 | 4000343,078 | 485,849 | -0,431 |
| 490,000 | 10,000 | 307942,940 | 4000335,805 | 485,308 | -0,540 |
| 500,000 | 10,000 | 307936,076 | 4000328,533 | 485,151 | -0,158 |
| 510,000 | 10,000 | 307929,212 | 4000321,261 | 485,256 | 0,105 |
| 520,000 | 10,000 | 307922,348 | 4000313,988 | 485,198 | -0,058 |
| 530,000 | 10,000 | 307915,484 | 4000306,716 | 484,973 | -0,226 |
| 540,000 | 10,000 | 307908,620 | 4000299,444 | 484,746 | -0,227 |
| 550,000 | 10,000 | 307901,756 | 4000292,171 | 484,583 | -0,163 |
| 560,000 | 10,000 | 307894,892 | 4000284,899 | 484,627 | 0,045 |
| 570,000 | 10,000 | 307888,028 | 4000277,627 | 484,815 | 0,188 |
| 580,000 | 10,000 | 307881,164 | 4000270,355 | 485,163 | 0,348 |
| 590,000 | 10,000 | 307874,300 | 4000263,082 | 485,505 | 0,342 |
| 600,000 | 10,000 | 307867,437 | 4000255,810 | 485,887 | 0,382 |
| 610,000 | 10,000 | 307860,573 | 4000248,538 | 486,343 | 0,455 |
| 620,000 | 10,000 | 307853,709 | 4000241,265 | 486,807 | 0,464 |
| 630,000 | 10,000 | 307846,845 | 4000233,993 | 487,272 | 0,464 |
| 640,000 | 10,000 | 307839,981 | 4000226,721 | 488,064 | 0,792 |
| 650,000 | 10,000 | 307833,117 | 4000219,448 | 488,929 | 0,865 |
| 660,000 | 10,000 | 307826,253 | 4000212,176 | 489,965 | 1,036 |
| 670,000 | 10,000 | 307819,389 | 4000204,904 | 491,149 | 1,184 |
| 680,000 | 10,000 | 307812,525 | 4000197,631 | 492,277 | 1,128 |
| 690,000 | 10,000 | 307805,661 | 4000190,359 | 493,387 | 1,110 |
| 700,000 | 10,000 | 307798,797 | 4000183,087 | 494,506 | 1,119 |
| 710,000 | 10,000 | 307791,933 | 4000175,814 | 495,327 | 0,821 |
| 720,000 | 10,000 | 307785,069 | 4000168,542 | 496,108 | 0,780 |
| 730,000 | 10,000 | 307778,206 | 4000161,270 | 496,796 | 0,688 |
| 740,000 | 10,000 | 307771,342 | 4000153,997 | 497,339 | 0,543 |
| 750,000 | 10,000 | 307764,478 | 4000146,725 | 497,312 | -0,027 |
| 760,000 | 10,000 | 307757,614 | 4000139,453 | 496,795 | -0,517 |
| 770,000 | 10,000 | 307750,750 | 4000132,181 | 496,372 | -0,423 |
| 780,000 | 10,000 | 307743,886 | 4000124,908 | 495,415 | -0,957 |
| 790,000 | 10,000 | 307737,022 | 4000117,636 | 494,353 | -1,063 |
| 800,000 | 10,000 | 307730,158 | 4000110,364 | 493,469 | -0,883 |
| 810,000 | 10,000 | 307723,294 | 4000103,091 | 492,814 | -0,656 |
| 820,000 | 10,000 | 307716,430 | 4000095,819 | 492,370 | -0,444 |
| 830,000 | 10,000 | 307709,566 | 4000088,547 | 491,738 | -0,632 |
| 840,000 | 10,000 | 307702,702 | 4000081,274 | 492,065 | 0,327 |
| 850,000 | 10,000 | 307695,839 | 4000074,002 | 492,253 | 0,188 |
| 859,903 | 9,903 | 307689,041 | 4000066,800 | 492,881 | 0,628 |
| 860,000 | 0,097 | 307688,963 | 4000066,743 | 492,881 | 0,000 |
| 870,000 | 10,000 | 307680,908 | 4000060,817 | 492,852 | -0,029 |
| 880,000 | 10,000 | 307672,852 | 4000054,892 | 492,865 | 0,013 |
| 890,000 | 10,000 | 307664,797 | 4000048,967 | 492,432 | -0,433 |
| 900,000 | 10,000 | 307656,741 | 4000043,041 | 492,418 | -0,014 |

| | | | | | |
|----------|--------|------------|-------------|---------|--------|
| 910,000 | 10,000 | 307648,686 | 4000037,116 | 492,240 | -0,178 |
| 920,000 | 10,000 | 307640,630 | 4000031,191 | 492,382 | 0,142 |
| 930,000 | 10,000 | 307632,575 | 4000025,265 | 492,658 | 0,275 |
| 940,000 | 10,000 | 307624,519 | 4000019,340 | 492,086 | -0,572 |
| 950,000 | 10,000 | 307616,464 | 4000013,415 | 491,469 | -0,616 |
| 960,000 | 10,000 | 307608,409 | 4000007,489 | 491,484 | 0,014 |
| 970,000 | 10,000 | 307600,353 | 4000001,564 | 491,339 | -0,144 |
| 980,000 | 10,000 | 307592,298 | 3999995,638 | 490,783 | -0,556 |
| 990,000 | 10,000 | 307584,242 | 3999989,713 | 490,409 | -0,374 |
| 1000,000 | 10,000 | 307576,187 | 3999983,788 | 490,465 | 0,056 |
| 1010,000 | 10,000 | 307568,131 | 3999977,862 | 490,485 | 0,020 |
| 1020,000 | 10,000 | 307560,076 | 3999971,937 | 490,629 | 0,144 |
| 1030,000 | 10,000 | 307552,020 | 3999966,012 | 490,906 | 0,277 |
| 1040,000 | 10,000 | 307543,965 | 3999960,086 | 490,920 | 0,014 |
| 1050,000 | 10,000 | 307535,910 | 3999954,161 | 490,715 | -0,205 |
| 1060,000 | 10,000 | 307527,854 | 3999948,236 | 491,520 | 0,805 |
| 1070,000 | 10,000 | 307519,799 | 3999942,310 | 491,915 | 0,395 |
| 1080,000 | 10,000 | 307511,743 | 3999936,385 | 492,250 | 0,335 |
| 1090,000 | 10,000 | 307503,688 | 3999930,460 | 492,945 | 0,696 |
| 1100,000 | 10,000 | 307495,632 | 3999924,534 | 493,646 | 0,700 |
| 1110,000 | 10,000 | 307487,577 | 3999918,609 | 493,522 | -0,123 |
| 1120,000 | 10,000 | 307479,521 | 3999912,684 | 493,171 | -0,351 |
| 1130,000 | 10,000 | 307471,466 | 3999906,758 | 493,044 | -0,127 |
| 1140,000 | 10,000 | 307463,411 | 3999900,833 | 493,288 | 0,245 |
| 1150,000 | 10,000 | 307455,355 | 3999894,908 | 493,533 | 0,245 |
| 1160,000 | 10,000 | 307447,300 | 3999888,982 | 493,778 | 0,245 |
| 1170,000 | 10,000 | 307439,244 | 3999883,057 | 493,552 | -0,226 |
| 1180,000 | 10,000 | 307431,189 | 3999877,131 | 493,244 | -0,308 |
| 1190,000 | 10,000 | 307423,133 | 3999871,206 | 493,279 | 0,035 |
| 1200,000 | 10,000 | 307415,078 | 3999865,281 | 493,428 | 0,149 |
| 1210,000 | 10,000 | 307407,022 | 3999859,355 | 493,632 | 0,204 |
| 1220,000 | 10,000 | 307398,967 | 3999853,430 | 493,903 | 0,271 |
| 1230,000 | 10,000 | 307390,912 | 3999847,505 | 494,082 | 0,178 |
| 1240,000 | 10,000 | 307382,856 | 3999841,579 | 494,357 | 0,276 |
| 1250,000 | 10,000 | 307374,801 | 3999835,654 | 494,712 | 0,355 |
| 1260,000 | 10,000 | 307366,745 | 3999829,729 | 495,069 | 0,356 |
| 1270,000 | 10,000 | 307358,690 | 3999823,803 | 495,413 | 0,344 |
| 1280,000 | 10,000 | 307350,634 | 3999817,878 | 495,714 | 0,301 |
| 1290,000 | 10,000 | 307342,579 | 3999811,953 | 496,222 | 0,509 |
| 1300,000 | 10,000 | 307334,523 | 3999806,027 | 496,534 | 0,311 |
| 1310,000 | 10,000 | 307326,468 | 3999800,102 | 496,957 | 0,423 |
| 1320,000 | 10,000 | 307318,412 | 3999794,177 | 497,277 | 0,320 |
| 1330,000 | 10,000 | 307310,357 | 3999788,251 | 497,463 | 0,187 |
| 1340,000 | 10,000 | 307302,302 | 3999782,326 | 497,530 | 0,067 |

| | | | | | |
|----------|--------|------------|-------------|---------|--------|
| 1350,000 | 10,000 | 307294,246 | 3999776,401 | 497,526 | -0,004 |
| 1360,000 | 10,000 | 307286,191 | 3999770,475 | 497,472 | -0,054 |
| 1370,000 | 10,000 | 307278,135 | 3999764,550 | 497,454 | -0,018 |
| 1380,000 | 10,000 | 307270,080 | 3999758,625 | 497,465 | 0,011 |
| 1390,000 | 10,000 | 307262,024 | 3999752,699 | 497,477 | 0,012 |
| 1400,000 | 10,000 | 307253,969 | 3999746,774 | 497,823 | 0,346 |
| 1410,000 | 10,000 | 307245,913 | 3999740,848 | 498,446 | 0,623 |
| 1420,000 | 10,000 | 307237,858 | 3999734,923 | 498,566 | 0,120 |
| 1430,000 | 10,000 | 307229,803 | 3999728,998 | 498,542 | -0,024 |
| 1440,000 | 10,000 | 307221,747 | 3999723,072 | 498,811 | 0,270 |
| 1450,000 | 10,000 | 307213,692 | 3999717,147 | 498,991 | 0,179 |
| 1460,000 | 10,000 | 307205,636 | 3999711,222 | 499,030 | 0,039 |
| 1470,000 | 10,000 | 307197,581 | 3999705,296 | 498,967 | -0,063 |
| 1480,000 | 10,000 | 307189,525 | 3999699,371 | 499,038 | 0,071 |
| 1490,000 | 10,000 | 307181,470 | 3999693,446 | 499,202 | 0,164 |
| 1500,000 | 10,000 | 307173,414 | 3999687,520 | 499,370 | 0,168 |
| 1510,000 | 10,000 | 307165,359 | 3999681,595 | 499,573 | 0,203 |
| 1520,000 | 10,000 | 307157,304 | 3999675,670 | 499,847 | 0,274 |
| 1530,000 | 10,000 | 307149,248 | 3999669,744 | 500,080 | 0,233 |
| 1540,000 | 10,000 | 307141,193 | 3999663,819 | 500,313 | 0,233 |
| 1550,000 | 10,000 | 307133,137 | 3999657,894 | 500,474 | 0,161 |
| 1560,000 | 10,000 | 307125,082 | 3999651,968 | 500,685 | 0,211 |
| 1570,000 | 10,000 | 307117,026 | 3999646,043 | 501,021 | 0,336 |
| 1580,000 | 10,000 | 307108,971 | 3999640,118 | 501,430 | 0,410 |
| 1590,000 | 10,000 | 307100,915 | 3999634,192 | 501,875 | 0,445 |
| 1600,000 | 10,000 | 307092,860 | 3999628,267 | 502,300 | 0,425 |
| 1604,955 | 4,955 | 307088,868 | 3999625,331 | 502,602 | 0,302 |
| 1610,000 | 5,045 | 307086,813 | 3999620,724 | 502,681 | 0,079 |
| 1620,000 | 10,000 | 307082,739 | 3999611,591 | 502,865 | 0,183 |
| 1630,000 | 10,000 | 307078,664 | 3999602,459 | 503,307 | 0,443 |
| 1640,000 | 10,000 | 307074,590 | 3999593,326 | 503,525 | 0,217 |
| 1650,000 | 10,000 | 307070,516 | 3999584,194 | 503,942 | 0,417 |
| 1660,000 | 10,000 | 307066,441 | 3999575,062 | 504,696 | 0,755 |
| 1670,000 | 10,000 | 307062,367 | 3999565,929 | 505,191 | 0,495 |
| 1680,000 | 10,000 | 307058,293 | 3999556,797 | 505,403 | 0,212 |
| 1690,000 | 10,000 | 307054,219 | 3999547,665 | 505,670 | 0,267 |
| 1700,000 | 10,000 | 307050,144 | 3999538,532 | 505,829 | 0,158 |
| 1710,000 | 10,000 | 307046,070 | 3999529,400 | 505,919 | 0,090 |
| 1720,000 | 10,000 | 307041,996 | 3999520,268 | 505,740 | -0,179 |
| 1730,000 | 10,000 | 307037,921 | 3999511,135 | 505,673 | -0,067 |
| 1740,000 | 10,000 | 307033,847 | 3999502,003 | 505,602 | -0,071 |
| 1750,000 | 10,000 | 307029,773 | 3999492,870 | 505,359 | -0,243 |
| 1760,000 | 10,000 | 307025,698 | 3999483,738 | 505,222 | -0,137 |
| 1770,000 | 10,000 | 307021,624 | 3999474,606 | 505,143 | -0,079 |

| | | | | | |
|----------|--------|------------|-------------|---------|--------|
| 1780,000 | 10,000 | 307017,550 | 3999465,473 | 505,018 | -0,125 |
| 1790,000 | 10,000 | 307013,476 | 3999456,341 | 504,831 | -0,187 |
| 1800,000 | 10,000 | 307009,401 | 3999447,209 | 504,644 | -0,187 |
| 1810,000 | 10,000 | 307005,327 | 3999438,076 | 504,457 | -0,187 |
| 1820,000 | 10,000 | 307001,253 | 3999428,944 | 504,269 | -0,187 |
| 1830,000 | 10,000 | 306997,178 | 3999419,812 | 504,082 | -0,187 |
| 1840,000 | 10,000 | 306993,104 | 3999410,679 | 503,895 | -0,187 |
| 1850,000 | 10,000 | 306989,030 | 3999401,547 | 503,723 | -0,173 |
| 1860,000 | 10,000 | 306984,955 | 3999392,414 | 503,577 | -0,146 |
| 1870,000 | 10,000 | 306980,881 | 3999383,282 | 503,508 | -0,069 |
| 1880,000 | 10,000 | 306976,807 | 3999374,150 | 503,428 | -0,080 |
| 1890,000 | 10,000 | 306972,733 | 3999365,017 | 503,199 | -0,229 |
| 1900,000 | 10,000 | 306968,658 | 3999355,885 | 502,901 | -0,298 |
| 1910,000 | 10,000 | 306964,584 | 3999346,753 | 502,697 | -0,204 |
| 1920,000 | 10,000 | 306960,510 | 3999337,620 | 502,417 | -0,280 |
| 1930,000 | 10,000 | 306956,435 | 3999328,488 | 501,644 | -0,773 |
| 1940,000 | 10,000 | 306952,361 | 3999319,356 | 500,231 | -1,413 |
| 1950,000 | 10,000 | 306948,287 | 3999310,223 | 498,488 | -1,743 |
| 1960,000 | 10,000 | 306944,212 | 3999301,091 | 496,710 | -1,778 |
| 1970,000 | 10,000 | 306940,138 | 3999291,958 | 494,869 | -1,841 |
| 1980,000 | 10,000 | 306936,064 | 3999282,826 | 493,028 | -1,841 |
| 1990,000 | 10,000 | 306931,990 | 3999273,694 | 491,187 | -1,841 |
| 2000,000 | 10,000 | 306927,915 | 3999264,561 | 489,288 | -1,898 |
| 2010,000 | 10,000 | 306923,841 | 3999255,429 | 487,360 | -1,928 |
| 2020,000 | 10,000 | 306919,767 | 3999246,297 | 485,396 | -1,964 |
| 2030,000 | 10,000 | 306915,692 | 3999237,164 | 483,436 | -1,960 |
| 2040,000 | 10,000 | 306911,618 | 3999228,032 | 481,737 | -1,699 |
| 2050,000 | 10,000 | 306907,544 | 3999218,900 | 480,151 | -1,585 |
| 2060,000 | 10,000 | 306903,469 | 3999209,767 | 477,809 | -2,342 |
| 2070,000 | 10,000 | 306899,395 | 3999200,635 | 476,711 | -1,099 |
| 2080,000 | 10,000 | 306895,321 | 3999191,502 | 479,003 | 2,292 |
| 2090,000 | 10,000 | 306891,247 | 3999182,370 | 480,409 | 1,406 |
| 2090,469 | 0,469 | 306891,056 | 3999181,942 | 480,464 | 0,055 |
| 2100,000 | 9,531 | 306893,523 | 3999172,736 | 481,131 | 0,667 |
| 2110,000 | 10,000 | 306896,111 | 3999163,076 | 482,233 | 1,101 |
| 2120,000 | 10,000 | 306898,699 | 3999153,417 | 482,761 | 0,528 |
| 2130,000 | 10,000 | 306901,288 | 3999143,758 | 483,286 | 0,525 |
| 2140,000 | 10,000 | 306903,876 | 3999134,099 | 483,627 | 0,341 |
| 2150,000 | 10,000 | 306906,464 | 3999124,439 | 483,972 | 0,345 |
| 2160,000 | 10,000 | 306909,052 | 3999114,780 | 484,198 | 0,226 |
| 2170,000 | 10,000 | 306911,641 | 3999105,121 | 484,448 | 0,250 |
| 2180,000 | 10,000 | 306914,229 | 3999095,462 | 484,522 | 0,075 |
| 2190,000 | 10,000 | 306916,817 | 3999085,803 | 484,676 | 0,153 |
| 2200,000 | 10,000 | 306919,406 | 3999076,143 | 484,592 | -0,083 |

| | | | | | |
|----------|--------|------------|-------------|---------|--------|
| 2210,000 | 10,000 | 306921,994 | 3999066,484 | 483,789 | -0,804 |
| 2220,000 | 10,000 | 306924,582 | 3999056,825 | 482,871 | -0,918 |
| 2230,000 | 10,000 | 306927,171 | 3999047,166 | 481,941 | -0,930 |
| 2240,000 | 10,000 | 306929,759 | 3999037,506 | 480,999 | -0,942 |
| 2250,000 | 10,000 | 306932,347 | 3999027,847 | 480,058 | -0,942 |
| 2260,000 | 10,000 | 306934,936 | 3999018,188 | 479,116 | -0,942 |
| 2270,000 | 10,000 | 306937,524 | 3999008,529 | 478,175 | -0,941 |
| 2280,000 | 10,000 | 306940,112 | 3998998,870 | 476,907 | -1,268 |
| 2290,000 | 10,000 | 306942,701 | 3998989,210 | 475,912 | -0,994 |
| 2300,000 | 10,000 | 306945,289 | 3998979,551 | 475,232 | -0,680 |
| 2310,000 | 10,000 | 306947,877 | 3998969,892 | 474,279 | -0,953 |
| 2320,000 | 10,000 | 306950,466 | 3998960,233 | 472,982 | -1,297 |
| 2330,000 | 10,000 | 306953,054 | 3998950,573 | 471,865 | -1,117 |
| 2340,000 | 10,000 | 306955,642 | 3998940,914 | 470,980 | -0,886 |
| 2350,000 | 10,000 | 306958,231 | 3998931,255 | 469,884 | -1,096 |
| 2360,000 | 10,000 | 306960,819 | 3998921,596 | 469,272 | -0,612 |
| 2370,000 | 10,000 | 306963,407 | 3998911,937 | 467,587 | -1,685 |
| 2380,000 | 10,000 | 306965,996 | 3998902,277 | 466,639 | -0,948 |
| 2390,000 | 10,000 | 306968,584 | 3998892,618 | 465,658 | -0,980 |
| 2400,000 | 10,000 | 306971,172 | 3998882,959 | 464,618 | -1,040 |
| 2410,000 | 10,000 | 306973,761 | 3998873,300 | 463,524 | -1,094 |
| 2420,000 | 10,000 | 306976,349 | 3998863,640 | 462,578 | -0,946 |
| 2430,000 | 10,000 | 306978,937 | 3998853,981 | 461,699 | -0,880 |
| 2440,000 | 10,000 | 306981,525 | 3998844,322 | 460,952 | -0,746 |
| 2450,000 | 10,000 | 306984,114 | 3998834,663 | 460,334 | -0,618 |
| 2460,000 | 10,000 | 306986,702 | 3998825,004 | 459,846 | -0,488 |
| 2464,986 | 4,986 | 306987,993 | 3998820,188 | 459,568 | -0,278 |
| 2470,000 | 5,014 | 306984,073 | 3998817,061 | 459,589 | 0,021 |
| 2480,000 | 10,000 | 306976,255 | 3998810,824 | 459,636 | 0,046 |
| 2490,000 | 10,000 | 306968,438 | 3998804,588 | 460,327 | 0,692 |
| 2500,000 | 10,000 | 306960,621 | 3998798,352 | 460,734 | 0,406 |
| 2510,000 | 10,000 | 306952,804 | 3998792,116 | 460,973 | 0,239 |
| 2520,000 | 10,000 | 306944,987 | 3998785,879 | 461,241 | 0,268 |
| 2530,000 | 10,000 | 306937,169 | 3998779,643 | 461,577 | 0,337 |
| 2540,000 | 10,000 | 306929,352 | 3998773,407 | 461,714 | 0,137 |
| 2550,000 | 10,000 | 306921,535 | 3998767,171 | 461,525 | -0,189 |
| 2560,000 | 10,000 | 306913,718 | 3998760,935 | 461,755 | 0,230 |
| 2570,000 | 10,000 | 306905,900 | 3998754,698 | 462,092 | 0,338 |
| 2580,000 | 10,000 | 306898,083 | 3998748,462 | 462,391 | 0,299 |
| 2590,000 | 10,000 | 306890,266 | 3998742,226 | 462,495 | 0,104 |
| 2600,000 | 10,000 | 306882,449 | 3998735,990 | 462,857 | 0,363 |
| 2610,000 | 10,000 | 306874,631 | 3998729,753 | 463,027 | 0,170 |
| 2620,000 | 10,000 | 306866,814 | 3998723,517 | 463,323 | 0,296 |
| 2630,000 | 10,000 | 306858,997 | 3998717,281 | 463,112 | -0,212 |

| | | | | | |
|----------------|-----------------|------------|-------------|---------------|----------------|
| 2640,000 | 10,000 | 306851,180 | 3998711,045 | 463,507 | 0,395 |
| 2650,000 | 10,000 | 306843,362 | 3998704,808 | 463,627 | 0,120 |
| 2660,000 | 10,000 | 306835,545 | 3998698,572 | 463,772 | 0,145 |
| 2670,000 | 10,000 | 306827,728 | 3998692,336 | 463,801 | 0,028 |
| 2680,000 | 10,000 | 306819,911 | 3998686,100 | 464,052 | 0,252 |
| 2690,000 | 10,000 | 306812,093 | 3998679,863 | 464,097 | 0,045 |
| 2700,000 | 10,000 | 306804,276 | 3998673,627 | 464,188 | 0,091 |
| 2710,000 | 10,000 | 306796,459 | 3998667,391 | 464,114 | -0,074 |
| 2720,000 | 10,000 | 306788,642 | 3998661,155 | 464,059 | -0,055 |
| 2730,000 | 10,000 | 306780,824 | 3998654,918 | 464,126 | 0,067 |
| 2740,000 | 10,000 | 306773,007 | 3998648,682 | 464,082 | -0,043 |
| 2750,000 | 10,000 | 306765,190 | 3998642,446 | 463,915 | -0,168 |
| 2760,000 | 10,000 | 306757,373 | 3998636,210 | 463,890 | -0,024 |
| 2770,000 | 10,000 | 306749,555 | 3998629,974 | 463,852 | -0,038 |
| 2780,000 | 10,000 | 306741,738 | 3998623,737 | 463,826 | -0,026 |
| 2790,000 | 10,000 | 306733,921 | 3998617,501 | 463,774 | -0,052 |
| 2800,000 | 10,000 | 306726,104 | 3998611,265 | 463,824 | 0,050 |
| 2810,000 | 10,000 | 306718,286 | 3998605,029 | 463,768 | -0,056 |
| 2820,000 | 10,000 | 306710,469 | 3998598,792 | 463,889 | 0,121 |
| 2830,000 | 10,000 | 306702,652 | 3998592,556 | 463,997 | 0,108 |
| 2840,000 | 10,000 | 306694,835 | 3998586,320 | 464,106 | 0,109 |
| 2850,000 | 10,000 | 306687,017 | 3998580,084 | 464,221 | 0,115 |
| 2860,000 | 10,000 | 306679,200 | 3998573,847 | 464,215 | -0,006 |
| 2870,000 | 10,000 | 306671,383 | 3998567,611 | 464,225 | 0,010 |
| 2880,000 | 10,000 | 306663,566 | 3998561,375 | 464,189 | -0,035 |
| 2890,000 | 10,000 | 306655,748 | 3998555,139 | 464,175 | -0,014 |
| 2900,000 | 10,000 | 306647,931 | 3998548,902 | 464,316 | 0,141 |
| 2910,000 | 10,000 | 306640,114 | 3998542,666 | 464,001 | -0,315 |
| 2920,000 | 10,000 | 306632,297 | 3998536,430 | 463,931 | -0,070 |
| 2930,000 | 10,000 | 306624,479 | 3998530,194 | 463,860 | -0,071 |
| 2940,000 | 10,000 | 306616,662 | 3998523,957 | 463,453 | -0,407 |
| 2940,407 | 0,407 | 306616,344 | 3998523,703 | 463,451 | -0,001 |
| L TOTAL | 2940,407 | | | ∑ (ΔH) | -28,893 |

Du tableau on a :

- $\sum \Delta H = - 28.893$
- $L_{Totale} = 2940.407$

Alors : $H/L = 28.893/2940.407$

Donc : $H/L = 0.98\%$

D'après le tableau I.1 mentionné précédemment, on peut déduire que le terrain est plat.

En ce qui concerne la sinuosité, les rayons sélectionnés pour le tracé sont tous supérieurs à 200 m, ce qui indique que la sinuosité du tracé est faible, comme indiqué dans le tableau I.2.

À partir des données précédemment mentionnées, on peut conclure que l'environnement de cette route correspond à un E1 (terrain plat et sinuosité faible), comme indiqué dans le tableau I.3.

Pour les résultats de la variante 02, voir l'annexe tracé en plan.

I.9. Conclusion

Ce chapitre met en évidence les traits fondamentaux du terrain sur lequel le contournement sera projeté. Nous avons précisé qu'il s'agit d'un terrain majoritairement plat, classé en catégorie 3 avec un environnement de niveau 1. Cette association crée un environnement propice à la mise en œuvre efficace de notre projet. Étant donné le terrain plutôt plat et les défis à relever qui sont modérés, nous sommes persuadés de notre aptitude à élaborer et mettre en œuvre des stratégies qui répondent aux demandes et aux contraintes du projet.

CHAPITRE II ÉTUDE GEOTECHNIQUE

II.1 Introduction

Pour réaliser des structures durables. Il est nécessaire d'utiliser des matériaux de construction de bonne qualité qui répondent aux exigences techniques et aussi de veiller à l'application des normes ou des standards qui définissent la méthode de sa mise en œuvre.

À cet égard, les essais aux laboratoires ou in situ sont indispensables dans les projets. Ces essais sont établis pour scruter les fiches techniques des différents matériaux utilisés pour les différentes phases de construction. De plus, le concepteur doit définir un programme de reconnaissance géotechnique après avoir tracé l'ouvrage. Ce programme lui permettra d'avoir des descriptions lithologiques, hydrogéologiques et hydrauliques de la région. Une interprétation physico-mécanique par la suite lui permettra d'appréhender le comportement géotechnique du sol support.

La construction des routes exige l'utilisation des granulats, des liants hydrocarbonés et éventuellement hydrauliques et aériens (ciment, chaux, etc.). Pour cela, une campagne de sondage doit être réalisée pour définir les caractéristiques des matériaux et du sol support, pour dimensionner le corps de chaussée et, éventuellement, les fondations des ouvrages prévus.

Ce chapitre a pour but de réaliser une synthèse bibliographique complète sur les essais consacrés à l'étude géotechnique utilisés dans la construction des routes avec ses normes préconisées et aussi sur les principaux résultats obtenus par le laboratoire sur le terrain alloué à recevoir notre projet.

II.2 La géotechnique

De ce qu'y passer, on peut dire que la géotechnique est la technoscience consacrée à l'étude pratique de la surface terrestre sur laquelle notre action directe est possible pour son aménagement et/ou son exploitation, lors des opérations de BTP (bâtiment, travaux publics), de gestion des eaux souterraines (exploitation, drainage) et de prévention des risques naturels.

On peut dire aussi qu'elle regroupe l'ensemble des actes liés à la mécanique des sols, à la géologie des roches et à l'ingénierie. Elle comprend les propriétés mécaniques et physico-chimiques du sol [3,4].

II.2.1 Géotechnique routière

La géotechnique routière est tout simplement l'application de la géotechnique au domaine routier [4].

Elle concerne :

- Les travaux de terrassement (utilisation du sol comme matériau de construction en déblai / remblai)
- Les soutènements et la stabilisation des talus
- Les fondations des ouvrages d'art (ancrage au bon sol).

Le projet géotechnique se déroulera comme suit :

- La reconnaissance ou l'étude du sol.
- La détermination des conditions et la méthode de la mise en place des différents matériaux.
- Le contrôle de la qualité et la réception de la plate-forme sur le site.

II.3. Caractérisation des sols

Le sol est une formation naturelle de surface résultant de la déformation de la roche socle sous l'influence de divers facteurs physiques, chimiques et biologiques.

La reconnaissance du sol et de ses propriétés géotechniques et morphologiques est une étape importante dans le choix d'un modèle de chaussée.

En effet, la connaissance du sol, combinée à une approche adaptée du trafic supporté et des matériaux de chaussée utilisés, permet d'optimiser la grosseur du corps de chaussée.

Pour les projets routiers, la classification des sols a deux objectifs principaux :

- Estimer la capacité portante du sol porteur pour déterminer l'épaisseur du corps de chaussée.
- Évaluer la qualité des sols extraire, et estimer la faisabilité de les utiliser comme remblai pour les différentes couches du corps de chaussée.

II.4. Méthodes de reconnaissance des sols

L'étude de reconnaissance du sol est essentiellement basée sur [3] :

- L'étude des documents des archives existantes.
- Les visites de sites et les essais in situ.
- Les essais en laboratoire.

II.4.1. L'étude des documents des archives existantes

Les enquêtes antérieures réalisées à proximité du tracé constituent une source précieuse d'informations préliminaires sur la nature du terrain traversé. Les cartes géologiques et géotechniques de la zone fournissent également des informations relativement appréciables lorsqu'elles sont disponibles. Ils donnent une première idée de la nature géologique et géotechnique des formations géologiques existantes.

II.4.2. Les visites de sites et des tests "in situ"

Les visites sur site permettent de confirmer les informations déjà recueillies sur les enquêtes précédemment citées. La connaissance précise des caractéristiques des sols in situ permettant :

- La mesure de certaines caractéristiques sur le terrain.
- Le prélèvement des échantillons pour des fins d'essais en laboratoire.

Tableau II.1. Les essais réalisés in situ [4–6]

| Essais et méthodes | | Objectif et méthodes | Norme |
|-------------------------|-----------------------------------|--|--|
| Essais pressiométriques | | Manuel | Déterminer les caractéristiques mécaniques du sol et d'effectuer les calculs de fondation. |
| | | Par tarière | |
| | | Par sondeuse | |
| Essais pénétrométriques | Pénétromètre statique | Réalisé dans tous les sols fins et les sols grenus. La résistance à la pénétration d'un cône normalisé. Éventuellement le frottement latéral mobilisé sur un manchon cylindrique | NF P 94-113 |
| | Pénétromètre dynamique | Permet de mesurer les caractéristiques mécaniques du sol par enfoncement d'une tige munie d'une pointe. L'enfoncement se fait par battage | NF P 94-114 NF P 94-115 |
| | Essai de pénétration au carottier | S'appliquent dans les sols fins et grenus. Après réalisation d'un forage dont les parois sont généralement | NF P 94-116 |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | maintenues par tubage. Il consiste à battre en 3 étapes dans le sol un carottier aux dimensions spécifiques. Le nombre de coups de mouton nécessaire à l'enfoncement est relevé | |
|--|--|---|--|

II.5. Les essais en laboratoire

Pour caractériser un sol, il faut déterminer les paramètres de nature « indiquent les caractéristiques intrinsèques du sol » et les paramètres d'état du sol. Nous regroupons dans le tableau qui suit une recherche bibliographique relative aux principaux essais géotechniques de laboratoire réalisés dans le but de caractériser un sol ou un matériau, les essais sur les liants hydrocarbonés et aussi sur les mélanges granulats-liants.

Tableau II.2. Récap des essais géotechniques de laboratoire [3–6]

| Désignation | Titre de l'essai | Objectif | Norme |
|-------------------------------|--|--|--------------|
| Essai D'identification | Granulométrie (tamisage à sec) | Déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur | NA 5232 |
| | Sédimentométrie (par sédimentation) | Détermination de la distribution pondérale de la taille des particules fines d'un sol | NA 5251 |
| | Limites d'Atterberg | Détermination de l'argilosité d'un sol | NA 16213 |
| | Équivalent de sable | Détermination de la teneur en éléments fins | NA 455 |
| | Teneur en eau | Déterminer la teneur en eau | NA 5209 |
| | Détermination de la valeur de bleu méthylène (ou à la tache) | Identifier la présence des fines argileuses et déterminer leur concentration | NA 5288 |
| | Teneur en matières organiques d'un matériau | Déterminer la teneur en matière organique par calcination | NA 16209 |
| Essai de compactage | Essai de Proctor | Détermination de la masse volumique sèche d'un matériau et sa teneur en eau correspondante | NA 5262 |

| | | | |
|----------------------------|---|---|------------------------------|
| | Essai CBR | Déterminer la capacité de portance d'un sol compacté. | NA 5252 |
| | Essai de compression simple | Déterminer le comportement et la réponse des matériaux une charge de compression en mesurant des variables telles que la contrainte et la déformation | ISO 17 892-7-2017 |
| | Essai de plaque | Déterminer la résistance à la compression et la capacité portante des sols et des matériaux | NF P 94-117-1 |
| | Essai cisaillement a la boite Essai triaxial | Déterminer les propriétés mécaniques du sol (cohésion et angle de frottement interne) dans des conditions de drainage et de consolidation données | NF P 94-071-1 NF P 94-074 |
| | Méthode de la trousse coupante | Déterminer le poids volumique du sol en prélevant un échantillon non remanié moyen d'un anneau volumique | NA 5210 |
| Essai sur granulats | Essai micro Deval | Détermine la résistance à l'usure due au frottement mutuel entre les composants de granulat | NA 5129 |
| | Essai Deval | Déterminer la résistance à l'abrasion des matériaux | NA 460 |
| | Essai de fragmentation dynamique | Détermination de la résistance d'un agrégat à un choc imprévu ou à un impact. | NA 459 |
| | Essai de friabilité de sable | Évaluer l'évolution des matériaux sableux sous le trafic de chantier | NA 2608 |
| | Essaie los – Angeles | Détermination de la résistance à la fragmentation par choque des granulats entrant dans la constitution d'une couche d'assise | NA 5130 |

| | | | |
|---------------------------------------|--|---|---|
| | Essai de fendage | Détermination expérimentale de la résistance à la traction du béton | NF P 18-408 |
| | Essai de polissage accéléré 'CPA | Détermination de la résistance des gravillons et cailloux à l'action de polissage provoqué par les pneus automobiles. | NA 5010 |
| Essai sur liants hydrocarbonés | Essai de pénétrabilité à l'aiguille | Détermination de la classe de bitume. | NA 5192 |
| | Essai Bille - anneau | Détermination de la température de ramollissement des bitumes et des liants bitumineux. | NA 2617 |
| | Essai de ductilité | Détermination de la ductilité des liants bitumineux par élongation. | NA 5223 |
| | Détermination de point d'éclair et de feu -Méthode Cleveland en vase ouvert - | Détermination de point d'éclair et de feu. | NF EN ISO 2592 |
| | Essai BRTA – détermination de temps d'écoulement des bitumes fluidifiés et fluxés. | Détermination de temps d'écoulement des bitumes fluidifiés et fluxés. | NA 5264 |
| | Distillation fractionnée des bitumes fluidifiés. | Distillation des bitumes fluidifiés. | NA 5220 |
| | Essai Engler - Détermination de la pseudo-viscosité des émulsions de bitume - | Détermination de temps d'écoulement des émulsions de bitume. | NA 5330 |
| | Essai de la teneur en bitume des émulsions. | Détermination de la teneur en eau dans les émulsions de bitume. | NA 5289 |
| | Essais sur les mélanges (granulats - liant hydrocarbonés) | Essai Vialit d'adhésivité à la plaque des liants anhydres. | Détermination de l'adhésivité des liants aux granulats. |

| | | | |
|--|--------------------------------------|--|-------------|
| | Essai Duriez. | Détermination de la tenue à l'eau d'un enrobé bitumineux. | NA 5221 |
| | Essai Marshall. | Détermination pour une température et un mode de compactage donné, le pourcentage des vides, la stabilité et le fluage (indications sur la formulation). | NA 5227 |
| | Essai Kumagawa (extraction à chaud). | Détermination de la teneur en liant et de la teneur en eau d'un matériau bitumineux. | LCPC -REC 2 |

II.6. Résultats des essais de laboratoire réalisés

Les tableaux ci-dessous consignent les résultats des tests menés sur les échantillons provenant des puits. L'objectif majeur de ce chapitre était de conduire une analyse bibliographique sur la méthodologie de l'étude géotechnique et d'effectuer en laboratoire les essais relatifs à notre tracé. Malheureusement, l'étude en question est ancienne et nous ne disposons pas des échantillons de sondage. De plus, notre laboratoire n'était pas disponible. C'est pourquoi nous n'avons pas effectué les tests en laboratoire.

Pour ce projet, un programme d'investigation est réalisé en place par le laboratoire d'étude de sol de la société d'ingénierie, d'étude et de contrôle technique SOLTANE ET ASSOCIES.

II.6.1. Interprétation des résultats des essais

Une mission de reconnaissance fut organisée, ayant pour objectif d'arrêter les points d'investigation :

À cet effet, une équipe composée d'ingénieurs chargés des études en question est rendue sur place pour pouvoir effectuer l'implantation des investigations in situ, dont la reconnaissance géotechnique du site a été effectuée à l'aide de sept fouilles de reconnaissance par sondage carotté, réalisées par une pelle mécanique, qui a permis par la suite de connaître la nature, l'épaisseur et l'état des terrains rencontrés, ainsi que de procéder à des prélèvements d'échantillons pour essais au laboratoire.

D'après le laboratoire le sol est formé, dans la profondeur de reconnaissance de :

Sondage P01

| Profondeur (m) | | Nature lithologique |
|----------------|------|--|
| 0.00 | 1.00 | Terre végétale |
| 1.00 | 1.50 | Argile faiblement sableuse jaunâtre tend vers le verdâtre riche en calcaire. |
| | 1.50 | Fin de sondage |

Sondage P02

| Profondeur (m) | | Nature lithologique |
|----------------|------|-------------------------------------|
| 0.00 | 1.00 | Terre végétale |
| 1.00 | 2.20 | Argile limoneuse sableuse rougeâtre |
| | 2.20 | Fin de sondage |

Sondage P03

| Profondeur (m) | | Nature lithologique |
|----------------|------|------------------------------|
| 0.00 | 0.20 | Remblais |
| 0.00 | 0.80 | Terre végétale |
| 0.80 | 1.20 | Sable fin limoneux jaunâtre. |
| | 1.20 | Fin de sondage |

Sondage P04

| Profondeur (m) | | Nature lithologique |
|----------------|------|------------------------------------|
| 0.00 | 0.90 | Terre végétale |
| 0.90 | 1.20 | Argile sableuse beige à rougeâtre. |
| | 1.20 | Fin de sondage |

Sondage P05

| Profondeur (m) | | Nature lithologique |
|----------------|------|---|
| 0.00 | 0.40 | Terre végétale. |
| 0.40 | 1.20 | Argile sableuse jaunâtre à rougeâtre avec existence des nodules de calcaire blanchâtre. |
| | 1.20 | Fin de sondage |

Sondage P06

| Profondeur (m) | | Nature lithologique |
|----------------|------|---|
| 0.00 | 0.40 | Terre végétale. |
| 0.40 | 1.20 | Calcaire dur compact blanchâtre avec passage des couches des grés jaunâtre. |
| | 1.20 | Fin de sondage |

Sondage P07

| Profondeur (m) | | Nature lithologique |
|----------------|------|-----------------------------------|
| 0.00 | 0.30 | Terre végétale. |
| 0.30 | 1.20 | Tuf jaunâtre moyennement compact. |
| | 1.20 | Fin de sondage |

- **L'analyse granulométrique « la granulométrie »**

Le but de la granulométrie est donc de classer par taille de grains les échantillons prélevés du sol. Par ailleurs, les travaux de laboratoire réalisés selon la norme citée dans le tableau au-dessus consistent à :

- Sécher l'échantillon à l'étuve ;
- Dresser une colonne de tamis d'ouverture choisie ;
- Préparer un échantillon de 150 g de sol ;
- Le verser en haut d'une colonne de tamis d'ordre décroissant vers le bas ;
- Agiter électriquement la colonne de tamis durant 5 minutes ;

- Peser les refus de chaque tamis en commençant par le tamis supérieur à la balance de précision électrique ;
- Porter les valeurs de poids sur un fichier et les convertir en valeur relative (%).
- Les indices calculés ont ainsi permis de déterminer les intervalles de fraction dans lesquelles se trouvent les sédiments.

Les indices calculés ont ensuite permis de représenter les courbes granulométriques sur l'ensemble des séquences géomorphologiques. La courbe est tracée en coordonnées semi-logarithmiques, de façon à donner une représentation plus précise des particules fines (qui influent énormément sur le comportement des sols). On obtient les données nécessaires au tracé de cette courbe grâce à l'analyse granulométrique. Elle permet d'obtenir la répartition en pourcentage des grains solides selon leurs dimensions. Deux types d'essais sont envisageables selon le sol à tester :

- Par tamisage (par voie humide ou sèche) pour les éléments de diamètre $\phi \geq 80\mu\text{m}$.
- Par sédimentométrie pour les éléments de diamètre $\phi < 80\mu\text{m}$.

À partir des tracés on peut déterminer :

- Le coefficient d'uniformité de Hazen : Ce coefficient permet de savoir si la granulométrie est étalée ou serrée, notamment en ce qui concerne les sables, voir la figure II.2.

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

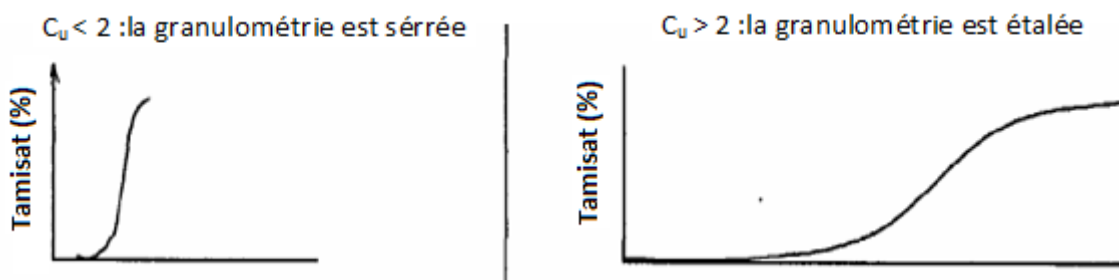


Figure II. 1. Morphologie des graphes de l'analyse granulo des sols selon le coefficient d'uniformité.

- Le coefficient de courbure : Ce coefficient vient en complément de C_u dans la classification des sols LCPC, afin de déterminer si la granulométrie est bien graduée ou mal graduée (un sol est mal gradué si une fraction de grains prédomine), voir la figure II.3.

$$C_c = \frac{d_{30}}{d_{10} \times d_{60}}$$

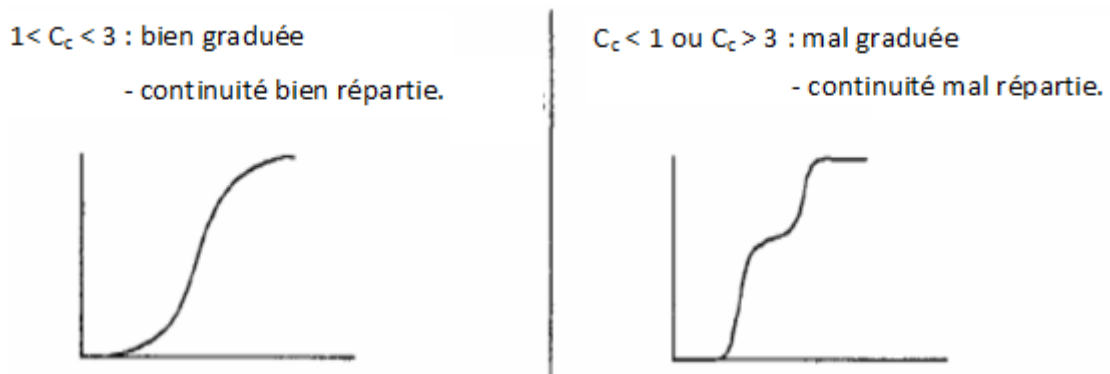


Figure II. 2. Morphologie des graphes de l'analyse granulo des sols selon le coefficient de courbure.

Interprétation des résultats trouvés

En se basant sur les résultats du tableau II.3 ; on remarque que pour l'ensemble des essais le coefficient d'uniformité C_u est supérieur à 2 donc les granulométries sont étalées et variées. En revanche, pour l'ensemble des essais la courbe granulométrique est continue et non répartie, car les valeurs de coefficient de courbure C_c sont inférieure à 1.

Tableau II.3. Résultats de l'essai de l'analyse granulométrique

| Échantillon | Sondage | Prof Moye (m) | % ≤ 0.063 mm | % ≤ 2 mm | % < 63 mm | Classe | D10 (mm) | D30 (mm) | D60 (mm) | C_u | C_c |
|-------------|---------|---------------|-------------------|---------------|-------------|--------|----------|----------|----------|-------|-------|
| 01 | F01 | / | 2 | 60 | 100 | Sm | 0.20 | 0.60 | 1.87 | 9.46 | 0.97 |
| 02 | F02 | / | 4 | 68 | 100 | SA | 0.13 | 0.31 | 1.49 | 11.24 | 0.49 |
| 03 | F03 | / | 4 | 80 | 100 | Sm | 0.17 | 0.26 | 0.44 | 2.52 | 0.87 |
| 04 | F04 | / | 3 | 60 | 100 | Sm | 0.21 | 0.66 | 2.04 | 9.58 | 0.99 |
| 05 | F05 | / | 0 | 55 | 100 | Sm | 0.41 | 0.94 | 2.21 | 5.36 | 0.98 |
| 06 | F06 | / | 4 | 70 | 100 | Sm | 0.16 | 0.34 | 1.31 | 8.07 | 0.54 |
| 07 | F07 | / | 6 | 86 | 100 | SA | 0.11 | 0.21 | 0.35 | 3.20 | 1.15 |

Tableau II.4. Résultats des essais CBR et Proctor

| Puits | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------|----------------------------|---|------|---|---|-------|---|-------|
| Proctor | Yd (g/cm ³) | | 17.0 | | | 15.0 | | 16.30 |
| | G _{MAX} (mm) | | 1.65 | | | 1.82 | | 1.75 |
| ICBR | | | 3.22 | | | 16.77 | | 5.39 |

Interprétation des résultats trouvés

- **Essai C.B.R**

Les valeurs des indices C.B.R pour l’imbiber varient entre 3.22 et 16.77 % traduisant une faible à moyenne portance du sol.

- **Essais Proctor**

Les densités sèches OPM varient de 15 à 17 g/cm³

II.7. Conclusion

Les résultats de l’analyse géotechnique réalisée montrent que le terrain se compose de deux strates, dont l’une est constituée de calcaire cristallin dur, avec parfois des dalles de calcaire en surface. Cette partie du terrain est caractérisée par une topographie modérément irrégulière. La seconde est une argile minérale. Quant aux granulats, les essais montrent que c’est un sol fin de faible à moyenne portance.

CHAPITRE III PARAMÈTRES FONDAMENTAUX

III.1. Introduction

Lorsqu’agir de la sécurité routière, il est essentiel de saisir les éléments clés qui impactent la conception des routes. Ces paramètres englobent la hauteur d’œil et des obstacles, les distances nécessaires pour freiner et arrêter, mais aussi les distances de visibilité, de dépassement et de sécurité.

Cette section de mémoire a pour but de présenter ces paramètres appelés les paramètres fondamentaux de la route.

III.2. Vitesse de référence

La vitesse de référence est le critère fondamental pour la définition des paramètres géométriques d’un itinéraire et pour la corrélation de ses paramètres entre eux ; elle dépend de la catégorie et de l’environnement de la route.

Le choix de la vitesse de référence joue un rôle essentiel sur le coût du projet. Choisir une vitesse de base élevée nécessite un aménagement plus adéquat à cette vitesse.

Tableau III. 1.La vitesse de référence selon la catégorie et l'environnement de la route [2]

| Catégorie Environnement | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | C ₅ |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| E ₁ | 120/100/80 | 120/100/80 | 120/100/80 | 100/80/60 | 80/60/40 |
| E ₂ | 100/80/60 | 100/80/60 | 100/80/60 | 80/60/40 | 60/40 |
| E ₃ | 80/60/40 | 80/60/40 | 80/60/40 | 60/40 | 40 |

D’après le tableau la vitesse de référence choisie dans notre projet est : **V_r = 80 Km/h**, car nous avons un environnement **E₁** et catégorie **C₃**, voir le tableau III.1

III.3. Hauteur de l’œil et les obstacles

Les hauteurs de l’œil et des obstacles sont des paramètres utilisés dans les calculs de distance de visibilité en point haut et bas. Elles définissent le début et la fin du rayon visuel dans le plan vertical. Les distances de visibilité d’arrêt et de dépassement influent de façon décisive sur les circonstances de sécurité et sur le niveau de service.

La hauteur de l'œil h_0 est la hauteur de l'œil du conducteur au-dessus de la chaussée. Elle est déterminée par prise en compte des tailles des conducteurs et des dimensions des véhicules. Pour la détermination de la distance de visibilité d'arrêt, on prend en compte une hauteur h_1 relative à un obstacle situé sur la chaussée.

Pour la détermination de la distance de visibilité de dépassement, on prend en compte une hauteur h_2 relative à un véhicule circulant en sens inverse. Les hauteurs théoriques h_1 et h_2 ne sont pas égales aux hauteurs réelles des obstacles et des véhicules. Elles représentent en fait la partie encore cachée de ces obstacles ou véhicules, au moment où le conducteur se rend compte de leur présence. Le problème de la détermination des distances de visibilité de nuit qui fait intervenir, en particulier, l'éclairage général de l'environnement et la physiologie de l'œil humain ne peut être abordé, faute d'un modèle adapté. Le tableau ci-après résume les valeurs proposées dans les diverses catégories.

Tableau III. 2. Valeurs des hauteurs proposées pour les différentes catégories selon les normes B40 [2]

| | Hauteur de l'œil (h_0) | Hauteur de l'obstacle (h_1) | Hauteur de l'obstacle (h_2) |
|-----------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Catégorie 1-2 | 1.10 m | 0.15 m | 1.20 m |
| Catégorie 3-4-5 | 1.10 m | 0.20 m | 1.20 m |

III.4. Distance de freinage « d_0 »

La distance de freinage « d_0 » est la distance parcourue durant l'opération de freinage, le véhicule passe durant cette distance d'une vitesse constante ($V = \text{cst}$) à une vitesse nulle ($V = 0$), voir **figure II.1**. Cette distance « d_0 » varie en fonction de la pente longitudinale et de la chaussée.

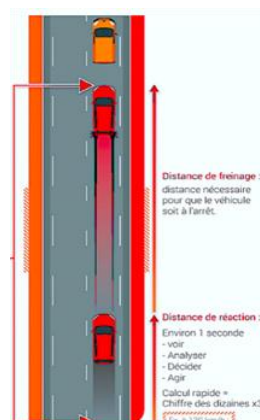
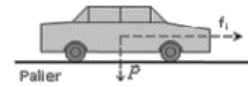


Figure III. 1. Distances de freinage des véhicules

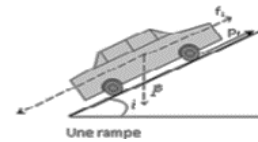
- En alignement droit :

$$d_0 (m) = 0,04 \times \frac{Vr^2 (km/h)}{g \times fl}$$



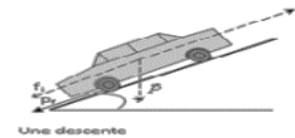
- En rampe :

$$d_0(m) = 0,04 \times \frac{Vr^2 (km/h)}{g \times (fl + i)}$$



- En pente :

$$d_0 (m) = 0,04 \times \frac{Vr^2 (km/h)}{g \times (fl - i)}$$



Où :

- Vr : vitesse de référence.

- i : déclivité.

- fl : coefficient de frottement longitudinal qui dépend de la vitesse Vr.

Tableau III. 3.Coefficient de frottement longitudinal fl en fonction de la vitesse [2]

| Vr (km/h) | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|
| CAT 1-2 | 0.45 | 0.42 | 0.39 | 0.36 | 0.33 | 0.30 |
| CAT 3-4-5 | 0.49 | 0.46 | 0.43 | 0.40 | 0.36 | |

N.B.

Le tableau résume les valeurs de fl prises en Algérie ces valeurs sont des recommandations proposées dans les normes B40. Ils sont les valeurs élevées de la gamme européenne, pour la CAT 1 et 2 et les mêmes valeurs majorées de (10%) pour les autres catégories ; dans l'attente D'une campagne de mesure, permettre d'estimer les conditions spécifiques de l'Algérie

III.4.1. Application au projet

Pour notre projet on a :

- CAT 3
- $V_r = 80 \text{ km/h}$
- $f_l = 0.43$

En alignement droit : $i = 0$

On applique :

$$d_0 (m) = 0,04 \times \frac{80^2}{10 \times 0.43} = 59.5 m$$

III.5. Distance d'arrêt « d₁ »

C'est la distance parcourue par les véhicules à partir du moment où le conducteur aperçoit l'obstacle jusqu'à l'arrêt complet du véhicule. Cette distance peut être décomposée en deux Parties : la distance de réaction et la distance de freinage, voir **la figure II.2.**

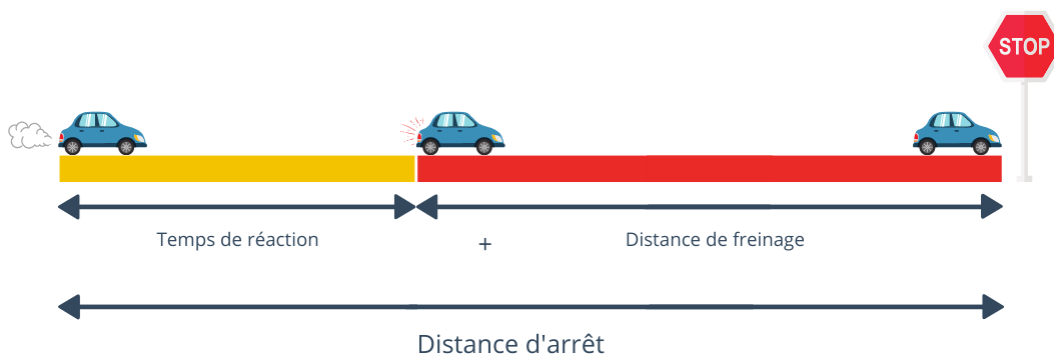


Figure III.2. Distance d'arrêt des véhicules

Souvent l'obstacle est imprévisible et le conducteur a besoin d'un temps pour connaître la nature de l'obstacle ou du danger qui lui apparaît. Ce temps est en général appelé temps de perception et de réaction du conducteur, il diffère d'une personne à une autre et varie en fonction de l'état psychique et physiologique.

De nombreuses études faites sur le comportement des conducteurs, ont montré que le temps de perception et de réaction est en moyenne :

- t = 1.2 s dans le cas d'un obstacle imprévisible
- t = 0.6 s dans le cas d'un obstacle prévisible

La moyenne de réaction est de 0.9 s, mais en pratique on prend toujours :

- Pour **CAT1 - 2avecE1 etE2**

- t = 1.8 s cas des V > 80 km/h (conducteur concentré).
- t = 2 s cas des V ≤ 80 km/h (conducteur peu concentré).

- Pour **CAT1 - 2avecE3**

- t = 1,8 s ∀ V

- Pour **CAT 3- 4 – 5 ∨ Ei:**

- t = 1,8 s pour V > 60km/h.
- t = 2 s pour V ≤ 60 km/h.

III.5.1. En alignement droit:

$$d_1(m) = d_0(m) + \frac{Vr (km/h)}{3.6} . t$$

C'est en appliquant les « t » de perception et de réaction citée auparavant on trouve :

- t=1.8 s → $d_1(m) = d_0(m) + 0.50 \times Vr (km/h)$
- t=2 s → $d_1(m) = d_0(m) + 0.55 \times Vr(km/h)$

III.5.2. En courbe :

La distance de freinage courbe égale à la distance de freinage en alignement droit majoré de 25% si les rayons en plan « **R < 5. V** »

- Après la vérification de la condition « **R < 5. V** »
 - Si elle est remplie → $d_1 \text{ en courbe} = d_1 \text{ En alignement droit}$
 - Si non :

$$d_1(m) = 1,25 \times d_0(m) + \frac{Vr(km/h)}{3.6} . t$$

C'est en appliquant les « t » de perception et de réaction citée auparavant on trouve :

- t=1.8 s $d_1(m) = 1,25 \times d_0(m) + 0,50 \times Vr (km/h)$
- t=2 s → $d_1(m) = 1,25 \times d_0(m) + 0,55 \times Vr(km/h)$

Où :

- V_r : vitesse de référence

- t : le temps de réaction et de perception qui dépend de la vitesse V_r , CAT et E

III.5.3. Application au projet

Pour notre projet on a :

- CAT 3

- $V_r = 80$ km/h

- $t = 1.8$ s, car $V_r > 60$ km/h $\rightarrow 80$ km/h > 60 km/h

- **En alignement droit :**

$$d_1 (m) = 59.5 + 0,50 \times 80 = \mathbf{99.5 m}$$

- **En courbe :**

$$d_1 (m) = 1,25 \times 59.9 + 0,50 \times 80 = \mathbf{114.375 m}$$

III.6. Distance de visibilité et de dépassement « dvd »

La distance dite distance de visibilité et de dépassement est la distance minimale requise pour que le conducteur puisse voir suffisamment loin devant lui afin d'anticiper et de réagir aux obstacles sur la route, tout en permettant également de dépasser en toute sécurité les autres véhicules présents sur la voie. Cette distance est influencée par des facteurs tels que la vitesse de véhicule, les conditions météorologiques, la topographie de la route et la présence d'obstacles, voir **la figure II.3.**

Le respect de cette distance est crucial pour assurer la sécurité routière et éviter les collisions et les accidents de dépassement.

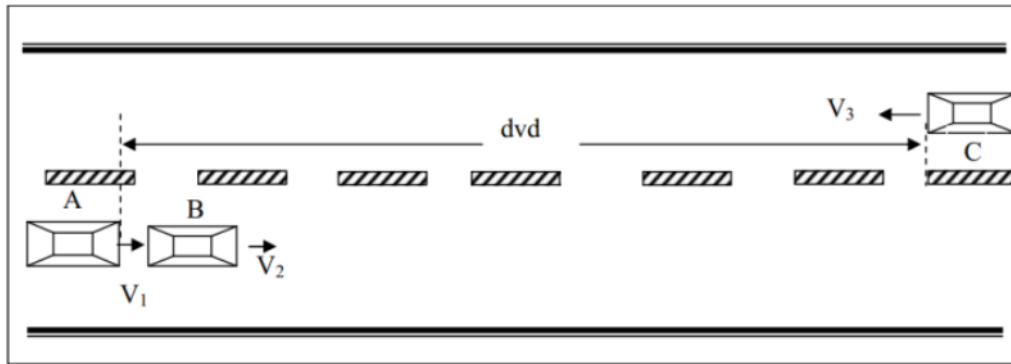


Figure III. 3.Distance de visibilité et de dépassement des véhicules

$$dvd = 2 \times \frac{Vr (mk/h)}{3.6} \times t$$

Où :

- dvd : distance de visibilité et de dépassement.

On prend :

Pour un dépassement normal « dvdn » :

Si $Vr \leq 90 (km/h) \Rightarrow t = 10.8s$

$$Dvdn(m) = 6 \times V(km/h)$$

Si $90 \leq Vr \leq 140 (km/h) \Rightarrow t = 12.8s$

$$Dvdn(m) = 7 \times V(km/h)$$

Pour un dépassement forcé « dvdf » :

Si $Vr \leq 90 (km/h) \Rightarrow t = 7,2s$

$$Dvdf(m) = 4 \times Vr(km/h)$$

Si $90 \leq Vr \leq 140 (km/h) \Rightarrow t = 9s$

$$Dvdf(m) = 5 \times V(km/h)$$

III.6.1. Application au projet

Pour $80 km/h \leq 90 km/h$

On applique :

- Pour un dépassement normal :

$$dvdn = (2 \times 80) / 3,6 \times 10,8 = 480 m$$

- Pour un dépassement forcé :

$$dvd_f = (2 \times 80) / 3,6 \times 7,2 = 320 \text{ m}$$

III.7. Distance de manœuvre et de dépassement « dmd »

Cette distance désigne la distance nécessaire pour effectuer en toute sécurité les manœuvres de conduite, notamment le dépassement des autres véhicules sur la route. Elle comprend la distance de visibilité, qui permet au conducteur de voir suffisamment loin devant lui, la distance de dépassement requise pour dépasser un autre véhicule, ainsi que la distance de sécurité nécessaire après le dépassement, voir la **figure III.4.**

Respecter ces distances est essentiel pour garantir la sécurité des conducteurs et des passagers de la route.

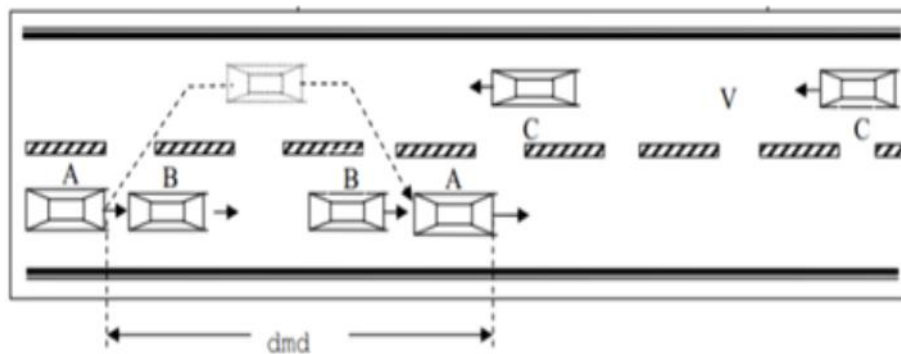


Figure III. 4.Distance de manœuvre et de dépassement des véhicules

Où :

- dmd : distance de manœuvre de dépassement.

Le tableau cité ci-après résume les valeurs de dmd en fonction de la vitesse de référence.

Tableau III. 4.Distance de manœuvre et dépassement [2]

| | | | | | | |
|-----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Vr (km/h) | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
| dmd (m) | 70 | 120 | 200 | 300 | 425 | |

La figure montre la distance de visibilité et de dépassement « dvd » et la distance de manœuvre et de dépassement « dmd » :

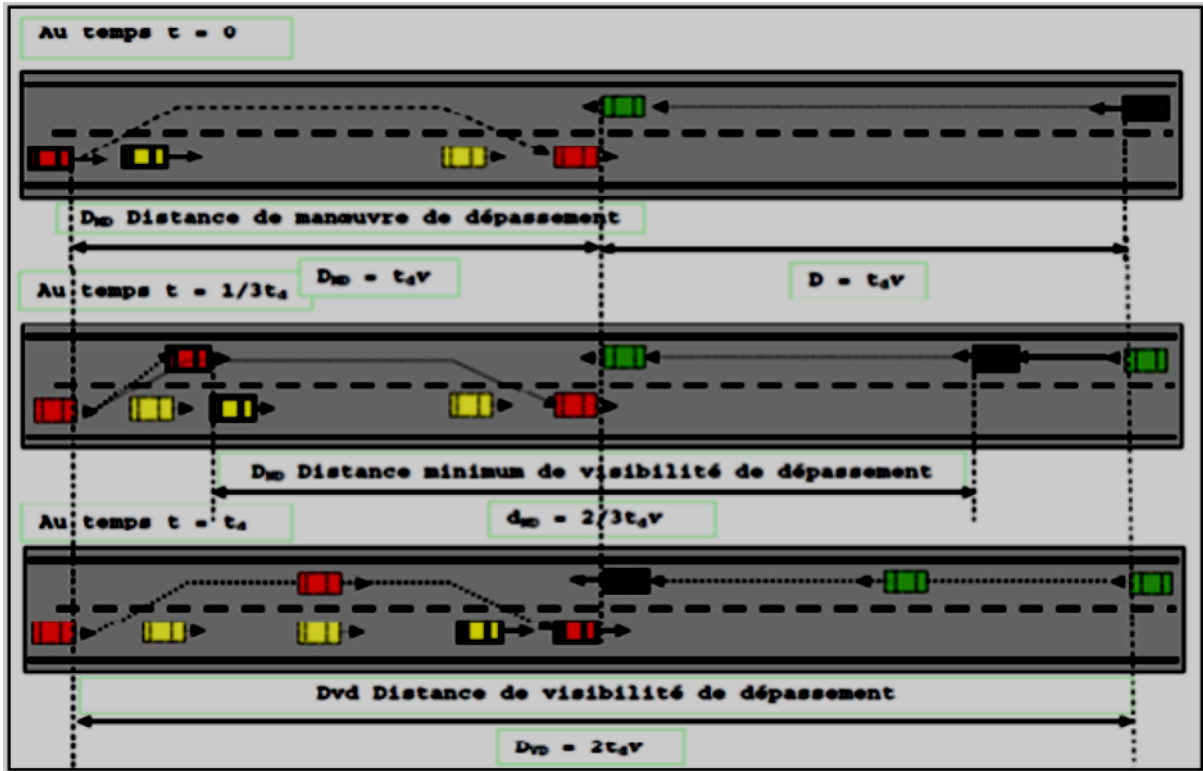


Figure III. 5. Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement

III.8. Distance de sécurité

La distance dite distance de sécurité est la distance minimale entre un véhicule et celui qui précède sur la même voie dans le même sens. Cette distance est nécessaire pour éviter les collisions en cas d'arrêt brusque ou d'urgence. Elle dépend de la vitesse, des conditions météorologiques et de la visibilité, voir la figure III.5.

Maintenir une distance de sécurité adéquate est essentiel pour prévenir les accidents et assurer une conduite sûre en termes de sécurité.

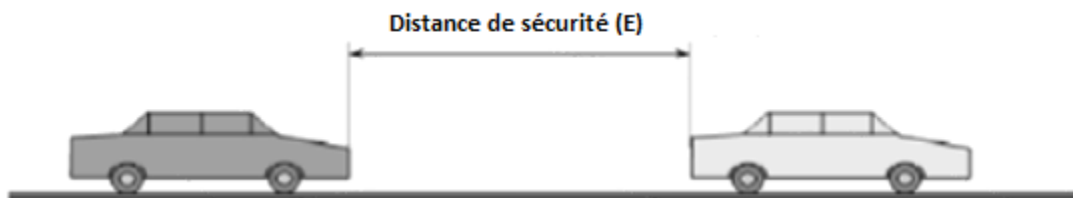


Figure III. 6. Distance de sécurité

$$E = a + (b \times Vr) + (c \times Vr^2)$$

- a : compris entre 5 et 8 mètres

- b : dans la plupart des formules égale à 0.2

- c : varie de 0 à 0.0065

- $V_r = 80 \text{ km/h}$

En appliquant ceci, on obtient :

$$E = 7 + (0.2 \times 80) + (0.0050 \times 80^2) = 55 \text{ m}$$

III.9. Conclusion

Le tableau résume les résultats des paramètres fondamentaux du tracé.

Tableau III. 5. Paramètres fondamentaux du tracé

| Distance (m) \ V_r (km/h) | 80 km/h |
|-----------------------------|---------|
| h_0 | 1.10 |
| h_1 | 0.20 |
| h_2 | 1.20 |
| d_0 | 59.5 |
| d_1 (alignement droit) | 99.5 |
| d_1 (courbe) | 114.375 |
| d_{vdn} | 480 |
| D_{vdf} | 320 |
| D_{md} | 200 |
| E | 55 |

CHAPITRE IV TRACE EN PLAN

IV.1. Introduction

L'étape du tracé en plan a un aspect crucial dans la conception, la planification et l'exécution des différents projets routiers. Il fournit aux professionnels une plateforme visuelle sur laquelle ils peuvent prendre des décisions éclairées, maximiser l'utilisation de l'espace et permettre une communication ouverte avec toutes les parties impliquées dans un projet.

Cette section de mémoire a pour but de montrer la méthode que doit utiliser le technicien routier pour tracer l'axe en plan en tenant compte des normes et des recommandations algériennes afin de réaliser un système routier conforme aux règles de l'art.

IV.2. Définition

Dans sa définition, le tracé en plan représente la projection verticale sur un plan horizontal de la route. Les éléments géométriques du tracé en plan sont les alignements droits, les arcs de cercles et les courbures de raccordement progressif [3].

IV.3. Règle à respecter dans le tracé en plan

Le tracé en plan doit assurer aux usagers un trajet confortable et une bonne qualité de service, dont le niveau est cependant en fonction des difficultés du site [7].

Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes [7].

- Respecter les normes **B40** (normes appliquées en Algérie pour les tracés routiers).
- Adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.
- Éviter le franchissement des oueds en minimise au maximum le nombre d'ouvrages d'art, et cela, pour des raisons économiques.
- Éviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Limiter le pourcentage des alignements droits entre **40% et 60%** de la longueur totale de tracé.
- Éviter au maximum les propriétés privées.
- Respecter la cote des plus hautes eaux.
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Respecter la longueur minimale et maximale des alignements droits.
- En présence des lignes électriques aériennes, prévoir une hauteur minimale de 10 m.

IV.4. Les éléments du tracé en plan

Le tracé en plan est composé de trois (03) éléments géométriques distincts, comme nous l'avons mentionné précédemment [4]. Il s'agit de :

- Les alignements droits.
- Les arcs de cercle.
- Les arcs de courbe à courbure progressive : essentiellement des arcs de clothoïde.

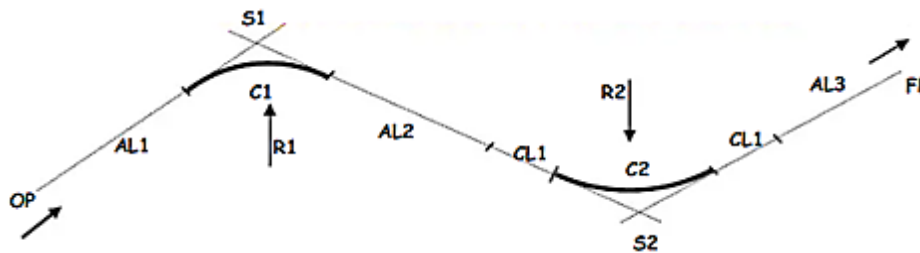


Figure IV. 1.Éléments de trace en plan

- Éléments du raccordement sont :

OP : origine du projet

AL : alignement droit

CL : clothoïde

S : sommet des alignements

C : courbe circulaire

R : rayon de courbure

FP : fin du projet

IV.4.1. Les alignements droits

Les alignements droits sont, en premier, définis par la disposition générale du tracé et serviront généralement de bases à la détermination des autres éléments (cercles, clothoïdes).

Ils serviront éventuellement de raccordement entre deux cercles. Pour des raisons de sécurité, et en particulier éviter la monotonie source d'accidents et l'éblouissement par les phares la nuit, il est recommandé d'alterner alignements droits et courbes circulaires : **40 à 60 %** d'alignements droits, et on limite à **30 %** les courbes à courbure progressive telles que les clothoïdes. Bien entendu, les contraintes du projet peuvent de fait contraindre à des ratios différents [7].

Une longueur minimale d'alignement (L_{\min}) dans un tracé en plan devra séparer deux courbes circulaires de même sens (raccordées par une courbe en C, en Ove...etc.), cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant cinq (5 s) secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle [2].

$$L_{\min} \text{ (m)} = 5 \times \frac{V_r}{3.6} \quad V_r : \text{vitesse de base en (km/h)}$$

Néanmoins, la longueur maximale (L_{\max}) est définie comme étant équivalente à la distance parcourue pendant soixante (60 s) secondes [2].

$$L_{\max} \text{ (m)} = 60 \times \frac{V_r}{3.6} \quad V_r : \text{vitesse de base en (km/h)}$$

IV.4.2. Arc de cercle

Trois problèmes se posent dans les tracés en arcs de cercle [7] :

- Stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant à grande vitesse.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible. Pour cela on essaie de choisir de grands rayons pour éviter de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.
- La visibilité dans les tranchées en courbe.

IV.4.2.1. Notion de dévers :

Dans un virage, le véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système, pour réduire cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage d'une pente dite devers exprimée par sa tangente, afin d'éviter le phénomène de dérapage.

- Le devers « **d** » ne doit pas être trop grand (risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou verglas).
- Le devers « **d** » ne doit pas être trop faible pour assurer un bon écoulement des eaux pluviales.

Ceci nous conduit à la série de couples (Catégorie, d), le tableau résume les valeurs de devers prises selon la catégorie et le type de l'axe « alignement ou courbe » [7]

Tableau IV.1. Les valeurs des dévers (B40) [2]

| Devers \ catégorie | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------|-------|-------|-----|-----|-------|
| Devers en alignement (min) | -2.5% | -2.5% | -3% | -3% | -3.5% |
| Devers en courbe (max) | 7% | 7% | 8% | 8% | 9% |

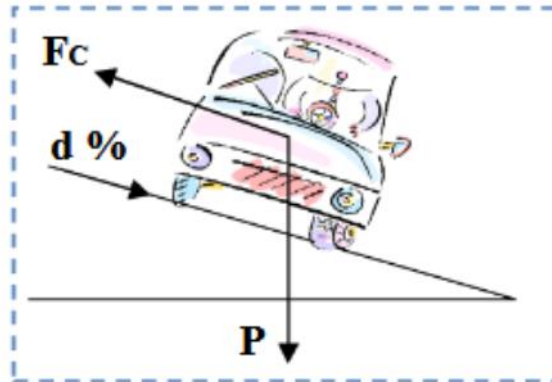


Figure IV. 2. Stabilité en Courbe

Avec :

F_c : Force Centrifuge

$d\%$: dévers.

P : Poids.

IV.4.2.2. Calcul et choix des rayons horizontaux :

Les rayons horizontaux sont sélectionnés en fonction des rayons normalisés conformément aux normes techniques établies (RH_m , RH_n , RH_d , RH_{nd}) [2,7]

❖ Rayon horizontal minimal absolu :

C'est le rayon minimum pour lequel la stabilité du véhicule est assurée, il ne faut jamais descendre au-dessous de cette valeur, et il est défini comme étant le rayon de dévers maximal.

$$RH_m = \frac{Vr^2}{127 \times (ft + d_{\max})}$$

$$\text{Dévers : } d(RH_m) = d_{\max}$$

❖ Rayon minimal normal

Le rayon minimal normal doit être suffisamment grand pour permettre aux véhicules circulant à une vitesse supérieure de 20 km/h à la vitesse de base (V_B) de passer en toute sécurité.

$$RH_n = \frac{(V_r + 20)^2}{127 \times (f_t + d_{\max})}$$

Dévers : **$d(RH_n) = d_{\max} - 2$ en CAT 1,2,3 et 4**
 $d(RH_n) = d_{\max} - 3$ en CAT 5

Avec :

- V_r : vitesse de référence.
- f_t : coefficient de frottement transversal, en fonction de la vitesse de référence et de la catégorie.
- d_{\max} : dévers en courbe (maximal) en fonction de la catégorie.

Tableau IV.2. Les valeurs de « f_t » adoptées (B40) [2]

| V_r | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| CAT 1-2 | 0.20 | 0.16 | 0.13 | 0.11 | 0.10 | 0.09 |
| CAT 3-4-5 | 0.22 | 0.18 | 0.15 | 0.125 | 0.110 | |

❖ Rayon minimal déversé

Le rayon minimal déversé est celui au-delà duquel la chaussée est inclinée vers l'intérieur du virage de telle manière que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_B serait comparable à celle subie par un véhicule circulant à la même vitesse en ligne droite.

$$RH_d = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{\min}}$$

Où :

- d_{\min} : dévers en courbes (minimal).
- V_r : vitesse de référence.

Dévers : **$d_{\min} = 2.5\%$ en catégorie 1–2**

$d_{\min} = 3\%$ en catégorie 3–4

❖ Rayon minimal non déversé :

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse V_r une courbe de dévers égal à d_{\min} vers l'extérieur reste inférieur à la valeur limitée

$$RH_{nd} = \frac{Vr^2}{127 \times (f'' - d_{min})}$$

Avec :

- d_{min} : dévers en alignement (minimal)
- Vr : vitesse de référence
- f'' : coefficient en fonction de la catégorie de la route

Tableau IV.3.Coefficient « f '' » (B40) [2]

| CAT | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|------|------|------|-------|-------|
| f'' | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.075 | 0.075 |

Dévers : $d(RH_{nd}) = d_{min} = 2.5\%$ en CAT 1,2

$d(RH_{nd}) = d_{min} = 3\%$ en CAT 3,4 et 5

IV.4.2.3. Règle à retenir pour la projection en tracé en plan

➤ Règles pour les rayons

- ✓ Dans une catégorie routière donnée, aucun rayon ne peut être inférieur à RH_m .
- ✓ Dans la mesure du possible, on privilégie l'utilisation des valeurs de rayon égales ou supérieures à RH_n .
- ✓ L'emploi de RH_m est restreint aux routes à faible vitesse et à des nécessités économiques justifiées (généralement, il est à éviter).

➤ Règles pour les dévers

- **Dans le 1^{er} cas** : si le rayon choisi R est supérieur ou égal à RH_{nd} ($R \geq RH_{nd}$), alors le devers associé est celui de l'alignement droit.
- **Dans le 2^e cas** : si RH_d est inférieur ou égal à R et R est strictement inférieur à RH_{nd} ($RH_d \leq R < RH_{nd}$), alors le devers associé est celui de l'alignement droit.
- **Dans le 3^e cas** : si RH_n est inférieur ou égal à R et R est inférieur ou égal à RH_d ($RH_n \leq R \leq RH_d$), alors le devers "d" est calculé par interpolation linéaire en fonction de $1/R$ entre le devers associé à RH_n et celui associé à RH_d .

$$\frac{d(R) - d(RH_d)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_d}} = \frac{d(RH_n) - d(RH_d)}{\frac{1}{RH_n} - \frac{1}{RH_d}}$$

- Dans le 4^e cas : si RH_m est inférieur ou égal à R et R est inférieur ou égal à RH_n ($RH_m \leq R \leq RH_n$), alors la route est inclinée vers l'intérieur du virage, avec un calcul de dévers par interpolation linéaire en fonction de $1/R$ entre les dévers associés à RH_m et celui de RH_n .

$$\frac{d(R) - d(RH_n)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_n}} = \frac{d(RH_m) - d(RH_n)}{\frac{1}{RH_m} - \frac{1}{RH_n}}$$

IV.4.3. Clothoïde

La clothoïde, également connue sous le nom de Spirale de Cornu, est une courbe utilisée dans la conception des routes et des voies ferrées pour enchaîner harmonieusement une trajectoire linéaire avec une courbe circulaire. Cette courbe est définie comme la trajectoire qu'une voiture suit lorsqu'elle roule à une vitesse constante V tout en tournant le volant à une vitesse constante.

L'utilisation de la clothoïde permet d'éviter les problèmes associés au raccordement direct d'une ligne droite à un cercle de rayon R , tels que la nécessité de tourner brusquement le volant et l'exposition des passagers à des accélérations radiales abruptes (V^2 / R) [3].

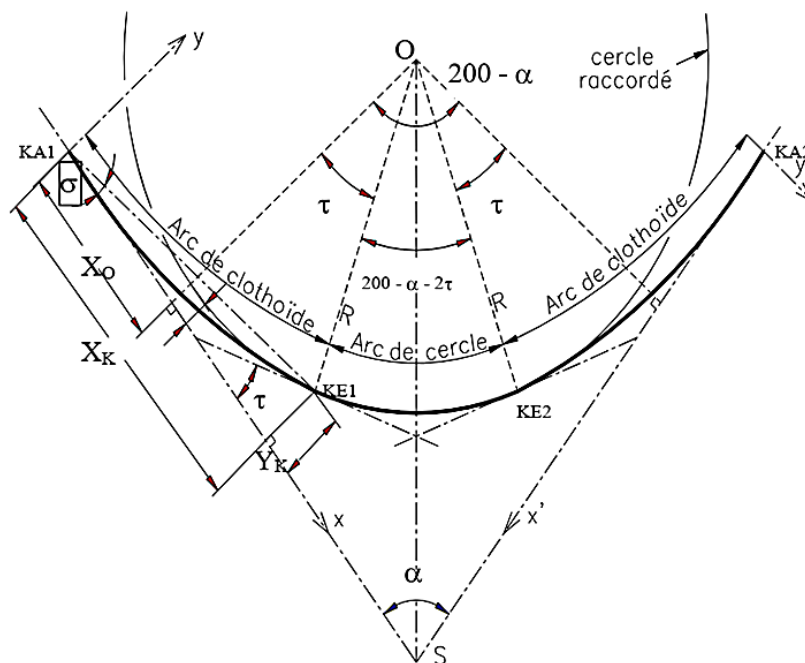


Figure IV. 3.Élément de la clothoïde [3]

- Les éléments de la clothoïde sont :

R : Rayon du cercle.

A : Paramètre de la clothoïde.

L : Longueur de la branche de clothoïde.

KA : origine de la clothoïde.

KE : extrémité de la clothoïde.

τ : Angle des tangentes.

ΔR : mesure de décalage entre l'élément droite et l'arc de cercle (ripage).

TK : tangente courte.

SL : corde KE –KA.

TL : tangente longue.

O : centre du cercle

X_m : abscisse du centre du cercle

Y : Ordonnée de KE.

σ : angle polaire (angle de corde avec la tangente).

X : abscisse de KE.

IV.4.3.1. Rôle des courbes progressifs :

Le fait que le tracé soit constitué d'alignement et d'arc ne suffit pas, il faut donc prévoir des raccordements à courbure progressive, qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires, et ça pour assurer [2]:

- La stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Un tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

IV.4.3.2. Conditions de raccordement par la clothoïde :

Le choix de la longueur de la clothoïde doit être fait en tenant compte des conditions suivantes [7]:

▪ **Condition optique :**

La clothoïde doit contribuer à améliorer la lisibilité de la route lors de l'entrée en virage, avec une rotation de la tangente supérieure à 3° pour être perceptible visuellement.

Pour $R \leq 1500$ m ; $R = 1$ m

$$L = \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

Pour $1500 < R \leq 5000$; $\tau = 3^\circ$

$$L = 1/R$$

Pour $R > 5000$; ΔR limité à 2.5 m

$$L = 7.75 \times \sqrt{R}$$

Avec :

R : rayon (m)

L : longueur de raccordement(m)

ΔR : Le ripage

τ : Angle de tangente

▪ **Condition de confort dynamique**

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours d'un raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule,

$$L \geq \left(\frac{V_r^2}{18} \right) \left[\frac{V_r^2}{127 \times R} - \Delta d \right]$$

Où :

- V_r : vitesse de base (km/h).
- R : rayon en mètre (m).
- L : longueur de raccordement en (m).
- Δd : la variation de devers en (%) ($\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{init}}$)

▪ **Condition de gauchissement**

Le demi-chaussé extérieur au virage de **C.R** est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule. Le raccordement doit assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers.

À cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversée et de son axe de telle sorte que $\Delta p < (0.5/V_r)$.

$$L \geq l \times \Delta d \times V_r$$

Où :

- L : longueur de raccordement en (m).
- l : largeur de la chaussée en (m).
- Vr: la vitesse de base en (km/h).
- Δd : variation de dévers en (%) ($\Delta d = d_{final} - d_{init}$).

• **Remarque**

La vérification des deux conditions de gauchissement et au confort dynamique, peut-ce faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demi-chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée à 2%.

$$L \geq \frac{5}{36} \times \Delta d \times V_r$$

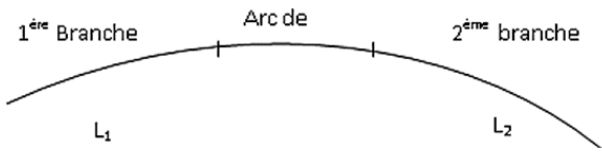
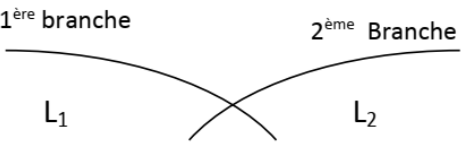
Où :

- L : longueur de raccordement en (m).
- Vr: la vitesse de base en (km/h).
- Δd : variation de dévers en (%) ($\Delta d = d_{final} - d_{init}$).

IV.5. La Vérification de non-chevauchement

Tableau IV.4.Cas de chevauchement et non-chevauchement [2]

| Les cas | Le schéma | Clothoïde |
|---------------------------|---|------------------------------|
| $\tau = \frac{\gamma}{2}$ | <p style="text-align: center;">L₁ : 1^{ère} branche L₂ : 2^{ème} branche</p> | Clothoïde sans arc de cercle |

| | | |
|---------------------------|--|------------------------------|
| $\tau < \frac{\gamma}{2}$ |  | Clothoïde avec arc de cercle |
| $\tau > \frac{\gamma}{2}$ |  | Clothoïde impossible |

Remarque :

Si l'application de la clothoïde fréquemment utilisée est impossible, on utilise d'autres formes [2].

IV.6. Autres courbes utilisés pour le raccordement progressif

▪ **Courbe en S**

Composée de deux arcs de clothoïde de concavité opposée, tangents en leur point de courbure nulle et reliant deux arcs de cercle, voir la figure en dessous.

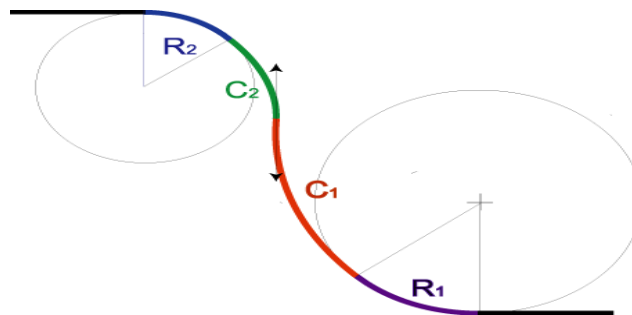


Figure IV. 4.Courbe en S

▪ **Courbe à sommet**

Formée de deux arcs de clothoïde de même concavité, tangents en un point de même courbure et reliant deux alignements, voir la figure en dessous.

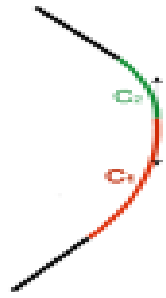


Figure IV. 5. Courbe à sommet

- Courbe en C

Constituée de deux arcs de clothoïde de même concavité, tangents en un point de même courbure et reliant deux arcs de cercle se coupant ou étant extérieurs l'un à l'autre, voir la figure en dessous.

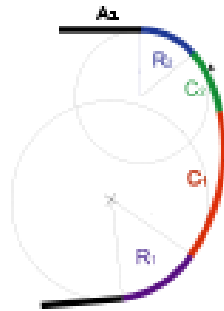


Figure IV. 6. Courbe en C

- Courbe en Ove

Un arc de clothoïde qui relie deux arcs de cercle, l'un étant à l'intérieur de l'autre sans être concentrique, voir la figure IV.7.

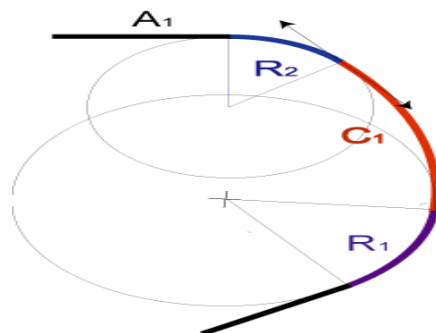


Figure IV. 7. Courbe en ove

IV.7. Application au projet

IV.7.1. Vérification de (L_{\min}) et (L_{\max})

- **Vérification de longueur minimale d'alignement droit (L_{\min})**

On a : $L_{\min} \text{ (m)} = 5 \times \frac{V_r}{3.6}$ avec V_r : la vitesse de base

$$L_{\min} \text{ (m)} = 5 \times \frac{80}{3.6} \quad \text{donc : } L_{\min} \text{ (m)} = \mathbf{111.1 \text{ m}}$$

- **Vérification de longueur maximale d'alignement droit (L_{\max})**

On a : $L_{\max} \text{ (m)} = 60 \times \frac{V_r}{3.6}$ avec V_r : la vitesse de base

$$L_{\max} \text{ (m)} = 60 \times \frac{80}{3.6} \quad \text{donc : } L_{\max} \text{ (m)} = \mathbf{1333.3 \text{ m}}$$

La vérification a été faite dans le tracé des deux variantes réaliser. Pour plus de détails, vous pouvez voir les annexes 1 et 2.

IV.7.2. Calcul des rayons horizontaux

- **Calcul du rayon horizontal minimal absolu**

On a :

$$RH_m = \frac{V_r^2}{127 \times (f_t + d_{\max})}$$

Où : $V_r = 80 \text{ km/h}$; $d_{\max} = 8\%$ et $f_t = 0.15 \implies \text{CAT 3}$; voir le tableau IV.1 et IV.2.

Avec l'application numérique on trouve :

$$RH_m = \frac{80^2}{127 \times (0.15 + 0.08)}$$

- Donc :

$$RH_m = \mathbf{219 \text{ m}}$$

Rayon minimal normal

On a :

$$RH_n = \frac{(V_r + 20)^2}{127 \times (f_t + d_{\max})}$$

Où :

$V_r = 80 \text{ km/h}$ et $d_{\max} = 8\%$ et $f_t = 0.125 \implies \text{CAT 3}$; voir le tableau IV.1 et IV.2 .

Avec l'application numérique, on trouve

$$RH_n = \frac{(80 + 20)^2}{127 \times (0.125 + 0.08)}$$

Donc :

$$RH_n = \mathbf{385 \text{ m}}$$

- **Rayon au dévers minimal déversé**

On a:

$$RH_d = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{\min}}$$

Où : $V_r = 80 \text{ km/h}$ et $d_{\min} = 3\% \implies \text{CAT 3}$; voir le tableau IV.1.

Avec l'application numérique, on trouve :

$$RH_d = \frac{80^2}{127 \times 2 \times 0.03}$$

Donc :

$$RH_d = \mathbf{840 \text{ m}}$$

- **Rayon minimal non déversé**

On a:

$$RH_{nd} = \frac{V_r^2}{127 \times (f'' - d_{\min})}$$

Où : $f'' = 0.07$ et $d_{\min} = 3\% \implies \text{CAT 3}$; voir le tableau IV.1 et IV.3.

Avec l'application numérique, on trouve :

$$RH_{nd} = \frac{80^2}{127 \times (0.07 - 0.03)}$$

Donc :

$$RH_{nd} = \mathbf{1260 \text{ m}}$$

Les calculs des paramètres des virages sont effectués automatiquement à l'aide du logiciel Covadis 13. Nous avons réalisé dans ce qui suit un exemple de calcul manuel du 1^{er} virage de la variante 01 ; les autres résultats des variantes 01 et 02 sont détaillés dans les annexes 1 et 2.

IV.7.3. Calcul des éléments de la Clothoïde

- Calcul du paramètre A

On sait que :

$$A = \sqrt{L \times R} \dots (1)$$

- Détermination de L

Pour déterminer « L », il faut vérifier les trois conditions comme nous avons cité auparavant.

- Condition optique

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

Où : $R_1 = 800 \text{ m} \leq 1500 \text{ m} \Rightarrow 0.5 < \Delta R < 1$ donc on prend $\Delta R=1$

Avec l'application numérique, on trouve :

$$L \geq \sqrt{24 \times 800 \times 1}$$

Ce qui implique :

$$L \geq 138.6 \text{ m} \dots (2)$$

- Condition de gauchissement et de confort dynamique

$$L \geq \frac{5}{36} \times \Delta d \times V_r$$

Où :

$$\Delta d = d - (-3) ; d(800) = 3.12\%$$

Cela donne :

$$\Delta d = 3.12\% + 3\%$$

Donc :

$$\Delta d = 6.12\% \text{ Et } V_r=80 \text{ km/h}$$

Avec application numérique on trouve :

$$L \geq \frac{5}{36} \times 6.12 \times 80$$

On trouve que :

$$L \geq 68 \text{ m} \dots (3)$$

De 2 et 3 on aura :

$$L = 138.6 \text{ m}$$

En appliquant ça dans l'équation (1) on trouve :

$$A = \sqrt{800 \times 138.6}$$

Ce qui implique :

$$A = 332.98 \text{ m}$$

- Calcul des Gisements :

On a les coordonnées de sommet :

$$S_A \begin{cases} 308005,422 \\ 4000379,275 \end{cases}; \quad S_B \begin{cases} 307702,494 \\ 4000065,339 \end{cases}; \quad S_C \begin{cases} 307547,330 \\ 3999974,606 \end{cases}$$

Donc :

$$\begin{cases} XS_B - XS_A = 307702,494 - 308005,422 \\ YS_B - YS_A = 4000065,339 - 4000379,275 \end{cases}$$

Cela donne :

$$\begin{cases} -302,928 \\ -313,936 \end{cases}$$

D'autre part :

$$\begin{cases} XS_C - XS_B = 307547,330 - 307702,494 \\ YS_C - YS_B = 3999974,606 - 4000065,339 \end{cases}$$

Ce qui donne :

$$\begin{cases} -155,164 \\ -90,733 \end{cases}$$

Cela nous donne :

$$G_{S_A S_B} = 200 + \tan^{-1} \left| \frac{XS_B - XS_A}{YS_B - YS_A} \right| = 200 + \tan^{-1} \left| \frac{-302,928}{-313,936} \right|$$

Donc :

$$G_{S_A S_B} = 248.9\text{gr}$$

$$G_{S_B S_C} = 200 + \tan^{-1} \left| \frac{XS_C - XS_B}{YS_C - YS_B} \right| = 200 + \tan^{-1} \left| \frac{-155,164}{-90,733} \right|$$

Donc :

$$G_{S_B S_C} = 266.15\text{gr}$$

- Angle au centre :

$$\gamma = G_{S_B S_C} - G_{S_A S_B} = 248.86 - 201.62$$

Donc :

$$\gamma = 17.25\text{ gr}$$

- Angle au sommet :

On a :

$$\alpha = 200 - \gamma$$

Avec l'application numérique, on trouve :

$$\alpha = 200 - 17.25$$

Donc :

$$\alpha = 182.75 \text{ gr}$$

- Angle des tangentes :

On a :

$$\tau = \frac{L}{2R} = \frac{138.6}{2 \times 800}$$

Donc :

$$\tau = 0.086 \text{rd} = 0.1925 \text{ gr}$$

- Angle au centre parti circulaire :

$$\beta = \gamma - 2\tau$$

Avec l'application numérique, on trouve :

$$\beta = 17.25 - (2 \times 0.1925)$$

Ce qui donne :

$$\beta = 16.815 \text{ gr}$$

- Abscisse de l'extrémité de la clothoïde :

On a :

$$X_{KE} = L - \frac{L^3}{40R^4}$$

Cela implique que :

$$X_{KE} = 138.6 - \frac{138.6^3}{40 \times 800^4}$$

Ce qui nous donne :

$$X_{KE} = 138.6 \text{ m}$$

- Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde :

On a :

$$Y_{KE} = \frac{L^2}{6R} = \frac{138.6^2}{6 \times 800}$$

Donc :

$$Y_{KE} = 4.002 \text{ m}$$

- Angle polaire

On a :

$$\sigma = \tan^{-1} \frac{Y_{KE}}{X_{KE}} = \tan^{-1} \left(\frac{4.002}{138.6} \right)$$

Donc :

$$\sigma = 1.84 \text{ gr}$$

- Longueur de la corde KA-KE

On a :

$$SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2} = \sqrt{(138.6)^2 + (4.002)^2}$$

Donc :

$$SL = 138.65 \text{ m}$$

- Abscisse du centre :

On a :

$$X_0 = X_{KE} - R \sin \tau = 138.6 - 800 \times \sin(0.1925)$$

Donc :

$$X_0 = 136.18$$

- Ordonnées du centre :

On a :

$$Y_0 = Y_{KE} + R \cos \tau = 4.002 + 800 \times \cos(0.1925)$$

Donc :

$$Y_0 = 795.99 \text{ m}$$

- Distance KA-centre :

On a :

$$KAO = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2} = \sqrt{(136.18)^2 + (795.99)^2}$$

Donc :

$$KAO = 807.55 \text{ m}$$

- Ripage :

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R} = \frac{138.6^2}{24 \times 800}$$

Donc :

$$\Delta R = 1$$

- Distance S-KA :

On a :

$$T = X_0 + (R + \Delta R) \cotg\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 48.46 + (250 + 1.54) \cotg\left(\frac{152.76}{2}\right)$$

Donc:

$$T = 245.37 \text{ m}$$

- Tangente courte :

On a:

$$TK = \frac{Y_{KE}}{\sin \tau} = \frac{4.002}{\sin(0.1925)}$$

Donc:

$$TK = 1323.5 \text{ m}$$

- Tangente longue

$$TL = X_{KE} - \left(\frac{Y_{KE}}{\cos \tau} \right) = 138.6 - \left(\frac{4.002}{\cos(0.1925)} \right)$$

Donc:

$$TL = 134.6 \text{ m}$$

- Bissectrice

$$B = \frac{(R + \Delta R)}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{(800 + 1)}{\cos\left(\frac{182.75}{2}\right)}$$

Donc:

$$B = 5930.38 \text{ m}$$

- Longueur de la partie circulaire:

$$D = \frac{\pi R \beta}{200} = \frac{\pi \times 800 \times 16.815}{200}$$

Donc:

$$D = 211.303 \text{ m}$$

- Développée totale :

On a:

$$DT = 2L + D_{\text{cercle}} = (2 \times 138.6) + 211.303$$

Donc:

$$DT = 488.503 \text{ m}$$

- Vérification de non-chevauchement

$$\tau = 0.1925 \text{ gr} < \left(\frac{17.25}{2} = 8.625 \right) \Rightarrow \tau < \frac{Y}{2}$$

Donc :

Il n'y a pas de chevauchement.

IV.8. Conclusion

Le tracé en plan est profondément marqué par l'influence de la dynamique des véhicules : leur stabilité n'est acquise qu'à condition de respecter les lois liant la vitesse du véhicule, le rayon de courbure du tracé en plan et le dévers de la chaussée (comprenant l'effet des forces centrifuges). Il faut tenir compte également de l'influence des facteurs physiologiques intervenant lors de la conduite et éventuellement des problèmes de visibilité (il faut rendre visible une certaine longueur de trajet pour pouvoir conduire).

Dans ce chapitre, nous avons présenté puis on a calculé les paramètres du tracé en plan pour les deux variantes selon les normes B40 à l'aide du logiciel Covadis b13. De plus, tous les facteurs importants fondés sur les conditions de sécurité, de confort et de stabilité des véhicules sont respectés.

CHAPITRE V PROFIL EN LONG

V.1. Introduction

Un tracé routier n'est pas le tracé en plan seul, mais aussi l'élaboration du profil en long, qui est défini comme étant un autre élément géométrique essentiel dans la conception routière.

Dans cette partie, le profil en long du projet sera réalisé selon les normes algériennes B40.

V.2. Définition du profil en long

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive, donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne.

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

Le profil en long est toujours composé des éléments de lignes droites raccordés par des paraboles [7].

V.3 Règles à respecter dans le tracé du profil en long

L'élaboration du profil en long s'appuiera sur les règles suivantes [2,7]:

- Adapter le tracé au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux.
- Prévoir le raccordement avec les réseaux existants.
- Au changement de déclivité, on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais dans la partie de tracé neuve.
- Éviter une hauteur excessive en remblai.
- Adhérer le tracé aux normes B40 pour les déclivités maximales et minimales.
- Pour garantir un bon écoulement des eaux, placer les zones sans dévers avec une pente de 0.5% du profil en long.

V.4 Les éléments de composition du profil en long

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer [7]:

- L'altitude du terrain naturel
- L'altitude du projet
- La déclivité du projet

V.5 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long

Il est très nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long en tenant compte également de l'implantation des points d'échange afin [2]:

- D'avoir une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- D'envisager de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.) pour éviter les défauts résultants d'une mauvaise coordination du tracé en plan et profil en long, les règles suivantes sont aussi à suivre :
 - D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.
 - D'amorcer la courbe en plan avant un point haut, lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
 - De faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 5 fois au moins le rayon en plan).

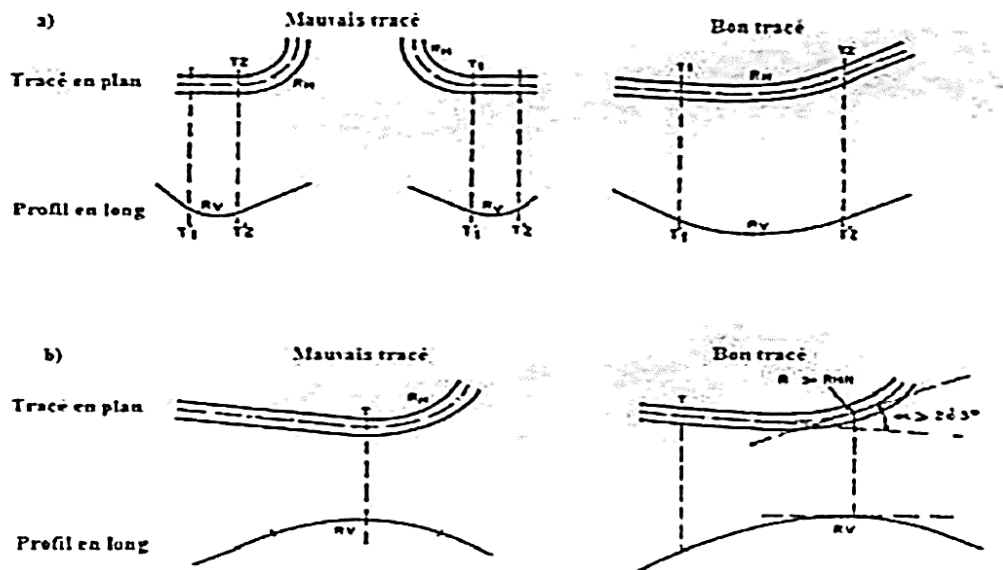


Figure V. 1. Les éléments de coordination tracés en plan et profil en long

V.6. Définition de la déclivité

La déclivité d'une route est l'angle tangent formé par le profil en long par rapport à l'horizontale on l'appelle "pente" pour les descentes et "rampe" pour les montées [2].

V.6.1 Déclivité minimum

Dans un terrain plat n'emploie normalement jamais de pente nulle de façon à ce que l'écoulement des eaux pluviales s'effectue facilement à long de la route au bord de la chaussée. On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes [2]:

- Au moins **0,5%** et de préférences **1 %**, si possible.
- **I_{min} = 0,5 %** dans les longues sections en déblai : pour que l'ouvrage d'évacuation des eaux ne soit pas trop profondément.
- **I_{min} = 0,5 %** dans les sections en remblai prévues avec des descentes d'eau.

V.6.2 Déclivité maximum

La déclivité maximale est acceptée surtout dans les courtes distances inférieures à 1500 m pour les raisons suivantes [2]:

- La réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max).

- L'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.). Donc La déclivité maximale dépend de :
- Condition d'adhérence.
- Vitesse minimum de poids lourd.
- Condition économique
- ❖ **Selon la norme du B40 :**

Tableau V. 1.Valeur de déclivité max en fonction de la vitesse de référence pour profil en long [2]

| | | | | | | |
|---------|----|----|----|-----|-----|-----|
| Vr Km/h | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
| I max % | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 4 |

Pour notre cas la vitesse **Vr = 80km/h** donc la pente maximale **I_{max} = 6%**.

Remarque : l'augmentation excessive des rampes provoque ce qui suit :

- Effort de traction est considérable.
- Consommation excessive de carburant
- Faibles vitesses.
- Gène des véhicules.

V.7 Raccordements en profil en long

Le changement de déclivité constitue des points particuliers dans le profil en long, ce changement est assuré par l'introduction de raccordement circulaire qui doit satisfaire aux conditions de confort et de visibilité. On distingue deux types raccords [2]:

- Les raccords en angle saillant (convexes).
- Les raccords en angles rentrants (concaves).

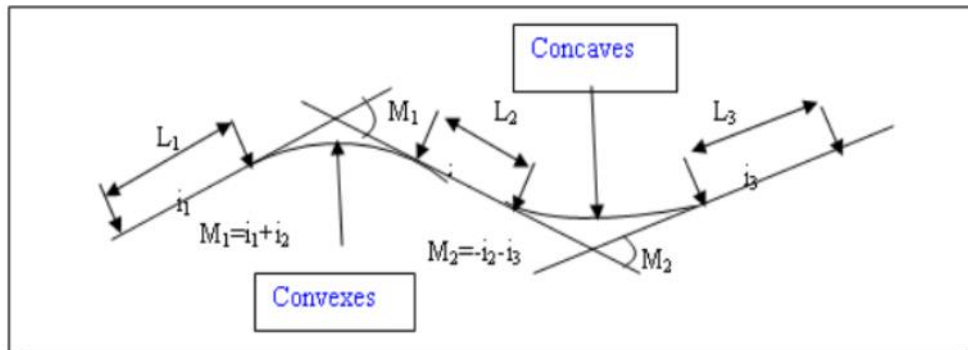


Figure V. 2. Les deux types de raccordements (convexes), (concaves)

V.7.1 Raccordements convexes (angle saillant)

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l’œil humain et des obstacles d’une part, des distances d’arrêt et de visibilité d’autre part. Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité

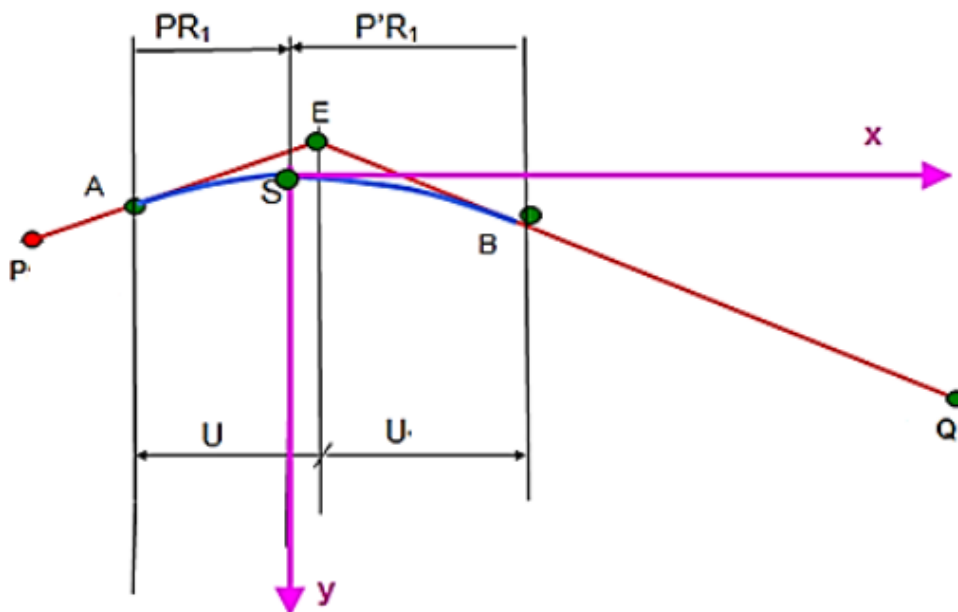


Figure V. 3.Éléments de raccordement convexe (angle saillant) [3]

V.7.1.1 Condition de confort

Elle consiste à limiter l’accélération verticale à laquelle le véhicule sera soumis lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe. Limitation de l’accélération verticale :

$$v^2/Rv < g/40 \quad g = 10(m/s^2) \quad \text{et } v = V/3.6$$

$$D'o\grave{u} \begin{cases} Rv \geq 0.3V^2 & (\text{cat. 1 - 2}) \\ Rv \geq 0.23V^2 & (\text{cat. 3 - 4 - 5}) \end{cases}$$

Dans notre cas $Rv_{\min} = 0.23 V^2$ ainsi que :

O\grave{u} :

- **Rv** : c'est le rayon vertical (m)
- **V** : vitesse de r\ref{erence} (km/h).

V.7.1.2 Condition de visibilit\ref{e}

Un aspect crucial dans l'\ref{etablissement} du profil en long d'une route est d'assurer une visibilit\ref{e} ad\ref{e}quate. Il est imp\ref{er}atif que deux v\ref{eh}icules se d\ref{e}pla\ref{c}ant en sens contraire puissent se rep\ref{e}rer mutuellement \ref{a} une distance d'au moins deux fois la distance d'arr\ref{e}t. Le rayon de raccordement est donn\ref{e} par la formule suivante :

$$Rv \geq \frac{d^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})}$$

O\grave{u} :

- d : Distance d'arr\ref{e}t (m)
- h0 : Hauteur de l'o\ref{il} (m).
- h1 : Hauteur de l'obstacle (m).

Les rayons assurant ces deux conditions sont donn\ref{e}s dans le tableau qui suit, en fonction de Vr et la cat\ref{e}gorie de la route.

Tableau V.2.Rayons en angle saillant selon les normes (B40) [2]

| Vr(km/h) RV(m) | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
|---|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| CAT 1 – 2 | | | | | |
| Chauss\ref{e}e unidirectionnelle | | | | | |
| RV m1 | 300 | 1000 | 2500 | 6000 | 12000 |
| RVn1 | 1000 | 2500 | 6000 | 12000 | 18000 |
| Chauss\ref{e}e bidirectionnelle | | | | | |
| RVm2 | 500 | 1500 | 4500 | 10000 | 20000 |
| RVn2 | 1500 | 4500 | 10000 | 20000 | 20000 |

| | | | | | |
|-----------------------------------|------|------|--------|-------|-------|
| RVd | 2500 | 6000 | 110000 | 20000 | 30000 |
| CAT 3 – 4 – 5 | | | | | |
| Chaussée unidirectionnelle | | | | | |
| RVm1 | 250 | 800 | 2000 | 4500 | 10000 |
| RVn1 | 800 | 2000 | 4500 | 10000 | 15000 |
| Chaussée bidirectionnelle | | | | | |
| RVm2 | 450 | 1300 | 3500 | 8000 | 16000 |
| RVn2 | 1300 | 3500 | 8000 | 16000 | 16000 |
| RVd | 2300 | 5000 | 9000 | 16000 | 27000 |

Pour notre projet on a $V_r = 80 \text{ km/h}$ et **catégorie 3** ; chaussée **bidirectionnelle**.

V.7.2 Raccordements concaves (angle rentrant)

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité du jour n'est pas déterminante, plutôt, c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant [2].

$$RV' = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.03d_1)}$$

Où :

- RV' : rayon minimum du cercle de raccordement.
- d_1 : distance d'arrêt

V.7.2.1 Rayon minimal absolu

$$RV'm = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.03d_1)}$$

$$RV'm (V_r) = 0.3V_r^2$$

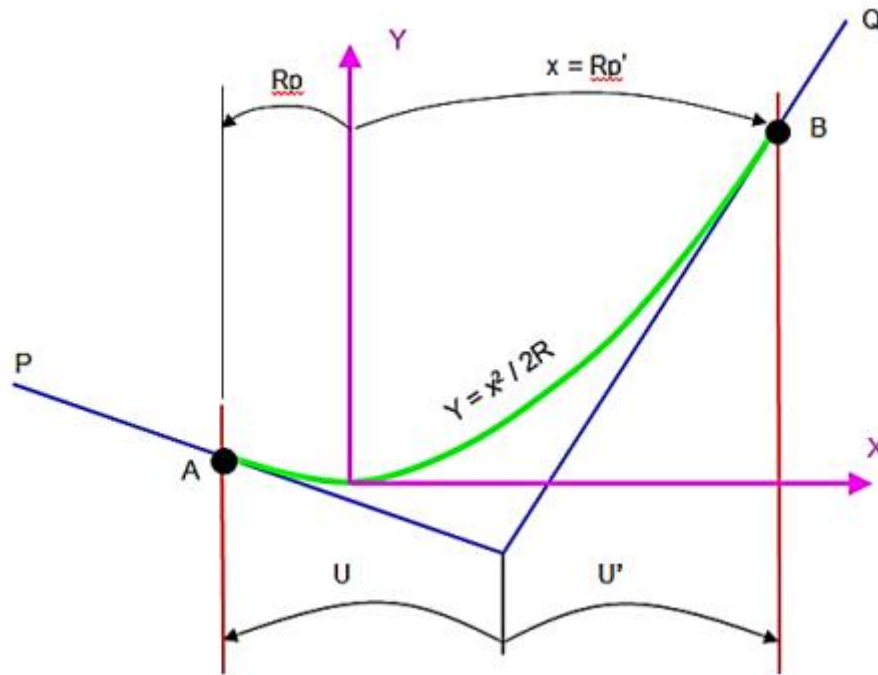


Figure V. 4.Élément de raccordement concave (angle rentrant) [4]

V.7.2.2 Rayon minimal normal

Les rayons verticaux minimaux normaux pour les angles rentrants sont calculés en utilisant la formule suivante :

$$RV'N = RV'm'(vr + 20)$$

Le tableau qui suit représente les valeurs des rayons en angle rentrant selon les normes B40.

Tableau V.3.Rayons angle rentrant selon les normes (B40) [2]

| Vr(km/h) RV(m) | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
|-------------------|------|------|------|------|------|
| CAT 1-2 | | | | | |
| RVm | 500 | 1200 | 1400 | 3000 | 4200 |
| RVn | 1200 | 2400 | 3000 | 4200 | 6000 |
| CAT 3-4-5 | | | | | |
| RVm | 500 | 1100 | 1600 | 2400 | 3500 |
| RVn | 1100 | 1600 | 2400 | 3500 | 4500 |

V.8 Conclusion

Dans cette étude, le profil en long du projet est conçu conformément aux exigences des normes B40 et élaboré à l'aide du logiciel Covadis. Le détail des calculs est présenté dans l'annexe.

CHAPITRE VI ÉTUDE DE TRAFIC

VI.1. Introduction

L'étude de trafic est un élément essentiel. Il doit être réalisé préalablement à tout projet routier ou d'aménagement d'infrastructures de transport, il permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et au-delà, les caractéristiques à lui donner, depuis le nombre de voies jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée. L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région. Il représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers.

Cette conception repose, sur une partie stratégie, planification sur la prévision des trafics et sur les réseaux routiers, qui est nécessaire pour :

- Apprécier la valeur économique des projets.
- Estimer les coûts d'entretien.
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute par le recueil des données.

VI.2. Analyse du trafic

L'analyse du trafic consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route, à savoir le volume, la composition, la saturation, l'origine et la destination. Plusieurs méthodes existent qui permettent d'analyser le trafic dans différentes artères du réseau routier [8]:

- Statistique générale.
- Comptages sur routes (manuel, automatique).
- Enquêtes de circulation (origine, destination).

VI.3. La mesure des trafics

Cette mesure est effectuée à l'aide de diverses méthodes complémentaires [7]:

VI.3.1. Les comptages

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic. On distingue deux types de comptage.

- **Les comptages manuels :**

Ils sont réalisés par les enquêteurs qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports communs, Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.M.J.A)

- **Les comptages automatiques :**

Ils sont effectués à l'aide d'appareils enregistreurs comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée. On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires.

- **Le comptage permanent :** est réalisé en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : le réseau autoroutier, le réseau routier national et le chemin de wilaya les plus circulés.
- **Le comptage temporaire :** s'effectue une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers, à l'aide de postes de comptages tournants.

L'inconvénient de cette méthode est que tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds.

VI.4. Différents types de trafics

Trafic normal : c'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans tenir compte du nouveau projet.

Trafic dévié : c'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination. La dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

Trafic induit : c'est le trafic qui résulte de :

- Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
- Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente dû à une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

Trafic total : c'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

VI.5. Calcul de la capacité :

VI.5.1. Définition de la capacité :

La capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peuvent raisonnablement passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme (ou à deux directions) avec les caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminée [7,8].

La capacité dépend de :

- Les conditions de trafic.
- Les conditions météorologiques.
- Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variable d'une route à l'autre).
- Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies).

VI.5.2. Projection future du trafic :

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est [2,8]:

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

Avec :

- **TJMA_h** : le trafic à l'année horizon.
- **TJMA₀** : le trafic à l'année de référence
- **n** : nombre d'année.
- **τ** : taux d'accroissement du trafic (%).

VI.5.3. Calcul de trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particuliers (uvp), en fonction du type de route et de l'environnement. Pour cela, on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les véhicules poids lourd et les véhicules légers en (uvp).

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ] \times T_{JMA_h}$$

Avec :

- **Teff** : Trafic effectif à l'année horizon en (uvp).
- **Z** : Pourcentage de poids lourd.
- **P** : Coefficient d'équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route.

Le tableau suivant nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P » pour le poids lourd en fonction de l'environnement et des caractéristiques de la route.

Tableau VI.1.Coefficient d'équivalence selon de la nature de la route [8]

| Environnement | E1 | E2 | E3 |
|-------------------------------|-----|------|-------|
| Route à bonne caractéristique | 2-3 | 4-6 | 8-16 |
| Route étroite | 3-6 | 6-12 | 16-24 |

VI.5.4. Débit de point horaire normal

Le débit de point horaire normal est une traction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par [2,8]:

$$Q = K_p \times T_{eff}$$

Où :

- **Kp**: coefficient du débit de pointe, selon le B40 en Algérie
- **Kp**= 0.12
- **Q** : est exprimé en U.V.P/h

VI.5.5. Débit horaire admissible :

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule [8]:

$$Q_{adm} (u. v. p/h) = K_1 \times K_2 \times C_{th}$$

Où :

- **K1** : coefficient lié à l'environnement
- **K2** : coefficient de réduction de capacité

- **Cth** : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

$$- Cth \geq \frac{Q_{adm}}{K1 \times K2}$$

- **Qadm** : débit admissible par voie.

Tableau VI.2. Valeurs de coefficient K1 [8]

| K1 | Catégorie de la route | | | | |
|---------------|-----------------------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Environnement | | | | | |
| E1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| E2 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.98 |
| E3 | 0.91 | 0.95 | 0.97 | 0.96 | 0.96 |

Tableau VI.3. Valeurs de coefficient K2 [8]

| Environnement | E1 | E2 | E3 |
|---------------|------|------|------------|
| K2 | 0.75 | 0.85 | 0.9 à 0.95 |

VI.6. Application au projet

VI.6.1. Les données de trafic

La DTP nous a fournis les résultats suivants :

- L'année de mise en service sera en : 2025
- Le taux d'accroissement annuel du trafic : $\tau = 4\%$.
- Le pourcentage de poids lourds : $Z = 40\%$.
- La durée de vie estimée de : 20 ans
- Le trafic à l'année 2021 : $TJMA_{2021} = 3400 \left(\frac{v}{j} \right) \dots \dots \dots 100\%$
 - **Vers l'évitement** : $TJMA_{2021} = 2000 v/j$
 - **Vers la ville** : $TJMA_{2021} = 1400 v/j$

VI.6.2. Calcul de trafic moyen journalier (TJMA) horizon

- **Calcul du trafic de l'année de mise en service (2025).**

$$TJMA_{2025} = TJMA_{2021} (1 + \tau)^n$$

- $TJMA_{2025}$: Le trafic à l'année de mise en service.

- TJMA₂₀₂₁ : le trafic à l'année de comptage (origine 2021).
- Le taux d'accroissement annuel du trafic : $\tau = 4\%$.

Donc :

$$TJMA_{2025} = TJMA_{2021}(1 + 0.04)^4$$

$$TJMA_{2025} = 2000 (1 + 0.04)^4$$

Donc :

$$TJMA_{2025} = 2340 \text{ v/j}$$

- **Calcul du trafic de l'année horizon (2045):**

Donc :

$$TJMA_{2045} = 2340 (1 + 0.04)^{20}$$

Donc :

$$TJMA_{2045} = 5128 \text{ v/j}$$

- **Calcul du trafic effectif**

$$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ] \times TJMA_{2045}$$

Où :

- P : coefficient d'équivalence pour le poids lourd pour une route à bonne caractéristique et un environnement E1 on a P =2
- Z : pourcentage de poids lourds est égale à 40 %

$$T_{eff_{2045}} = [(1 - 0.4) + 2 \times 0.4] \times 5128$$

Donc :

$$T_{eff_{2045}} = 7180 \text{ (u. v. p/j)}$$

- **Calcul Débit de pointe horaire normale**

$$Q_{2045} = k_p \times T_{eff_{2045}}$$

Avec : **Kp** : Coefficient pris égal à **0.12**

$$Q_{2045} = 0.12 \times 7180$$

Donc :

$$Q_{2045} = 862 \text{ (u. v. p/h)}$$

Calculons tout d'abord la capacité admissible.

$$Q_{2045} \leq Q_{adm} = K1 \times K2 \times Cth \rightarrow Cth \geq \frac{Q_{2045}}{K1 \times K2}$$

Où :

- **K1** : coefficient correcteur pris égal à **1** pour E1.
- **K2** : coefficient correcteur pris égal à **0.75** pour environnement (E1) et catégorie (C3)

$$C_{th} \geq \frac{862}{1 \times 0.75}$$

Donc :

$$C_{th} \geq 1150 \text{ UVP/h}$$

Tableau VI.4. Capacité des routes en U.V.P/h – normes B30 [8]

| Type de chaussée | Nombre de voies | Largeur chaussée (m) | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|----------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 1.8 et + | 1.5 | 1.2 | 0.90 | 0.6 | 0.3 | 0 |
| Chaussée unique (bidirectionnelle) | 2 | 4 | 1100 | 1070 | 1030 | ----- | ----- | ----- | ----- |
| | | 5 | 1300 | 1270 | 1220 | 1170 | 1110 | ----- | ----- |
| | | 6 | 1600 | 1560 | 1500 | 1440 | 1360 | 1280 | 1220 |
| | | 7 | 2000 | 1950 | 1880 | 1790 | 1700 | 1610 | 1520 |
| | | 8 | 2270 | 2220 | 2140 | 2040 | 1930 | 1820 | 1730 |
| | 3 | 9 | 2600 | 2540 | 2440 | 2330 | 2210 | 2090 | 1980 |
| | | 10.5 | 3200 | 3120 | 3010 | 2870 | 2710 | 2570 | 2430 |
| | 4 | 12 | 4540 | 4490 | 4450 | 4400 | 4320 | 4190 | 4000 |
| | | 14 | 5100 | 5050 | 5000 | 4940 | 4840 | 4700 | 4490 |
| | Chaussée séparée (unidirectionnelle) | 4 | 12 | 4910 | 4880 | 4860 | 4830 | 4760 | 4630 |
| 14 | | | 5400 | 5370 | 5350 | 5310 | 5240 | 5100 | 4860 |
| 6 | | 15 | 6750 | 6710 | 6690 | 6640 | 6550 | 6370 | 6080 |
| | 21 | 8100 | 8050 | 8020 | 7960 | 7860 | 7640 | 7290 | |

D’après le tableau VI.4 ; on opte pour une chaussée **bidirectionnelle** à **2** voies de largeur de **6 m** avec des accotements de **1.2 m**.

VI .7. Conclusion

Les résultats des calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau VI.5. Récapitulatif de l'étude du trafic

| TJMA ₂₀₂₅ | TJMA ₂₀₄₅ | T _{eff} ₂₀₄₅ | Q ₂₀₄₅ |
|----------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------|
| 2340 | 5128 | 7180 | 862 |

Notre route sera une route **bidirectionnelle** à **2** voies de circulation de **3 m** de largeur chacune et **1.2 m** de largeur de chaque côté des accotements.

**CHAPITRE VII
DIMENSIONNEMENT
DE CORPS DE
CHAUSSÉE**

VII.1. Introduction

Le corps de chaussée est dimensionné pour supporter la circulation du trafic pour une durée bien déterminée. Il est défini comme étant l'épaisseur des différentes couches et matériaux qui seront mis en place pour constituer le corps de chaussée.

On doit non seulement penser au trafic existant, mais aussi au trafic futur, ce qui nous amène à définir le taux d'accroissement de la circulation et le type de véhicules empruntant cette route. Le dimensionnement d'une chaussée est conditionné par trois familles de paramètres, qui sont les suivantes :

- Le trafic (l'importance de la circulation et surtout l'intensité du trafic en poids lourds).
- La portance du sol support désignée par son indice C.B.R.
- La durée de service.

L'objectif de ce chapitre consiste à déterminer l'épaisseur de corps de chaussée et les différentes couches, et aussi à choisir les matériaux ayant les caractéristiques requises, en adoptant pour cela les deux méthodes les plus utilisées en Algérie.

VII.2. Principe de constitution des chaussées

VII.2.1. Définition de la chaussée

La chaussée est une structure conçue principalement pour la distribution des charges roulantes sur le sol de fondation. Pour assurer un roulage rapide, sûr et sans dégradation excessive du matériel, il est indispensable que la surface de roulement soit capable de résister à diverses contraintes, notamment aux :

- Charges des véhicules.
- Chocs.
- Intempéries.
- Efforts tangentiels dus à l'accélération, au freinage et au dérapage.

- **Définition au sens géométrique**

Il s'agit de la partie de la route conçue pour le passage des véhicules.

- **Définition au sens structurel**

C'est le regroupement de diverses couches en différents matériaux superposés qui assure la répartition des charges.

CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

La figure VII.1 montre une coupe des différentes couches que réalise la chaussée.

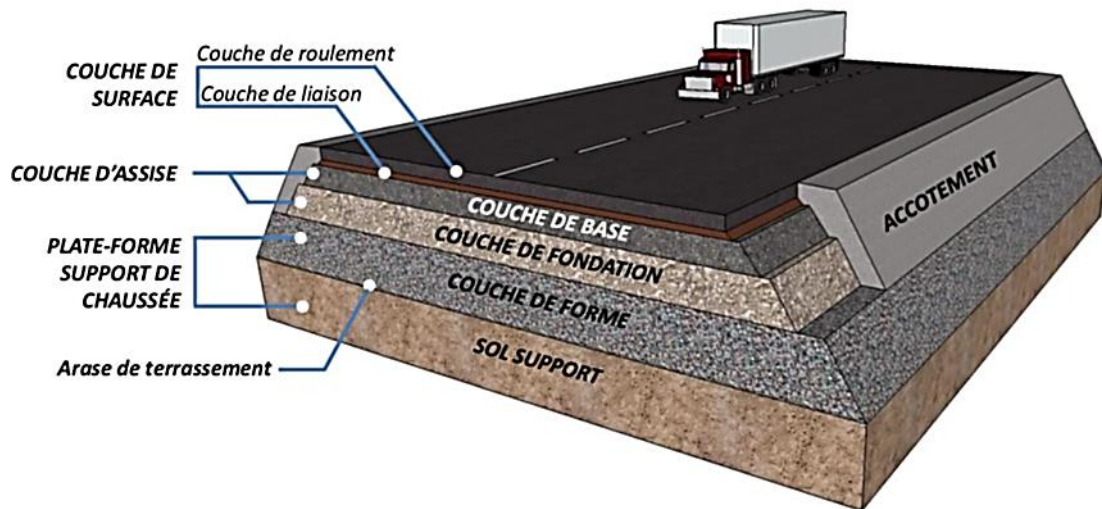


Figure VII. 1.Coupe des différentes couches de la chaussée.

VII.3. Les différents types de chaussée

Il existe trois types de chaussée [9]:

- Chaussée souple
- Chaussée semi-rigide.
- Chaussée rigide.

• Chaussée souple

Elle est faite de matériaux rocheux qui sont revêtus d'une couche de bitume plus ou moins épaisse. Les couches supérieures ont généralement une résistance plus forte et une déformabilité moindre comparativement aux couches inférieures. Les routes souples ont une épaisseur variant de 30 à 60 cm.

La chaussée souple est généralement constituée de trois couches distinctes :

• Couche de roulement

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques et les charges externes du véhicule. Sa fonction centrale est d'amortir les forces de cisaillement causées par le trafic. Son rôle consiste à :

- Imperméabiliser la surface de chaussée.
- Assurer la sécurité (par l'adhérence) et le confort (réduction du bruit)

L'épaisseur de la couche de roulement est généralement entre 6 et 8 cm.

CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSÉE

- **Couche de base**

Sa fonction est de résister aux déformations continues engendrées par le passage du trafic, elle absorbe également les forces verticales et distribue les contraintes normales qui en découlent sur les strates inférieures. La couche de base présente généralement une épaisseur qui varié entre 10 et 30 cm.

- **Couche de fondation**

Elle garantit une uniforme qualité et un solide soutien de la chaussée, et joue un rôle similaire à celui de la couche de base. Elle présente une épaisseur qui varie entre 10 et 30 cm.

- **Couche de forme**

La conception de la couche de forme est habituellement orientée vers des objectifs spécifiques, en fonction du type de sol-support :

- ✓ Sur un terrain rocheux, la couche de forme joue le rôle de nivellement qui lisse la surface avant l'installation de la couche de base.
- ✓ En cas de sol peu portant, la couche de forme est essentiellement mise en œuvre pour garantir une portance adéquate à court terme, permettant ainsi aux équipements et aux engins de chantier de se mouvoir librement.

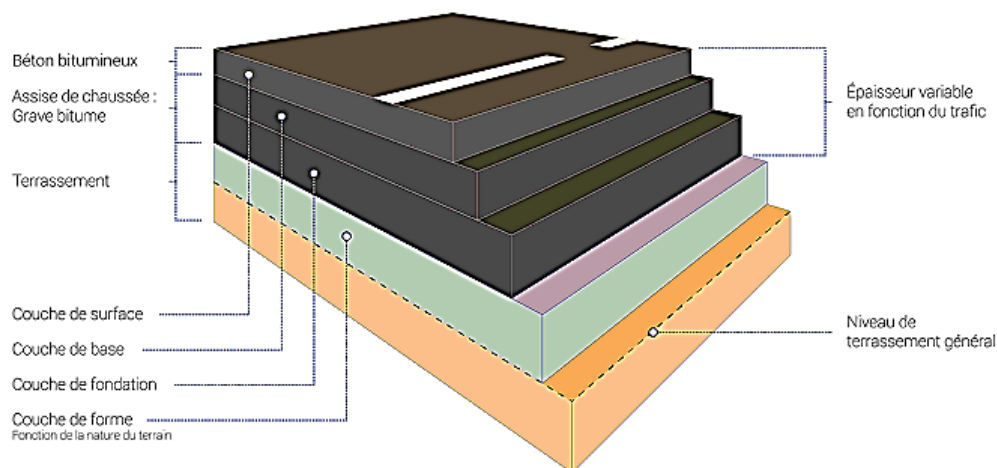


Figure VII. 2. Coupe type d'une chaussée souple

- **Chaussée semi-rigide**

Elles comportent une couche de roulement bitumineuse (6 à 12cm), sur une assise en matériau traité aux liants hydrauliques disposée en une ou deux couches (15 à 50 cm) d'épaisseur. L'épaisseur totale est l'ordre de 20 à 60 cm.

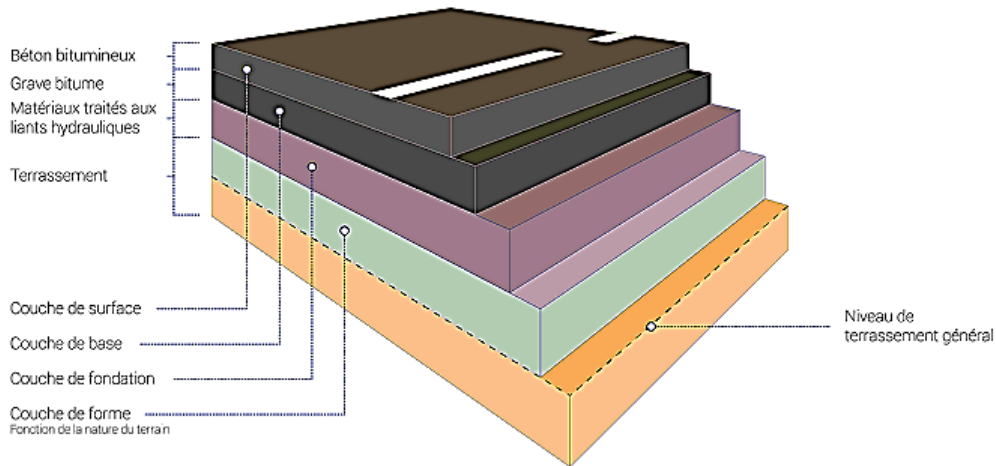


Figure VII. 3. Chaussées semi-rigides

- **Chaussée rigide**

Ces structures intègrent une couche de ciment bétonné variant de 15 à 40 cm d'épaisseur, possiblement surmontée d'un très mince béton bitumineux. Elles sont posées soit sur une base en béton maigre ou en gravier cimenté, soit sur une couche finale en béton ou gravier bitumeux, ou encore sur une couche drainante.

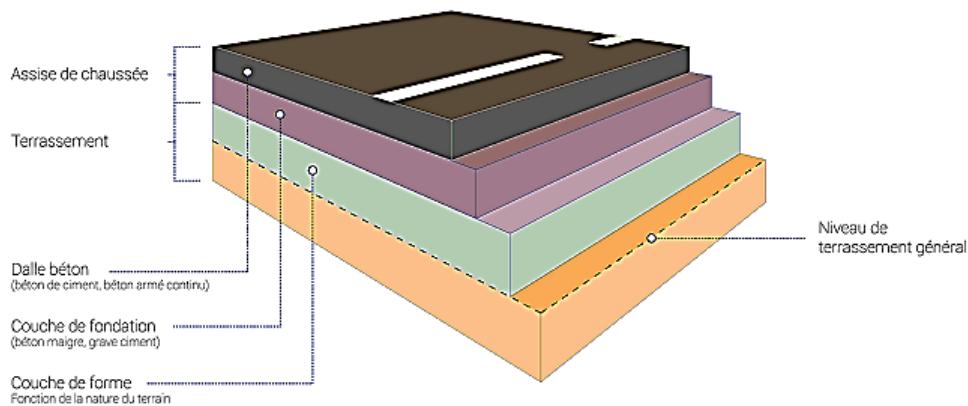


Figure VII. 4. Chaussées rigides.

VII.4. Les différents facteurs de dimensionnement de chaussée

Le nombre des couches, leurs épaisseurs et les matériaux utilisés dépendent de plusieurs facteurs dont les plus importants sont :

CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

- **Trafic**

Le trafic qui influe le dimensionnement de la chaussée est principalement constitué de poids lourds (véhicules de plus de 3.5 tonnes), qui sont utilisés comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussée et dans la sélection des propriétés internes des matériaux utilisés pour la production des matériaux de chaussée.

- **Environnement**

Le climat et l'environnement affectent de manière significative les performances de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et à la déformation, donc la variation de la température affecte le choix du liant bitumineux et aussi les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support.

- **Le sol support**

Les structures de chaussée reposent sur un assemblage appelé " plate – forme support de chaussée", qui est constitué d'un sol naturel, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme. Les plates-formes sont définies comme suit :

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

- **Matériaux**

Les matériaux utilisés doivent résister à de nombreuses sollicitations répétées (passage répété de poids lourds).

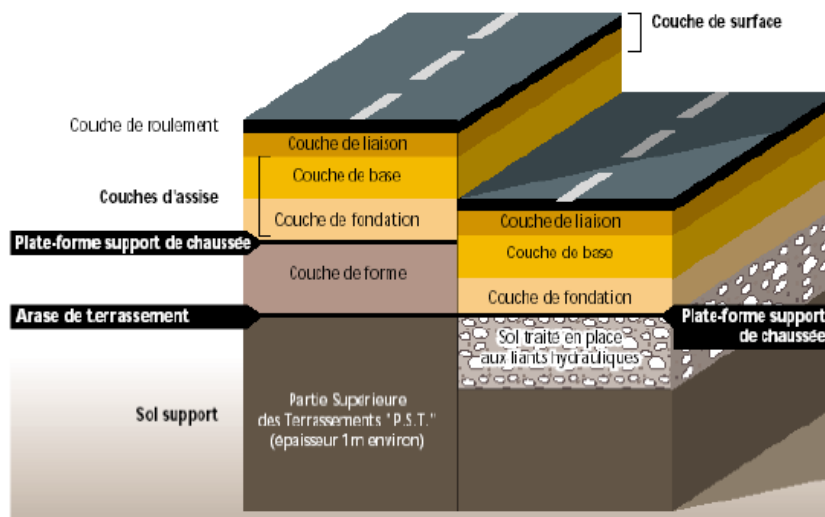


Figure VII. 5. Les différents facteurs de dimensionnement de chaussée

VII.5. Principe du dimensionnement du corps de chaussée

CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSÉE

Le principe du dimensionnement est de limiter la charge transférée par roue au sol support pour minimiser sa déformation et éviter sa rupture. Il existe deux familles des méthodes :

- Méthodes empiriques dérivées d'études expérimentales sur la performance des chaussées.
- Méthodes rationnelles basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

VII.5.1. Les méthodes empiriques et semi-empiriques

Il s'agit de méthodes basées principalement sur des essais accélérés et des observations sur routes expérimentales. Ces approches empiriques ont fourni de nombreuses informations sur les effets de la charge de trafic et des contraintes thermiques, les propriétés des matériaux de construction des chaussées et le comportement à long terme des structures routières. Leur plus grand inconvénient est qu'ils ne peuvent être utilisés que dans les conditions climatiques et de trafic pour lesquelles ils ont été conçus. Dans ce type la méthode dite CBR est la méthode la plus utilisée.

- **Méthode CBR (California -Bearing - Ratio)**

C'est une méthode semi-empirique, elle prend en considération la résistance au poinçonnement du sol de plate-forme et le transfert des charges selon la méthode de Boussinesq. Un échantillon de sol naturels est prélevé et soumis à des tests mécaniques (essai de poinçonnement) en compactant les échantillons jusqu'à la teneur en eau optimale [7].

La pression des pneus et le nombre des répétitions des charges sont dérivés de la formule suivante :

$$e = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5}$$

Où :

- **e** : épaisseur totale en cm.
- **I_{CBR}** : indice CBR du sol support.
- **N** : nombre moyen journalier par sens de véhicules Poids lourds qui circulent sur la chaussée.
- **P** : charge par roue en tonne (P=6.5t pour essieu de 13t).

CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSÉE

Tableau VII. 1.Coefficient d'équivalence des matériaux utilisés [7]

| Matériaux utilisés | Coefficient d'équivalence |
|--------------------|---------------------------|
| Béton bitumineux | 2 |
| Grave ciment | 1.5 |
| Grave bitume | 1.2 à 1.7 |
| Grave roulée | 0.75 |
| Grave concasse | 1 |
| Sable | 0.5 |
| Sable-ciment | 1 à 1.2 |
| Tuf | 0.7 à 0.8 |

L'épaisseur d'une couche nouvellement calculée correspond au matériau spécifié ; grave propre bien gradué selon la disponibilité des matériaux, nous pouvons convertir l'épaisseur calculée en divisant par des coefficients d'équivalence.

L'épaisseur totale à donner à la chaussée est :

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

Où :

c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence, voir le tableau VII.1 qui suit

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches

VII.5.2. Les méthodes rationnelles

Les méthodes rationnelles sont basées sur la mécanique de la consistance et de la durabilité des matériaux. L'avantage de ces derniers est qu'ils peuvent être appliqués à différentes conditions climatiques et à différentes charges de trafic. Le comportement des matériaux de chaussées et de plate-forme est représenté par des modèles mathématiques.

- **Méthode du catalogue des structures**

Lors de l'utilisation de catalogue de dimensionnement, les mêmes paramètres sont utilisés que dans les autres méthodes de dimensionnement de la chaussée : trafic, matériaux, sol support et environnement.

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction desquelles nous choisissons finalement une certaine structure de chaussée.

CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSÉE

La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées est une méthode rationnelle basée sur deux approches :

- Approche théorique.
- Approche empirique

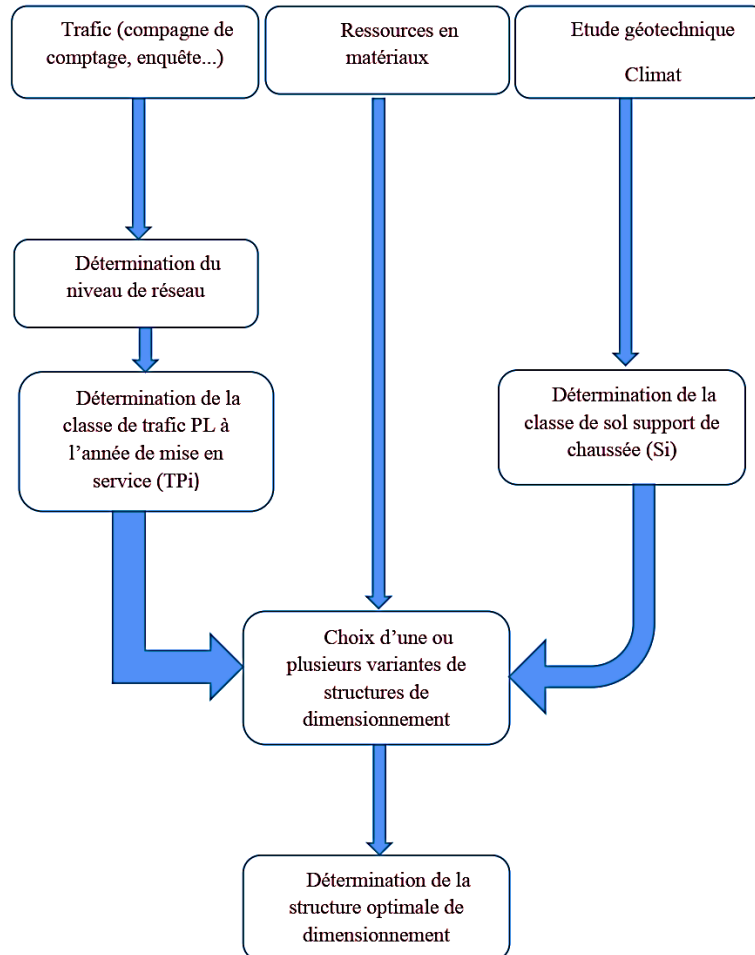


Figure VII. 6. Démarche de la méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves [10]

VII.6. Application au projet

VII.6.1. Méthode CBR

Données de l'étude :

- Année de comptage : 2021.
- $TJMA_{2021} = 2000 \text{ v/j}$
- Année de mise en service : 2025
- $TJMA_{2025} = 2340 \text{ v/j}$

CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSÉE

- Durée de vie : 20 ans
- Taux de croissance annuel du trafic : $\tau = 4\%$.
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 40\%$.
- $I_{CBR} = 3.22$ % d'après le rapport géotechnique.

• Détermination de NPL_{2038}

$$NPL_{2045} = TJMA_{2025} \times 0,5 \times Z \times (1 + \tau)^n$$

$$NPL_{2038} = 2340 \times 0.5 \times 0.4 \times (1 + 0.04)^{20} = 1026 \text{ PL/j/sens}$$

• Détermination de l'épaisseur totale

On a :

$$e = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5}$$

Avec l'application numérique, on obtient :

$$e = \frac{100 + \sqrt{6,5}(75 + 50 \log(\frac{1026}{10}))}{3.22 + 5}$$

Donc :

$$e = 67 \text{ cm}$$

• Calcul des épaisseurs des couches

Si on prend les matériaux suivants de chaque couche, on obtient :

- Couche de roulement (béton bitumineux) $\rightarrow c_1 = 2$
- Couche de base (grave bitume) $\rightarrow c_2 = 1,2$
- Couche de fondation (Tuf) $\rightarrow c_3 = 0.75$

Tableau VII.2.les matériaux proposés

| Nom de la couche | Matériaux | Coefficient d'équivalence | L'épaisseur de la couche |
|------------------|-----------|---------------------------|--------------------------|
| Roulement | BB | 2 | 6 |
| Base | GB | 1.2 | 28 |
| Fondation | Tuf | 0.75 | ?? |

CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSÉE

Donc :

$$\begin{aligned}e &= c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3 \\67 \text{ cm} &= 2 \times 6 + 1.2 \times 28 + 0.75 \times e_3 \\67 \text{ cm} &= 45.6 + 0.75 \times e_3 \\67 - 45.6 &= 0.75 \times e_3 \\21.4 &= 0.75 \times e_3\end{aligned}$$

Ce qui donne :

$$e_3 = 28.5 \text{ cm}$$

Donc :

- Épaisseur réelle : $6 + 28 + 28.5 = 62.5 \text{ cm}$
- Épaisseur équivalente : $12 + 33.6 + 21.37 = 67 \text{ cm}$

Alors on obtient le corps de chaussée :

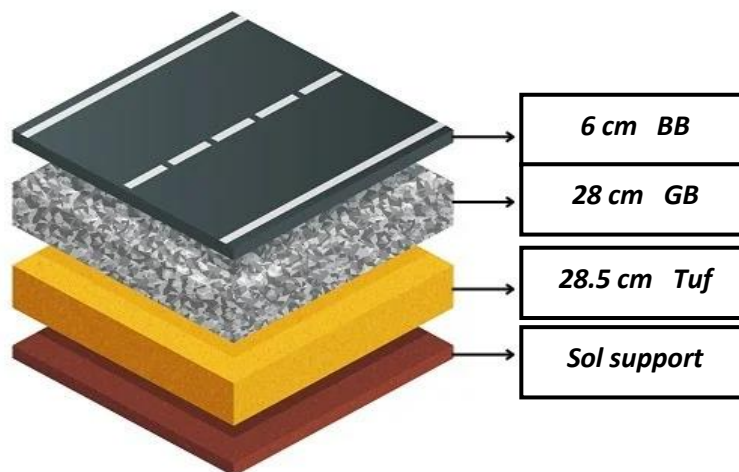


Figure VII. 7. Corps de la chaussée calculé par la méthode CBR

VII.6.2. Méthode du catalogue des structures

- **Détermination du type de réseaux principal**

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivante :

$$TJMA_{2025} = 2340(v/j)$$

CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSÉE

Tableau VII.3. Classifications des réseaux principaux en fonction du trafic [10]

| Réseau principal | Trafic (véhicules/jour) |
|------------------|-------------------------|
| RP1 | >1500 |
| RP2 | <1500 |

$2340(v/j) > 1500(V/j)$ Donc : Réseau principal (RP1)

- **Détermination de la classe de trafic**

- $TJMA_{2025} = 2340$ (v/j)
- Taux de croissance annuel du trafic : $\tau = 4\%$.
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 40\%$.

Donc :

$$TPL_{2025} = 2340 \times 0.4 \times 0.5$$

Ce qui nous donne :

$$TPL_{2025} = 468 \text{ PL/ j/sens}$$

- **Détermination de la classe de trafic (TPLi)**

Les catégories de trafic (TPLi) retenues dans les fiches de structures de dimensionnement sont données pour chaque niveau du réseau principal en nombre de poids lourds par jour et sens dans l'année de mise en service [10].

- **Classe TPLi pour RP1 :**

$$TPL_{2025} = 468 \text{ PL/ j/sens}$$

Donc : La classe de trafic est TPL₄

Tableau VII.4. Les classes (TPLi) en fonction du trafic [10]

| TPLi | TPL ₃ | TPL ₄ | TPL ₅ | TPL ₆ | TPL ₇ |
|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| PL/j/sens | 150-300 | 300-600 | 600-1500 | 1500-3000 | 3000-6000 |

CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSÉE

- Détermination de la portance du sol-support de chaussée

Le tableau suivant répertorie les classes de capacité portance des sols dans l'ordre de S4 à S0. Cette classification est également utilisée pour les sols supports de chaussée.

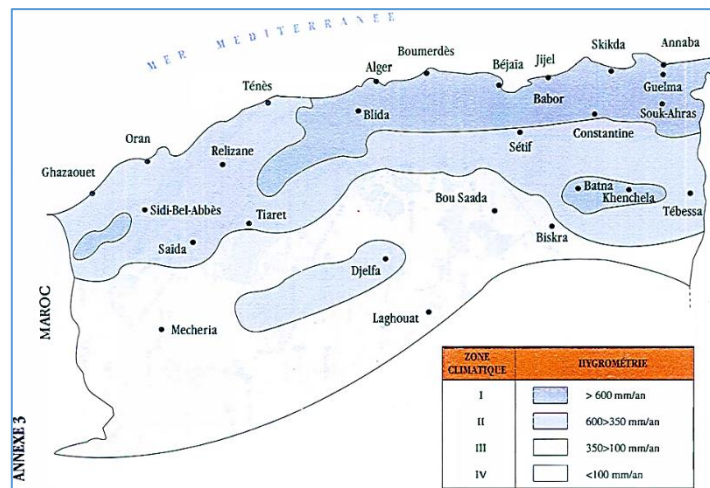
Donc d'après le tableau notre sol est de classe **S3**, car on a une $I_{CBR} = 3.22$

Tableau VII.5. Portance (Si) en fonction de ICBR [10]

| Portance (Si) | I _{CBR} |
|---------------|------------------|
| S4 | < 5 |
| S3 | 5-10 |
| S2 | 10-25 |
| S1 | 25-40 |
| S0 | > 40 |

- Détermination de la zone climatique

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est situé à Relizane, la figure ci dessous nous montre que Relizane est situé dans la zone climatique (II) ($600 > 350$ mm/an).



- Choix de différentes couches constituées de la chaussée

Dans le cadre de notre projet, nous avons proposé la structure suivante :

- Couche de roulement : BB.

CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSÉE

- Couche de base : GB.
- Couche de fondation : Tuf.

- **Choix de dimensionnement**

Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique II, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement (4%), portance de sol (S₄) et une classe de trafic (TPL₄).

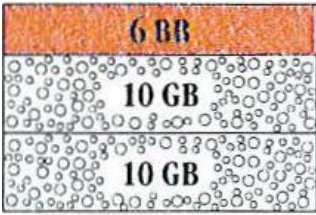
Le catalogue de structures pour les données : **RP1, TPL₄, S₄, zone II, durée de vie =20ans, τ= 4 %** ne suggèrent aucune structure de type **GB/Tuf** comme adoptée dans la méthode CBR.

Alors on adopte une structure de type **GB/GB** à la place, mais en doit passer de **S₄** à **S₂**

- Le passage de S₄ à S₂ nécessite la mise en place d'une couche de forme en matériaux non traités de 60 cm en deux couches.

Avec les données citées plus haut, et avec une classe de sol S₂, le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves préconise les structures suivantes :

Tableau VII.6.Fiche structure grave bitume/grave non traité [11]

| | | | | | |
|---|--|--|------------------|----------------|--|
| <table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; vertical-align: middle;">Si</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">TPL_i</td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">S₂</td> </tr> </table> | Si | | TPL _i | S ₂ | |
| Si | | | | | |
| TPL _i | S ₂ | | | | |
| <p>600</p> <p>TPL₄</p> <p>300</p> |  | | | | |

- **Calcul de la déformation admissible sur le sol support $\epsilon_{z, ad}$ [12]**

On calcul les déformations admissibles pour la structure proposée suivante :

6 BB + 10 GB + 10 GB +30 Tuf + 30 Tuf

$$\epsilon_{z, ad} = 22 \times 10^{-3} \times TCE_i^{-0,235}$$

CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSÉE

$$TCEi = TPLi \times \frac{(1+\tau)^n - 1}{\tau} \times 365 \times A$$

Avec :

- ✓ TPLi = 468 PL/ j/sens
- ✓ Durée de vie : n = 20 ans
- ✓ Taux d'accroissement : $\tau = 4\%$
- ✓ Coefficient d'agressivité : A = 0.6

Tableau VII.7.Valeurs du coefficient d'agressivité A [12]

| Niveau de réseau principal | Types des matériaux et structures | Valeurs de A |
|----------------------------|---|--------------|
| RP1 | Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB, GB/Tuf, GB/SG ... | 0.6 |
| | Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL, BCg /GC | 1 |
| RP2 | Chaussées à matériaux non traités : GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG | 0.6 |
| | Chaussées à matériaux traités au bitume : SB/SG | 0.4 |
| RP1 et RP2 | Sol support (Calcul de $\epsilon_{z, ad}$) | 0.6 |

Application numérique :

$$\epsilon_{z, ad} = 22 \times 10^{-3} \times TCEi^{-0,235}$$

$$TCEi = TPLi \times \frac{(1 + \tau)^n - 1}{\tau} \times 365 \times A$$

$$TCEi = 468 \times \frac{(1 + 0.04)^{20} - 1}{0,04} \times 365 \times 0.6$$

$$TCEi = 3.05 \times 10^6$$

$$\epsilon_{z, ad} = 22 \times 10^{-3} \times (3.05 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z, ad} = 658 \times 10^{-6}$$

- Calcul de la déformation admissible $\epsilon_{t, ad}$ à la base de la GB [12]

$$\epsilon_{t, ad} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$

- ✓ **Kne** : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée
- ✓ **k θ** : facteur lié à la température
- ✓ **Kr** : facteur lié au risque et aux dispersions

CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSÉE

- ✓ **Kc** : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées **kc=1.3** pour matériaux traités au bitume
- ✓ **$\epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz})$** : contrainte de flexion limitée à 10^6 cycles donnés par l'essai de fatigue, **$\epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) = 100 \times 10^{-6}$** pour GB

$$Kne = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b$$

Avec :

- ✓ **b** : pente de la droite de fatigue

$$K\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}}$$

Ou :

- ✓ **E (10°C)** : Module complexe du matériau bitumineux à 10° C
- ✓ **E (θ_{eq})** : Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée

$$Kr = 10^{-tb\delta}$$

avec risque $r = 15\%$, d'où $t = -1.036$

$$\delta = \sqrt{\left(SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2\right)}$$

- ✓ **δ** : f (dispersion)
- ✓ **SN** : dispersion sur la loi de fatigue, $SN = 0.45$ pour GB
- ✓ **Sh** : dispersion sur les épaisseurs (en cm), $Sh = 3$ pour GB
- ✓ **C** : coefficient égal à 0.02

Tableau VII.8. Risques adoptés pour le réseau RP1 [12]

| Classe de trafic (TPLi) (PL/j/sens) | TPL3 | TPL4 | TPL5 | TPL6 | TPL7 |
|--|------|------|------|------|------|
| GB/GB, GB/GNT | 20% | 15% | 10% | 5% | 2% |
| GL/GL | 15% | 10% | 5% | 2% | 2% |
| BCg/GC | 12% | 10% | 5% | 2% | 2% |

Tableau VII. 9. Valeurs de t en fonction de r% [12]

| r% | 2 | 3 | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| t | -2.054 | -1.881 | -1.645 | -1.520 | -1.282 | -1.175 | -1.036 |

CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSÉE

| | | | | | | | |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| r% | 20 | 23 | 25 | 30 | 35 | 40 | 50 |
| t | -0.842 | -0.739 | -0.674 | -0.524 | -0.385 | -0.253 | 0 |

Application numérique :

D'après le fascicule on a : $\frac{-1}{b} = 6.84$ pour GB

$$b = \frac{-1}{6.84}$$

b = -0.146

$$Kne = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b = \left(\frac{3.05 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.146}$$

Kne = 0.85

$$K\theta = \left(\frac{E(10^\circ C \cdot 10Hz)}{E(\theta_{eq} \cdot 10Hz)}\right)^{0.5} = \left(\frac{12500}{7000}\right)^{0.5} = 1.34$$

K θ = 1.34

$$\delta = \sqrt{\left(SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2\right)} = \sqrt{\left(0.45^2 + \left(\frac{0,02}{-0.146} \times 3\right)^2\right)} = 0.61$$

δ = 0.61

$$Kr = 10^{-tb\delta} = 10^{-1.036 \times 0.146 \times 0.61}$$

Kr = 0.81

$$\varepsilon_{t, ad} = \varepsilon_6(10^\circ C, 25Hz) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$

$$\varepsilon_{t, ad} = 100 \times 10^{-6} \times 0.85 \times 1.34 \times 0.81 \times 1.3$$

$\varepsilon_{t, ad} = 119.94 \times 10^{-6}$

- **Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol-support**

On vérifie que ε_t et ε_z calculées à l'aide d'Alize, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées : **$\varepsilon_t < \varepsilon_{t, ad}$ et $\varepsilon_z < \varepsilon_{z, ad}$**

Les données et les résultats de calcul automatique s'affichent sur l'écran ALIZE-LCPC, voir **la figure VII.9 (a) et (b)**.

CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSÉE

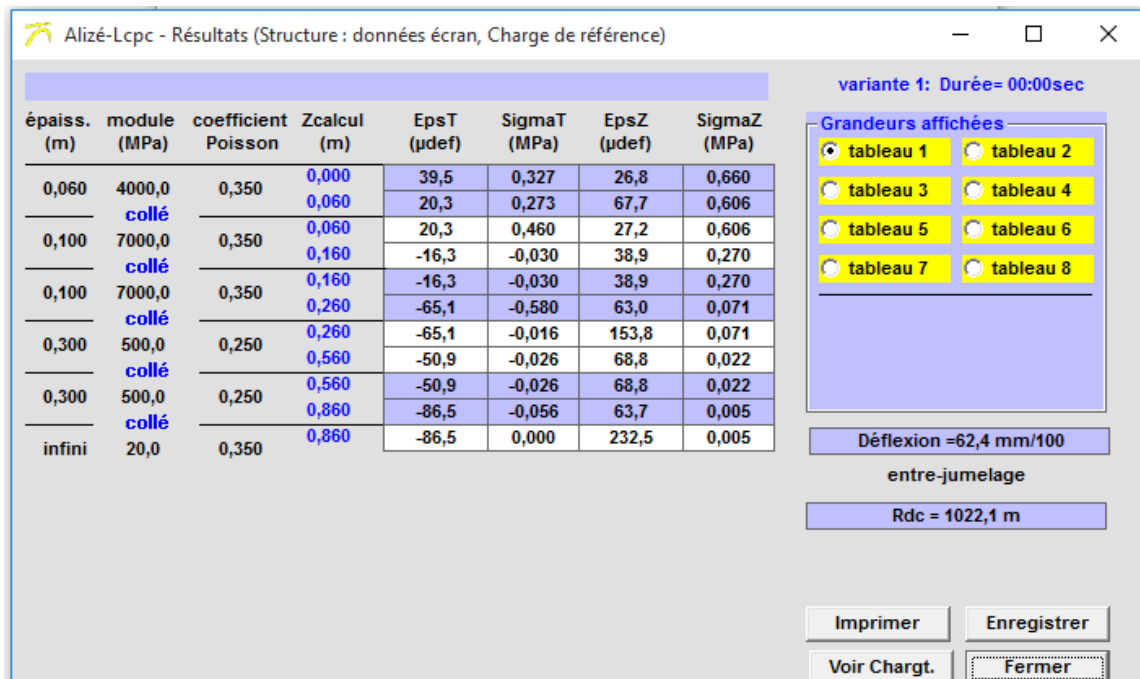
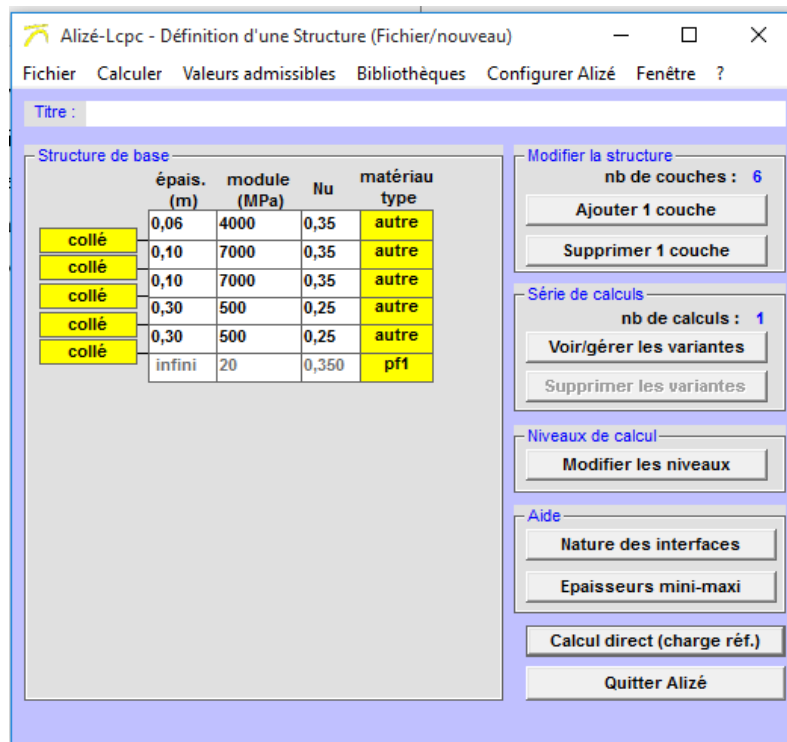


Figure VII. 9.(a) et (b).

D'après le tableau de la figure VII.8 (b), on a :

$$\varepsilon_z = 232.5 \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_t = 16.3 \times 10^{-6}$$

Nos valeurs calculées sont :

CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSÉE

$$\varepsilon_{z, ad} = 485 \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{t, ad} = 86.57 \times 10^{-6}$$

$$\text{Donc : } 16.3 \times 10^{-6} < 86.57 \times 10^{-6} \text{ et } 232.5 \times 10^{-6} < 485 \times 10^{-6}$$

La structure 6 BB/ 10 GB/10 GB/30 TUF/30 TUF est donc vérifiée, car $\varepsilon_t < \varepsilon_{t, ad}$ et $\varepsilon_z < \varepsilon_{z, ad}$

VII.7. Étude comparative des deux méthodes utiliser

L'utilisation des deux méthodes de calcul nos a permet de faire une étude comparative.

Les résultats trouvés sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VII. 10.Étude comparative des deux méthodes

| | Méthode CBR | Méthode de catalogue CTP |
|---|---|---|
| Épaisseur | Moins important (67 cm) | Important (86 cm) |
| Méthode d'application | Directe, courte | Indirecte, Longue |
| Type de méthode | Empirique, française | Rationnelle, algérienne |
| Vérification de comportement mécanique et physique | Non | Oui |
| Condition d'application | Globale, s'applique à tous les cas et a toutes les conditions | S'applique sur des cas bien précis, voir le fascicule 3. |
| Type de corps de chaussée proposer | Un nombre important selon les matériaux utilisés. | Un nombre limité, voir fascicule 3. |
| Logiciel de vérification des contraintes | N'existe pas | Existe l'ALIZÉ LCPC, logiciel qui ne prend pas en considération nos matériaux locaux. |

VII.8 Conclusion

Ce chapitre révèle que la méthode CBR a permis de réduire significativement l'épaisseur du corps de chaussée, ce qui la rend plus économique. Néanmoins, cette approche est empirique et ne tient pas compte du comportement physique et mécanique de la chaussée.

De plus, la technique du catalogue de dimensionnement de chaussée, qui est une méthode algérienne mise au point par le CTTTP et approuvée par le ministère des Travaux publics.

Nous offrons un corps de chaussée doté d'épaisseurs de structure importants. Elle se base sur des lois de comportement face à la fatigue et divers paramètres, qu'ils soient physiques ou mécaniques...

Néanmoins, le catalogue présente un ensemble limité de modèles de chaussée, car ce document se réfère à des scénarios typiques et traditionnels (durée de vie de 20 ans, TVO, etc.). Cela nécessite donc d'autres investigations approfondies dans des cas atypiques ou complexes (durée de vie de 13 ans, diverses propriétés et matériaux disponibles dans chaque région algérienne, etc.).

En outre, le logiciel de modélisation ALIZE intègre la méthode mise en œuvre par le LCPC ainsi que les matériaux disponibles dans leurs pays respectifs. Il serait clairement sage de concevoir un logiciel qui tient compte de nos matériaux en fonction de chaque région et de notre réglementation algérienne.

Nous envisageons d'adopter pour notre projet la structure identifiée par la méthode CBR, étant donné que cette approche est la plus répandue en Algérie sur le plan économique, comme nous l'avons mentionné précédemment.

CHAPITRE VIII PROFIL EN TRAVERS

VIII.1. Introduction

Un profil en travers d'une chaussée représente une coupe transversale perpendiculaire à son axe, décrivant sa surface dans un plan vertical à travers divers points. Dans le domaine de l'ingénierie routière, la création de multiples profils en travers est nécessaire pour obtenir une représentation précise de la route. Pour simplifier ce processus et éviter de détailler chaque dimension individuellement, les ingénieurs élaborent une "section" consolidée englobant l'ensemble des dimensions et détails constructifs. Cette section intègre la largeur des voies, des voies adjacentes, des bandes supplémentaires, ainsi que la pente des surfaces et des talus, parmi d'autres éléments pertinents. Cette approche favorise une meilleure compréhension de la structure de la chaussée et facilite la planification et la construction des infrastructures routières.

Dans ce chapitre, les profils en travers de projet sont discutés et réalisés.

VIII.2. Les éléments constructifs du profil en travers [13]

- **La chaussée** : est la surface aménagée de la route sur laquelle les véhicules circulent. Elle peut être soit en chaussée unique, soit en chaussée séparée par un terre-plein central.
- **La largeur rouable** : englobe les surlargeurs de la chaussée, la chaussée elle-même et la bande d'arrêt. Les surlargeurs structurelles de chaussée supportent le marquage de rive.
- **La plateforme** : désigne la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblai. Elle comprend une ou deux chaussées, ainsi que les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêt.
- **L'assiette** : correspond à la surface du terrain effectivement occupée par la route. Ses limites sont définies par les pieds de talus en remblai et la crête de talus en déblai.
- **L'emprise** : désigne la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et dédiée à la route et à ses infrastructures annexes telles que les talus, les chemins de désenclavement et les exutoires. Elle coïncide généralement avec le domaine public.
- **Les accotements** : sont les zones latérales de la plateforme qui bordent extérieurement la chaussée. Ils peuvent être nivelés ou surélevés.
- **Le terre-plein central** : assure la séparation des deux sens de circulation et s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend les surlargeurs de chaussée (bande de guidage) ainsi qu'une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

- **Le fossé** : est un ouvrage hydraulique conçu pour recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et des talus, ainsi que les eaux de pluie.
- **Le talus** : représente l'inclinaison du terrain qui dépend de la cohésion des sols qui le composent. Cette inclinaison est exprimée par une fraction (A/B) où A est la distance sur la base du talus et B est sa hauteur. Pour les remblais, l'inclinaison est généralement de (3/2) tandis que pour les déblais, elle est d'environ (1/1) dans des sols de moyenne cohésion.
- **La largeur de la chaussée** : dépend principalement du volume de circulation à gérer. Avec une largeur standard de véhicule de 2,50 mètres, cette mesure est considérée comme le minimum pour une voie. Sur les routes à circulation intense et rapide, une largeur de voie de 2,50 mètres est insuffisante, nécessitant au moins 3 mètres, voire 3,50 mètres, pour permettre le croisement et le dépassement sécurisé de véhicules de tous gabarits. Exceptionnellement, sur les routes peu fréquentées, la largeur de voie peut être réduite à 3 mètres (voire 2,50 mètres).

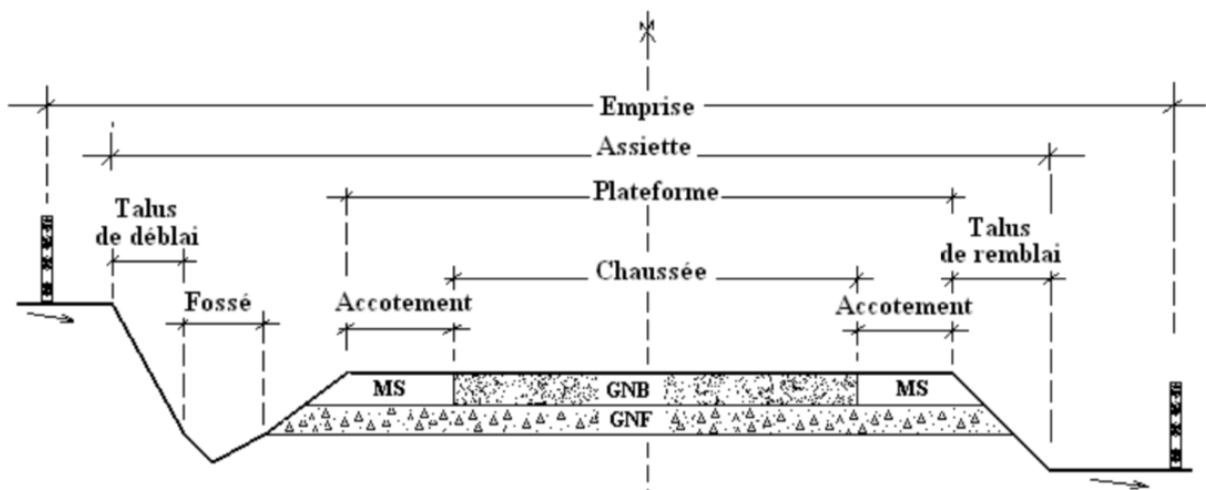


Figure VIII. 1. Les éléments constitutifs du profil en travers

VIII.3. Différent type de profile

On distingue trois catégories de profils en travers :

- Les profils en remblai : on apporte des terres pour surélever le terrain naturel dans le but de réaliser notre projet, voir la figure en dessous.

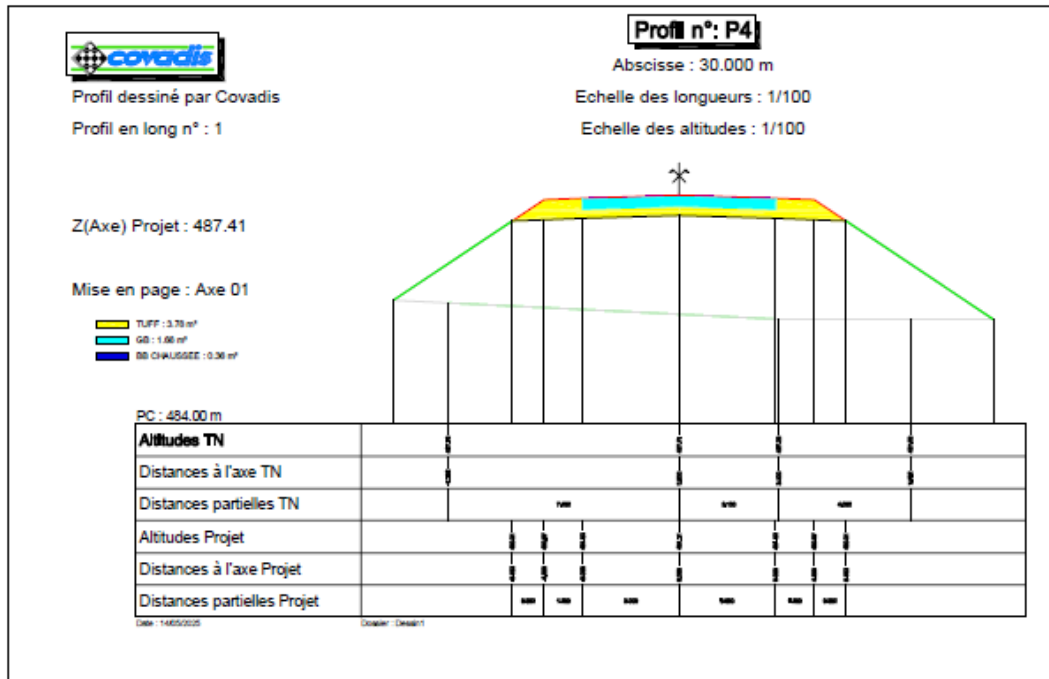


Figure VIII. 2. Exemple d'un profil en remblai cas de notre projet

- Les profils en déblai : on enlève des terres pour abaisser le niveau du terrain naturel dans le but de réaliser notre projet, voir la figure en dessous.

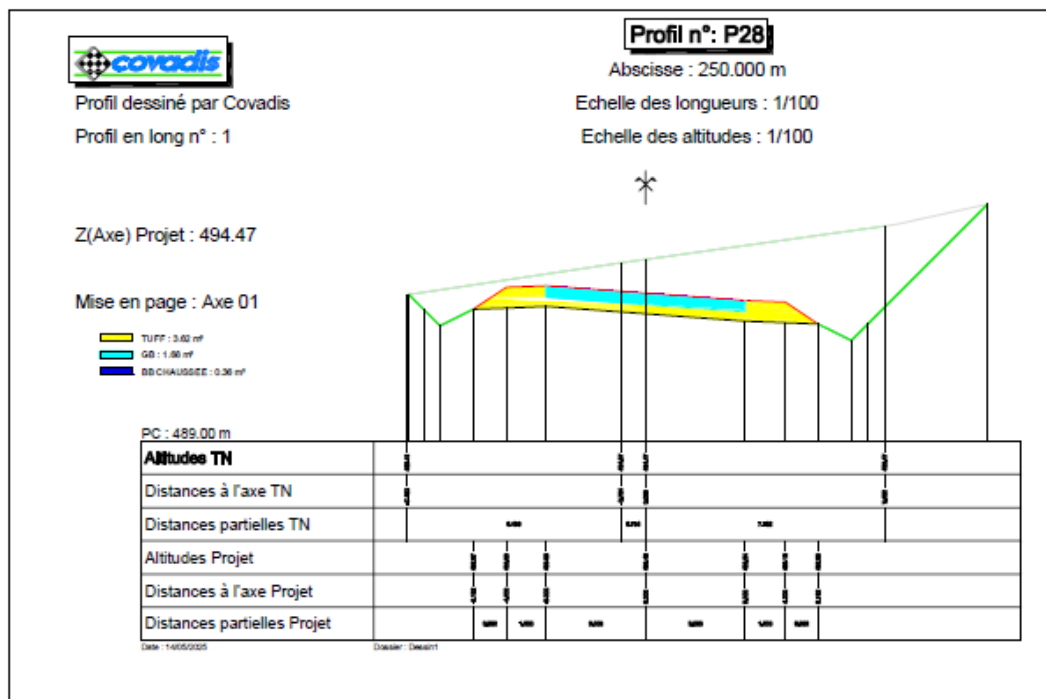


Figure VIII. 3. Exemple d'un profil en déblai cas de notre projet

- Les profils mixtes : c'est-à-dire qu'on enlève et on apporte des terres pour réaliser le projet, voir la figure en dessous.

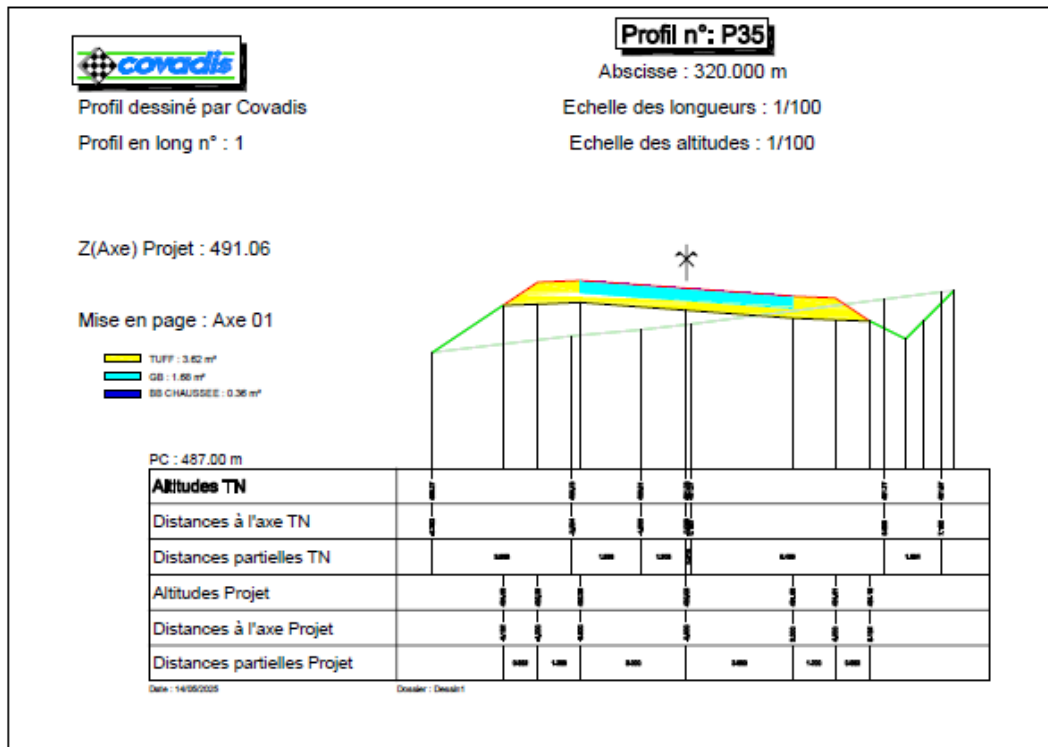


Figure VIII. 4.Exemple d'un profil mixte cas de notre projet

VIII.4. Conclusion

Après avoir réalisé l'étude de trafic, il a été convenu d'adopter un profil en travers comprenant 2 voies de circulation avec :

- Une largeur de chaussée : $3 \times 2 = 6$ m.
- Accotement : 1.2 m chacune
- Épaisseur de la chaussée : 67 cm.
- La couche de fondation sera en Tuf : 28.5 cm
- La couche de base sera en grave bitume : 28 cm
- La couche de roulement sera en béton bitumineux : 06 cm

CHAPITRE IX

CUBATURES

IX.1. Introduction

Les travaux de terrassement, regroupés sous le terme de mouvements des terres, visent principalement à altérer la configuration du terrain naturel afin de le préparer à accueillir divers ouvrages de manière générale. Ces opérations sont indispensables et couramment observées lors de l'analyse des profils en long et en travers. Modifier la forme du terrain naturel implique deux actions principales : l'ajout de terre (remblai) et le retrait de terre (déblai).

Le calcul des volumes de déblais et de remblais est connu sous le nom de cubature des terrassements.

IX.2. Définition

Les cubatures sont déterminées par le nombre de cubes de déblais et de remblais nécessaires pour obtenir une surface uniforme, sensiblement proche et adjacente à la ligne rouge de notre projet. Tant le profil en long que le profil en travers doivent inclure un nombre suffisant de points étroitement espacés afin que les lignes reliant ces différents points s'éloignent le moins possible de la ligne représentant le terrain.

IX.3. Méthode utilisée

Il y a différentes méthodes pour calculer le volume, parmi lesquelles figure la méthode de la moyenne des aires que nous utilisons. Cette méthode est très simple, mais elle présente un inconvénient majeur : elle peut produire des résultats avec une certaine marge d'erreur. Ainsi, pour s'approcher au plus près des résultats corrects et assurer une marge de sécurité, les valeurs trouvées doivent être majorées d'un coefficient de 10% [14–16].

IX.4. Description de la méthode

La formule suivante est utilisée pour calculer le volume entre deux profils successifs :

$$V = \frac{h}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_0)$$

Avec :

h : hauteur entre deux profils.

S₀ : surface limitée à mi des profils.

S_1, S_2 : surface des deux profils.

IX.5. Application :

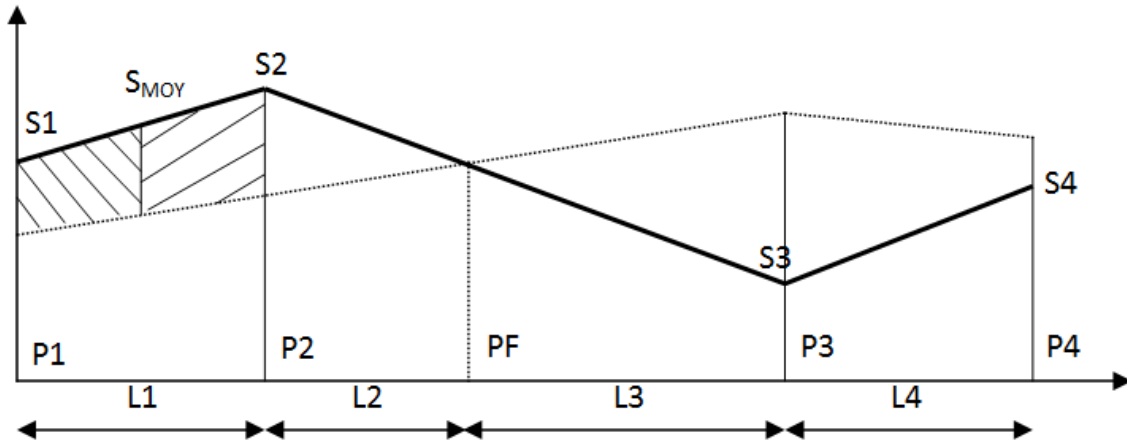


Figure XI. 1.Schéma représentant la surface entre profils

- PF: profil fictif, surface nulle.
- S_i : surface de profil en travers P_i .
- L_i : distance entre ces deux profils.
- S_{MOY} : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance L_i).

Afin d'éviter une longue opération de calcul, nous simplifions cette formule en conservant deux expressions très similaires : $S_{MOY}, \frac{S_1+S_2}{2}$

○ **Volume des déblais**

Entre P_1 et P_2 : $Vd1 = \frac{L1}{2} \times (S1 + S2)$

Entre P_2 et PF : $Vd2 = \frac{L2}{2} \times (S2 + 0)$

Alors le volume du déblai total :

$$Vdt = Vd1 + Vd2 = \frac{L1}{2} \times (S1 + S2) + \frac{L2}{2} \times (S2 + 0)$$

$$Vdt = (S1 \times \frac{L1}{2}) + (S2 + \frac{L1 + L2}{2})$$

○ **Volume des remblais**

Entre PF et P_3 : $Vr3 = L3 \times \frac{0+S3}{2}$

Entre P3 et P4 : $V_{r4} = L4 \times \frac{S3+S4}{2}$

Alors le volume du remblai total est :

$$V = V_{r3} + V_{r4} = \left(S3 \times \frac{L3 + L4}{2} \right) + \left(S4 \times \frac{L4}{2} \right)$$

○ **Volume total**

$$V = \left(S1 \times \frac{L1}{2} \right) + \left(S2 + \frac{L1 + L2}{2} \right) + \left(S3 \times \frac{L3 + L4}{2} \right) + \left(S4 \times \frac{L4}{2} \right)$$

IX.6. Conclusion

Les résultats présentés dans le tableau suivant ont été obtenus à partir des calculs effectués à l'aide du logiciel COVADIS, dont les détails sont inclus en annexe.

Tableau XI.1. Résultats des cubatures pour les deux variantes.

| Variante 1 | | |
|---------------------|-------------------------------|------------------|
| Terrassement | Volume (m³) | |
| Remblai | 28753,836 | Excès de déblai |
| Déblai | 64488,757 | |
| Variante 2 | | |
| Remblai | 490187,8 | Excès de Remblai |
| Déblai | 39484,2 | |

Remarque :

La première option (**Variante 1**) a été retenue comme solution de référence, compte tenu des éléments détaillés mentionnés dans les points précédents.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Au terme de ce travail académique, il apparaît clairement que l'étude et la conception des infrastructures routières ne se limitent pas aux seuls aspects techniques, mais relèvent d'un processus complexe intégrant des considérations d'ordre ingénierique, économique, environnemental et sociologique. Ce projet, dédié à l'étude détaillée du tracé d'une route de contournement au niveau de la commune de MAZOUNA, a mis en évidence l'importance d'une planification rigoureuse et d'une conception précise pour garantir la qualité et la durabilité des projets routiers.

Cette étude a nécessité l'adoption d'une méthodologie intégrée reposant sur la collecte et l'analyse de données de terrain, l'étude des caractéristiques géotechniques, la définition des normes techniques conformément à la réglementation nationale, ainsi que l'évaluation du trafic routier et le choix des solutions optimales en termes de sécurité et de faisabilité technique. Ce processus a été appuyé par l'utilisation d'outils numériques spécialisés tels que Covadis, ALIZE et AutoCAD, qui ont contribué à accélérer le traitement et à améliorer la précision des résultats, permettant ainsi une représentation réaliste du projet et l'anticipation des contraintes potentielles.

Par ailleurs, cette expérience a constitué une opportunité précieuse pour renforcer nos compétences dans l'utilisation des logiciels bureautiques et dans l'organisation méthodique des références bibliographiques à travers Mendeley, ce qui a représenté une valeur ajoutée notable dans notre parcours académique et professionnel. Elle nous a également permis de développer notre esprit d'analyse, notre rigueur dans la prise de décision technique, et notre ouverture sur le milieu professionnel réel.

En somme, ce projet ne constitue pas uniquement l'aboutissement d'un parcours universitaire, mais il marque aussi le début d'une nouvelle étape de maturité scientifique et de préparation à assumer des responsabilités professionnelles dans un domaine stratégique, en lien direct avec le développement régional et la pérennité des infrastructures.

Références bibliographiques

- [1] Ministère_de_l'industrie, Monographie wilaya de Relizane, 2022.
- [2] Ministère_des_Travaux_Publics, Etudes générales techniques et économiques des aménagements routiers-B40-, 1977.
- [3] B. Ikrame, B. Oumelkheir, A. Zohra, B. Yacine, Étude géométrique de l'évitement d'Oued rhiou sur 03 km du PK 00+000 au PK 03+000, 2024.
- [4] B. Fouzia, K. Amel, H.M. Adda, Y. Benali, Étude géométrique de la route reliant CW 09 au Barrage Kramis sur 02 km du PK 00+000 au PK 02+000, 2024.
- [5] B. Hadj, Les essais de laboratoire de routes - Manuel de T.P-, 2017.
- [6] Ministère_des_travaux_publics, Recueil des normes algériennes secteur des travaux publics, 2010.
- [7] B. Yacine, Cours Route 1 et 2, 2024.
- [8] Ministère_des_Travaux_Publics, Etudes générales techniques et économiques des aménagements routiers-B30-, 1978.
- [9] K. Asmaa, Comparaison entre la chaussée souple et la chaussée rigide, Université d'Ain Temouchent, 2020.
- [10] Organisme_National_de_Contrôle_Technique_des_Travaux_CTTP, Catalogue de dimensionnement des Chaussées Neuves - Fascicule 1-, 2001.
- [11] Organisme_National_de_Contrôle_Technique_des_Travaux_CTTP, Catalogue de Dimensionnement des Chaussées neuves -Fascicule 3-, 2001.
- [12] Organisme_National_de_Contrôle_Technique_des_Travaux_CTTP, Catalogue de dimensionnement des Chaussées Neuves -fascicule 2-, 2001.
- [13] H. Slimane, Construction des Routes, 2006.
- [14] S. Bilel, Etude d'un évitement d'ouled Boughalem reliant la wilaya de Mostaganem et la wilaya de Chlef sur 4.2 Km, Université de Mostagenem, 2022.

- [15] K. Saad, Etude de dédoublement de la RN6A entre Bougtob et El Bayadh, section du PK21+000 au PK33+000 avec conception d'un échangeur, Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics, 2019.
- [16] A.A. Mohamed, Etude technique et étude managériale d'un projet routier : Cas pratique « Tronçon Routier sur un 1 KM Reliant Ogulel Sendel et Tousmouline ». Wilaya D'EL Bayadh, Université de Tlemcen, 2022.

ANNEXE TRACE EN PLAN

Axe en plan

Variante 01

| Eléments caractéristiques | | | | Points de Contacts | | |
|--|------------|-------------|----------|--------------------|------------|-------------|
| Nom | Paramètres | | Longueur | Abscisse | X | Y |
| Droite 1 | Gisement | 201,6149 | 138,697 | 0,000 | 308113,948 | 4000768,764 |
| Clothoïde 1 | Paramètre | -155,0417 | 96,152 | 138,697 | 308110,430 | 4000630,112 |
| Arc 1 | Rayon | -250,0000 | 89,395 | 234,848 | 308101,855 | 4000534,502 |
| | Centre X | 307857,754 | | | | |
| | Centre Y | 4000588,491 | | | | |
| Clothoïde 2 | Paramètre | 155,0417 | 96,152 | 324,244 | 308067,518 | 4000452,480 |
| Droite 2 | Gisement | 248,8641 | 256,513 | 420,395 | 308005,422 | 4000379,275 |
| Clothoïde 3 | Paramètre | -332,9656 | 138,583 | 676,908 | 307827,305 | 4000194,685 |
| Arc 2 | Rayon | -800,0000 | 80,701 | 815,491 | 307728,271 | 4000097,812 |
| | Centre X | 307202,795 | | | | |
| | Centre Y | 4000701,032 | | | | |
| Clothoïde 4 | Paramètre | 332,9656 | 138,583 | 896,192 | 307664,852 | 4000047,960 |
| Droite 3 | Gisement | 266,3141 | 129,618 | 1034,774 | 307547,330 | 3999974,606 |
| Clothoïde 5 | Paramètre | 332,9656 | 138,583 | 1164,392 | 307435,438 | 3999909,176 |
| Arc 3 | Rayon | 800,0000 | 66,324 | 1302,974 | 307317,916 | 3999835,822 |
| | Centre X | 307779,973 | | | | |
| | Centre Y | 3999182,750 | | | | |
| Clothoïde 6 | Paramètre | -332,9656 | 138,583 | 1369,299 | 307265,422 | 3999795,316 |
| Droite 4 | Gisement | 250,0082 | 120,783 | 1507,881 | 307164,663 | 3999700,237 |
| Clothoïde 7 | Paramètre | 202,8853 | 98,006 | 1628,664 | 307079,246 | 3999614,842 |
| Arc 4 | Rayon | 420,0000 | 282,742 | 1726,670 | 307012,723 | 3999542,951 |
| | Centre X | 307342,227 | | | | |
| | Centre Y | 3999282,515 | | | | |
| Clothoïde 8 | Paramètre | -202,8853 | 98,006 | 2009,412 | 306922,231 | 3999280,691 |
| Droite 5 | Gisement | 192,2959 | 192,003 | 2107,417 | 306930,266 | 3999183,075 |
| Clothoïde 9 | Paramètre | -169,9391 | 96,152 | 2299,421 | 306953,445 | 3998992,476 |
| Arc 5 | Rayon | -300,3515 | 256,429 | 2395,572 | 306959,939 | 3998896,654 |
| | Centre X | 306659,817 | | | | |
| | Centre Y | 3998908,379 | | | | |
| Clothoïde 10 | Paramètre | 169,9391 | 96,152 | 2652,001 | 306848,204 | 3998674,454 |
| Droite 6 | Gisement | 267,0283 | 201,739 | 2748,153 | 306767,411 | 3998622,524 |
| | | | | 2949,892 | 306592,130 | 3998522,649 |
| Longueur totale de l'axe 2949.892 mètres | | | | | | |

| Points d'intersection (P.I.) | | |
|------------------------------|------------|-------------|
| N° | X | Y |
| 1 | 308106,729 | 4000484,263 |
| 2 | 307702,494 | 4000065,339 |
| 3 | 307286,598 | 3999822,141 |
| 4 | 306899,600 | 3999435,242 |
| 5 | 306983,464 | 3998745,631 |

Axe en plan

Variante 02

| Elts Caractéristiques | | | Points de Contacts | | |
|---|------------------------|----------|--------------------|------------|-------------|
| Nom | Paramètres | Longueur | Abscisse | X | Y |
| Droite 1 | Gisement 187.21gr | 179,579 | 0,000 | 308042,821 | 4000797,997 |
| Clothoïde 1 | Paramètre -104,881 | 50,000 | 179,579 | 308078,665 | 4000622,032 |
| Arc 1 | Rayon -220.000 m | 162,499 | 229,579 | 308086,778 | 4000572,724 |
| | Centre X 307867.616 m | | | | |
| | Centre Y 4000553.538 m | | | | |
| Clothoïde 2 | Paramètre 104,881 | 50,000 | 392,077 | 308042,580 | 4000420,168 |
| Droite 2 | Gisement 248.70gr | 311,844 | 442,077 | 308009,364 | 4000382,833 |
| Clothoïde 3 | Paramètre -173,205 | 50,000 | 753,921 | 307793,412 | 4000157,863 |
| Arc 2 | Rayon -600.000 m | 86,549 | 803,921 | 307758,292 | 4000122,280 |
| | Centre X 307343.125 m | | | | |
| | Centre Y 4000555.450 m | | | | |
| Clothoïde 4 | Paramètre 173,205 | 50,000 | 890,470 | 307691,713 | 4000067,099 |
| Droite 3 | Gisement 263.19gr | 374,037 | 940,470 | 307650,229 | 4000039,193 |
| Clothoïde 5 | Paramètre 158,114 | 50,000 | 1314,507 | 307337,006 | 3999834,755 |
| Arc 3 | Rayon 500.000 m | 66,700 | 1364,507 | 307295,601 | 3999806,736 |
| | Centre X 307589.472 m | | | | |
| | Centre Y 3999402.212 m | | | | |
| Clothoïde 6 | Paramètre -158,114 | 50,000 | 1431,207 | 307244,409 | 3999764,056 |
| Droite 4 | Gisement 248.33gr | 312,838 | 1481,207 | 307209,398 | 3999728,367 |
| Clothoïde 7 | Paramètre 111,803 | 50,000 | 1794,045 | 306994,074 | 3999501,423 |
| Arc 4 | Rayon 250.000 m | 198,046 | 1844,045 | 306960,902 | 3999464,042 |
| | Centre X 307158.533 m | | | | |
| | Centre Y 3999310.934 m | | | | |
| Clothoïde 8 | Paramètre -111,803 | 50,000 | 2042,091 | 306910,743 | 3999277,769 |
| Droite 5 | Gisement 185.16gr | 210,269 | 2092,091 | 306920,658 | 3999228,784 |
| Clothoïde 9 | Paramètre -111,803 | 50,000 | 2302,360 | 306969,219 | 3999024,200 |
| Arc 5 | Rayon -250.000 m | 234,710 | 2352,360 | 306979,135 | 3998975,216 |
| | Centre X 306731.345 m | | | | |
| | Centre Y 3998942.051 m | | | | |
| Clothoïde 10 | Paramètre 111,803 | 50,000 | 2587,070 | 306904,480 | 3998761,707 |
| Droite 6 | Gisement 257.66gr | 246,468 | 2637,070 | 306866,202 | 3998729,574 |
| | | | 2883,538 | 306672,253 | 3998577,486 |
| Longueur totale de l'axe 2883.538 mètre(s) | | | | | |

ANNEXE PROFIL EN LONG

Profil en long

Variante 01

| Caractéristiques | Long. 2D (m) | Long. 3D (m) | S = Abscisse | Z projet (m) | X | Y | Z TN (m) |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|-------------|----------|
| | | | 0,000 | 490,553 | 308113,948 | 4000768,764 | 489,792 |
| Rampe = 1.862 % | 131,721 | 131,744 | | | | | |
| | | | 131,721 | 493,006 | 308110,607 | 4000637,085 | 494,990 |
| Arc de parabole | 216,557 | 216,591 | | | | | |
| Rayon = -4000.0000 S haut = 206.218 Z haut = 493.700 | | | | | | | |
| | | | 348,279 | 491,177 | 308053,570 | 4000432,914 | 490,516 |
| Pente = -3.552 % | 111,956 | 112,027 | | | | | |
| | | | 460,235 | 487,201 | 307977,758 | 4000350,606 | 485,734 |
| Arc de parabole | 179,531 | 179,573 | | | | | |
| Rayon = 2400.0000 S bas = 545.471 Z bas = 485.688 | | | | | | | |
| | | | 639,765 | 487,540 | 307853,096 | 4000221,414 | 486,696 |
| Rampe = 3.929 % | 128,460 | 128,559 | | | | | |
| | | | 768,225 | 492,587 | 307763,082 | 4000129,777 | 495,243 |
| Arc de parabole | 183,550 | 183,587 | | | | | |
| Rayon = -3500.0000 S haut = 905.738 Z haut = 495.289 | | | | | | | |
| | | | 951,775 | 494,986 | 307618,537 | 4000017,241 | 492,004 |
| Pente = -1.315 % | 198,351 | 198,368 | | | | | |
| | | | 1150,125 | 492,377 | 307447,754 | 3999916,378 | 496,633 |
| Arc de parabole | 57,700 | 57,702 | | | | | |
| Rayon = 2400.0000 S bas = 1181.693 Z bas = 492.169 | | | | | | | |
| | | | 1207,826 | 492,311 | 307398,007 | 3999887,145 | 496,663 |
| Rampe = 1.089 % | 480,024 | 480,053 | | | | | |
| | | | 1687,850 | 497,538 | 307037,991 | 3999572,410 | 504,553 |
| Arc de parabole | 275,554 | 275,684 | | | | | |
| Rayon = -4000.0000 S haut = 1731.404 Z haut = 497.775 | | | | | | | |
| | | | 1963,404 | 491,047 | 306924,549 | 3999326,618 | 496,086 |
| Pente = -5.800 % | 315,203 | 315,733 | | | | | |
| | | | 2278,607 | 472,765 | 306950,932 | 3999013,137 | 475,623 |
| Arc de parabole | 336,781 | 336,944 | | | | | |
| Rayon = 5000.0000 S bas = 2568.607 Z bas = 464.355 | | | | | | | |
| | | | 2615,388 | 464,574 | 306875,251 | 3998699,098 | 461,183 |
| Rampe = 0.936 % | 334,504 | 334,519 | | | | | |
| | | | 2949,892 | 467,704 | 306592,130 | 3998522,649 | 463,521 |
| Longueur totale | 2949,892 | | | | | | |

Profil en long

Variante 02

| Elts Caractéristiques | | | Points de Contacts | |
|---|-------------------------|----------|--------------------|----------|
| Nom | Pente / Rayon | Longueur | Abscisse | Altitude |
| Pente 1 | Pente 2.33 % | 143,072 | 0,000 | 494,129 |
| Parabole 1 | Rayon -5000.000 m | 193,856 | 143,072 | 497,466 |
| | Sommet Absc. 259.705 m | | | |
| | Sommet Alt. 498.827 m | | | |
| Pente 2 | Pente -1.54 % | 368,786 | 336,928 | 498,230 |
| Parabole 2 | Rayon 2000.000 m | 56,876 | 705,714 | 492,534 |
| | Sommet Absc. 736.603 m | | | |
| | Sommet Alt. 492.296 m | | | |
| Pente 3 | Pente 1.30 % | 737,183 | 762,590 | 492,465 |
| Parabole 3 | Rayon -6000.000 m | 422,807 | 1499,772 | 502,043 |
| | Sommet Absc. 1577.733 m | | | |
| | Sommet Alt. 502.550 m | | | |
| Pente 4 | Pente -5.75 % | 98,098 | 1922,580 | 492,640 |
| Parabole 4 | Rayon 1900.000 m | 139,945 | 2020,677 | 487,002 |
| | Sommet Absc. 2129.879 m | | | |
| | Sommet Alt. 483.864 m | | | |
| Pente 5 | Pente 1.62 % | 201,322 | 2160,623 | 484,112 |
| Parabole 5 | Rayon -4000.000 m | 283,989 | 2361,945 | 487,370 |
| | Sommet Absc. 2426.669 m | | | |
| | Sommet Alt. 487.894 m | | | |
| Pente 6 | Pente -5.48 % | 237,548 | 2645,934 | 481,884 |
| | | | 2883,482 | 468,863 |
| Longueur totale de l'axe 2883.482 mètre(s) | | | | |
| Longueur développée totale de l'axe 2884.554 mètre(s) | | | | |

ANNEXE CUBATURES

Cubatures déblai/ remblai

Variante 01

Volume cumulé Déblais (m³) : 64488,757

Volume cumulé remblais (m³) : 28753,836

| Profil n° | Abscisse | Longueur d'application | Déblais (dans l'emprise de la ligne Projet) | | | | | Remblais (dans l'emprise de la ligne Projet) | | | | |
|-----------|----------|------------------------|---|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|--|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|
| | | | Surf. G (m ²) | Surf. D (m ²) | Surf. Tot (m ²) | Volume (m ³) | Cumul Vol. (m ³) | Surf. G (m ²) | Surf. D (m ²) | Surf. Tot (m ²) | Volume (m ³) | Cumul Vol. (m ³) |
| P1 | 0,000 | 5,000 | 0,00 | 0,85 | 0,85 | 4,260 | 4,260 | 1,36 | 0,08 | 1,45 | 7,236 | 7,236 |
| P2 | 10,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4,260 | 5,79 | 4,71 | 10,50 | 104,996 | 112,232 |
| P3 | 20,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4,260 | 9,67 | 9,66 | 19,33 | 193,329 | 305,561 |
| P4 | 30,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4,260 | 14,88 | 16,09 | 30,97 | 309,707 | 615,268 |
| P5 | 40,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4,260 | 17,75 | 18,80 | 36,55 | 365,487 | 980,755 |
| P6 | 50,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4,260 | 19,66 | 20,72 | 40,38 | 403,787 | 1384,542 |
| P7 | 60,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4,260 | 19,70 | 20,15 | 39,85 | 398,496 | 1783,038 |
| P8 | 70,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4,260 | 15,21 | 15,62 | 30,83 | 308,271 | 2091,308 |
| P9 | 80,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4,260 | 10,69 | 11,08 | 21,77 | 217,683 | 2308,992 |
| P10 | 90,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4,260 | 5,98 | 6,13 | 12,10 | 121,048 | 2430,040 |
| P11 | 100,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,004 | 4,263 | 0,54 | 0,67 | 1,21 | 12,121 | 2442,161 |
| P12 | 110,000 | 10,000 | 4,98 | 4,71 | 9,70 | 96,960 | 101,223 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P13 | 120,000 | 10,000 | 9,89 | 9,86 | 19,75 | 197,453 | 298,677 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P14 | 130,000 | 9,348 | 13,38 | 13,37 | 26,76 | 250,122 | 548,799 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P15 | 138,697 | 5,000 | 15,29 | 16,67 | 31,96 | 159,814 | 708,613 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P16 | 140,000 | 5,652 | 15,89 | 17,20 | 33,10 | 187,050 | 895,664 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P17 | 150,000 | 10,000 | 20,92 | 21,70 | 42,62 | 426,245 | 1321,908 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P18 | 160,000 | 10,000 | 24,63 | 25,76 | 50,39 | 503,901 | 1825,809 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P19 | 170,000 | 10,000 | 27,65 | 28,89 | 56,54 | 565,358 | 2391,167 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P20 | 180,000 | 10,000 | 28,60 | 30,73 | 59,33 | 593,299 | 2984,465 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P21 | 190,000 | 10,000 | 28,36 | 30,60 | 58,96 | 589,615 | 3574,080 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P22 | 200,000 | 10,000 | 27,38 | 29,80 | 57,18 | 571,815 | 4145,895 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P23 | 210,000 | 10,000 | 23,39 | 28,66 | 52,05 | 520,503 | 4666,398 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P24 | 220,000 | 10,000 | 21,59 | 27,90 | 49,50 | 494,962 | 5161,360 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P25 | 230,000 | 7,424 | 16,03 | 21,22 | 37,25 | 276,585 | 5437,945 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P26 | 234,848 | 5,000 | 12,18 | 17,44 | 29,62 | 148,090 | 5586,035 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P27 | 240,000 | 7,576 | 8,28 | 13,61 | 21,90 | 165,889 | 5751,923 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P28 | 250,000 | 10,000 | 5,80 | 11,29 | 17,09 | 170,855 | 5922,779 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P29 | 260,000 | 10,000 | 3,21 | 8,04 | 11,25 | 112,495 | 6035,274 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2442,161 |
| P30 | 270,000 | 10,000 | 0,69 | 5,50 | 6,18 | 61,830 | 6097,104 | 0,45 | 0,00 | 0,45 | 4,452 | 2446,612 |
| P31 | 280,000 | 10,000 | 0,09 | 3,68 | 3,77 | 37,687 | 6134,791 | 1,56 | 0,00 | 1,56 | 15,561 | 2462,174 |
| P32 | 290,000 | 10,000 | 0,00 | 2,21 | 2,21 | 22,100 | 6156,891 | 3,00 | 0,02 | 3,03 | 30,267 | 2492,441 |
| P33 | 300,000 | 10,000 | 0,00 | 1,40 | 1,40 | 13,951 | 6170,842 | 3,88 | 0,19 | 4,06 | 40,634 | 2533,075 |
| P34 | 310,000 | 10,000 | 0,00 | 1,12 | 1,12 | 11,246 | 6182,088 | 4,26 | 0,30 | 4,55 | 45,513 | 2578,588 |
| P35 | 320,000 | 7,122 | 0,00 | 0,96 | 0,96 | 6,826 | 6188,915 | 4,21 | 0,40 | 4,61 | 32,865 | 2611,453 |
| P36 | 324,244 | 5,000 | 0,00 | 0,91 | 0,91 | 4,570 | 6193,485 | 4,06 | 0,41 | 4,46 | 22,313 | 2633,766 |
| P37 | 330,000 | 7,878 | 0,00 | 0,90 | 0,90 | 7,086 | 6200,571 | 3,67 | 0,35 | 4,02 | 31,691 | 2665,457 |
| P38 | 340,000 | 10,000 | 0,00 | 1,19 | 1,19 | 11,856 | 6212,427 | 2,80 | 0,14 | 2,94 | 29,371 | 2694,828 |
| P39 | 350,000 | 10,000 | 0,00 | 1,90 | 1,90 | 19,033 | 6231,460 | 1,64 | 0,00 | 1,64 | 16,422 | 2711,251 |
| P40 | 360,000 | 10,000 | 0,22 | 2,98 | 3,20 | 31,976 | 6263,435 | 0,52 | 0,00 | 0,52 | 5,205 | 2716,456 |
| P41 | 370,000 | 10,000 | 1,16 | 4,24 | 5,40 | 54,036 | 6317,471 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2716,456 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------|--------|-------|-------|-------|---------|-----------|-------|-------|-------|---------|----------|
| P42 | 380,000 | 10,000 | 2,73 | 4,18 | 6,91 | 69,084 | 6386,556 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2716,456 |
| P43 | 390,000 | 10,000 | 2,17 | 2,70 | 4,86 | 48,641 | 6435,197 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 2716,456 |
| P44 | 400,000 | 10,000 | 0,07 | 1,59 | 1,66 | 16,627 | 6451,824 | 0,16 | 0,00 | 0,16 | 1,620 | 2718,076 |
| P45 | 410,000 | 10,000 | 0,00 | 0,90 | 0,90 | 8,980 | 6460,804 | 1,38 | 0,13 | 1,51 | 15,091 | 2733,167 |
| P46 | 420,000 | 5,198 | 0,00 | 0,78 | 0,78 | 4,050 | 6464,853 | 2,19 | 0,23 | 2,42 | 12,572 | 2745,738 |
| P47 | 420,395 | 5,000 | 0,00 | 0,79 | 0,79 | 3,927 | 6468,780 | 2,20 | 0,23 | 2,43 | 12,131 | 2757,869 |
| P48 | 430,000 | 9,802 | 0,00 | 0,49 | 0,49 | 4,838 | 6473,618 | 2,88 | 0,64 | 3,52 | 34,502 | 2792,372 |
| P49 | 440,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,003 | 6473,621 | 3,17 | 1,38 | 4,55 | 45,525 | 2837,896 |
| P50 | 450,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 6473,621 | 3,63 | 1,93 | 5,56 | 55,629 | 2893,525 |
| P51 | 460,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 6473,621 | 4,64 | 3,07 | 7,71 | 77,137 | 2970,663 |
| P52 | 470,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 6473,621 | 4,44 | 3,57 | 8,01 | 80,066 | 3050,729 |
| P53 | 480,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 6473,621 | 4,22 | 3,32 | 7,54 | 75,403 | 3126,132 |
| P54 | 490,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 6473,621 | 3,92 | 3,16 | 7,08 | 70,833 | 3196,965 |
| P55 | 500,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 6473,621 | 3,61 | 2,83 | 6,44 | 64,415 | 3261,380 |
| P56 | 510,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 6473,621 | 3,04 | 2,42 | 5,46 | 54,622 | 3316,002 |
| P57 | 520,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 6473,621 | 3,39 | 2,00 | 5,39 | 53,902 | 3369,904 |
| P58 | 530,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 6473,621 | 4,67 | 3,11 | 7,79 | 77,883 | 3447,787 |
| P59 | 540,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 6473,621 | 5,12 | 3,92 | 9,05 | 90,462 | 3538,249 |
| P60 | 550,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 6473,621 | 5,42 | 4,37 | 9,80 | 97,964 | 3636,213 |
| P61 | 560,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 6473,621 | 5,89 | 4,77 | 10,66 | 106,590 | 3742,803 |
| P62 | 570,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 6473,621 | 5,17 | 4,30 | 9,47 | 94,698 | 3837,501 |
| P63 | 580,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 6473,621 | 4,52 | 3,53 | 8,05 | 80,503 | 3918,005 |
| P64 | 590,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 6473,621 | 4,04 | 2,82 | 6,85 | 68,548 | 3986,552 |
| P65 | 600,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 6473,621 | 3,39 | 2,20 | 5,59 | 55,859 | 4042,411 |
| P66 | 610,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 6473,621 | 2,81 | 1,57 | 4,38 | 43,753 | 4086,164 |
| P67 | 620,000 | 10,000 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 0,392 | 6474,013 | 2,17 | 0,79 | 2,97 | 29,671 | 4115,834 |
| P68 | 630,000 | 10,000 | 0,00 | 0,24 | 0,24 | 2,423 | 6476,436 | 1,27 | 0,25 | 1,52 | 15,240 | 4131,074 |
| P69 | 640,000 | 10,000 | 0,00 | 0,41 | 0,41 | 4,147 | 6480,583 | 1,50 | 0,24 | 1,74 | 17,413 | 4148,487 |
| P70 | 650,000 | 10,000 | 0,39 | 2,19 | 2,58 | 25,752 | 6506,335 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,201 | 4148,689 |
| P71 | 660,000 | 10,000 | 1,94 | 4,08 | 6,02 | 60,168 | 6566,503 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4148,689 |
| P72 | 670,000 | 8,454 | 5,05 | 7,70 | 12,75 | 107,782 | 6674,285 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4148,689 |
| P73 | 676,908 | 5,000 | 7,40 | 10,49 | 17,89 | 89,435 | 6763,719 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4148,689 |
| P74 | 680,000 | 6,546 | 8,49 | 11,17 | 19,65 | 128,653 | 6892,372 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4148,689 |
| P75 | 690,000 | 10,000 | 9,81 | 13,98 | 23,79 | 237,918 | 7130,290 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4148,689 |
| P76 | 700,000 | 10,000 | 13,55 | 17,65 | 31,20 | 311,991 | 7442,281 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4148,689 |
| P77 | 710,000 | 10,000 | 13,83 | 19,25 | 33,08 | 330,798 | 7773,079 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4148,689 |
| P78 | 720,000 | 10,000 | 15,85 | 21,21 | 37,06 | 370,552 | 8143,631 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4148,689 |
| P79 | 730,000 | 10,000 | 16,60 | 22,36 | 38,96 | 389,635 | 8533,266 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4148,689 |
| P80 | 740,000 | 10,000 | 19,81 | 24,24 | 44,05 | 440,499 | 8973,765 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4148,689 |
| P81 | 750,000 | 10,000 | 20,44 | 25,29 | 45,73 | 457,338 | 9431,103 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4148,689 |
| P82 | 760,000 | 10,000 | 18,33 | 22,65 | 40,98 | 409,797 | 9840,901 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4148,689 |
| P83 | 770,000 | 10,000 | 14,59 | 18,62 | 33,21 | 332,132 | 10173,033 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4148,689 |
| P84 | 780,000 | 10,000 | 10,85 | 15,17 | 26,02 | 260,201 | 10433,234 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4148,689 |
| P85 | 790,000 | 10,000 | 4,30 | 7,19 | 11,49 | 114,919 | 10548,153 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 4148,689 |
| P86 | 800,000 | 10,000 | 0,30 | 2,96 | 3,26 | 32,601 | 10580,754 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,076 | 4148,765 |
| P87 | 810,000 | 7,745 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10580,754 | 5,19 | 2,13 | 7,32 | 56,688 | 4205,453 |
| P88 | 815,491 | 5,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10580,754 | 8,90 | 4,25 | 13,15 | 65,729 | 4271,181 |
| P89 | 820,000 | 7,255 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10580,754 | 12,48 | 6,89 | 19,37 | 140,556 | 4411,737 |
| P90 | 830,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10580,754 | 18,27 | 12,56 | 30,83 | 308,324 | 4720,061 |
| P91 | 840,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10580,754 | 17,22 | 12,35 | 29,58 | 295,774 | 5015,835 |
| P92 | 850,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10580,754 | 16,35 | 10,91 | 27,26 | 272,599 | 5288,434 |
| P93 | 860,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10580,754 | 14,02 | 8,29 | 22,31 | 223,056 | 5511,490 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|--------|-------|-------|-------|---------|-----------|-------|------|-------|---------|----------|
| P94 | 870,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10580,754 | 11,92 | 7,55 | 19,48 | 194,785 | 5706,276 |
| P95 | 880,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10580,754 | 12,14 | 7,69 | 19,83 | 198,270 | 5904,546 |
| P96 | 890,000 | 8,096 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10580,754 | 12,33 | 8,37 | 20,70 | 167,588 | 6072,134 |
| P97 | 896,192 | 5,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10580,754 | 15,06 | 7,79 | 22,86 | 114,286 | 6186,420 |
| P98 | 900,000 | 6,904 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10580,754 | 15,01 | 8,18 | 23,19 | 160,103 | 6346,523 |
| P99 | 910,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10580,754 | 15,89 | 9,29 | 25,18 | 251,811 | 6598,334 |
| P100 | 920,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10580,754 | 15,96 | 9,31 | 25,27 | 252,667 | 6851,001 |
| P101 | 930,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10580,754 | 13,15 | 5,38 | 18,53 | 185,329 | 7036,330 |
| P102 | 940,000 | 10,000 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 0,518 | 10581,272 | 13,72 | 3,83 | 17,55 | 175,501 | 7211,831 |
| P103 | 950,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10581,272 | 13,40 | 8,00 | 21,40 | 214,047 | 7425,878 |
| P104 | 960,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10581,272 | 14,31 | 5,81 | 20,12 | 201,197 | 7627,074 |
| P105 | 970,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,044 | 10581,317 | 12,61 | 4,23 | 16,84 | 168,371 | 7795,445 |
| P106 | 980,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10581,317 | 12,06 | 5,66 | 17,72 | 177,183 | 7972,628 |
| P107 | 990,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10581,317 | 14,82 | 7,78 | 22,60 | 226,030 | 8198,659 |
| P108 | 1000,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10581,317 | 12,36 | 7,85 | 20,21 | 202,069 | 8400,727 |
| P109 | 1010,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10581,317 | 10,22 | 7,41 | 17,63 | 176,339 | 8577,067 |
| P110 | 1020,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10581,317 | 8,29 | 6,05 | 14,33 | 143,319 | 8720,385 |
| P111 | 1030,000 | 7,387 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 10581,317 | 6,46 | 4,37 | 10,84 | 80,042 | 8800,427 |
| P112 | 1034,774 | 5,000 | 0,00 | 0,18 | 0,18 | 0,882 | 10582,198 | 5,44 | 2,73 | 8,17 | 40,848 | 8841,275 |
| P113 | 1040,000 | 7,613 | 0,00 | 0,52 | 0,52 | 3,954 | 10586,153 | 5,08 | 1,67 | 6,75 | 51,422 | 8892,697 |
| P114 | 1050,000 | 10,000 | 0,00 | 1,19 | 1,19 | 11,891 | 10598,043 | 4,50 | 0,57 | 5,07 | 50,691 | 8943,387 |
| P115 | 1060,000 | 10,000 | 0,00 | 1,89 | 1,89 | 18,918 | 10616,962 | 2,62 | 0,19 | 2,81 | 28,089 | 8971,477 |
| P116 | 1070,000 | 10,000 | 3,19 | 5,76 | 8,95 | 89,462 | 10706,424 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P117 | 1080,000 | 10,000 | 5,63 | 10,64 | 16,27 | 162,719 | 10869,143 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P118 | 1090,000 | 10,000 | 11,39 | 15,37 | 26,77 | 267,662 | 11136,804 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P119 | 1100,000 | 10,000 | 15,21 | 20,03 | 35,23 | 352,327 | 11489,131 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P120 | 1110,000 | 10,000 | 18,74 | 23,91 | 42,65 | 426,463 | 11915,594 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P121 | 1120,000 | 10,000 | 19,99 | 25,21 | 45,20 | 451,984 | 12367,578 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P122 | 1130,000 | 10,000 | 20,71 | 26,40 | 47,11 | 471,076 | 12838,655 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P123 | 1140,000 | 10,000 | 21,96 | 27,60 | 49,56 | 495,614 | 13334,269 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P124 | 1150,000 | 10,000 | 22,40 | 28,65 | 51,04 | 510,432 | 13844,701 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P125 | 1160,000 | 7,196 | 24,64 | 29,47 | 54,11 | 389,372 | 14234,073 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P126 | 1164,392 | 5,000 | 24,78 | 29,66 | 54,44 | 272,202 | 14506,275 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P127 | 1170,000 | 7,804 | 24,55 | 29,85 | 54,40 | 424,512 | 14930,786 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P128 | 1180,000 | 10,000 | 24,71 | 29,91 | 54,62 | 546,203 | 15476,989 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P129 | 1190,000 | 10,000 | 24,17 | 29,26 | 53,43 | 534,319 | 16011,308 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P130 | 1200,000 | 10,000 | 24,11 | 28,55 | 52,67 | 526,688 | 16537,996 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P131 | 1210,000 | 10,000 | 23,89 | 28,38 | 52,27 | 522,698 | 17060,694 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P132 | 1220,000 | 10,000 | 23,63 | 27,35 | 50,97 | 509,730 | 17570,425 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P133 | 1230,000 | 10,000 | 22,64 | 25,38 | 48,02 | 480,188 | 18050,613 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P134 | 1240,000 | 10,000 | 21,33 | 23,51 | 44,84 | 448,355 | 18498,967 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P135 | 1250,000 | 10,000 | 21,50 | 23,40 | 44,90 | 449,047 | 18948,014 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P136 | 1260,000 | 10,000 | 20,81 | 23,53 | 44,34 | 443,379 | 19391,393 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P137 | 1270,000 | 10,000 | 21,44 | 23,97 | 45,42 | 454,157 | 19845,549 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P138 | 1280,000 | 10,000 | 21,72 | 23,21 | 44,93 | 449,290 | 20294,840 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P139 | 1290,000 | 10,000 | 21,00 | 22,34 | 43,33 | 433,330 | 20728,170 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P140 | 1300,000 | 6,487 | 20,74 | 22,18 | 42,92 | 278,450 | 21006,620 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P141 | 1302,974 | 5,000 | 20,67 | 21,46 | 42,13 | 210,649 | 21217,269 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P142 | 1310,000 | 8,513 | 20,53 | 21,39 | 41,92 | 356,848 | 21574,117 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P143 | 1320,000 | 10,000 | 20,26 | 21,05 | 41,31 | 413,095 | 21987,211 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P144 | 1330,000 | 10,000 | 19,71 | 20,47 | 40,18 | 401,800 | 22389,011 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P145 | 1340,000 | 10,000 | 19,41 | 19,88 | 39,29 | 392,933 | 22781,945 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|--------|-------|-------|-------|---------|-----------|------|------|------|-------|----------|
| P146 | 1350,000 | 10,000 | 19,38 | 19,68 | 39,05 | 390,544 | 23172,489 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P147 | 1360,000 | 9,649 | 19,47 | 20,05 | 39,52 | 381,372 | 23553,861 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P148 | 1369,299 | 5,000 | 19,71 | 20,38 | 40,09 | 200,445 | 23754,306 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P149 | 1370,000 | 5,351 | 19,73 | 20,37 | 40,10 | 214,554 | 23968,860 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P150 | 1380,000 | 10,000 | 19,66 | 20,05 | 39,71 | 397,069 | 24365,928 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P151 | 1390,000 | 10,000 | 20,08 | 19,93 | 40,00 | 400,028 | 24765,956 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P152 | 1400,000 | 10,000 | 20,30 | 20,29 | 40,59 | 405,898 | 25171,854 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P153 | 1410,000 | 10,000 | 20,61 | 20,85 | 41,46 | 414,556 | 25586,411 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P154 | 1420,000 | 10,000 | 21,56 | 21,46 | 43,02 | 430,250 | 26016,660 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P155 | 1430,000 | 10,000 | 22,31 | 22,18 | 44,50 | 444,977 | 26461,637 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P156 | 1440,000 | 10,000 | 22,32 | 22,33 | 44,65 | 446,488 | 26908,125 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P157 | 1450,000 | 10,000 | 22,30 | 22,65 | 44,95 | 449,501 | 27357,626 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P158 | 1460,000 | 10,000 | 22,56 | 22,84 | 45,40 | 453,978 | 27811,604 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P159 | 1470,000 | 10,000 | 22,73 | 23,10 | 45,83 | 458,272 | 28269,875 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P160 | 1480,000 | 10,000 | 22,94 | 23,42 | 46,36 | 463,623 | 28733,498 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P161 | 1490,000 | 10,000 | 23,25 | 23,74 | 46,99 | 469,855 | 29203,353 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P162 | 1500,000 | 8,941 | 23,56 | 24,05 | 47,61 | 425,690 | 29629,042 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P163 | 1507,881 | 5,000 | 23,80 | 24,96 | 48,77 | 243,838 | 29872,881 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P164 | 1510,000 | 6,059 | 23,87 | 25,03 | 48,90 | 296,278 | 30169,159 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P165 | 1520,000 | 10,000 | 24,13 | 25,34 | 49,47 | 494,722 | 30663,881 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P166 | 1530,000 | 10,000 | 24,38 | 25,62 | 50,00 | 499,983 | 31163,864 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P167 | 1540,000 | 10,000 | 24,79 | 25,87 | 50,66 | 506,587 | 31670,451 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P168 | 1550,000 | 10,000 | 25,43 | 26,35 | 51,78 | 517,792 | 32188,243 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P169 | 1560,000 | 10,000 | 26,09 | 26,99 | 53,08 | 530,767 | 32719,010 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P170 | 1570,000 | 10,000 | 27,01 | 27,88 | 54,89 | 548,937 | 33267,947 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P171 | 1580,000 | 10,000 | 28,13 | 29,00 | 57,13 | 571,300 | 33839,246 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P172 | 1590,000 | 10,000 | 29,63 | 30,52 | 60,15 | 601,476 | 34440,722 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P173 | 1600,000 | 10,000 | 31,00 | 32,00 | 63,00 | 630,006 | 35070,728 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P174 | 1610,000 | 10,000 | 32,42 | 33,69 | 66,11 | 661,133 | 35731,861 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P175 | 1620,000 | 9,332 | 33,95 | 35,55 | 69,50 | 648,613 | 36380,475 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P176 | 1628,664 | 5,000 | 35,27 | 36,67 | 71,94 | 359,700 | 36740,174 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P177 | 1630,000 | 5,668 | 35,49 | 36,88 | 72,37 | 410,200 | 37150,375 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P178 | 1640,000 | 10,000 | 36,50 | 37,89 | 74,39 | 743,901 | 37894,276 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P179 | 1650,000 | 10,000 | 37,37 | 38,62 | 75,98 | 759,840 | 38654,116 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P180 | 1660,000 | 10,000 | 38,71 | 39,60 | 78,31 | 783,083 | 39437,199 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P181 | 1670,000 | 10,000 | 40,22 | 41,23 | 81,45 | 814,517 | 40251,716 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P182 | 1680,000 | 10,000 | 39,78 | 41,17 | 80,95 | 809,539 | 41061,255 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P183 | 1690,000 | 10,000 | 39,41 | 41,16 | 80,56 | 805,627 | 41866,882 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P184 | 1700,000 | 10,000 | 38,50 | 40,39 | 78,89 | 788,863 | 42655,746 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P185 | 1710,000 | 10,000 | 36,97 | 38,97 | 75,94 | 759,396 | 43415,141 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P186 | 1720,000 | 8,335 | 35,61 | 37,23 | 72,84 | 607,090 | 44022,231 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P187 | 1726,670 | 5,000 | 34,16 | 34,66 | 68,81 | 344,073 | 44366,304 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P188 | 1730,000 | 6,665 | 33,51 | 34,00 | 67,51 | 449,942 | 44816,246 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P189 | 1740,000 | 10,000 | 31,98 | 32,39 | 64,38 | 643,754 | 45460,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P190 | 1750,000 | 10,000 | 30,41 | 30,88 | 61,29 | 612,880 | 46072,880 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P191 | 1760,000 | 10,000 | 28,93 | 29,04 | 57,97 | 579,672 | 46652,551 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P192 | 1770,000 | 10,000 | 27,86 | 27,85 | 55,71 | 557,128 | 47209,680 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P193 | 1780,000 | 10,000 | 29,19 | 30,25 | 59,43 | 594,326 | 47804,005 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P194 | 1790,000 | 10,000 | 30,80 | 30,23 | 61,03 | 610,264 | 48414,270 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P195 | 1800,000 | 10,000 | 28,35 | 27,31 | 55,66 | 556,606 | 48970,876 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P196 | 1810,000 | 10,000 | 25,60 | 24,52 | 50,12 | 501,176 | 49472,052 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P197 | 1820,000 | 10,000 | 24,38 | 22,81 | 47,19 | 471,919 | 49943,971 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|--------|-------|-------|-------|---------|-----------|-------|-------|-------|---------|-----------|
| P198 | 1830,000 | 10,000 | 24,08 | 22,50 | 46,59 | 465,868 | 50409,839 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P199 | 1840,000 | 10,000 | 23,22 | 21,43 | 44,65 | 446,519 | 50856,358 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P200 | 1850,000 | 10,000 | 22,75 | 20,89 | 43,65 | 436,474 | 51292,832 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P201 | 1860,000 | 10,000 | 22,02 | 20,30 | 42,32 | 423,224 | 51716,056 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P202 | 1870,000 | 10,000 | 21,28 | 19,47 | 40,75 | 407,547 | 52123,603 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P203 | 1880,000 | 10,000 | 20,94 | 18,77 | 39,71 | 397,140 | 52520,743 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P204 | 1890,000 | 10,000 | 21,02 | 18,53 | 39,55 | 395,475 | 52916,218 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P205 | 1900,000 | 10,000 | 22,22 | 19,48 | 41,71 | 417,063 | 53333,280 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P206 | 1910,000 | 10,000 | 23,57 | 19,82 | 43,39 | 433,927 | 53767,207 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P207 | 1920,000 | 10,000 | 26,27 | 20,83 | 47,10 | 471,028 | 54238,235 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P208 | 1930,000 | 10,000 | 29,36 | 23,83 | 53,19 | 531,914 | 54770,150 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P209 | 1940,000 | 10,000 | 30,95 | 25,12 | 56,08 | 560,774 | 55330,924 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P210 | 1950,000 | 10,000 | 32,13 | 26,37 | 58,51 | 585,055 | 55915,979 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P211 | 1960,000 | 10,000 | 32,52 | 26,17 | 58,69 | 586,857 | 56502,835 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P212 | 1970,000 | 10,000 | 32,52 | 25,95 | 58,47 | 584,709 | 57087,544 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P213 | 1980,000 | 10,000 | 28,97 | 23,34 | 52,31 | 523,146 | 57610,690 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P214 | 1990,000 | 10,000 | 25,36 | 19,94 | 45,31 | 453,052 | 58063,742 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P215 | 2000,000 | 9,706 | 21,84 | 16,28 | 38,12 | 369,978 | 58433,720 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P216 | 2009,412 | 5,000 | 18,18 | 12,54 | 30,72 | 153,601 | 58587,321 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P217 | 2010,000 | 5,294 | 17,94 | 12,28 | 30,22 | 159,992 | 58747,313 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P218 | 2020,000 | 10,000 | 13,90 | 8,09 | 21,99 | 219,880 | 58967,193 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P219 | 2030,000 | 10,000 | 9,70 | 4,35 | 14,05 | 140,546 | 59107,739 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 8971,477 |
| P220 | 2040,000 | 10,000 | 5,04 | 0,64 | 5,67 | 56,716 | 59164,455 | 0,00 | 0,45 | 0,45 | 4,456 | 8975,933 |
| P221 | 2050,000 | 10,000 | 0,50 | 0,00 | 0,50 | 5,003 | 59169,457 | 0,38 | 4,33 | 4,71 | 47,144 | 9023,077 |
| P222 | 2060,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 59169,457 | 6,46 | 9,49 | 15,95 | 159,464 | 9182,541 |
| P223 | 2070,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 59169,457 | 13,06 | 16,39 | 29,45 | 294,455 | 9476,997 |
| P224 | 2080,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 59169,457 | 19,76 | 24,64 | 44,40 | 444,019 | 9921,016 |
| P225 | 2090,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 59169,457 | 27,59 | 33,28 | 60,87 | 608,655 | 10529,670 |
| P226 | 2100,000 | 8,709 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 59169,457 | 36,22 | 41,87 | 78,08 | 680,006 | 11209,677 |
| P227 | 2107,417 | 5,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 59169,457 | 43,24 | 47,48 | 90,73 | 453,629 | 11663,306 |
| P228 | 2110,000 | 6,291 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 59169,457 | 47,54 | 47,26 | 94,80 | 596,439 | 12259,745 |
| P229 | 2120,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 59169,457 | 45,98 | 45,24 | 91,22 | 912,169 | 13171,914 |
| P230 | 2130,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 59169,457 | 44,55 | 43,86 | 88,40 | 884,025 | 14055,939 |
| P231 | 2140,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 59169,457 | 42,30 | 32,37 | 74,67 | 746,709 | 14802,648 |
| P232 | 2150,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 59169,457 | 35,39 | 24,02 | 59,40 | 594,042 | 15396,689 |
| P233 | 2160,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 59169,457 | 22,89 | 16,82 | 39,70 | 397,027 | 15793,716 |
| P234 | 2170,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 59169,457 | 16,80 | 9,49 | 26,29 | 262,897 | 16056,613 |
| P235 | 2180,000 | 10,000 | 0,00 | 0,40 | 0,40 | 4,019 | 59173,476 | 10,31 | 2,37 | 12,68 | 126,832 | 16183,445 |
| P236 | 2190,000 | 10,000 | 0,00 | 5,00 | 5,00 | 50,025 | 59223,501 | 4,46 | 0,00 | 4,46 | 44,620 | 16228,066 |
| P237 | 2200,000 | 10,000 | 1,01 | 7,00 | 8,01 | 80,103 | 59303,605 | 0,33 | 0,00 | 0,33 | 3,342 | 16231,407 |
| P238 | 2210,000 | 10,000 | 7,51 | 15,01 | 22,52 | 225,190 | 59528,795 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P239 | 2220,000 | 10,000 | 9,64 | 17,08 | 26,72 | 267,158 | 59795,954 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P240 | 2230,000 | 10,000 | 10,86 | 16,74 | 27,60 | 275,986 | 60071,940 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P241 | 2240,000 | 10,000 | 11,30 | 18,30 | 29,60 | 296,019 | 60367,959 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P242 | 2250,000 | 10,000 | 12,57 | 18,86 | 31,43 | 314,319 | 60682,278 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P243 | 2260,000 | 10,000 | 14,66 | 19,06 | 33,72 | 337,214 | 61019,492 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P244 | 2270,000 | 10,000 | 17,01 | 20,42 | 37,43 | 374,289 | 61393,781 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P245 | 2280,000 | 10,000 | 16,22 | 21,44 | 37,66 | 376,649 | 61770,431 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P246 | 2290,000 | 9,710 | 16,39 | 20,74 | 37,14 | 360,592 | 62131,022 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P247 | 2299,421 | 5,000 | 16,77 | 20,30 | 37,07 | 185,337 | 62316,359 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P248 | 2300,000 | 5,290 | 16,74 | 20,28 | 37,03 | 195,859 | 62512,218 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P249 | 2310,000 | 10,000 | 16,06 | 19,77 | 35,83 | 358,290 | 62870,508 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|--------|-------|-------|-------|---------|-----------|-------|-------|-------|---------|-----------|
| P250 | 2320,000 | 10,000 | 15,12 | 18,86 | 33,98 | 339,819 | 63210,327 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P251 | 2330,000 | 10,000 | 13,60 | 17,26 | 30,86 | 308,604 | 63518,930 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P252 | 2340,000 | 10,000 | 11,66 | 14,79 | 26,45 | 264,506 | 63783,436 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P253 | 2350,000 | 10,000 | 10,02 | 13,34 | 23,35 | 233,524 | 64016,960 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P254 | 2360,000 | 10,000 | 7,38 | 10,87 | 18,25 | 182,501 | 64199,461 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P255 | 2370,000 | 10,000 | 6,55 | 10,61 | 17,16 | 171,612 | 64371,073 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P256 | 2380,000 | 10,000 | 1,82 | 6,68 | 8,50 | 84,973 | 64456,046 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 16231,407 |
| P257 | 2390,000 | 7,786 | 0,08 | 2,79 | 2,87 | 22,328 | 64478,373 | 0,92 | 0,00 | 0,92 | 7,154 | 16238,561 |
| P258 | 2395,572 | 5,000 | 0,00 | 1,46 | 1,46 | 7,296 | 64485,669 | 2,18 | 0,03 | 2,21 | 11,048 | 16249,610 |
| P259 | 2400,000 | 7,214 | 0,00 | 0,43 | 0,43 | 3,088 | 64488,757 | 3,19 | 0,33 | 3,52 | 25,395 | 16275,004 |
| P260 | 2410,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 5,70 | 2,18 | 7,88 | 78,826 | 16353,830 |
| P261 | 2420,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 9,22 | 5,63 | 14,85 | 148,507 | 16502,337 |
| P262 | 2430,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 11,79 | 8,27 | 20,05 | 200,536 | 16702,872 |
| P263 | 2440,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 14,14 | 10,35 | 24,49 | 244,871 | 16947,744 |
| P264 | 2450,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 12,54 | 8,47 | 21,01 | 210,131 | 17157,875 |
| P265 | 2460,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 11,44 | 7,29 | 18,73 | 187,265 | 17345,140 |
| P266 | 2470,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 10,43 | 5,86 | 16,29 | 162,854 | 17507,994 |
| P267 | 2480,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 10,10 | 5,49 | 15,59 | 155,929 | 17663,923 |
| P268 | 2490,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 10,95 | 6,27 | 17,22 | 172,219 | 17836,142 |
| P269 | 2500,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 10,92 | 6,46 | 17,38 | 173,766 | 18009,908 |
| P270 | 2510,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 12,55 | 8,15 | 20,70 | 207,024 | 18216,932 |
| P271 | 2520,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 12,91 | 9,43 | 22,33 | 223,339 | 18440,271 |
| P272 | 2530,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 14,72 | 11,06 | 25,78 | 257,803 | 18698,074 |
| P273 | 2540,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 16,84 | 12,37 | 29,21 | 292,090 | 18990,163 |
| P274 | 2550,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 15,60 | 11,71 | 27,31 | 273,134 | 19263,298 |
| P275 | 2560,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 15,13 | 11,11 | 26,24 | 262,416 | 19525,714 |
| P276 | 2570,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 15,73 | 11,76 | 27,49 | 274,896 | 19800,610 |
| P277 | 2580,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 12,51 | 7,25 | 19,76 | 197,621 | 19998,231 |
| P278 | 2590,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 4,53 | 2,93 | 7,46 | 74,619 | 20072,850 |
| P279 | 2600,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 7,89 | 6,34 | 14,24 | 142,372 | 20215,222 |
| P280 | 2610,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 16,07 | 12,09 | 28,16 | 281,573 | 20496,795 |
| P281 | 2620,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 16,41 | 12,73 | 29,14 | 291,401 | 20788,196 |
| P282 | 2630,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 15,85 | 12,52 | 28,37 | 283,727 | 21071,923 |
| P283 | 2640,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 15,20 | 11,83 | 27,03 | 270,308 | 21342,231 |
| P284 | 2650,000 | 6,001 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 14,63 | 11,33 | 25,96 | 155,769 | 21498,000 |
| P285 | 2652,001 | 5,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 14,62 | 11,36 | 25,98 | 129,899 | 21627,899 |
| P286 | 2660,000 | 8,999 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 14,24 | 11,36 | 25,60 | 230,357 | 21858,256 |
| P287 | 2670,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 13,54 | 10,52 | 24,06 | 240,589 | 22098,845 |
| P288 | 2680,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 13,64 | 10,87 | 24,51 | 245,101 | 22343,946 |
| P289 | 2690,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 13,49 | 11,17 | 24,66 | 246,582 | 22590,528 |
| P290 | 2700,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 13,40 | 11,83 | 25,23 | 252,255 | 22842,783 |
| P291 | 2710,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 13,27 | 11,89 | 25,16 | 251,609 | 23094,392 |
| P292 | 2720,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 13,13 | 11,90 | 25,03 | 250,277 | 23344,669 |
| P293 | 2730,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 12,97 | 11,86 | 24,83 | 248,341 | 23593,010 |
| P294 | 2740,000 | 9,077 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 12,81 | 11,76 | 24,57 | 223,051 | 23816,061 |
| P295 | 2748,153 | 5,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 12,79 | 11,71 | 24,50 | 122,488 | 23938,549 |
| P296 | 2750,000 | 5,923 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 12,87 | 11,67 | 24,54 | 145,374 | 24083,923 |
| P297 | 2760,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 12,98 | 11,81 | 24,79 | 247,911 | 24331,834 |
| P298 | 2770,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 13,03 | 12,07 | 25,10 | 250,974 | 24582,808 |
| P299 | 2780,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 13,24 | 12,18 | 25,42 | 254,228 | 24837,036 |
| P300 | 2790,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 13,34 | 12,27 | 25,61 | 256,065 | 25093,101 |
| P301 | 2800,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 13,42 | 12,22 | 25,64 | 256,386 | 25349,488 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|--------|------|------|------|-------|-----------|-------|-------|-------|---------|-----------|
| P302 | 2810,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 13,15 | 11,67 | 24,81 | 248,142 | 25597,630 |
| P303 | 2820,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 11,91 | 10,40 | 22,31 | 223,089 | 25820,719 |
| P304 | 2830,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 11,77 | 9,95 | 21,72 | 217,185 | 26037,904 |
| P305 | 2840,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 11,27 | 9,17 | 20,43 | 204,327 | 26242,231 |
| P306 | 2850,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 10,85 | 8,91 | 19,77 | 197,691 | 26439,922 |
| P307 | 2860,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 10,74 | 8,80 | 19,54 | 195,363 | 26635,285 |
| P308 | 2870,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 11,02 | 9,52 | 20,54 | 205,377 | 26840,662 |
| P309 | 2880,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 10,91 | 9,69 | 20,60 | 205,965 | 27046,627 |
| P310 | 2890,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 10,58 | 9,53 | 20,11 | 201,055 | 27247,682 |
| P311 | 2900,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 12,48 | 11,13 | 23,61 | 236,064 | 27483,746 |
| P312 | 2910,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 13,66 | 12,50 | 26,16 | 261,614 | 27745,360 |
| P313 | 2920,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 14,31 | 12,64 | 26,95 | 269,541 | 28014,902 |
| P314 | 2930,000 | 10,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 14,43 | 12,28 | 26,70 | 267,031 | 28281,932 |
| P315 | 2940,000 | 9,946 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 15,51 | 14,48 | 29,99 | 298,312 | 28580,245 |
| P316 | 2949,892 | 4,946 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 64488,757 | 18,23 | 16,87 | 35,10 | 173,591 | 28753,836 |

Cubatures déblai/ remblai

Variante 02

Volume cumulé Déblais (m³) : 39484,2

Volume cumulé remblais (m³) : 490187,8

| Num. | Abscisse | Longueur | Surfaces | | Volumes Partiels | | Volumes Cumulés | |
|------|----------|----------|----------|---------|------------------|---------|-----------------|---------|
| | | | Déblai | Remblai | Déblai | Remblai | Déblai | Remblai |
| P01 | 0,000 | 5,000 | 1,64 | 2,66 | 8,2 | 13,3 | 8,2 | 13,3 |
| P02 | 10,000 | 10,000 | 0,00 | 1,38 | 0,0 | 13,8 | 8,2 | 27,1 |
| P03 | 20,000 | 10,000 | 0,00 | 21,34 | 0,0 | 213,4 | 8,2 | 240,6 |
| P04 | 30,000 | 10,000 | 0,00 | 51,46 | 0,0 | 514,6 | 8,2 | 755,1 |
| P05 | 40,000 | 10,000 | 0,00 | 84,95 | 0,0 | 849,5 | 8,2 | 1604,7 |
| P06 | 50,000 | 10,000 | 0,00 | 113,41 | 0,0 | 1134,1 | 8,2 | 2738,8 |
| P07 | 60,000 | 10,000 | 0,00 | 147,56 | 0,0 | 1475,6 | 8,2 | 4214,4 |
| P08 | 70,000 | 10,000 | 0,00 | 166,60 | 0,0 | 1666,0 | 8,2 | 5880,4 |
| P09 | 80,000 | 10,000 | 0,00 | 175,02 | 0,0 | 1750,2 | 8,2 | 7630,6 |
| P10 | 90,000 | 10,000 | 0,00 | 162,07 | 0,0 | 1620,7 | 8,2 | 9251,3 |
| P11 | 100,000 | 10,000 | 0,00 | 143,97 | 0,0 | 1439,7 | 8,2 | 10691,0 |
| P12 | 110,000 | 10,000 | 0,00 | 124,88 | 0,0 | 1248,8 | 8,2 | 11939,8 |
| P13 | 120,000 | 10,000 | 0,00 | 106,41 | 0,0 | 1064,1 | 8,2 | 13003,8 |
| P14 | 130,000 | 10,000 | 0,00 | 85,46 | 0,0 | 854,6 | 8,2 | 13858,5 |
| P15 | 140,000 | 10,000 | 0,00 | 63,86 | 0,0 | 638,6 | 8,2 | 14497,1 |
| P16 | 150,000 | 10,000 | 0,00 | 44,40 | 0,0 | 444,0 | 8,2 | 14941,1 |
| P17 | 160,000 | 10,000 | 0,00 | 27,56 | 0,0 | 275,6 | 8,2 | 15216,7 |
| P18 | 170,000 | 9,789 | 0,00 | 16,26 | 0,0 | 159,2 | 8,2 | 15375,9 |
| P19 | 179,579 | 5,000 | 0,00 | 6,32 | 0,0 | 31,6 | 8,2 | 15407,5 |
| P20 | 180,000 | 5,211 | 0,00 | 5,89 | 0,0 | 30,7 | 8,2 | 15438,2 |
| P21 | 190,000 | 10,000 | 6,69 | 0,00 | 66,7 | 0,0 | 74,9 | 15438,2 |
| P22 | 200,000 | 10,000 | 21,39 | 0,00 | 213,5 | 0,0 | 288,4 | 15438,2 |
| P23 | 210,000 | 10,000 | 34,01 | 0,00 | 339,0 | 0,0 | 627,4 | 15438,2 |
| P24 | 220,000 | 9,789 | 43,63 | 0,00 | 425,3 | 0,0 | 1052,8 | 15438,2 |
| P25 | 229,579 | 5,000 | 36,57 | 0,00 | 182,1 | 0,0 | 1234,8 | 15438,2 |
| P26 | 230,000 | 5,211 | 36,21 | 0,00 | 187,8 | 0,0 | 1422,6 | 15438,2 |
| P27 | 240,000 | 10,000 | 28,38 | 0,00 | 282,3 | 0,0 | 1705,0 | 15438,2 |
| P28 | 250,000 | 10,000 | 22,12 | 0,00 | 219,9 | 0,0 | 1924,9 | 15438,2 |
| P29 | 260,000 | 10,000 | 4,88 | 0,08 | 47,7 | 0,8 | 1972,5 | 15439,0 |
| P30 | 270,000 | 10,000 | 0,96 | 12,16 | 9,3 | 123,1 | 1981,8 | 15562,1 |
| P31 | 280,000 | 10,000 | 0,00 | 19,37 | 0,0 | 196,1 | 1981,8 | 15758,2 |
| P32 | 290,000 | 10,000 | 0,00 | 37,74 | 0,0 | 381,1 | 1981,8 | 16139,3 |
| P33 | 300,000 | 10,000 | 0,00 | 55,31 | 0,0 | 558,0 | 1981,8 | 16697,3 |
| P34 | 310,000 | 10,000 | 0,00 | 69,22 | 0,0 | 698,4 | 1981,8 | 17395,7 |
| P35 | 320,000 | 10,000 | 0,00 | 82,53 | 0,0 | 832,9 | 1981,8 | 18228,7 |
| P36 | 330,000 | 10,000 | 0,00 | 93,78 | 0,0 | 946,5 | 1981,8 | 19175,2 |
| P37 | 340,000 | 10,000 | 0,00 | 102,91 | 0,0 | 1038,4 | 1981,8 | 20213,6 |
| P38 | 350,000 | 10,000 | 0,00 | 110,10 | 0,0 | 1110,8 | 1981,8 | 21324,4 |
| P39 | 360,000 | 10,000 | 0,00 | 115,90 | 0,0 | 1168,9 | 1981,8 | 22493,3 |
| P40 | 370,000 | 10,000 | 0,00 | 120,51 | 0,0 | 1214,6 | 1981,8 | 23707,9 |

| | | | | | | | | |
|-----|---------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|---------|
| P41 | 380,000 | 10,000 | 0,00 | 122,79 | 0,0 | 1237,2 | 1981,8 | 24945,1 |
| P42 | 390,000 | 6,039 | 0,00 | 123,40 | 0,0 | 750,7 | 1981,8 | 25695,8 |
| P43 | 392,077 | 5,000 | 0,00 | 123,37 | 0,0 | 621,3 | 1981,8 | 26317,0 |
| P44 | 400,000 | 8,961 | 0,00 | 124,45 | 0,0 | 1121,8 | 1981,8 | 27438,9 |
| P45 | 410,000 | 10,000 | 0,00 | 129,12 | 0,0 | 1296,2 | 1981,8 | 28735,1 |
| P46 | 420,000 | 10,000 | 0,00 | 137,89 | 0,0 | 1381,6 | 1981,8 | 30116,6 |
| P47 | 430,000 | 10,000 | 0,00 | 153,12 | 0,0 | 1532,4 | 1981,8 | 31649,0 |
| P48 | 440,000 | 6,039 | 0,00 | 167,39 | 0,0 | 1011,2 | 1981,8 | 32660,2 |
| P49 | 442,077 | 5,000 | 0,00 | 170,30 | 0,0 | 851,5 | 1981,8 | 33511,7 |
| P50 | 450,000 | 8,961 | 0,00 | 180,82 | 0,0 | 1620,4 | 1981,8 | 35132,2 |
| P51 | 460,000 | 10,000 | 0,00 | 195,40 | 0,0 | 1954,0 | 1981,8 | 37086,2 |
| P52 | 470,000 | 10,000 | 0,00 | 207,05 | 0,0 | 2070,5 | 1981,8 | 39156,7 |
| P53 | 480,000 | 10,000 | 0,00 | 219,40 | 0,0 | 2194,0 | 1981,8 | 41350,6 |
| P54 | 490,000 | 10,000 | 0,00 | 230,98 | 0,0 | 2309,8 | 1981,8 | 43660,4 |
| P55 | 500,000 | 10,000 | 0,00 | 239,71 | 0,0 | 2397,1 | 1981,8 | 46057,5 |
| P56 | 510,000 | 10,000 | 0,00 | 244,12 | 0,0 | 2441,2 | 1981,8 | 48498,6 |
| P57 | 520,000 | 10,000 | 0,00 | 246,46 | 0,0 | 2464,6 | 1981,8 | 50963,3 |
| P58 | 530,000 | 10,000 | 0,00 | 245,73 | 0,0 | 2457,3 | 1981,8 | 53420,6 |
| P59 | 540,000 | 10,000 | 0,00 | 239,83 | 0,0 | 2398,3 | 1981,8 | 55818,9 |
| P60 | 550,000 | 10,000 | 0,00 | 240,12 | 0,0 | 2401,2 | 1981,8 | 58220,1 |
| P61 | 560,000 | 10,000 | 0,00 | 242,51 | 0,0 | 2425,1 | 1981,8 | 60645,2 |
| P62 | 570,000 | 10,000 | 0,00 | 241,00 | 0,0 | 2410,0 | 1981,8 | 63055,2 |
| P63 | 580,000 | 10,000 | 0,00 | 239,23 | 0,0 | 2392,3 | 1981,8 | 65447,4 |
| P64 | 590,000 | 10,000 | 0,00 | 232,89 | 0,0 | 2328,9 | 1981,8 | 67776,3 |
| P65 | 600,000 | 10,000 | 0,00 | 221,62 | 0,0 | 2216,2 | 1981,8 | 69992,5 |
| P66 | 610,000 | 10,000 | 0,00 | 204,88 | 0,0 | 2048,8 | 1981,8 | 72041,3 |
| P67 | 620,000 | 10,000 | 0,00 | 189,39 | 0,0 | 1893,9 | 1981,8 | 73935,2 |
| P68 | 630,000 | 10,000 | 0,00 | 173,60 | 0,0 | 1736,0 | 1981,8 | 75671,3 |
| P69 | 640,000 | 10,000 | 0,00 | 156,78 | 0,0 | 1567,8 | 1981,8 | 77239,0 |
| P70 | 650,000 | 10,000 | 0,00 | 139,14 | 0,0 | 1391,4 | 1981,8 | 78630,4 |
| P71 | 660,000 | 10,000 | 0,00 | 121,78 | 0,0 | 1217,8 | 1981,8 | 79848,2 |
| P72 | 670,000 | 10,000 | 0,00 | 104,49 | 0,0 | 1044,9 | 1981,8 | 80893,1 |
| P73 | 680,000 | 10,000 | 0,00 | 81,77 | 0,0 | 817,7 | 1981,8 | 81710,8 |
| P74 | 690,000 | 10,000 | 0,00 | 59,49 | 0,0 | 594,9 | 1981,8 | 82305,7 |
| P75 | 700,000 | 10,000 | 0,00 | 36,02 | 0,0 | 360,2 | 1981,8 | 82665,9 |
| P76 | 710,000 | 10,000 | 0,00 | 20,83 | 0,0 | 208,3 | 1981,8 | 82874,2 |
| P77 | 720,000 | 10,000 | 2,21 | 6,30 | 22,1 | 63,0 | 2003,9 | 82937,2 |
| P78 | 730,000 | 10,000 | 9,07 | 0,76 | 90,7 | 7,6 | 2094,6 | 82944,9 |
| P79 | 740,000 | 10,000 | 21,46 | 0,00 | 214,6 | 0,0 | 2309,2 | 82944,9 |
| P80 | 750,000 | 6,961 | 31,74 | 0,00 | 220,9 | 0,0 | 2530,1 | 82944,9 |
| P81 | 753,921 | 5,000 | 35,21 | 0,00 | 176,0 | 0,0 | 2706,1 | 82944,9 |
| P82 | 760,000 | 8,039 | 41,28 | 0,00 | 331,7 | 0,0 | 3037,8 | 82944,9 |
| P83 | 770,000 | 10,000 | 55,57 | 0,00 | 555,1 | 0,0 | 3592,9 | 82944,9 |
| P84 | 780,000 | 10,000 | 60,47 | 0,00 | 603,6 | 0,0 | 4196,4 | 82944,9 |
| P85 | 790,000 | 10,000 | 53,05 | 0,00 | 529,3 | 0,0 | 4725,7 | 82944,9 |
| P86 | 800,000 | 6,961 | 44,57 | 0,00 | 309,4 | 0,0 | 5035,1 | 82944,9 |
| P87 | 803,921 | 5,000 | 41,50 | 0,00 | 206,9 | 0,0 | 5242,0 | 82944,9 |
| P88 | 810,000 | 8,039 | 29,53 | 0,00 | 236,4 | 0,0 | 5478,4 | 82944,9 |
| P89 | 820,000 | 10,000 | 17,14 | 0,00 | 171,0 | 0,0 | 5649,4 | 82944,9 |
| P90 | 830,000 | 10,000 | 8,30 | 0,00 | 82,7 | 0,0 | 5732,1 | 82944,9 |
| P91 | 840,000 | 10,000 | 1,01 | 7,54 | 10,0 | 75,8 | 5742,2 | 83020,7 |
| P92 | 850,000 | 10,000 | 0,00 | 25,33 | 0,0 | 254,4 | 5742,2 | 83275,1 |

| | | | | | | | | |
|------|----------|--------|------|-------|------|-------|--------|----------|
| P93 | 860,000 | 10,000 | 0,00 | 36,81 | 0,0 | 369,5 | 5742,2 | 83644,6 |
| P94 | 870,000 | 10,000 | 0,00 | 30,57 | 0,0 | 306,9 | 5742,2 | 83951,5 |
| P95 | 880,000 | 10,000 | 0,00 | 25,81 | 0,0 | 259,2 | 5742,2 | 84210,7 |
| P96 | 890,000 | 5,235 | 0,00 | 14,47 | 0,0 | 76,1 | 5742,2 | 84286,8 |
| P97 | 890,470 | 5,000 | 0,00 | 14,05 | 0,0 | 70,5 | 5742,2 | 84357,3 |
| P98 | 900,000 | 9,765 | 0,00 | 13,64 | 0,0 | 133,7 | 5742,2 | 84491,0 |
| P99 | 910,000 | 10,000 | 0,00 | 14,46 | 0,0 | 145,0 | 5742,2 | 84636,0 |
| P101 | 930,000 | 10,000 | 0,00 | 22,97 | 0,0 | 229,9 | 5752,4 | 85036,1 |
| P102 | 940,000 | 5,235 | 0,00 | 26,85 | 0,0 | 140,6 | 5752,4 | 85176,8 |
| P103 | 940,470 | 5,000 | 0,00 | 26,98 | 0,0 | 134,9 | 5752,4 | 85311,7 |
| P104 | 950,000 | 9,765 | 0,00 | 28,36 | 0,0 | 276,9 | 5752,4 | 85588,6 |
| P105 | 960,000 | 10,000 | 2,29 | 23,65 | 22,9 | 236,5 | 5775,3 | 85825,0 |
| P106 | 970,000 | 10,000 | 2,58 | 29,08 | 25,8 | 290,8 | 5801,0 | 86115,8 |
| P107 | 980,000 | 10,000 | 0,00 | 39,06 | 0,0 | 390,6 | 5801,0 | 86506,4 |
| P108 | 990,000 | 10,000 | 0,00 | 41,24 | 0,0 | 412,4 | 5801,0 | 86918,8 |
| P109 | 1000,000 | 10,000 | 0,00 | 45,06 | 0,0 | 450,6 | 5801,0 | 87369,5 |
| P110 | 1010,000 | 10,000 | 0,00 | 57,13 | 0,0 | 571,3 | 5801,0 | 87940,7 |
| P111 | 1020,000 | 10,000 | 0,00 | 67,43 | 0,0 | 674,3 | 5801,0 | 88615,0 |
| P112 | 1030,000 | 10,000 | 0,00 | 71,34 | 0,0 | 713,4 | 5801,0 | 89328,4 |
| P113 | 1040,000 | 10,000 | 0,00 | 70,70 | 0,0 | 707,0 | 5801,0 | 90035,4 |
| P114 | 1050,000 | 10,000 | 0,00 | 68,13 | 0,0 | 681,3 | 5801,0 | 90716,7 |
| P115 | 1060,000 | 10,000 | 0,00 | 63,55 | 0,0 | 635,5 | 5801,0 | 91352,2 |
| P116 | 1070,000 | 10,000 | 0,00 | 62,98 | 0,0 | 629,8 | 5801,0 | 91982,1 |
| P117 | 1080,000 | 10,000 | 0,00 | 66,59 | 0,0 | 665,9 | 5801,0 | 92648,0 |
| P118 | 1090,000 | 10,000 | 0,00 | 60,88 | 0,0 | 608,8 | 5801,0 | 93256,8 |
| P119 | 1100,000 | 10,000 | 0,00 | 46,74 | 0,0 | 467,4 | 5801,0 | 93724,2 |
| P120 | 1110,000 | 10,000 | 0,00 | 44,67 | 0,0 | 446,7 | 5801,0 | 94170,9 |
| P121 | 1120,000 | 10,000 | 0,00 | 30,52 | 0,0 | 305,2 | 5801,0 | 94476,1 |
| P122 | 1130,000 | 10,000 | 0,00 | 24,38 | 0,0 | 243,8 | 5801,0 | 94719,9 |
| P123 | 1140,000 | 10,000 | 0,00 | 24,08 | 0,0 | 240,8 | 5801,0 | 94960,7 |
| P124 | 1150,000 | 10,000 | 0,00 | 26,23 | 0,0 | 262,3 | 5801,0 | 95223,0 |
| P125 | 1160,000 | 10,000 | 0,00 | 26,31 | 0,0 | 263,1 | 5801,0 | 95486,0 |
| P126 | 1170,000 | 10,000 | 0,00 | 27,38 | 0,0 | 273,8 | 5801,0 | 95759,8 |
| P127 | 1180,000 | 10,000 | 0,00 | 31,02 | 0,0 | 310,2 | 5801,0 | 96070,0 |
| P128 | 1190,000 | 10,000 | 0,00 | 29,42 | 0,0 | 294,2 | 5801,0 | 96364,2 |
| P129 | 1200,000 | 10,000 | 0,00 | 31,22 | 0,0 | 312,2 | 5801,0 | 96676,4 |
| P130 | 1210,000 | 10,000 | 0,00 | 36,43 | 0,0 | 364,3 | 5801,0 | 97040,7 |
| P131 | 1220,000 | 10,000 | 0,00 | 41,95 | 0,0 | 419,5 | 5801,0 | 97460,1 |
| P132 | 1230,000 | 10,000 | 0,00 | 42,54 | 0,0 | 425,4 | 5801,0 | 97885,5 |
| P133 | 1240,000 | 10,000 | 0,00 | 42,95 | 0,0 | 429,5 | 5801,0 | 98315,0 |
| P134 | 1250,000 | 10,000 | 0,00 | 43,46 | 0,0 | 434,6 | 5801,0 | 98749,7 |
| P135 | 1260,000 | 10,000 | 0,00 | 45,40 | 0,0 | 454,0 | 5801,0 | 99203,6 |
| P136 | 1270,000 | 10,000 | 0,00 | 41,84 | 0,0 | 418,4 | 5801,0 | 99622,0 |
| P137 | 1280,000 | 10,000 | 0,00 | 45,23 | 0,0 | 452,3 | 5801,0 | 100074,3 |
| P138 | 1290,000 | 10,000 | 0,00 | 42,71 | 0,0 | 427,1 | 5801,0 | 100501,3 |
| P139 | 1300,000 | 10,000 | 0,00 | 41,29 | 0,0 | 412,9 | 5801,0 | 100914,3 |
| P140 | 1310,000 | 7,254 | 0,00 | 40,81 | 0,0 | 296,0 | 5801,0 | 101210,2 |
| P141 | 1314,507 | 5,000 | 0,00 | 42,37 | 0,0 | 211,8 | 5801,0 | 101422,1 |
| P142 | 1320,000 | 7,746 | 0,00 | 43,88 | 0,0 | 339,9 | 5801,0 | 101761,9 |
| P143 | 1330,000 | 10,000 | 0,00 | 45,31 | 0,0 | 452,9 | 5801,0 | 102214,8 |
| P144 | 1340,000 | 10,000 | 0,00 | 45,38 | 0,0 | 453,6 | 5801,0 | 102668,4 |
| P145 | 1350,000 | 10,000 | 0,00 | 45,87 | 0,0 | 458,4 | 5801,0 | 103126,8 |

| | | | | | | | | |
|------|----------|--------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|
| P146 | 1360,000 | 7,254 | 0,00 | 47,70 | 0,0 | 345,7 | 5801,0 | 103472,5 |
| P147 | 1364,507 | 5,000 | 0,00 | 48,35 | 0,0 | 241,5 | 5801,0 | 103714,0 |
| P148 | 1370,000 | 7,746 | 0,00 | 48,75 | 0,0 | 377,3 | 5801,0 | 104091,4 |
| P149 | 1380,000 | 10,000 | 0,00 | 48,46 | 0,0 | 484,2 | 5801,0 | 104575,6 |
| P150 | 1390,000 | 10,000 | 0,00 | 48,55 | 0,0 | 485,1 | 5801,0 | 105060,7 |
| P151 | 1400,000 | 10,000 | 0,00 | 47,56 | 0,0 | 475,3 | 5801,0 | 105536,0 |
| P152 | 1410,000 | 10,000 | 0,00 | 47,10 | 0,0 | 470,7 | 5801,0 | 106006,7 |
| P153 | 1420,000 | 10,000 | 0,00 | 45,60 | 0,0 | 455,8 | 5801,0 | 106462,4 |
| P154 | 1430,000 | 5,603 | 0,00 | 45,23 | 0,0 | 253,4 | 5801,0 | 106715,8 |
| P155 | 1431,207 | 5,000 | 0,00 | 45,07 | 0,0 | 225,3 | 5801,0 | 106941,1 |
| P156 | 1440,000 | 9,397 | 0,00 | 41,31 | 0,0 | 388,1 | 5801,0 | 107329,2 |
| P157 | 1450,000 | 10,000 | 0,00 | 38,77 | 0,0 | 387,7 | 5801,0 | 107716,9 |
| P158 | 1460,000 | 10,000 | 0,00 | 36,85 | 0,0 | 368,5 | 5801,0 | 108085,4 |
| P159 | 1470,000 | 10,000 | 0,00 | 36,89 | 0,0 | 368,9 | 5801,0 | 108454,3 |
| P160 | 1480,000 | 5,603 | 0,00 | 37,20 | 0,0 | 208,4 | 5801,0 | 108662,7 |
| P161 | 1481,207 | 5,000 | 0,00 | 37,26 | 0,0 | 186,3 | 5801,0 | 108849,0 |
| P162 | 1490,000 | 9,397 | 0,00 | 37,63 | 0,0 | 353,6 | 5801,0 | 109202,7 |
| P163 | 1500,000 | 10,000 | 0,00 | 37,58 | 0,0 | 375,8 | 5801,0 | 109578,5 |
| P164 | 1510,000 | 10,000 | 0,00 | 37,64 | 0,0 | 376,4 | 5801,0 | 109954,9 |
| P165 | 1520,000 | 10,000 | 0,00 | 36,21 | 0,0 | 362,1 | 5801,0 | 110317,0 |
| P166 | 1530,000 | 10,000 | 0,00 | 34,35 | 0,0 | 343,5 | 5801,0 | 110660,5 |
| P167 | 1540,000 | 10,000 | 0,00 | 31,94 | 0,0 | 319,4 | 5801,0 | 110979,8 |
| P168 | 1550,000 | 10,000 | 0,00 | 28,16 | 0,0 | 281,6 | 5801,0 | 111261,4 |
| P169 | 1560,000 | 10,000 | 0,00 | 23,86 | 0,0 | 238,6 | 5801,0 | 111500,0 |
| P170 | 1570,000 | 10,000 | 0,00 | 20,33 | 0,0 | 203,3 | 5801,0 | 111703,4 |
| P171 | 1580,000 | 10,000 | 0,00 | 17,73 | 0,0 | 177,3 | 5801,0 | 111880,7 |
| P172 | 1590,000 | 10,000 | 0,00 | 15,42 | 0,0 | 154,2 | 5801,0 | 112034,8 |
| P173 | 1600,000 | 10,000 | 0,00 | 10,91 | 0,0 | 109,1 | 5801,0 | 112144,0 |
| P174 | 1610,000 | 10,000 | 0,00 | 5,06 | 0,0 | 50,6 | 5801,0 | 112194,5 |
| P175 | 1620,000 | 10,000 | 1,22 | 0,01 | 12,2 | 0,1 | 5813,3 | 112194,6 |
| P176 | 1630,000 | 10,000 | 7,93 | 0,00 | 79,3 | 0,0 | 5892,6 | 112194,6 |
| P177 | 1640,000 | 10,000 | 14,01 | 0,00 | 140,1 | 0,0 | 6032,6 | 112194,6 |
| P178 | 1650,000 | 10,000 | 21,40 | 0,00 | 214,0 | 0,0 | 6246,6 | 112194,6 |
| P179 | 1660,000 | 10,000 | 31,49 | 0,00 | 314,9 | 0,0 | 6561,5 | 112194,6 |
| P180 | 1670,000 | 10,000 | 42,27 | 0,00 | 422,7 | 0,0 | 6984,2 | 112194,6 |
| P181 | 1680,000 | 10,000 | 53,77 | 0,00 | 537,7 | 0,0 | 7521,9 | 112194,6 |
| P182 | 1690,000 | 10,000 | 65,86 | 0,00 | 658,6 | 0,0 | 8180,5 | 112194,6 |
| P183 | 1700,000 | 10,000 | 77,43 | 0,00 | 774,3 | 0,0 | 8954,8 | 112194,6 |
| P184 | 1710,000 | 10,000 | 80,59 | 0,00 | 805,9 | 0,0 | 9760,7 | 112194,6 |
| P185 | 1720,000 | 10,000 | 82,36 | 0,00 | 823,6 | 0,0 | 10584,3 | 112194,6 |
| P186 | 1730,000 | 10,000 | 85,61 | 0,00 | 856,1 | 0,0 | 11440,4 | 112194,6 |
| P187 | 1740,000 | 10,000 | 85,24 | 0,00 | 852,4 | 0,0 | 12292,8 | 112194,6 |
| P188 | 1750,000 | 10,000 | 80,56 | 0,00 | 805,6 | 0,0 | 13098,4 | 112194,6 |
| P189 | 1760,000 | 10,000 | 79,02 | 0,00 | 790,2 | 0,0 | 13888,5 | 112194,6 |
| P190 | 1770,000 | 10,000 | 78,89 | 0,00 | 788,9 | 0,0 | 14677,5 | 112194,6 |
| P191 | 1780,000 | 10,000 | 78,08 | 0,00 | 780,8 | 0,0 | 15458,2 | 112194,6 |
| P192 | 1790,000 | 7,023 | 77,18 | 0,00 | 542,0 | 0,0 | 16000,3 | 112194,6 |
| P193 | 1794,045 | 5,000 | 77,06 | 0,00 | 385,3 | 0,0 | 16385,6 | 112194,6 |
| P194 | 1800,000 | 7,977 | 80,10 | 0,00 | 639,2 | 0,0 | 17024,7 | 112194,6 |
| P195 | 1810,000 | 10,000 | 90,43 | 0,00 | 905,3 | 0,0 | 17930,0 | 112194,6 |
| P196 | 1820,000 | 10,000 | 92,13 | 0,00 | 922,0 | 0,0 | 18852,0 | 112194,6 |
| P197 | 1830,000 | 10,000 | 86,23 | 0,00 | 863,4 | 0,0 | 19715,4 | 112194,6 |

| | | | | | | | | |
|------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|
| P198 | 1840,000 | 7,023 | 84,79 | 0,00 | 596,6 | 0,0 | 20312,0 | 112194,6 |
| P199 | 1844,045 | 5,000 | 85,33 | 0,00 | 427,5 | 0,0 | 20739,5 | 112194,6 |
| P200 | 1850,000 | 7,977 | 86,74 | 0,00 | 693,3 | 0,0 | 21432,8 | 112194,6 |
| P201 | 1860,000 | 10,000 | 87,77 | 0,00 | 879,3 | 0,0 | 22312,1 | 112194,6 |
| P202 | 1870,000 | 10,000 | 88,61 | 0,00 | 887,4 | 0,0 | 23199,5 | 112194,6 |
| P203 | 1880,000 | 10,000 | 91,23 | 0,00 | 913,8 | 0,0 | 24113,4 | 112194,6 |
| P204 | 1890,000 | 10,000 | 94,44 | 0,00 | 946,6 | 0,0 | 25059,9 | 112194,6 |
| P205 | 1900,000 | 10,000 | 90,75 | 0,00 | 908,5 | 0,0 | 25968,4 | 112194,6 |
| P206 | 1910,000 | 10,000 | 90,13 | 0,00 | 901,9 | 0,0 | 26870,3 | 112194,6 |
| P207 | 1920,000 | 10,000 | 92,42 | 0,00 | 924,0 | 0,0 | 27794,4 | 112194,6 |
| P208 | 1930,000 | 10,000 | 93,14 | 0,00 | 930,3 | 0,0 | 28724,7 | 112194,6 |
| P209 | 1940,000 | 10,000 | 93,76 | 0,00 | 935,9 | 0,0 | 29660,5 | 112194,6 |
| P210 | 1950,000 | 10,000 | 95,59 | 0,00 | 953,0 | 0,0 | 30613,6 | 112194,6 |
| P211 | 1960,000 | 10,000 | 97,12 | 0,00 | 966,8 | 0,0 | 31580,4 | 112194,6 |
| P212 | 1970,000 | 10,000 | 100,77 | 0,00 | 1002,3 | 0,0 | 32582,7 | 112194,6 |
| P213 | 1980,000 | 10,000 | 98,63 | 0,00 | 979,5 | 0,0 | 33562,2 | 112194,6 |
| P214 | 1990,000 | 10,000 | 97,04 | 0,00 | 963,2 | 0,0 | 34525,4 | 112194,6 |
| P215 | 2000,000 | 10,000 | 95,57 | 0,00 | 948,2 | 0,0 | 35473,6 | 112194,6 |
| P216 | 2010,000 | 10,000 | 92,69 | 0,00 | 920,8 | 0,0 | 36394,4 | 112194,6 |
| P217 | 2020,000 | 10,000 | 82,87 | 0,00 | 823,5 | 0,0 | 37217,9 | 112194,6 |
| P218 | 2030,000 | 10,000 | 70,29 | 0,00 | 698,0 | 0,0 | 37916,0 | 112194,6 |
| P219 | 2040,000 | 6,046 | 54,71 | 0,00 | 327,9 | 0,0 | 38243,9 | 112194,6 |
| P220 | 2042,091 | 5,000 | 51,32 | 0,00 | 254,4 | 0,0 | 38498,3 | 112194,6 |
| P221 | 2050,000 | 8,954 | 40,83 | 0,00 | 362,7 | 0,0 | 38861,0 | 112194,6 |
| P222 | 2060,000 | 10,000 | 29,87 | 0,00 | 296,7 | 0,0 | 39157,7 | 112194,6 |
| P223 | 2070,000 | 10,000 | 18,96 | 0,00 | 188,6 | 0,0 | 39346,3 | 112194,6 |
| P224 | 2080,000 | 10,000 | 7,17 | 0,84 | 71,4 | 8,4 | 39417,6 | 112203,0 |
| P225 | 2090,000 | 6,046 | 0,00 | 8,31 | 0,0 | 50,3 | 39417,6 | 112253,3 |
| P226 | 2092,091 | 5,000 | 0,00 | 11,51 | 0,0 | 57,6 | 39417,6 | 112310,8 |
| P227 | 2100,000 | 8,954 | 0,00 | 31,08 | 0,0 | 278,3 | 39417,6 | 112589,1 |
| P228 | 2110,000 | 10,000 | 0,00 | 69,69 | 0,0 | 696,9 | 39417,6 | 113286,1 |
| P229 | 2120,000 | 10,000 | 0,00 | 123,56 | 0,0 | 1235,6 | 39417,6 | 114521,6 |
| P230 | 2130,000 | 10,000 | 0,00 | 178,13 | 0,0 | 1781,3 | 39417,6 | 116302,9 |
| P231 | 2140,000 | 10,000 | 0,00 | 225,38 | 0,0 | 2253,8 | 39417,6 | 118556,7 |
| P232 | 2150,000 | 10,000 | 0,00 | 265,53 | 0,0 | 2655,3 | 39417,6 | 121212,0 |
| P233 | 2160,000 | 10,000 | 0,00 | 289,11 | 0,0 | 2891,1 | 39417,6 | 124103,1 |
| P234 | 2170,000 | 10,000 | 0,00 | 298,58 | 0,0 | 2985,8 | 39417,6 | 127088,9 |
| P235 | 2180,000 | 10,000 | 0,00 | 306,55 | 0,0 | 3065,5 | 39417,6 | 130154,4 |
| P236 | 2190,000 | 10,000 | 0,00 | 288,66 | 0,0 | 2886,6 | 39417,6 | 133041,0 |
| P237 | 2200,000 | 10,000 | 0,00 | 284,92 | 0,0 | 2849,2 | 39417,6 | 135890,3 |
| P238 | 2210,000 | 10,000 | 0,00 | 273,70 | 0,0 | 2737,0 | 39417,6 | 138627,3 |
| P239 | 2220,000 | 10,000 | 0,00 | 270,16 | 0,0 | 2701,6 | 39417,6 | 141328,8 |
| P240 | 2230,000 | 10,000 | 0,00 | 271,32 | 0,0 | 2713,2 | 39417,6 | 144042,1 |
| P241 | 2240,000 | 10,000 | 0,00 | 271,73 | 0,0 | 2717,3 | 39417,6 | 146759,4 |
| P242 | 2250,000 | 10,000 | 0,00 | 284,69 | 0,0 | 2846,9 | 39417,6 | 149606,3 |
| P243 | 2260,000 | 10,000 | 0,00 | 296,15 | 0,0 | 2961,5 | 39417,6 | 152567,8 |
| P244 | 2270,000 | 10,000 | 0,00 | 313,73 | 0,0 | 3137,3 | 39417,6 | 155705,2 |
| P245 | 2280,000 | 10,000 | 0,00 | 330,98 | 0,0 | 3309,8 | 39417,6 | 159015,0 |
| P246 | 2290,000 | 10,000 | 0,00 | 364,50 | 0,0 | 3645,0 | 39417,6 | 162660,0 |
| P247 | 2300,000 | 6,180 | 0,00 | 393,52 | 0,0 | 2431,9 | 39417,6 | 165091,9 |
| P248 | 2302,360 | 5,000 | 0,00 | 401,82 | 0,0 | 2010,2 | 39417,6 | 167102,1 |
| P249 | 2310,000 | 8,820 | 0,00 | 434,23 | 0,0 | 3841,4 | 39417,6 | 170943,5 |

| | | | | | | | | |
|------|----------|--------|------|---------|-----|---------|---------|----------|
| P250 | 2320,000 | 10,000 | 0,00 | 463,66 | 0,0 | 4663,7 | 39417,6 | 175607,2 |
| P251 | 2330,000 | 10,000 | 0,00 | 498,37 | 0,0 | 5030,8 | 39417,6 | 180638,1 |
| P252 | 2340,000 | 10,000 | 0,00 | 538,03 | 0,0 | 5448,5 | 39417,6 | 186086,5 |
| P253 | 2350,000 | 6,180 | 0,00 | 565,09 | 0,0 | 3542,7 | 39417,6 | 189629,2 |
| P254 | 2352,360 | 5,000 | 0,00 | 573,96 | 0,0 | 2914,8 | 39417,6 | 192544,0 |
| P255 | 2360,000 | 8,820 | 0,00 | 607,16 | 0,0 | 5439,0 | 39417,6 | 197983,0 |
| P256 | 2370,000 | 10,000 | 0,00 | 646,51 | 0,0 | 6562,0 | 39417,6 | 204545,0 |
| P257 | 2380,000 | 10,000 | 0,00 | 687,74 | 0,0 | 6976,5 | 39417,6 | 211521,4 |
| P258 | 2390,000 | 10,000 | 0,00 | 729,32 | 0,0 | 7401,9 | 39417,6 | 218923,3 |
| P259 | 2400,000 | 10,000 | 0,00 | 777,73 | 0,0 | 7895,5 | 39417,6 | 226818,8 |
| P260 | 2410,000 | 10,000 | 0,00 | 823,37 | 0,0 | 8368,2 | 39417,6 | 235187,0 |
| P261 | 2420,000 | 10,000 | 0,00 | 874,35 | 0,0 | 8884,8 | 39417,6 | 244071,8 |
| P262 | 2430,000 | 10,000 | 0,00 | 921,51 | 0,0 | 9360,6 | 39417,6 | 253432,4 |
| P263 | 2440,000 | 10,000 | 0,00 | 966,64 | 0,0 | 9817,1 | 39417,6 | 263249,5 |
| P264 | 2450,000 | 10,000 | 0,00 | 1007,69 | 0,0 | 10231,4 | 39417,6 | 273480,9 |
| P265 | 2460,000 | 10,000 | 0,00 | 1043,75 | 0,0 | 10594,4 | 39417,6 | 284075,3 |
| P266 | 2470,000 | 10,000 | 0,00 | 1068,94 | 0,0 | 10841,6 | 39417,6 | 294916,9 |
| P267 | 2480,000 | 10,000 | 0,00 | 1084,78 | 0,0 | 11001,1 | 39417,6 | 305918,0 |
| P268 | 2490,000 | 10,000 | 0,00 | 1066,66 | 0,0 | 10825,3 | 39417,6 | 316743,2 |
| P269 | 2500,000 | 10,000 | 0,00 | 1047,38 | 0,0 | 10639,1 | 39417,6 | 327382,3 |
| P270 | 2510,000 | 10,000 | 0,00 | 1024,58 | 0,0 | 10414,7 | 39417,6 | 337797,0 |
| P271 | 2520,000 | 10,000 | 0,00 | 990,56 | 0,0 | 10068,5 | 39417,6 | 347865,5 |
| P272 | 2530,000 | 10,000 | 0,00 | 964,97 | 0,0 | 9811,4 | 39417,6 | 357676,9 |
| P273 | 2540,000 | 10,000 | 0,00 | 940,26 | 0,0 | 9562,2 | 39417,6 | 367239,1 |
| P274 | 2550,000 | 10,000 | 0,00 | 921,16 | 0,0 | 9360,0 | 39417,6 | 376599,1 |
| P275 | 2560,000 | 10,000 | 0,00 | 901,57 | 0,0 | 9149,1 | 39417,6 | 385748,2 |
| P276 | 2570,000 | 10,000 | 0,00 | 890,49 | 0,0 | 9028,4 | 39417,6 | 394776,7 |
| P277 | 2580,000 | 8,535 | 0,00 | 860,71 | 0,0 | 7445,7 | 39417,6 | 402222,4 |
| P278 | 2587,070 | 5,000 | 0,00 | 823,10 | 0,0 | 4167,3 | 39417,6 | 406389,7 |
| P279 | 2590,000 | 6,465 | 0,00 | 808,19 | 0,0 | 5283,7 | 39417,6 | 411673,3 |
| P280 | 2600,000 | 10,000 | 0,00 | 755,79 | 0,0 | 7630,6 | 39417,6 | 419304,0 |
| P281 | 2610,000 | 10,000 | 0,00 | 695,45 | 0,0 | 6998,1 | 39417,6 | 426302,1 |
| P282 | 2620,000 | 10,000 | 0,00 | 625,22 | 0,0 | 6267,0 | 39417,6 | 432569,1 |
| P283 | 2630,000 | 8,535 | 0,00 | 584,02 | 0,0 | 4990,9 | 39417,6 | 437560,0 |
| P284 | 2637,070 | 5,000 | 0,00 | 564,10 | 0,0 | 2821,2 | 39417,6 | 440381,2 |
| P285 | 2640,000 | 6,465 | 0,00 | 554,92 | 0,0 | 3587,6 | 39417,6 | 443968,7 |
| P286 | 2650,000 | 10,000 | 0,00 | 524,32 | 0,0 | 5243,2 | 39417,6 | 449212,0 |
| P287 | 2660,000 | 10,000 | 0,00 | 480,25 | 0,0 | 4802,5 | 39417,6 | 454014,4 |
| P288 | 2670,000 | 10,000 | 0,00 | 436,24 | 0,0 | 4362,4 | 39417,6 | 458376,9 |
| P289 | 2680,000 | 10,000 | 0,00 | 398,87 | 0,0 | 3988,7 | 39417,6 | 462365,5 |
| P290 | 2690,000 | 10,000 | 0,00 | 365,87 | 0,0 | 3658,7 | 39417,6 | 466024,3 |
| P291 | 2700,000 | 10,000 | 0,00 | 326,13 | 0,0 | 3261,3 | 39417,6 | 469285,6 |
| P292 | 2710,000 | 10,000 | 0,00 | 294,38 | 0,0 | 2943,8 | 39417,6 | 472229,4 |
| P293 | 2720,000 | 10,000 | 0,00 | 262,87 | 0,0 | 2628,7 | 39417,6 | 474858,1 |
| P294 | 2730,000 | 10,000 | 0,00 | 236,71 | 0,0 | 2367,1 | 39417,6 | 477225,2 |
| P295 | 2740,000 | 10,000 | 0,00 | 213,10 | 0,0 | 2131,0 | 39417,6 | 479356,2 |
| P296 | 2750,000 | 10,000 | 0,00 | 189,94 | 0,0 | 1899,4 | 39417,6 | 481255,6 |
| P297 | 2760,000 | 10,000 | 0,00 | 168,19 | 0,0 | 1681,9 | 39417,6 | 482937,5 |
| P298 | 2770,000 | 10,000 | 0,00 | 146,25 | 0,0 | 1462,5 | 39417,6 | 484400,0 |
| P299 | 2780,000 | 10,000 | 0,00 | 128,48 | 0,0 | 1284,8 | 39417,6 | 485684,8 |
| P300 | 2790,000 | 10,000 | 0,00 | 109,65 | 0,0 | 1096,5 | 39417,6 | 486781,3 |
| P301 | 2800,000 | 10,000 | 0,00 | 93,35 | 0,0 | 933,5 | 39417,6 | 487714,8 |

| | | | | | | | | |
|------|----------|--------|------|-------|------|-------|---------|----------|
| P302 | 2810,000 | 10,000 | 0,00 | 77,69 | 0,0 | 776,9 | 39417,6 | 488491,7 |
| P303 | 2820,000 | 10,000 | 0,00 | 61,50 | 0,0 | 615,0 | 39417,6 | 489106,8 |
| P304 | 2830,000 | 10,000 | 0,00 | 45,50 | 0,0 | 455,0 | 39417,6 | 489561,7 |
| P305 | 2840,000 | 10,000 | 0,00 | 32,56 | 0,0 | 325,6 | 39417,6 | 489887,3 |
| P306 | 2850,000 | 10,000 | 0,00 | 19,11 | 0,0 | 191,1 | 39417,6 | 490078,4 |
| P307 | 2860,000 | 10,000 | 0,00 | 9,51 | 0,0 | 95,1 | 39417,6 | 490173,6 |
| P308 | 2870,000 | 10,000 | 1,26 | 1,42 | 12,6 | 14,2 | 39430,2 | 490187,8 |
| P309 | 2880,000 | 6,769 | 7,97 | 0,00 | 54,0 | 0,0 | 39484,2 | 490187,8 |
| P310 | 2883,538 | 1,769 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | 39484,2 | 490187,8 |