République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العمومية

فرنسـيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude avant-projet détaille d'un tronçon autoroutier de la 4ème rocade d'Alger entre PK37 et PK47 avec conception d'un échangeur au PK46

Présenté par :

Ben Bata Imane

Mohammedi Anis

Encadré par :

Mr Bengrab Réda

Promotion 2022/2023

© ENSTP-FJ - Garidi – Vieux Kouba

Remercîment :

Tout d'abord, je rends grâce à **Allah**, infiniment Miséricordieux et Éternellement Bienveillant, pour ses bénédictions et ses guidances qui ont été ma source inépuisable de force tout au long de ce parcours.

Je remercie la famille **BENBATTA** et **MOHAMMEDI** pour leur soutien inestimable tout au long de ce projet.

Je remercie également mon binôme, **MOHAMMEDI Anis**, pour tout le travail, le temps et l'énergie qu'il a investis dans ce mémoire.

À ma mère, **CHAFAI Malika**, douce âme maternelle au cœur d'or qui est une source inépuisable de réconfort et d'encouragement. à mon père, **BENBATTA Rabah**, pilier de force et de soutien inébranlable, qui a toujours été là pour m'aider, me guider et assurer ma sécurité. Vous avez consacré chaque instant de votre vie à me porter vers la réussite. J'espère sincèrement que j'ai pu combler vos attentes et que vous êtes fiers du parcours que j'ai accompli.

À mes chères sœurs, **Asma** et **Marwa**, votre soutien indéfectible et votre amour inconditionnel ont illuminé mon parcours. Je suis fière d'être votre sœur, de partager cette joie avec vous. Votre confiance en moi a été mon moteur, votre tendresse, ma consolation. Votre présence est un cadeau précieux que j'apprécie plus que je ne pourrais l'exprimer.

À mes chers **grands-parents**, toujours soutenant par leurs prières. Ma **grand-mère**, qui n'a pas eu le privilège de l'éducation, se réjouirait du parcours de ses petites-filles. Et **mes grands-parents paternels**, bien qu'absents, je sais qu'ils auraient partagé notre fierté.

Sincères remerciements à **Mr. Bengrab, Mr. Kifouche Mr. Said Madani**, **Hamza Mohammed Amine** et **Sediki Mohammed** et pour leur expertise précieuse dans la réalisation de ce travail.

Je suis reconnaissante pour **toutes les personnes qui ont contribué à façonner mon parcours**. Je remercie également **moi-même** pour avoir mené ce voyage avec résilience et détermination.

Imene Khadidja.

Sommaire :

Pour notre formation d'ingénieur en travaux publics à l'ENSTP, nous avons réalisé une étude avant-projet détaillée (APD) pour un tronçon de la 4ème rocade d'Alger, du PK 37+000 au PK 47+000. Notre étude englobe l'étude de trafic, le tracé en plan et en profil, une étude géotechnique, la conception d'assainissement, l'étude de stabilité des talus ainsi que l'impact environnemental du projet. Nous avons finalisé par la conception d'un échangeur au niveau du PK 46+000.

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

Summary:

As part of our Civil Engineering degree at ENSTP, we developed a detailed preliminary project study (BDP) for a segment of the 4th Algiers ring road, from PK 37+000 to PK 47+000. Our study includes a traffic study, plan and profile layout, a geotechnical study, sanitation design, and a slope stability study, while also addressing the environmental impact of the project. We concluded with the design of an interchange at PK 46+000.

Keywords: BDP, 4th Algiers ring road, slope stabilization, interchange.

ملخص:

في إطار تحضير شهادة مهندس دولة في المدرسة العليا للأشغال العمومية، قمنا بإعداد دراسة تفصيلية لجزء من الطريق السيار الجزائر-الرابع للجزائر، من النقطة الكيلومترية 37+000 إلى النقطة الكيلومترية 47+000. تشمل دراستنا دراسة حركة المرور، تحديد المخطط الأفقي والمخطط العمودي، دراسة جيوتقنية، تصميم الصرف الصحي، ودراسة استقرار المنحدر. وكذلك دراسة التأثير البيئي للمشروع، اختتمنا بتصميم طريق تقاطع الطريق السيار في النقطة الكيلومترية 46+000.

الكلمات الرئيسية: الطريق الجزائر-الرابع للجزائر، استقرار المنحدرات، تقاطع الطريق السيار.

Table des matières

Chapitre I : Recherches bibliographiques - Géosynthétiques dans la construction routière 1
I.1 Introduction 1
I.1.1 Définition et types de géosynthétiques 1
I.1.2 Fonctions des géosynthétiques 1
I.1.3 Avantages des géosynthétiques 2
I.1.4 Exemples d'application des géosynthétiques 2
I.2 Géosynthétiques et développement durable 3
I.2.1 Utilisation des matériaux recyclés dans les géosynthétiques 3
I.2.2 Réduction de l'empreinte carbone 3
I.2.3 Gestion des eaux pluviales et de l'environnement 4
I.3 Normes et réglementations pour les géosynthétiques 4
I.3.1 Normes internationales 4
I.3.2 Réglementations nationales et locales 4
I.4 Perspectives d'avenir pour les géosynthétiques 4
I.4.1 Innovations en matière de matériaux 4
I.4.2 Nouvelles applications et marchés 4
CHAPITRE II : Présentation de projet 5
II.1 Présentation de la wilaya de Médéa 5
II.1.1 Situation géographique et administrative 5
I.1.2 Relief et climat 5
I.1.3 Infrastructures 6
II.2 Description générale de la 4ème Rocade d'Alger 6
II.2.1 Objectifs de la 4ème Rocade d'Alger 7
II.2.2 Consistance physique du projet 7
II.2.3 Impact sur l'environnement et les populations locales 8
II.2.4 Perspectives d'avenir 8
II.2.5 Présentation du tronçon routier 8
II.5 Vue d'ensemble de la phase APS 8

II.5.1 Géologie du site 9
II.5.2 Pluviométrie 9
II.5.3 Sismicité 9
Chapitre III : Etude du trafic 11
III.1 Introduction 11
III. 2 Analyse des trafics existants 11
III .3 Données du trafic 11
III.4 Calcul de la capacité 12
III.4.1 Définition de la capacité 12
III.4.2 Calcul du Trafic Journalier Moyen Annuel (TJMA) à l'horizon 12
III.4.3 Calcul du trafic effectif 13
III.4.4 Débit de pointe horaire normal 14
III.4.5 Détermination du nombre de voies 15
III.4.6 Débit horaire admissible 15
III.4.7 Calcul du nombre de voies 16
Chapitre IV : Tracé en Plan 17
IV.1 Introduction 17
IV.2 Détermination de la Catégorie de la Route 17
IV.3 Respect des Normes de Conception du Tracé en Plan 17
IV.4 Aspects Géométriques du Tracé 17
IV.4.1 Les alignements 18
IV.4.2 Les rayons 18
IV.4.3 Arc de cercle 18
IV.5 Raccordements progressifs ou Clothoïdes 19
IV.6 Exemple de calcul manuel d'axe du tracé en plan 19
IV.7 Ouvrages d'arts 24
I.7.1 Présentation des ouvrages 24
IV.8 Conclusion 25
CHAPITRE V : Profil en long 26
V.1 Le Concept du profil en long 26
V.2 Les critères du profil en long 26

V.3 Les paramètres de conception du profil en long 26
V.3.1 Les Déclivités 26
V.3.2 Raccordements en profil en long 27
V.3.3 Raccordements convexes (Angle saillant) 27
V.3.4 Raccordements concaves (Angle rentrant) 27
V.4 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long 27
V.5. Exemple de calcules manuel d'axe en profile en long 27
V.5 CONCLUSION 29
CHAPITRE IV : PROFIL EN TRAVERS 30
VI.1 Introduction 30
VI.2 Classification du profil en travers 30
VI.3 Éléments du profil en travers 30
VI.4 Pentes transversales 30
VI.5 Dispositifs de retenue 31
Chapitre VII : Étude géotechnique 33
VII.1 Introduction 33
VII.2 Objectif de l'étude géotechnique 33
VII.3 Les moyens de reconnaissance 33
VII.3.1 L'étude des archives et documents existants 33
VII.3.2 Les visites sur site et les essais « in-situ » 33
VII.3.3 Les différents essais en laboratoire 34
VII.4 Classification des sols 35
VII.4.1 Classification GTR 35
VII.4.2 Classification du sol selon LCPC 35
VII.5 Conditions de réutilisation des matériaux 35
VII.6 Conditions de réutilisation des matériaux en remblai 36
CHAPITRES VIII : Dimensionnement du corps de chaussée 39
VIII.1 Introduction 39
VIII.2 Types de chaussées 39
VIII.2.1 Chaussée souple 39
VIII.2.2 Chaussée semi-rigide 40

VIII.2.3 Chaussée rigide 40
VIII.4. Principales méthodes de dimensionnement 41
VIII.4.1. Méthode C.B.R. (California Bearing Ratio) 41
VIII.4.2 Méthode du catalogue des structures, établie par SETRA et LCPC : 43
VIII.5 Vérification des contraintes de différentes couches 49
VIII.5.1 Calcul des déformations admissibles à la base de GB 50
VIII.5.2 Calcul de la déformation admissible sur le sol support 51
VIII.5.3 Vérification du fatigue de la structure 51
VIII.5.3.1 Vérification de l'Alizé-LCPC 52
VIII.6 Récapitulatif 52
VIII.7 Conclusion 52
Chapitre IX : Assainissement 53
IX.1 Introduction 53
IX.2 Objectifs de l'assainissement 53
IX.3 Criteres de base dans la conception des ouvrages d'assainissement 53
IX.3.1 Caractéristiques physiques des bassins versants 54
IX.4 Dimensionnement du réseau d'assainissement à implémenter 55
IX.4.1 Estimation des débits de crue 55
IX.4.1.1 Le coefficient de ruissèlement C 55
IX.4.2 Dimensionnement hydraulique 58
Chapitre X : Cubatures 68
X.1 Introduction 68
X.2 Méthode utilisée 68
X.2.1 Descriptions de la méthode 68
Chapitre XI : Stabilité des talus 70
XI.1 Introduction 70
XI.2 La Méthode de calcul 70
XI.3 Analyse de la stabilité des talus 70
XI.3.1 Analyse de stabilité du déblai 70
XI.3.2 Analyse de la stabilité du remblai 73

XI.4 conclusions 75
Chapitre XII : Conception de l'échangeur 76
XII.1 Introduction 76
XII.2 Les éléments de l'échangeur 76
XII.3 Rôle d'un échangeur 76
XII.4. Types d'échangeurs 76
XII.5 Règles de conception 77
XII.6. Choix de l'échangeur 77
XII.7. Caractéristiques géométriques des bretelles 78
XII.7.1. Tracé en plan d'une bretelle 78
XII.7.2 Profil en long d'une bretelle 79
XII.7.3 Profil en travers d'une bretelle 79
XII.8 Visibilité 80
XII.8.1 Visibilité sur une entrée d'autoroute 80
XII.8.2 Visibilité sur une sortie d'autoroute 80
XII.8.3 Distance de visibilité sur marquage dvm 80
XII.8.4 Distance de lecture (Lc) 81
XII.8.5 Résumé 81
CHAPTER XIV : Impact sur l'environnement 82
XIV.1 Introduction 82
XIV.2 Cadre juridique 82
XIV.4 Impacts directs 82
XIV.4.1 Impact sur l'agriculture 82
XIV.4.2 Impact sur la nature 82
XIV.4.3 Impact sur l'air 83
XIV.4.4 Impact sur l'eau 83
XIV.4.5 Impact sur le paysage et le patrimoine 84
XIV.5 Impacts indirects 84
XIV.5.1 Modifications des modèles de circulation 84
XIV.5.2 Augmentation de l'activité économique 84
XIV.5.3 Effets sur le changement climatique 85

XIV.6 Conclusion 85
Chapitre XV : Signalisation 86
XV. 1. Introduction 86
XV.2 L'objectif de la signalisation routière 86
XV.3 Catégories de signalisation 87
XV.4 Règles à respecter pour la signalisation 87
XV.2 Signalisation horizontale 87
XV.2.1 Lignes longitudinales 87
XV.2.2 Lignes transversales 88
XV.3 Autres signalisations 89
XV.3.1 Les flèches de rabattement 89
XV.3.2 Les flèches de sélection 89
XV.3.3 Largeur des lignes 90
XV.3.4 Marquage d'îlots séparateurs avec hachures 90
XV.3.5 Couleurs des marques 90
XV.4 Signalisation Verticale 91
XV.4.1 Signalisation de Direction 91
XV.4.2 Signalisation de Police (danger, de prescription et d'indication) : . 91
XV.4 Signalisation de l'échangeur 93
Conclusion générale 94
DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF 95
Références bibliographiques 97
Annexes 99

Liste des figures :

Figure I. 1 : Stabilisation de la couche de fondation d'une routeavec des géogrilles 01
Figure I. 1 : Les fonctions des géosynthétiques dans la construction routière 02
Figure I. 3 : Stabilisation des graviers et talus avec les géocellules 03
Figure I. 4 : Renforcement géosynthétique lors de l'élargissement des routes 03
Figure II.1 : Situation géographique de la wilaya de Médéa 05
Figure II.2: Réseau routier de la wilaya de Médéa 06
Figure II.3: Extrait de la carte du zonage sismique de la wilaya de Médéa 10
Figure IV.1: Les éléments de tracé en plan 17
Figure IV.2: Courbe en S courbe à sommet courbe en C courbe en ove 19
Figure IV.2 : Raccordement circulaire entre deux alignements 20
Figure IV.3 : Géométrie de la Clothoïde 21
Figure V.3 Schéma illustratif d'un rayon concave 27
Figure VI.2 : Profil en travers type de la section courante 2x3 voies 31
Figure VII. 1: Abaque de la classification GTR 35
Figure VII.2 : Diagramme de CASAGRANDE 47
Figure VIII.1 : Structure d'une chaussée routière 40
Figure VIII.2: Classes de portance des sols (Si) 47
Figure VIII.3 : Fiche structure GB/GNT 48
Figure VIII.4 : les couches selon catalogue CTTP 49
Figure IV.1: Schéma représentatif d'une buse 59
FigureIX.2 : Schéma vérification du débit capable dans la buse choisie pourBV2 61
FigureIX.2 : Schéma Vérification du débit capable dans le dalot pour BV1 62
Figure IV.1: Schéma représentatif d'un fossé 64
Figure IV.2: Schéma devérification du débit capable dans le fossé choisie 67
Figure X.1 : Profil en long d'un tracé donné 69
Figure XI.1 : Résultat d'analyse par GeoStudio à Court terme 72
FigureXI.2: Résultat d'analyse par GeoStudio à Long terme 72
Figure XI.3 : Résultat d'analyse par GeoStudio cas dynamique 73
Figure XI.4: Résultat d'analyse par Slide sous les charges normales 74
Figure XI. 5: Résultat d'analyse par Slide sous les charges 75
Figure XI.1 : Exemples d'échangeurs 77

Figure XII. 2: Voie d'accélération (ICTAAL, 2000) 79
Figure XII. 3 : Voie de décélération (ICTAAL, 2000) 79
Figure XII. 4: Règle de visibilité sur une entrée d'autoroute 80
Figure XII. 5: Visibilité sue une sortie d'autoroute 80
Figure XII. 6 : Echangeur en typecarrefour giratoire 81
Figure XV.1 : Marquage longitudinal 88
Figure XV.2: Caractéristiques d'une flèche de rabattement 89
Figure XV.3 : Flèches de sélection. 89
Figure XV.4 : Îlot simple 90
Figure XV.5 : Flèches de direction 91
Figure XV.6 : Panneaux de signalisation de danger 92
Figure XV.7 : Panneaux d'intersection et régime de priorité 92
Figure XV.8 : Panneaux de prescription 92

Liste des Tableaux :

Tableau III. 1 : Valeurs du coefficient d'équivalence (P).....13
Tableau III. 2 : Valeur du coefficient K_1 15
Tableau III. 3 : Valeur du coefficient K_2 15
Tableau II. 4 : Valeurs de capacité théorique C_{th} 16
Tableau IV. 1 : Valeurs extrêmes des alignements de tracé en plan selon l'ICTAAL 2000 18
Tableau IV. 2 : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan selon l'ICTAAL 2000 18
Tableau IV.3 : les coordonnées des points à calculer 20
Tableau IV.4 : Données de l'axe à calculer 22
Tableau IV.5 : Liste de ponts 24
Tableau IV.6 : Liste de viaducs 25
Tableau IV.7 : Passages supérieurs 25
Tableau VI.1: Tableau récapitulatif.....31
Tableau VI. 2 : Caractéristique géométrique du profile en travers (ICTAAL 2000).....32
Tableau VI. 3 : Profil en travers type proposée 32
Tableau VII.1: Les différents essais au laboratoire 34
Tableau VII.2 : Les paramètres de technique et les codes correspondants (remblais).....36
Tableau VII.3 : Sous classes NF P 11-300 définies pour les traits entre Pk 37+000 - Pk 47+000 et leurs condition d'utilisation en remblais.....37
Tableau VII.4 : Trait en déblais réutilisables de pk 37+000 à pk 47+000.....38
Tableau VIII. 1: les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.....42
Tableau VIII.2 : Classes du trafic cumulé 44
Tableau VIII.3: Classes de portance.....44
Tableau VIII.4 : Les réseaux principaux 44
Tableau VIII.5 : Les matériaux types 45
Tableau VIII.6 : Classes de trafic du poids lourds.....45
Tableau VIII.7 : Coefficient d'agressivité de PL par rapport à l'essieu de référence.....46
Tableau VIII.8: Classes de portance des sols (Si) 46
Tableau VIII.9 : Sur classement avec couche de forme eu matériau non traité.....49
Tableau VIII.10 : les résultats des 2 méthodes 52
Tableau IX-1: Caractéristiques principales des bassins versants.....54
Tableau IX.2 : Valeurs de coefficient de Montana 57
Tableau IX.3 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux 59
Tableau IX-4: Dimensions des buses 60
Tableau IX.5: Dimension des dalots.....61

Tableau IX.6 : Valeurs du coefficient de ruissellement 64
Tableau IX.7 : Surfaces de la plateforme du talus.....65
Tableau IX.8: Calculs de débit d'apport pour talus g 66
Tableau IX.9 : Calculs de débit d'apport pour le talus d 67
Tableau XI. 1 : Les paramètres géotechniques des sols en déblai.....71
Tableau XI. 2 : Résultats des calculs avec pente standard 71
Tableau XI. 3: Les paramètres géotechniques des sols en remblais.....74
Tableau XI. 4: Résultats des calculs avec pente standard 74
Tableau XII. 1 : Valeurs limites des rayons du tracé en plan.....78
Tableau XII. 2 : Les valeurs limites des paramètres du profil en long.....79
Tableau XII. 3 : Bretelle unidirectionnelle à deux voies.....79
Tableau XII. 4 : Principales distances de visibilité 81
Tableau XV. 1 : Caractéristiques d des lignes discontinues.....88
Tableau XV. 2 : Les dimensions détaillées des panneaux.....92
Tableau XIV. 3: Implantation de la signalisation directionnelle sur une sortie 93

Liste des abréviations :

- **APS :** avant-projet sommaire.
- **APD :** avant-projet détaillé.
- **BDD :** bande dérasée droite.
- **BDG :** bande dérasée gauche.
- **BB :** béton bitumineux
- **ISO :** International Standardization Organization.
- **C.B.R:** (Californian-bearing - ratio).
- **CTTP :** contrôle technique des travaux publics.
- **ES :** Equivalent de Sable.
- **FS :** fiabilité de sable.
- **GB :** grave bitume.
- **G.N.T :** grave non traité.
- **GTR :** guide de terrassement routier
- **IP :** indice de plasticité.
- **B40 :** règlement technique d'aménagement des routes.
- **ICTAAL :** instruction sur les conditions technique d'aménagement des autoroutes de liaison.
- **LCPC :** Laboratoire Central des Ponts Chaussées.
- **LA :** Essai los Angeles.
- **LTPS :** laboratoire des travaux publics sud.
- **MDE :** Essai micro Deval.
- **PK :** point kilométrique.
- **TN :** Terrains Naturel.
- **TPC :** terrain plein central.
- **T.M.J.A :** Trafic moyen journalier annuel.
- **PFi :** classe de plateforme.
- **TPLi :** la classe de trafic.
- **RN :** route nationale.

- **RPi :** Réseau principale de niveau i.
- **RS :** Réseau secondaire.
- **RS:** Le standard pénétromètre.
- **UVP :** Unité de véhicule particulier.
- **VBS :** bleu de méthylène.
- **Tc :** temps de concentration.
- **TEC :** trafic cumulé équivalent.
- **BV :** Bassin versant
- **Wn :** Teneur en eau naturelle
- **Wopn :** Teneur en eau optimale
- **Dms :** Distance de manoeuvre de sortie
- **Da :** Distance d'arrêt
- **Dvm :** Distance de visibilité sur marquage
- **Lc:** Distance de lecture
- **RHm:** Rayon horizontale minimal
- **RHn :** Rayon horizontale normal
- **RHd :** Rayon au dévers minimal
- **RHnd :** Rayon horizontal non déversé
- **AP :** Argile Plastique
- **PST :** Partie supérieur des terrassements
- **VB :** Vitesse de base

Chapitre I : Recherches bibliographiques - Géosynthétiques dans la construction routière

I.1 Introduction :

I.1.1 Définition et types de géosynthétiques :

Les géosynthétiques sont des matériaux synthétiques utilisés dans la construction civile et les projets d'ingénierie pour renforcer, stabiliser et améliorer les performances des sols et des structures. Ils sont généralement fabriqués à partir de polymères tels que le polyéthylène, le polypropylène et le polyester. On distingue plusieurs types de géosynthétiques :

- Géotextiles
- Géogrilles
- Géocellules
- Géocomposites



Figure I. 1 : Stabilisation de la couche de fondation d'une route avec des géogrilles.

I.1.2 Fonctions des géosynthétiques :

Les géosynthétiques offrent diverses fonctions dans la construction routière, notamment :

- Séparation
- Renforcement
- Drainage
- Filtration

- Protection contre l'érosion
- Barrière

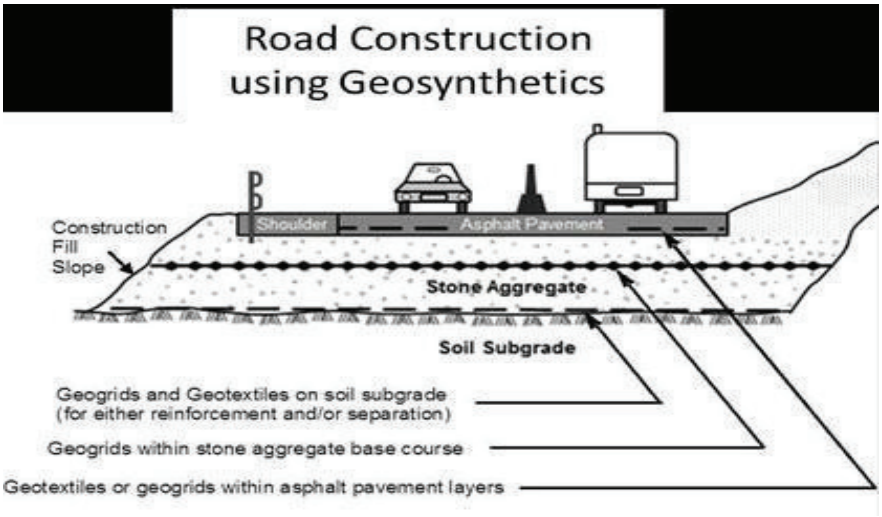


Figure I. 1 : Les fonctions des géosynthétiques dans la construction routière.

Ces fonctions permettent d'améliorer la performance et la durabilité des chaussées et des autres infrastructures associées.

I.1.3 Avantages des géosynthétiques :

L'utilisation de géosynthétiques présente de nombreux avantages, tels que :

- Réduction des coûts de construction
- Amélioration de la performance des chaussées
- Protection de l'environnement

En outre, les géosynthétiques permettent de réduire la consommation de matériaux naturels et de minimiser les déchets de construction, contribuant ainsi à la préservation de l'environnement.

I.1.4 Exemples d'application des géosynthétiques :

Les géosynthétiques sont utilisés dans diverses applications de construction routière, telles que :

- Renforcement des couches de base et de sous-base des chaussées
- Contrôle de l'érosion et de la sédimentation lors de la construction de talus
- Amélioration du drainage des chaussées et des structures adjacentes
- Stabilisation des sols pour la construction de fondations et de murs de soutènement



Figure I. 3 : Stabilisation des graviers et talus avec les géocellules.

I.2 Géosynthétiques et développement durable :

I.2.1 Utilisation des matériaux recyclés dans les géosynthétiques :

L'utilisation de matériaux recyclés dans la fabrication des géosynthétiques contribue à réduire l'empreinte environnementale de ces matériaux. Par exemple, certains géotextiles peuvent être fabriqués à partir de fibres de polyester recyclées, ce qui permet de réduire la consommation de ressources naturelles et de minimiser les déchets.

I.2.2 Réduction de l'empreinte carbone :

L'utilisation de géosynthétiques dans la construction routière permet de réduire l'empreinte carbone des projets en minimisant la consommation de matériaux naturels, en réduisant les déchets de construction et en améliorant l'efficacité énergétique des chaussées.

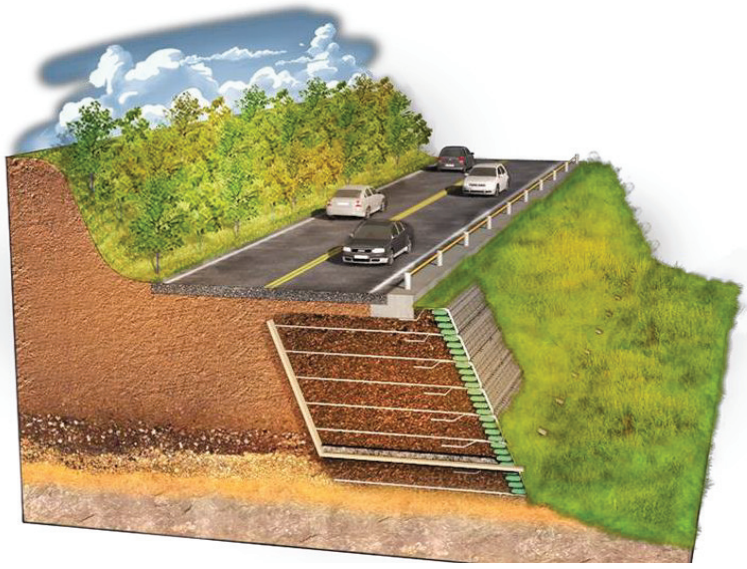


Figure I. 4 : Renforcement géosynthétique lors de l'élargissement des routes.

I.2.3 Gestion des eaux pluviales et de l'environnement :

Les géosynthétiques sont également utilisés pour la gestion des eaux pluviales et le contrôle de l'érosion dans les projets de construction routière. Ils contribuent à la protection de l'environnement en réduisant les risques d'inondation, en prévenant la sédimentation des cours d'eau et en améliorant la qualité de l'eau.

I.3 Normes et réglementations pour les géosynthétiques :

I.3.1 Normes internationales :

Plusieurs normes internationales encadrent la conception, la fabrication et l'utilisation des géosynthétiques dans la construction routière, telles que :

- ISO 10318 : Spécifications pour les géosynthétiques
- ASTM D4354 : Pratique standard pour l'échantillonnage des géosynthétiques
- ASTM D4595 : Méthode d'essai pour la résistance à la traction des géosynthétiques par la méthode de l'éprouvette large

I.3.2 Réglementations nationales et locales :

En plus des normes internationales, les géosynthétiques sont également soumis à des réglementations nationales et locales (comme le guide Setra-LCPC sur les bassins routiers) qui peuvent varier en fonction des exigences spécifiques de chaque pays ou région. Il est essentiel de se conformer à ces réglementations pour garantir la qualité et la performance des géosynthétiques utilisés dans la construction routière.

I.4 Perspectives d'avenir pour les géosynthétiques :

I.4.1 Innovations en matière de matériaux :

Les recherches et développements en cours dans le domaine des géosynthétiques visent à améliorer encore les propriétés et les performances de ces matériaux. De nouvelles innovations pourraient inclure l'utilisation de nanotechnologies pour renforcer les géosynthétiques, l'intégration de capteurs pour surveiller la santé des structures ou encore le développement de matériaux biodégradables pour réduire l'impact environnemental.

I.4.2 Nouvelles applications et marchés :

Les géosynthétiques continueront à jouer un rôle important dans la construction routière et pourraient également trouver de nouvelles applications dans d'autres domaines, tels que les infrastructures énergétiques, les projets de remédiation environnementale ou la gestion des déchets.

CHAPITRE II : Présentation de projet

II.1 Présentation de la wilaya de Médéa :

II.1.1 Situation géographique et administrative :

La wilaya de Médéa est située au nord de l'Algérie, à 90 km au sud-ouest d'Alger, à 48 km à l'est de Khemis Miliana et à 24 km au sud de Blida. La région abrite une population d'environ 819 932 habitants, répartis sur une superficie de 8 866 km², avec une densité de population de 92 habitants par km². La wilaya est composée de 64 communes et 19 daïras.

Limites administratives :

- Wilaya de Blida au nord.
- Wilayas de Aïn Defla et Tissemsilt à l'ouest.
- Wilaya de Djelfa au sud.
- Wilayas de M'Sila et Bouira à l'est.

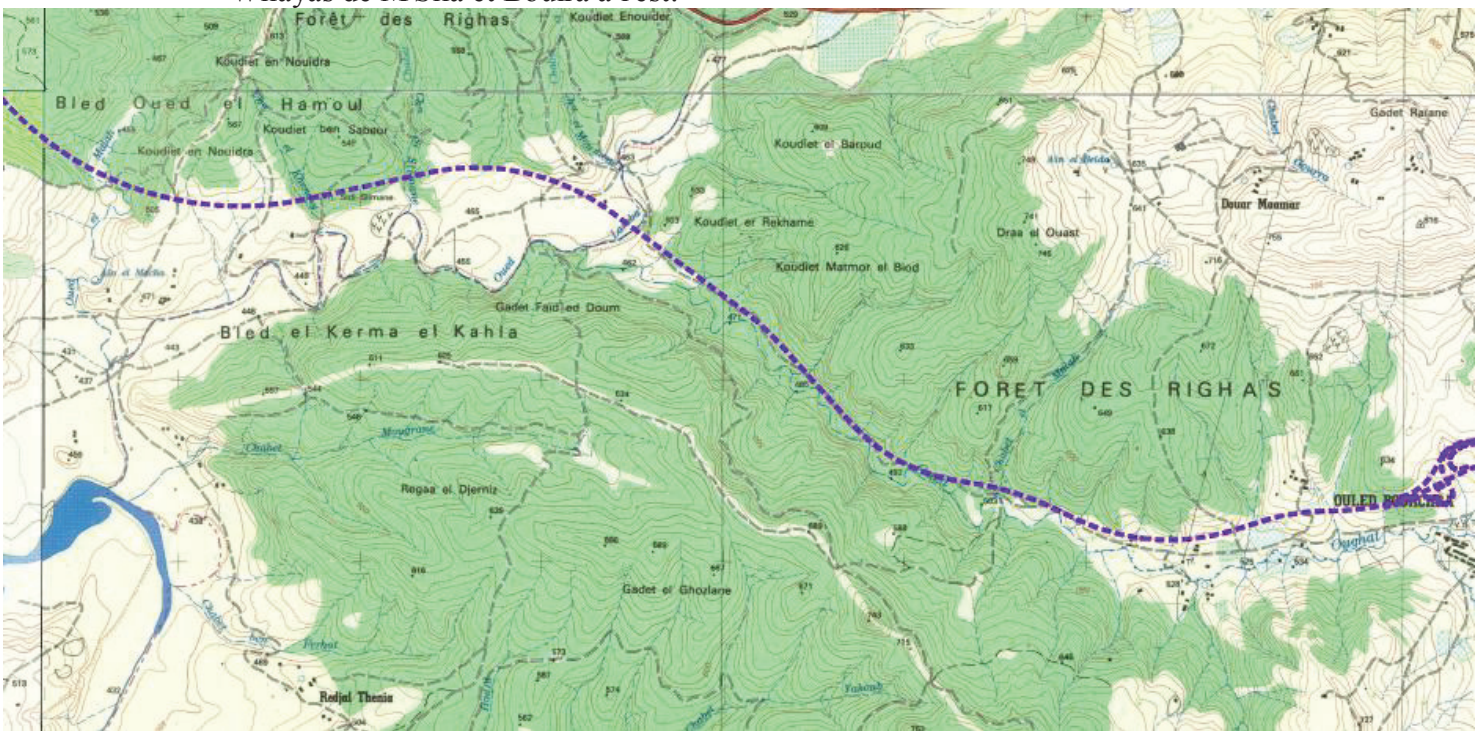


Figure II.1 : Situation géographique de la wilaya de Médéa.

I.1.2 Relief et climat :

- Relief : Médéa est une ville de montagne de l'Atlas tellien, située à une altitude moyenne de 981 m. La topographie complexe de la région offre un paysage diversifié et des défis pour les projets d'ingénierie.

- Climat : Le climat de la wilaya de Médéa est de type méditerranéen, avec des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. La pluviométrie est variable, avec une moyenne annuelle de 500 à 600 mm.

I.1.3 Infrastructures :

- Routes nationales : 671 km.
- Chemins de wilaya : 879 km.
- Chemins communaux : 2448 km.

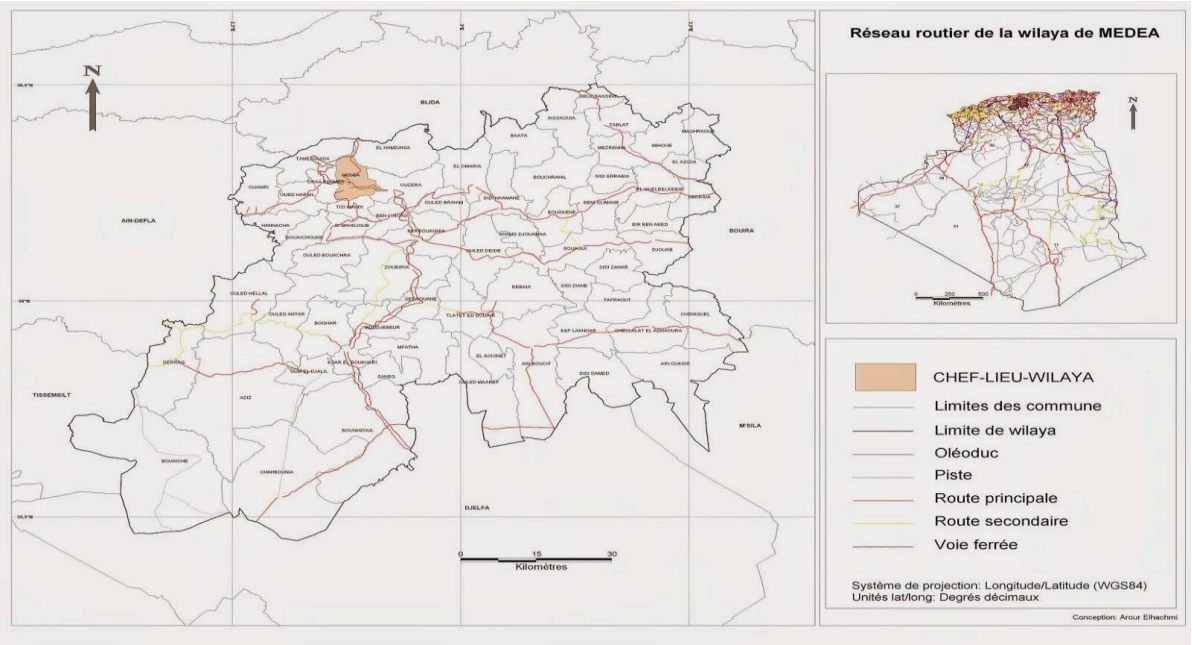


Figure II.2: Réseau routier de la wilaya de Médéa

II.2 Description générale de la 4ème Rocade d'Alger :

La 4ème Rocade d'Alger est un projet structurant pour le développement du réseau routier en Algérie. Cette autoroute, d'une longueur de 261 km, prend naissance dans la wilaya d'Ain Defla, au niveau de la commune de Khemis Miliana, et traverse les wilayas de Médéa, Bouira et M'sila. Elle se termine dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj, au niveau de l'autoroute Est/Ouest.

- Naissance : Wilaya d'Ain Defla
- Traversée : Wilayas de Médéa, Bouira, M'sila
- Terminus : Wilaya de Bordj Bou Arreridj

II.2.1 Objectifs de la 4ème Rocade d'Alger :

La réalisation de cette rocade vise à :

1. Soulager la région d'Alger et le trafic de transit Est-Ouest en réduisant la pression sur les axes routiers existants.
2. Renforcer l'infrastructure routière dans la région du Médéa et des wilayas traversées.
3. Améliorer la fluidité et la sécurité de la circulation.
4. Diminuer le temps de parcours et le nombre d'accidents.
5. Développer les activités agricoles et touristiques dans les régions traversées.
6. Assurer le développement socio-économique de la région.

II.2.2 Consistance physique du projet :

Le projet de la 4ème Rocade d'Alger comprend les éléments suivants :

- Linéaire d'autoroute : 261 km
- Linéaire de routes secondaires et rampes d'échangeurs : 90 km
- Nombre d'échangeurs (avec péage) : 30 unités
- Nombre d'ouvrages d'art non courants : 210 unités
- Nombre de viaducs : 30 unités
- Nombre de tunnels (éventuels) : 2 unités

Le projet est divisé en trois lots distincts pour faciliter sa réalisation et son entretien :

Lot 1 : D'une longueur de 80 km, il s'étend de l'échangeur RN18 (Wilaya d'Ain Defla) à l'échangeur RN1 (Wilaya de Médéa).

Lot 2 : D'une longueur de 90 km, il s'étend de l'échangeur RN1 (Wilaya de Médéa) à l'échangeur RN8 (Est de la localité de Dirah).

Lot 3 : D'une longueur de 130 km, il s'étend de l'échangeur RN8 (Est de la localité de Dirah) jusqu'à la ville de Bordj Bou Arreridj.

Les études techniques sont en cours pour assurer une réalisation optimale du projet et répondre aux besoins des différentes régions traversées.

II.2.3 Impact sur l'environnement et les populations locales :

La réalisation de la 4ème Rocade d'Alger est susceptible d'avoir des impacts sur l'environnement et les populations locales, notamment en matière de pollution, de nuisances sonores, de fragmentation des habitats naturels et de déplacements de populations. Des mesures environnementales et sociales sont mises en place pour minimiser ces impacts et garantir un développement durable du projet.

II.2.4 Perspectives d'avenir :

Une fois achevée, la 4ème Rocade d'Alger contribuera à améliorer les conditions de vie et de déplacement des populations locales, à faciliter les échanges entre les différentes régions du pays et à favoriser le développement économique et touristique des wilayas traversées. Ce projet s'inscrit dans le cadre d'une politique globale de développement des infrastructures routières en Algérie, visant à renforcer l'attractivité et la compétitivité du pays à l'échelle régionale et internationale.

II.2.5 Présentation du tronçon routier :

Dans le cadre de notre projet, nous réalisons une étude avant-projet détaillé (APD) pour un tronçon routier de la 4ème Rocade d'Alger. Ce tronçon s'étend sur 10 km, du PK 37+000 au PK 47+000, entre la daïra de Hanacha et la commune de Ouled Bouachra,, dans la wilaya de Médéa. L'étude inclut également la conception d'un échangeur au niveau du PK 46+000.

II.5 Vue d'ensemble de la phase APS :

La phase d'avant-projet sommaire (APS) est une étape clé qui vient après l'étude préliminaire (EP). Cette phase vise à étudier de manière approfondie les variantes identifiées lors de l'étude préliminaire, en prenant en compte divers facteurs tels que les aspects techniques, environnementaux et financiers.

Au cours de l'APS, l'équipe de projet se réfère à des documents tels que les plans d'état-major, les cartes topographiques et les données géologiques pour mieux comprendre les enjeux, les contraintes et les opportunités liées à chaque variante.

Une étude multicritère est menée pour déterminer la variante optimale à retenir, en tenant compte des critères suivants :

- Les contraintes observées sur le site
- Le coût global du projet
- Les défis techniques rencontrés lors de la sélection des tracés
- L'évaluation des impacts environnementaux

Après cette analyse multicritère, une variante sera sélectionnée pour passer à la phase d'avant-projet détaillé (APD). Cette phase permettra de mener des études techniques plus approfondies pour affiner la conception du projet et optimiser sa mise en œuvre.

II.5.1 Géologie du site :

Le tracé autoroutier de la Rocade se situe dans le Tell méridional, appartenant à la zone externe des Maghrébides. Cette région englobe la partie occidentale du bassin du Cheliff et, vers l'est, les nappes telliennes ainsi que leur soubassement autochtone ou subautochtone, appelé les Bibans. Le site du projet se divise en deux structures géologiques majeures :

➢ Une structure inférieure composée des nappes telliennes et de leur soubassement autochtone et subautochtone.

➢ Une structure supérieure post-nappe, en discordance avec la structure inférieure.

Ces ensembles géologiques déterminent les conditions et les contraintes pour la réalisation du tracé autoroutier dans cette région.

II.5.2 Pluviométrie :

Selon l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), la région de Médéa enregistre un cumul annuel moyen de précipitations de 509,75 mm et une température moyenne annuelle de 16,5°C (en 2020). Médéa est située dans la zone climatique II.

II.5.3 Sismicité :

Le document technique réglementaire algérien « RPA 99 » révisé en 2003 divise le territoire national en quatre zones de sismicité croissante :

➢ Zone I : sismicité négligeable ;

➢ Zone II-a : sismicité faible ;

➢ Zone II-b : sismicité moyenne ;

➢ Zone III : sismicité élevée.

La figure ci-dessous montre la répartition des zones de sismicité dans la wilaya de Médéa concernée par ce projet. Il est à noter que le tracé du projet se situe entièrement dans la zone II-a, caractérisée par une sismicité faible

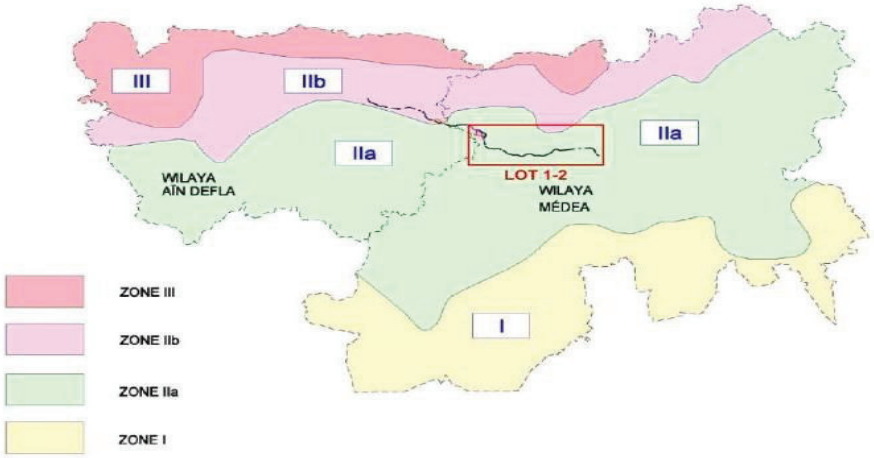


Figure II.3: Extrait de la carte du zonage sismique de la wilaya de Médéa.

La classification des structures soumises aux RPOA 2008, les normes parasismiques algériennes, doit être effectuée selon les trois catégories suivantes :*

- ➢ Catégorie 1 : Structures stratégiquement importantes.
- ➢ Catégorie 2 : Structures très importantes.
- ➢ Catégorie 3 : Structures d'importance modérée.

Chapitre III : Etude du trafic :

III.1 Introduction :

Dans le cadre de tout projet routier, l'étude du trafic est essentielle pour concevoir et gérer efficacement les infrastructures. Il existe plusieurs types de trafic, notamment :

- Le trafic normal,
- Le trafic d'échange,
- Le trafic de transit,
- Le trafic dévié,
- Le trafic induit,
- Le trafic total.

En analysant les données du projet, nous pouvons déterminer le nombre de voies nécessaires pour répondre à la demande de trafic prévu. Cela nous permet de garantir une solution routière optimisée et un investissement judicieux.

III. 2 Analyse des trafics existants :

L'analyse des trafics existants est essentielle pour :

- Comprendre la situation actuelle
- Examiner les flux de circulation et identifier les points de congestion
- Évaluer les besoins réels et les améliorations nécessaires
- Estimer la demande future et l'impact des changements de trafic

Cette étape permet de concevoir une infrastructure routière adaptée et d'assurer une gestion efficace du réseau.

III .3 Données du trafic :

L'analyse du trafic prend en compte les informations clés suivantes :

- Environnement de la route : E2
- Catégorie de la route : C1
- Trafic journalier moyen annuel en 2014 : 8 324 véhicules par jour (TJMA2014)

- Taux d'accroissement annuel du trafic : 4% (i = **τ**)
- Vitesse de base sur le tracé : 90 km/h (Vb)
- Pourcentage de poids lourds : 25% (Z = PL)
- Année de mise en service prévue : 2025
- Durée de vie de la route : 20 ans

III.4 Calcul de la capacité :

III.4.1 Définition de la capacité :

La capacité routière, élément clé de l'étude de trafic, représente le volume maximal de véhicules qu'une route peut supporter sans congestion ni détérioration des conditions de circulation. Habituellement exprimée en véhicules par heure (vph) ou par jour (vpj), elle dépend de facteurs tels que la largeur des voies, le type de route, les carrefours, la vitesse et le comportement des usagers. La connaissance de la capacité permet d'optimiser la planification et la conception routières, ainsi que d'évaluer les impacts des projets sur les réseaux de transport. Dans cette section, nous abordons la notion de capacité et les méthodes pour la calculer.

III.4.2 Calcul du Trafic Journalier Moyen Annuel (TJMA) à l'horizon :

Le Trafic Journalier Moyen Annuel (TJMA) à l'horizon est une projection du trafic pour une année future, permettant d'évaluer la capacité nécessaire pour répondre à la demande de trafic. Cette projection se base sur le trafic actuel et un taux d'accroissement annuel.

Pour calculer le TJMA à l'horizon, on utilise la formule suivante :

$$TJMAh = TJMA0(\square + \square)^{\square}$$

où :

- TJMA_base est le trafic journalier moyen annuel de l'année de base (en l'occurrence, 2014)
- **τ** est le taux d'accroissement annuel du trafic (4 %)
- n est le nombre d'années entre l'année de base et l'année d'horizon (2025 - 2014)

Dans notre cas :

- TJMA_base = 8 324 v/j (donnée fournie pour 2014)
- **τ** = 0,04 (4 %)
- n = 11 ans (2025 - 2014)

En appliquant la formule, nous obtenons :

$TJMA_{2025} = TJMA_{2014}(1+\tau) = 8324 \times (1+0.04)^{11} \approx$ 12 815 uvp/j

$TJMA_{2045} = TJMA_{2025}(1+\tau) = 12\,815 \times (1+0.04)^{20} \approx$ 28 080 uvp/j

Alors :

$TJMA_{2025}$ = 12 815 uvp/j

$TJMA_{2045}$ = 28 080 uvp/j

III.4.3 Calcul du trafic effectif :

Le calcul du trafic effectif prend en compte l'impact des poids lourds sur le trafic global en utilisant un coefficient d'équivalence. L'objectif est d'obtenir une mesure du trafic qui tient compte de la charge et de l'usure des routes causées par les véhicules lourds. Pour ce faire, on utilise les informations suivantes :

Tableau III. 1 : Valeurs du coefficient d'équivalence (P)

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

- Coefficient d'équivalence (P) pour le poids lourds selon le tableau (environnement E2) : 6
- Pourcentage de poids lourds (Z) : 25 %

Le trafic effectif (TE) est calculé en utilisant la formule suivante :

$$Teff = [(1-Z) + P.Z]\ TJMA_h$$

où :

- TJMA est le Trafic Journalier Moyen Annuel
- P est le coefficient d'équivalence pour le poids lourds
- Z est le pourcentage de poids lourds

En appliquant la formule, nous obtenons :

$Teff_{2025} = [(1-Z) + P \times Z] \times TJMA_{2025}$

$Teff_{2025} = [(1-0.25) + 6 \times 0.25] \times 12\,815 \approx$ 28 834 uvp/j

$Teff_{2045} = [(1-Z) + P \times Z] \times TJMA_{2045}$

$Teff_{2045} = [(1-0.25) + 6 \times 0.25] \times 28\,080 \approx$ 63 180 uvp/j

Alors :

$Teff_{2025}$ = 28 834 uvp/j

$Teff_{2045}$ = 63 180 uvp/j

III.4.4 Débit de pointe horaire normal :

Dans cette section, nous allons analyser le débit de pointe horaire normal (Q) sur la route étudiée. Le débit de pointe horaire normal (Q) est nécessaire pour estimer la capacité de la route à gérer les flux de trafic les plus intenses au cours d'une journée typique.

Pour calculer le Q, nous utiliserons la formule suivante :

$$Q = \frac{1}{n} \times Teff$$

où :

- TJMA est le Trafic Journalier Moyen Annuel
- n représente le nombre d'heures de pointe dans une journée (ici, 8 heures)

$$\frac{1}{n} \approx 0.12$$

En appliquant la formule, nous obtenons :

$$Q_{prévisible\ 2025} = \frac{Teff\ 2025}{n} = \approx 28\,834 \times 0.12 \approx$$ 3 461 uvp/h

$$Q_{prévisible\ 2045} = \frac{Teff\ 2045}{n} = 63\,180 \times 0.12 \approx$$ 7582 uvp/h

Alors :

$Q_{prévisible\ 2025}$ = 3 461 uvp/h

$Q_{prévisible\ 2045}$ = 7 582 uvp/h

III.4.5 Détermination du nombre de voies :

Dans le cas d'une chaussée bidirectionnelle, il est nécessaire de comparer le débit prévisible (Q) à la capacité admissible par voie (Q_{adm}) pour déterminer le profil approprié. La capacité admissible doit être égale ou supérieure au débit prévisible, c'est-à-dire Qadm ≥ Q.

Dans le cas d'une chaussée unidirectionnelle, le nombre de voies à prévoir pour chaque chaussée est obtenu en utilisant la formule suivante :

N = [S × Qprévisible / Qadm]

III.4.6 Débit horaire admissible :

Le débit horaire admissible (Qadm) est une mesure de la capacité maximale d'une voie de circulation, en tenant compte des facteurs environnementaux et de réduction de capacité. Il permet de déterminer le nombre de véhicules pouvant circuler sur une voie tout en maintenant des conditions de circulation acceptables.

Pour le calcul, nous utilisons la formule suivante :

$$Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C_{th}$$

- **K1** est un coefficient correcteur lié à l'environnement (par exemple, conditions météorologiques, type de route, présence de pentes)
- **K2** est un coefficient correcteur de réduction de capacité (par exemple, limitations de signalisation, aménagements routiers, conditions de circulation)
- **Cth** est la capacité effective par voie, c'est-à-dire le nombre maximal de véhicules pouvant circuler sur une voie en une heure sans facteurs limitants.

Tableau III. 2 : Valeur du coefficient K_1

Environnement	E1	E2	E3
K1	0,75	**0,85**	0, 9 - 0, 95

Tableau III. 3 : Valeur du coefficient K_2

Catégorie					
Environnement	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
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 II. 4 : Valeurs de capacité théorique C_{th}.

Route à 2 voies de 3,5 m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200
Route a 2 chaussées séparées	1500 à 1800

En tirant K1 = 0,85, K2 = 0,99 et Cth = 1 800 v/h, le débit horaire admissible par voie peut être calculé comme suit :

$$Q_{adm} = 0{,}85 \times 0{,}99 \times 1\,800 \approx \boxed{1\,515 \text{ uvp/h}}$$

III.4.7 Calcul du nombre de voies :

Dans cette section , nous cherchons à déterminer le nombre de voies nécessaires pour gérer le débit horaire admissible sur la route, en tenant compte des conditions de circulation et de la capacité de la route.

Dans le cas d'une chaussée unidirectionnelle, le nombre de voies à prévoir pour chaque chaussée est obtenu en utilisant la formule suivante :

$$N = \lceil S \times \frac{Qprévisibl}{Qadm} \rceil$$

A.N:

$$N = [\ \underset{3}{\ } \times \frac{7\,582}{1800}\ ] \approx 2.8 \approx \boxed{\textbf{3 voies / sens.}}$$

Il faudra envisager **3 voies** par sens pour faire face à l'augmentation du trafic prévue.

Chapitre IV : Tracé en Plan

IV.1 Introduction :

Ce chapitre examine la mise en place de l'axe de la route, qui nécessite une attention particulière à la topographie du terrain et à la configuration du tracé, afin de garantir la sécurité et le confort des usagers. Nous aborderons ici les différentes étapes du tracé en plan, depuis le choix de la catégorie de l'autoroute jusqu'à l'enchaînement des différents éléments du tracé.

IV.2 Détermination de la Catégorie de la Route :

En fonction de l'environnement géographique, deux catégories d'autoroute sont possibles : L1, pour les zones de plaine ou vallonnée, et L2, pour les zones de relief plus difficile. Notre projet se situe dans un environnement de catégorie L2, ce qui nécessite une vitesse maximale de 110 km/h.

IV.3 Respect des Normes de Conception du Tracé en Plan :

Pour assurer l'adéquation de notre tracé, nous avons suivi les normes de l'ICTAAL 2000. Ces normes incluent :

- La minimisation des terrassements en adaptant le tracé au relief naturel.
- L'intégration du nouveau tracé au réseau routier existant.
- L'évitement des zones sensibles comme les terres agricoles, les zones forestières et les propriétés privées.
- La réduction du nombre d'ouvrages d'art en évitant les oueds.
- La limitation de la longueur des alignements à 40-60% de la longueur totale du tracé

IV.4 Aspects Géométriques du Tracé :

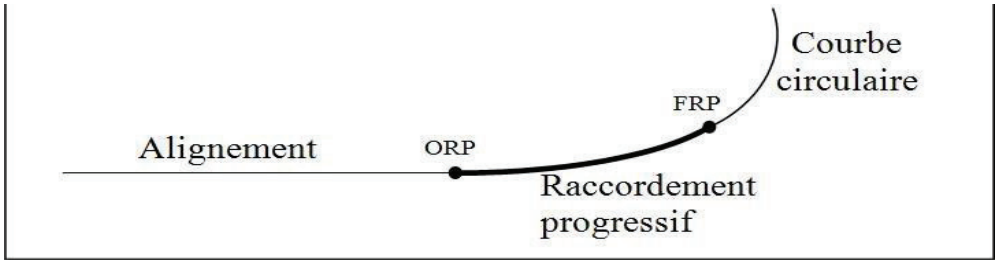


Figure IV.1: Les éléments de tracé en plan

IV.4.1 Les alignements :

Nos alignements respectent une longueur minimale L_{min} et maximale L_{max}, déterminée par la vitesse maximale et le rayon des courbes adjacentes.

L_{max}, correspond à la distance qui serait franchie en l'espace de 60 secondes. D'autre part, L_{min} , est définie comme la distance parcourue pendant une durée de 5 secondes.

Tel que :

$$Lmax=60V \text{ avec } V \text{ en } (m/s)$$

$$Lmin=5\ V \text{ avec } V \text{ en } (m/s)$$

Tableau IV. 1 : Valeurs extrêmes des alignements de tracé en plan selon l'ICTAAL 2000

Vitesse de base *Vb*	**110**
Longueur minimale *Lmin*	**200**
Longueur maximale *Lmax*	**2000**

IV.4.2 Les rayons :

Le choix des rayons est influencé par plusieurs facteurs, dont la stabilité des véhicules, la capacité d'accueil des véhicules longs dans les courbes et la visibilité en courbe. En général, les rayons ≥ 1,5 **Rnd sont favorables** pour optimiser le confort et la visibilité, toutefois leur utilisation reste soumise aux conditions spécifiques de chaque projet.

Tableau IV. 2 : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan selon l'ICTAAL 2000

Catégorie	
	L2
Rayon minimal Rm (m)	400
Rayon minimal non déversé Rm (m)	650
Rayon minimal sans courbe de transition1,5 Rnd (m)	975

IV.4.3 Arc de cercle :

La définition de la courbe est limitée par trois critères : la stabilité des véhicules, la capacité d'insertion des véhicules longs dans les courbes de faible rayon, et la visibilité dans les tranchées en courbe.

IV.5 Raccordements progressifs ou Clothoïdes :

Les courbes de rayon inférieur à 1,5 Rnd sont mises en œuvre par des raccordements progressifs. Nous avons assuré que la longueur des clothoïdes est au moins égale à la plus grande des deux valeurs définies par l'ICTAAL 2000 **{14|Δδ| et R/9}**, ce qui contribue à la sécurité et au confort des usagers.

Avec:

R : représente le rayon de courbure et est exprimé en mètres (m).

Δδ : correspond à la différence en pourcentage (%) entre les pentes transversales des éléments de tracé en cours de raccordement.

Cette différence est définie comme suit : |Δδ| = |δ1-δ0|, où :

- **δ0** est la pente transversale initiale, égale à -2.5 %,
- **δ1** est le dévers de la courbe, qui est de 2.5 %.

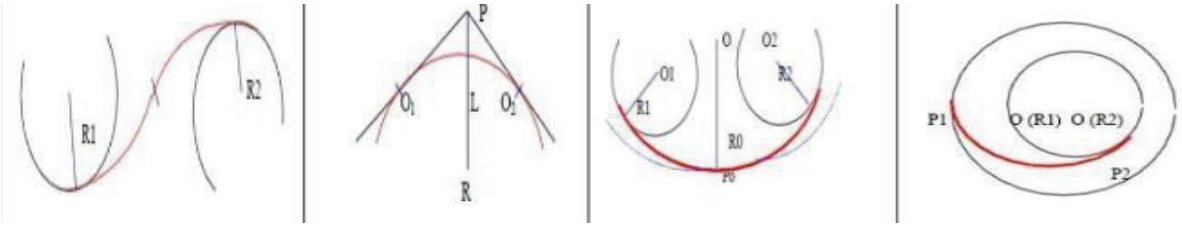


Figure IV.2: *Courbe en S* *courbe à sommet* *courbe en C* *courbe en ove*

IV.6 Exemple de calcul manuel d'axe du tracé en plan :

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

(**R=1200 m > RHnd = 650 ⟹d= -2.5**%).

C'est le cas du cinquième raccordement. Et on a d'autres avec courbe de transition :

(R ≤ Rhnd =650) : C'est le cas du septième raccordement

Cas 01 : rayon sans courbe de transition :

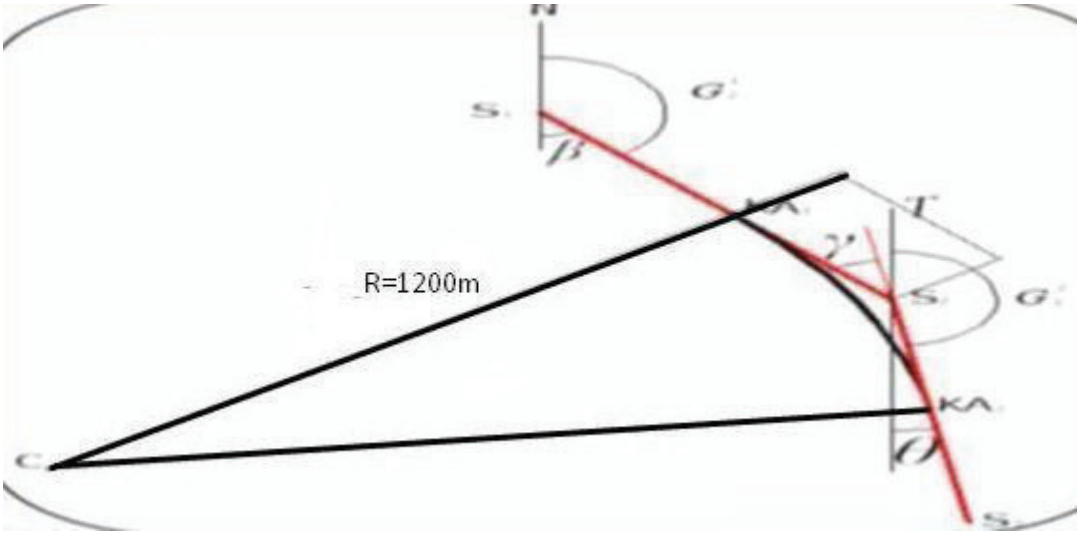


Figure IV.2 : Raccordement circulaire entre deux alignements

Tableau IV.2 : les coordonnées des points à calculer

Sommet	X (m)	Y(m)	Rayon (m)	VB (km/h)
S1(x,y)	465759,1357	3998082,8708	1800	110
S2(x,y)	466419,3977	3997087,4177		
S3(x,y)	467593,2260	3997309,1081		

Calcul des gisements :

$|\Delta x12| = |xP2 - xP1| =$ **660 m**

$|\Delta y12| = |yP2 - yP1| =$ **955m**

$GP1P2 = 100 + Arctg(|\Delta y12| / |\Delta x12|) =$ **161,5 grade**.

$GP2P1 = 200 + 161,5 = 361,5$ **grade.**

$|\Delta x23| = |xP3 - xP2| =$ **1173m.**

$|\Delta y23| = |yP3 - yP2| = 221$**m.**

$GP2P3 = 100 - Arctg(|\Delta y23| / |\Delta x23|) =$**88,14 grade.**

$GP3P2 = 200 + 88,14 =$ **288,14 grade.**

Calcul des angles :

$\gamma = |GP2P1 - GP3P2|$ $\alpha 1 =$**73,36 grade**

Calcul de la tangente :

$T = \tan(\gamma/2) \times R$ T = **1170 m.**

Calcul des coordonnées des points singuliers :

KA1 :

X KA1 = xP2 – T × sin ($P1\ P2$) = **465 755 m.** Y

KA1 = yP2 – T ×cos ($GP1\ P2$) = **3 998 050 m.**

KE1 :

X KE1 = xP2+T × sin ($P2\ P3$) = **467 570 m.**

Y KE1 = yP2+T × cos ($P2\ P3$) = **3 997 305 m.**

Cas 2 : Rayon avec la courbe de transition :

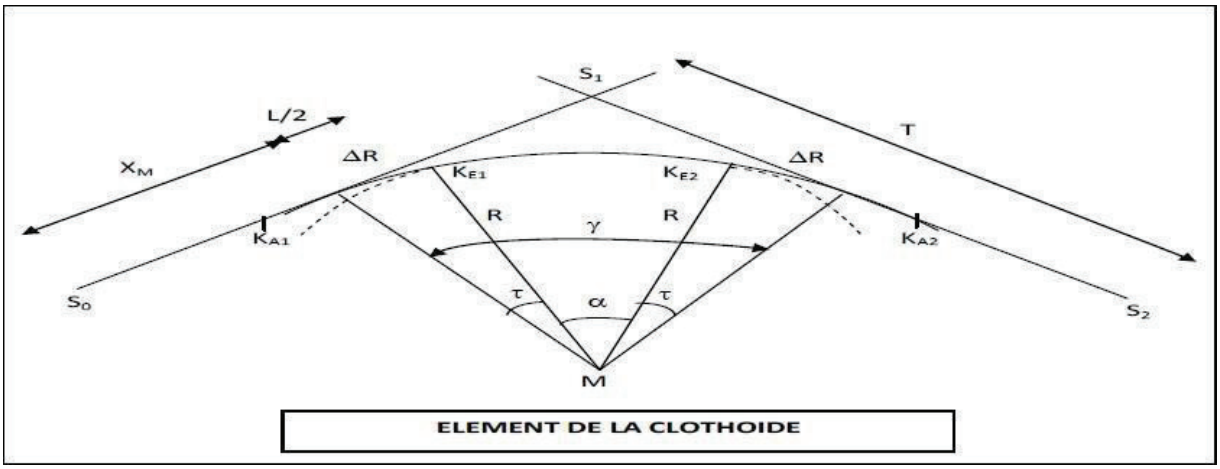


Figure IV.3 : Géométrie de la Clothoïde.

Les éléments de la Clothoïde sont :

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

- **SL :** La corde à la Clothoïde.

- **ΔR :** Ripage.

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

Sommet	X (m)	Y(m)	Rayon(m)	VB (km/h)
S1(x,y)	470577,3402	3996132,8739	950	110
S2(x,y)	470820,5573	3995853,1383		
S3(x,y)	471183,1058	3995776,0146		

$|\Delta X21| = | XP2 - XP1| =$ **243,2171 m**

$|\Delta Y21| = | YP2 - YP1| =$ **279,7355 m**

$|\Delta x32| = | XP3 - XP2 | =$ **362,5485 m**

$|\Delta y32| = | YP3 - YP2 | =$ **77,1237 m**

Caractéristiques de la courbe de raccordement :

▪ **Calcul du paramètre A :**

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

➢ **Détermination de L :**

✓ Condition de **confort optique** : ***R /3 ≤ Amin ≤ R***

D'où : **317 ≤ Amin ≤ 950**

$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$, $R < 950 \rightarrow \Delta R = 1$.

Donc : $L \geq \sqrt{24 \times 950 \times 1} \approx$ **155 m**

✓ Condition de **confort dynamique et de gauchissement** : ***L ≥ (5/36) Δd VB***

$R_{hnd} \leq R$

$\Delta d = d - (-2.5)$ et d= **2.5%**

$\Delta d = 2.5 - (-2.5) =$ **5 %**

$L \geq (5/36) \times 110 \times 5 =$ **77 m**

$L \geq 125$ m.

$L = A^2/R \rightarrow A = \sqrt{L \times R} =$ **345 m**

On prend: A = **345 m** ; L =**125 m.**

▪ Calcul de ΔR :

$\Delta R = L^2/24 \times R$ ΔR = **0.66 m**

▪ **Calcul des Gisements :**

$GP1P2$=100 + Arctg (| Δy21| / | Δx21|) =**154,44 grade.**

$GP2P3$=100 + Arctg (| Δy32| / | Δx32|) =**113,34 grade.**

▪ Calcul des angles : γ = | Gp5p6- Gp6p7| =**41,1 grade.**

▪ Calcul de l'angle **τ** :

τ = (200.L)/(2.□.R) = **4,18 grade.**

✓ Vérification de **non chevauchement** :

τ = 4,18 grade.

γ/2 = 20,55 grade.

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

▪ Calcul des distances :

DS1-S2 = $\sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)}$ = **370,68 m**

DS2-S3= $\sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)}$ = **370,66 m**

Caractéristiques de la courbe de raccordement :

On a : L/R = 0.13

En se référant aux tables des clothoïdes, on extrait les valeurs suivantes :

- **ΔR** = R× 0,000708 = **0,66m**
- **Xm** = R×0,06519 = **61,9305m**
- **X** = R× 0,130346 = **123,8287m**
- **Y** = R× 0, 0028 = **2,66m**

La corde polaire **SL** = $\sqrt{x^2 + y^2}$ = **123,86 m.**

L'angle polaire **δ** = Arctg (Y/X) = **1,36 grade.**

▪ Calcul de la longueur de l'arc du cercle :

L=R (γ-2τ) × π/200 = 950 (41,1 – 2×4,18) × π/200 = 488,56m

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

T=Xm+t

t =(R +ΔR) × tg (γ/2)= **318m.**

T = **380 m.**

- **Point KA1 :**

XKA1=XS2-T×sin (*GP*1*P*2) = **470 571,2348m.**

YKA1= YS2-T×cos (*GP*1*P*2) = **3 996 139,911m**

- **Point KE1 :**

X KE1 = XKA1+ SL × sin (*GP*1*P*2 - δ) = **470 688 m.**

Y KE1 = YKA1+ SL × cos (*GP*1*P*2- δ) = **3 995 811,732 m.**

Les résultats obtenus suite aux calculs sont inclus dans l'**annexe.**

IV.7 Ouvrages d'arts :

Un ouvrage d'art facilite le passage sur un oued ou un site très accidenté, et permet la création de passages supérieurs ou inférieurs sur une route ou des voies ferrées pour rétablir les voies de communication. Il comprend un tablier soutenu par deux culées, avec ou sans supports intermédiaires (piles). Dans ce chapitre, nous nous concentrerons sur la conception des ouvrages d'art pour notre projet, notamment la conception des ponts et des passages supérieurs.

IV.7.1 Présentation des ouvrages

Tableau IV.4 : Liste de ponts

Nom du pont	PK départ	PK fin	Longueur
PO_40	40+000	40+100	100m
PO_41	41+350	41+500	150m
PO_45	45+825	45+990	165m
PO_47	47+350	47+450	100m

TableauIV.5 : Liste de viaducs.

Nom du viaduc	PK départ	PK fin	Longueur
VI_38	38+200	38+650	450m
VI_39	39+425	39+500	75m

Tableau IV.6 : Passages supérieurs.

Nom du passage superieur	Hauteur
PS_39	6 m
PS_46	6 m

IV.8 Conclusion :

En accord avec les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison (ICTAAL 2015), le tracé envisagé intègre des raccordements de rayon R ≥1.5 RHnd. Les courbes de transition ou les Clothoïdes, sont également prévues pour les situations où R <1.5 RHnd. L'ensemble de ces éléments s'étend sur une longueur totale de mètres.

V.1 Le Concept du profil en long :

Le profil en long est une représentation verticale de l'axe de la route, développée et dessinée à une échelle précise. Il se compose d'une série de pentes interconnectées par des raccordements paraboliques, créant des raccordements verticaux (convexes et concaves). L'objectif principal est de garantir une continuité spatiale de la route tout en prévoyant l'évolution du tracé et en offrant une bonne visibilité des points spécifiques, tout en assurant un drainage efficace.

V.2 Les critères du profil en long :

La ligne rouge, qui représente le projet de tracé choisi, doit respecter certaines conditions liées au **confort**, à la **visibilité**, à la **sécurité** et à **l'évacuation des eaux de pluie**.

Ces conditions impliquent notamment le respect de :

- Paramètres géométriques réglementaires
- L'évitement de remblais excessifs et d'angles rentrants en déblai
- L'équilibre entre le volume des remblais et des déblais
- La bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

V.3 Les paramètres de conception du profil en long :

Les éléments du profil en long doivent se conformer aux valeurs limites spécifiées dans l'ICTAAL, qui comprend les déclivités minimales et maximales et les caractéristiques des raccordements verticaux.

V.3.1 Les Déclivités :

Déclivité minimale :

La pente transversale seule ne suffit pas pour assurer l'évacuation de l'eau de pluie. Pour faciliter l'évacuation longitudinale de l'eau, les tronçons de route absolument horizontaux doivent être évités. La déclivité minimale recommandée est $i_{min} = 0.5\%$.

Déclivité maximale :

La déclivité maximale dépend de plusieurs facteurs, notamment l'adhérence entre les pneus et la chaussée, la vitesse minimale des véhicules lourds et la situation économique. Dans les courbes en plan, la déclivité maximale doit être réduite. La déclivité maximale recommandée est $\mathbf{i_{max}=6\%.}$

V.3.2 Raccordements en profil en long :

Le passage d'une déclivité à une autre nécessite un raccordement par une courbe de grand rayon, qui doit respecter les critères de **confort** et de **visibilité**. On distingue les raccordements convexes et concaves.

V.3.3 Raccordements convexes (Angle saillant) :

Pour les raccordements convexes, le rayon minimal recommandé est de 6000 mètres, selon l'ICTAAL. La conception doit répondre aux critères de **confort** et de **visibilité**.

V.3.4 Raccordements concaves (Angle rentrant) :

Pour les raccordements concaves, les critères de confort et de visibilité diurne ne sont pas déterminants, mais la visibilité nocturne est un enjeu sur les routes non éclairées. Le rayon minimal recommandé est de 3000 mètres, selon l'ICTAAL.

V.4 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long :

La coordination du plan de tracé avec le profil en long n'est pas un processus aléatoire mais une nécessité qui assure :

- Lier un profil concave à un rayon en plan nécessitant un large dégagement latéral.
- Faire coïncider courbes verticales et horizontales (R vertical > 6R horizontal), pour éviter un défaut d'inflexion

  Si des interruptions du tracé sont inévitables, reprendre la chaussée à une distance d'au moins 500 m pour prévenir toute mauvaise interprétation.

V.5 Exemple de calcules manuel d'axe en profile en long :

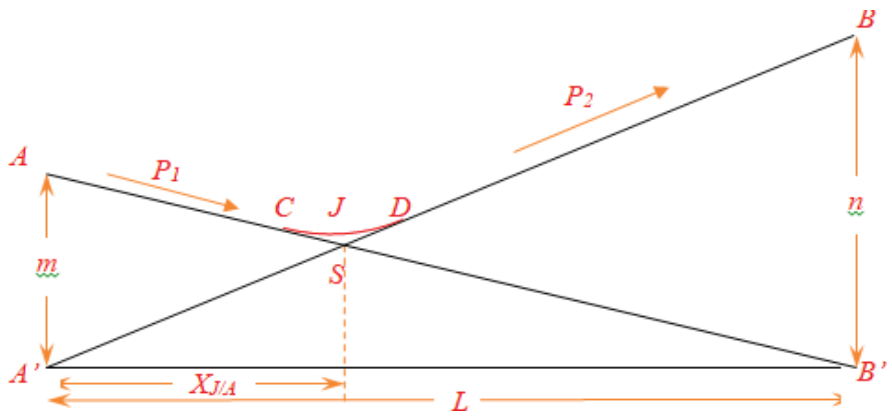


Figure V.3 Schéma illustratif d'un rayon concave.

• **Les points du profil en long :**

-XA= **41143,973** - XB= **41526,656** - XS= **41335,323**

-ZA= **469,416**-ZB= **470,762** -ZS= **467,474**

R= **14000m** ; L=**380m**

ZA'= ZB-LxP2 =**840.269m** ZB'= ZA-LxP1 = **865.729**

▪ **Calcul des pentes :**

P1 $= \frac{ZS-ZA}{XS-XA}$ = **-1,01%** P2 = $\frac{Zb-Z}{Xb-XS}$ = **1,72%**

▪ **Calcul des tangentes :**

T = $R/2 \times (|P1| + |P2|)$ => T= **191,1m**

▪ **Calcul de la flèche Bx :**

$$Bx = \frac{T^2}{2 \times R}$$

=> BX = **1,3**

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

XB = XS – T XC = XS + T

XB= **41144,223** XC = **41526,423**

ZB = ZS - T ×|P1| ZC = ZS - T ×|P2|

ZB = **465,54** ZC = **464,19**

▪ **Calcul de la longueur de raccordement :**

L = 2 × 191,1 => L = **382,2m**

▪ Calcul des cordonnées du point :

$X_{J/A}$ = R × P1 = **141,4m**

$Z_{J/A} = X_{J/A} \times P1 - X_{J/A}^2 / (2 \times R)$ = **0.71407m**

XJ = XB + X*J*/*A* = **41668,056m**

$$ZJ = ZB + Z_{J/A}$$

Zj = **612,162m**

V.5 CONCLUSION :

Dans le contexte de l'assainissement de la route en zone de déblai, la connaissance de la position du sommet J est cruciale. Elle permet de déterminer l'orientation du ruissellement des eaux, et donc de structurer efficacement le système de drainage à partir de ce point.

CHAPITRE IV : PROFIL EN TRAVERS

VI.1 Introduction :

Le profil en travers est une coupe de la route suivant un plan perpendiculaire à son axe, définissant les dimensions et détails constructifs de la route tels que les largeurs de voies, les chaussées, les systèmes d'évacuation d'eau, etc. Le profil assure un trafic en bonnes conditions de sécurité et de confort et l'évacuation rapide des eaux de pluie.

VI.2 Classification du profil en travers :

Le profil en travers se divise en deux types :

- Le profil en travers type : qui contient tous les éléments constructifs de la future route.
- Le profil en travers courant : qui est une pièce de base dessinée à distances régulières et qui sert à calculer les cubatures.

VI.3 Éléments du profil en travers :

- **Chaussée :** La surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- **Accotement :** Partie latérale de la plate-forme, il comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) revêtue et une berme à l'extérieur.
- **Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) :** Sur largeur de chaussée à partir du bord géométrique, revêtue, dégagée de tout obstacle, et apte à accueillir un véhicule lourd en stationnement.
- **Berme :** Partie latérale non roulable de l'accotement, bordant une B.A.U, généralement engazonnée.
- **Terre-plein central (T.P.C.) :** Sépare matériellement les deux sens de circulation. Constitué des deux bandes dérasées de gauche et de la bande médiane.
- **Bande dérasée de gauche (B.D.G.) :** Permet de légers écarts de trajectoire et évite un effet de paroi. Contribue au respect des règles de visibilité dans les courbes à gauche.
- **Bande médiane :** Sépare physiquement les deux sens de circulation et sert à implanter certains équipements.

VI.4 Pentes transversales :

La pente transversale d'une chaussée est généralement de 2,5% vers l'extérieur. La pente d'une B.A.U., des B.D.G. et du versant en toit d'un T.P.C. revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente.

VI.5 Dispositifs de retenue :

Les dispositifs de retenue sont des équipements de protections des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussées. Ils comprennent les glissières de sécurité métalliques fixes et amovibles, ainsi que les séparateurs en béton.

Tableau VI.1: Tableau récapitulatif

Description	Largeur (m)	nombre	largeur totale (m)
Voie de circulation	3,5	6	21
Terre-plein central (T.P.C)	3	1	3
-Bande dérasée de gauche	1	2	/
-Bande médiane (B.M)	1	1	/
Accotement	4	2	8
- Bande d'arrêt d'urgence	3	2	6
- La berme	1	2	2
totale	-	-	32

Le profil de la route :

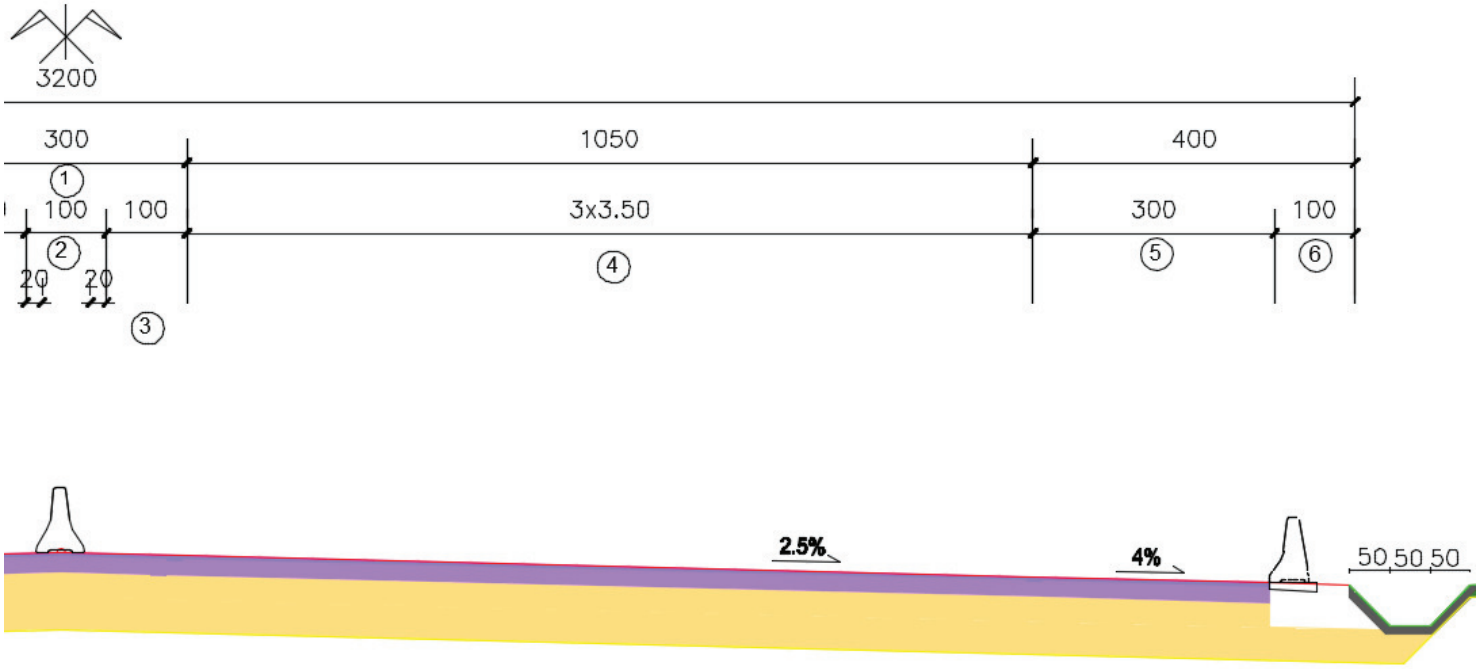


Figure VI.2 : Profil en travers type de la section courante 2x3 voies

Avec :

1- terre-plein centrale

2-bande médiane

3-bande dérasée de gauche

4-chaussée

5-bande d'arrêt d'urgence

6-berme

Tableau VI. 2 : Caractéristique géométrique du profile en travers (ICTAAL 2000)

Nombre de voies de chaque Chaussée	**3 voies**
Largeur de voie	**3.5 m**
Dévers minimum	**2.5 %**
Dévers maximum	**7%**

Tableau VI. 3 : Profil en travers type proposée

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale (m)
• **Voie de circulation 2x3**	3.5	6	**21.0**
• **Terre-plein central (T.P.C)**	3.0	1	**3.0**
- (B.D.G)	1.0	2	2.0
- Bande médiane (B.M)	1.0	1	1.0
• **Accotement**	4.0	2	**8.0**
- Bande d'arret d'urgence (B.A.U)	3.0	2	6.0
- La berme	1.0	2	2.0
Totale			32
Zone de sécurité à l'extérieur des voies de circulation	10	2	20
• Chaussée • (B.D.G) • Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) • Berme extérieure		2,5 % vers l'extérieur. identique à celle de la chaussée. identique à celle de la chaussée. 8% vers l'extérieur.	

Chapitre VII : Étude géotechnique

VII.1 Introduction :

L'étude géotechnique se focalise sur l'analyse des sols et des roches constituant la base de tout projet de construction routière. Cette discipline traite de l'équilibre et du comportement des différents types de terrains lorsqu'ils sont soumis à des contraintes internes et externes. L'objectif principal est de fournir une connaissance détaillée du terrain, élément crucial pour l'élaboration d'un projet routier. Cette connaissance passe par la reconnaissance géotechnique, une phase d'étude indispensable pour la réalisation de tout ouvrage.

VII.2 Objectif de l'étude géotechnique :

- Identification de la lithologie du site et détermination des caractéristiques géotechniques du sol support.
- Classification des matériaux du sol en fonction du Guide des Terrassements Routiers (GTR).
- Établissement du type de la partie supérieure et de la classe de portance des sols.
- Émission d'une recommandation sur les conditions de réutilisation des sols.

VII.3 Les moyens de reconnaissance :

Plusieurs méthodes sont à disposition pour la reconnaissance d'un tracé routier :

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

L'analyse de documents existants, tels que les archives, est une source précieuse d'informations sur la nature des terrains à étudier. Les cartes géologiques et géotechniques, si elles existent, peuvent également apporter des éléments utiles pour une première évaluation des formations géologiques et géotechniques présentes.

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

Ces visites sur le terrain et les essais "in-situ" permettent de vérifier et d'approfondir les informations recueillies à partir des documents préalablement cités. Ils sont nécessaires pour obtenir une connaissance précise des caractéristiques des sols, que ce soit par des mesures directes sur place ou par le prélèvement d'échantillons pour les essais de laboratoire.

VII.3.3 Les différents essais en laboratoire :

Les essais se divisent en deux catégories principales :

- **Les essais physiques :** analyse granulométrique, limites d'Atterberg, mesure de la teneur en eau et de la masse volumique, essai au bleu de méthylène.
- **Les essais mécaniques :** essai Proctor, compression simple, essai de cisaillement, essai de fragmentabilité et de dégradabilité.

Tableau VII.1: Les différents essais au laboratoire

Essais	Description	Normes	Objectifs
Essais Géotechniques	Analyse granulométrique (tamisage à sec)	NF P 94-056	Répartition pondérale des éléments granulaires d'un matériau des terrassements
	Analyse granulométrique (par sédimentation)	NF P 94-057	Détermination de la Distribution pondérale de la taille des particules fines d'un sol
	Teneur en eau naturelle	NF P 94-050	Détermination de la teneur en eau d'un matériau
	Limites d'Atterberg	NF P 94-051 ou NF P 94-052-1	Détermination de l'argilosité d'un Sol
	Masse volumique des particules solides d'un sol	NF P 94-054	Détermination de la masse volumique moyenne des particules solides de sol
	Masse volumique sèche		Détermination de la masse volumique sèche d'un élément de roche
	Essai au bleu de méthylène	NF P 94-068	Détermination de l'argilosité d'un matériau
Essais de Compactage	Essai Proctor	NF P 94-093	Déterminer la masse Volumique sèche d'un matériau et sa teneur en eau correspondante
	Indice CBR après immersion	NF P 94-078	Déterminer l'indice portant d'un échantillon de sol compacté dans un moule CBR avec une énergie Proctor Normal
Essais Mécanique	Essai œdométrique	XP P 94-090-1	Connaître les paramètres de résistance au cisaillement rectiligne (cohésion et angle de frottement interne) d'un matériau
	Essai de cisaillement	NF P 94-071-1	Connaître les paramètres de résistance au cisaillement

			rectiligne (cohésion et angle de frottement interne) d'un matériau

VII.4 Classification des sols

VII.4.1 Classification GTR

En accord avec la technique de réalisation des remblais décrite dans le GTR-SETRA/LCPC Fascicule I et II, les paramètres utilisés pour la classification des sols peuvent être divisés en deux catégories :

Paramètre de nature :

- La granulométrie.

Paramètres d'état :

- Etat très humide (th).
- Etat humide moyenne (m).
- Etat sec (s).
- Etat très sec (ts).

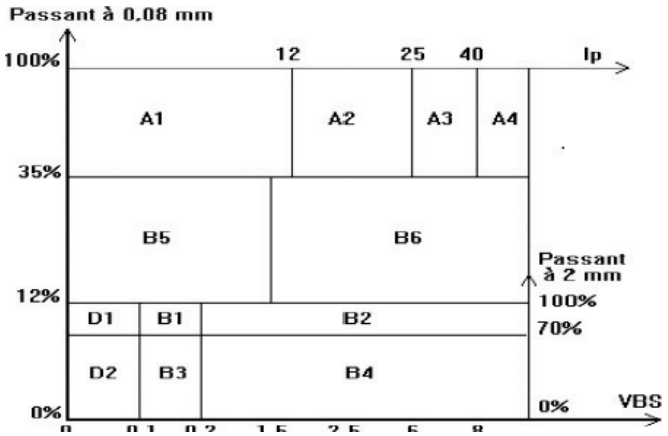


Figure VII. 1: Abaque de la classification GTR

VII.4.2 Classification du sol selon LCPC

Pour connaitre la plasticité du sol on utilise le Diagramme suivant:

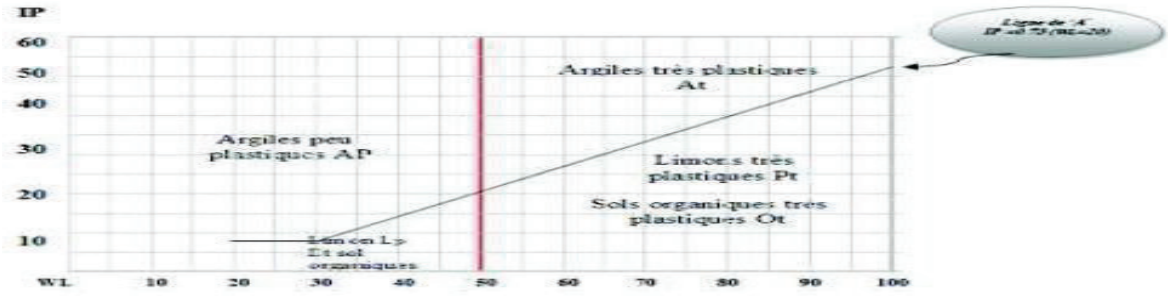


Figure VII.2 : Diagramme de CASAGRANDE

VII.5 Conditions de réutilisation des matériaux :

Pour les remblais, les matériaux proviennent principalement des déblais ou des emprunts. Ces matériaux de remblais doivent être exempts de :

- Pierres de dimension supérieure à 80 mm.
- Matériaux plastiques avec un IP supérieur à 20 % ou organiques.
- Matériaux gélifs.
- Sol avec une forte teneur en argile.

VII.6 Conditions de réutilisation des matériaux en remblai :

L'emploi de matériaux en remblai est soumis à diverses conditions :

- **Extraction (E) :** les méthodes d'extraction des matériaux de déblais peuvent être de type "extraction frontale" ou "extraction en couches".
- **Action sur la granularité (G) :** cela concerne les modifications possibles de la granularité du matériau entre son extraction et sa mise en remblai.
- **Action sur la teneur en eau (w) :** ce sont les actions qui visent à modifier l'état hydrique des matériaux, soit par aération (si les conditions météorologiques le permettent), soit par humidification.
- **Traitement (T) :** elle englobe les actions de traitement des matériaux, qui peuvent inclure l'ajout de chaux, de ciment, de cendres volantes et autres additifs.
- **Régalage (G) :** il donne une indication sur l'épaisseur des couches élémentaires à mettre en œuvre.
- **Compactage (C) :** il donne des indications sur le niveau d'énergie à utiliser pour compacter les matériaux (faible, moyen, intense).
- **Hauteur des remblais (H) :** elle fait référence à la hauteur maximale à ne pas dépasser lors de la mise en œuvre des remblais.

Tableau VII.2 : Les paramètres de technique et les codes correspondants (remblais)

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
E **Extraction**	0 1 2	Pas de condition particulière à recommander Extraction en couches (0,1 à 0,3m) Extraction frontale (pour un front de taille > 1 à 2m)
G **Action sur la Granularité**	1 2 3 4	Pas de condition particulière à recommander Extraction en couches (0,1 à 0,3m) Extraction frontale (pour un front de taille > 1 à 2m)
W **Action sur la teneur en eau**	0 1 2 3 4	Pas de condition particulière à recommander Elimination des éléments > 800mm Elimination des éléments > 250 mm pour traitement Fragmentation complémentaire après extraction
T **Traitement**	0 1 2	Pas de condition particulière à recommander Réduction de la teneur en eau par aération Essorage par mise en dépôt provisoire Arrosage pour maintien de l'état Humidification pour changer d'état
R **Régalage**	0 1 2	Pas de condition particulière à recommander Couches minces (20 à 30 cm) Couches moyennes (30 à 50 cm)

C **Compactage**	1 2 3	Compactage intense Compactage moyen Compactage faible
H **Hauteur des Remblais**	0 1 2	Pas de condition particulière à recommander Remblai de hauteur faible (≤ 5m) Remblai de hauteur moyenne (≤ 10m)

Tableau VII.3 : Sous classes NF P 11-300 définies pour les traits entre Pk 37+000 - Pk 47+000 et leur conditions d'utilisation en remblais

	Classe selon NF P 11-300	**Sous classes selon NF P 11-300**	**Conditions d'utilisation en remblais selon NF P 11-300**	**Situation météorologique/autres conditions**	**Conditions d'utilisation selon le projet DEX**
SOLS	A	A2	NON UTILISABLE		NON
		A3	NON UTILISABLE		NON
	C	C1Bi	NON UTILISABLE		NON
ROCHES (R)	R2	R21	UTILISABLE	Toutes conditions météorologiques	OUI
		R22	UTILISABLE avec CONDITION	Les conditions dépendent de la nature et de l'état du sol obtenu en chantier	OUI
	R3	R31	NON UTILISABLE -		NON
		R32	UTILISABLE avec CONDITION	Conditions de pluie faible / conditions de ni pluie, ni évaporation importante. Limitation du hauteur du remblais	NON
		R33	UTILISABLE avec CONDITION	Conditions de pluie faible / conditions de ni pluie, ni évaporation importante	OUI
	R4	R43	UTILISABLE avec CONDITION	Les conditions dépendent de la nature et de l'état du sol obtenu en chantier	OUI

Tableau VII.4 :TRAIT EN DÉBLAIS REUTILISABLE DE PK 37+000 À PK 47+000

Secteur (approximative)		Volume des excavation %			Norme française pour l'exécution des terrassement	Réutilisable selon le projet DEX	
De PK	A PK	Terrain meuble	Terrain semi-dur - rippable	Terrain dur - rocheux	Classe NPF-301	Volume (%)	Réutilisable (%)
37+050	37+810	20%	75%	5%	A2	17%	
					R32	78%	
					R33	5%	5%
37+830	38+200	10%	40%	50	A2	12%	
					R32	44%	
					R33	44%	44%
38+810	39+275	40%	40%	20%	A2	50%	
					C1Bi	2%	
					R32	29%	
					R33	19%	19%
40+295	40+730	60%	40%	0%	A2	62%	
					R32	36%	
					R33	2%	2%
40+885	41+195	20%	70%	10%	A2	21%	
					R32	63%	
					R33	16%	16%
44+660	44+900	100%	0%	0%	A2	41%	
					R32	51%	
					R33	7%	7%

	Deblais Total (mc)	*Re-utilisable (mc)*	
Pk 33+900 et 37+000	1 703 409	615 144	36,1%
Pk 37+000 et 44+000	2 403 332	247 239	10,3%
Pk 44+000 et 47+000	822 604	1 549	0,2%

Conclusion

- Le pourcentage des réutilisations des déblais est de 15% dans un totale de 863932 m^3.
- E=31 MPa, Soit une plate-forme support de chaussée de classe PF1, la réalisation d'une couche de forme est nécessaire avec un sur classement de portance au PF2.
- Selon GTR la catégorie de la PST est PST n°2, Soit une classe de portance de l'arase AR1.

CHAPITRES VIII : Dimensionnement du corps de chaussée.

VIII.1 Introduction :

En termes de conception routière, une attention particulière est accordée à l'étude du dimensionnement du corps de chaussée. Les couches de la chaussée doivent être soigneusement définies pour résister efficacement aux charges du trafic.

Ce processus consiste à choisir les matériaux adaptés et définir l'épaisseur de chaque couche selon les paramètres clés suivants :

- Le volume et l'intensité du trafic, en particulier pour les poids lourds.
- Le choix des matériaux.
- La capacité portante du sol support.

VIII.2 Types de chaussées :

VIII.2.1 Chaussée souple :

Il s'agit d'une structure constituée de matériaux granulaires et de liants hydrocarbonés. Elle se divise généralement en trois couches :

VIII.2.1.1 Couche de roulement :

Directement exposée aux contraintes du trafic et aux conditions climatiques, elle assure l'imperméabilité, l'adhérence pour la sécurité, et le confort d'utilisation (réduction du bruit, uniformité). Son épaisseur varie généralement entre 6 et 8 cm.

VIII.2.1.2 Couche de base :

Cette couche résiste aux déformations permanentes dues au trafic, répartissant les charges verticales et les contraintes aux couches sous-jacentes. Son épaisseur oscille entre 10 et 25 cm.

VIII.2.1.3 Couche de fondation :

Elle vise à fournir une bonne uniformité et une bonne portance à la chaussée.

VIII.2.1.4 Couche de forme :

À court terme, cette couche assure la circulation des engins, un compactage efficace, et la protection contre les intempéries. À long terme, elle vise à

homogénéiser la portance et maintenir une portance minimale malgré les variations d'humidité du sol.

VIII.2.2 Chaussée semi-rigide :

Cette catégorie comprend :

- Les chaussées ayant une couche de base (parfois une couche de fondation) traitée avec un liant hydraulique (ciment, granulat...). L'épaisseur minimale de cette couche doit être de 15 cm.
- Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

VIII.2.3 Chaussée rigide :

Cette chaussée est constituée d'une dalle de béton (équivalente à la couche de surface de la chaussée souple) qui repose sur une couche de fondation. Cette dernière peut être un gravier stabilisé mécaniquement, un grave traité aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

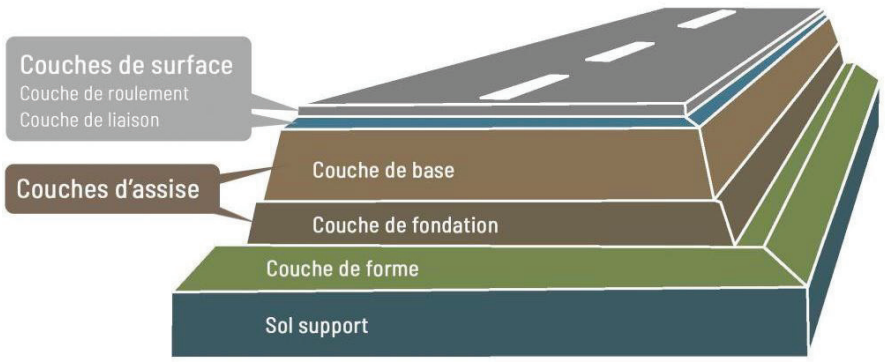


Figure VIII.1 : Structure d'une chaussée routière.

VIII.4. Principales méthodes de dimensionnement :

Pour dimensionner une chaussée, deux catégories de méthodes sont couramment utilisées :

1 **Les méthodes empiriques :** sont basées sur les études expérimentales des performances des chaussées.

2 **Les méthodes rationnelles :** sont basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Quant aux méthodes de dimensionnement de corps de chaussée les plus répandues, elles comprennent :

- La méthode C.B.R (California Bearing Ratio).
- Méthode du catalogue des structures, établie par SETRA et LCPC.

VIII.4.1. Méthode C.B.R. (California Bearing Ratio) :

La méthode C.B.R est semi-empirique et se base sur un essai de poinçonnement réalisé sur un échantillon de sol support. L'échantillon est compacté à hauteur de 90 à 100% de l'optimum Proctor modifié, sur une épaisseur d'eau inférieure à 15 cm. L'épaisseur est déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$\mathbf{E_{eq}} = \frac{\mathbf{100} + \sqrt{\boldsymbol{P}} \times (\mathbf{75} + \mathbf{50}\log(\frac{\boldsymbol{N_{PL}}}{\mathbf{10}}))}{\mathbf{I_{CBR}} + \mathbf{5}}$$

Paramètres :

- **e :** Épaisseur équivalente.
- **I :** Indice CBR (California Bearing Ratio) du sol support.
- **N :** Nombre journalier de camions de plus de **1500 kg** à vide.
- **P :** Charge par roue. **P = 6.5** t (essieu 13 t).

VIII.4.1.1 Épaisseur équivalente :

L'épaisseur équivalente d'une chaussée se déduit de l'équation suivante :

$$e = e_1c_1 + e_2c_2 + e_3c_3$$

Où :

- e_1c_1**:** Correspond à l'épaisseur de la couche de roulement.
- e_2c_2 **:** Correspond à l'épaisseur de la couche de base.
- e_3c_3 **:** Correspond à l'épaisseur de la couche de fondation.

Les coefficients d'équivalence habituels (c_1, c_2, c_3) varient en fonction du type de matériau utilisé, comme le montre le tableau ci-dessous

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

Tableau VIII. 1: les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

Matériaux utilisés	Coefficients d'équivalence
Béton bitumineux (BB)	2
Grave bitume (GB)	1.5
Grave concassée (GNT)	1
Tout venant d'oued (TVO)	0.75
Tuf	0.6
Sable	0.5

Pour notre cas :

- PL= 25%
- $\tau = 4\%$
- I_{CBR} de sol = 9.4
- $TJMA_{2025}$= 12 815 V/J
- Durée de vie 20 ans
- $TJMA_{2023}$ (par sens) = 12 815x(2/3)= 8 544 V/J/sens.
- $N_{PL\ 2025}$ = 8544×0.25 = 2 136 PL/j/sens.
- $N_{PL\ 2045}$= 2061 × (1 + 0.04)^{20} = 4 681 PL/j/sens.

- **Chaussées bidirectionnelles à 3 voies : 50% du trafic PL.**
- $N_{PL\ 2045}$= 4 681 x 0.5 = 2 341 PL/j/sens.

A.N :

$$E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{6.5} \times \left(75 + 50 \log\left(\frac{2\,341}{10}\right)\right)}{9.4 + 5} \approx \mathbf{42\ cm.}$$

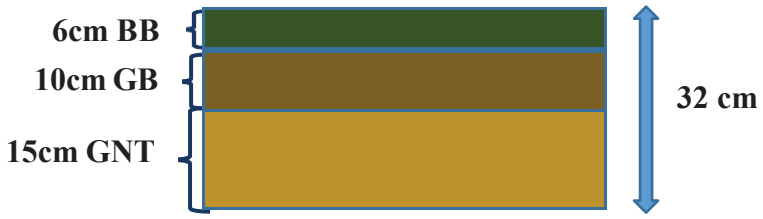
Pour déterminer l'épaisseur réelle de la chaussée, nous devons fixer les épaisseurs de la couche de base (BB) et de la couche de grave bitume (GB), et calculer l'épaisseur de la couche de grave non traitée (GNT). Voici les détails :

- La couche de roulement, en béton bitumineux (BB), a une épaisseur e_1 de 6 cm avec un coefficient c_1 de 2.
- La couche de base, en grave bitume (GB), a une épaisseur e2 de 10 cm avec un coefficient c_2 de 1.5.
- La couche de fondation, en grave non traitée (GNT), a une épaisseur e3 à déterminer avec un coefficient c_3 de 1.

A.N :

$$42 = 6 \times 2 + 10 \times 1.5 + e_3 \times 1 \rightarrow e_3 = 42 - 27 = 15cm$$

En respectant les conditions d'épaisseur minimale de mise en œuvre, nous trouvons que l'épaisseur réelle de la chaussée est de **31 cm**. Cette mesure est obtenue en additionnant les épaisseurs des différentes couches de la chaussée : la couche de roulement, la couche de base et la couche de fondation.



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

Cette méthode s'appuie sur le catalogue des structures de chaussées neuves, élaboré par le Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA). Ce catalogue :

- Tient compte de quatre classes de trafic en fonction de leur importance.
- Prend en compte les caractéristiques géotechniques du sol de fondation.
- Se présente sous la forme d'un ensemble de fiches classées en fonction de deux paramètres principaux :
  - Le trafic cumulé de poids lourds (TCi).
  - Les caractéristiques du sol (classe de plateforme PFi).

❖ **Détermination de la classe du trafic cumulé :**
Calcul basé sur le nombre total de poids lourds passant quotidiennement.

Tableau VIII.2 : Classes du trafic cumulé

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

- $N_{PL\ 2025}$ = 12 815×0.25×2 /3 ×0.25 = **1 068 PL/j/sens.**

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

❖ **Détermination de la classe de portance :**
La classe de portance est établie en fonction des propriétés géotechniques du sol supportant la chaussée.

Tableau VIII.3: Classes de portance.

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

- **I_{CBR}** de l'entreprise **: 9.4.**
- **E** (Module de Young) = 5 x CBR =5 x 9.4 = **47MPa.**

D'où la classe de portance est **PF1.**

❖ **Détermination du réseau principal :**

Tableau VIII.4 : Les réseaux principaux

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

• Mise en service prévue : **2025.**

• Avec un TJMA2025 de **12 815V/J < 1500 V/J**,

Alors notre route se calsse dans la catégorie **RP1.**

• Le matériau utilisé est **un matériau traité au bitume**, spécifiquement **GB/GNT**

Tableau VIII.5 : Les matériaux types

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

❖ **Détermination de la classe de trafic :**

La classe du trafic (TPLi) l'établie à partir du trafic journalier des poids lourds, dans le sens le plus chargé lors de l'année de mise en service.

- Classe TPLi pour RP1 :

Tableau VIII.6 : Classes de trafic du poids lourds

TPLi	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/j/sens	150-300	300-600	**600-1500**	1500-3000	3000-6000

- TPL_{2025} = **1068 PL/J/sens.**
- En comparant, on trouve **600 < 1068 < 1500 PL/J/sens.**

En conséquence, la classe de trafic assignée est **TPL5.**

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

TCi est le total du trafic de poids lourds sur la période de durée de vie prévue pour le dimensionnement. Sa formule est la suivante :

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

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

A.N :

$$TC_i = \frac{1068\times365[(1+0.04)^{20}-1]}{0.04} = \boxed{11.61\times10^6.}$$

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

Pour le dimensionnement, nous calculons le trafic cumulé d'essieux (**TCE_i**) :

- L'essieu standard en Algérie est de **13 tonnes**.

$$TCEi = TCi.\ A$$

Tableau VIII.7 : Coefficient d'agressivité de PL par rapport à l'essieu de référence.

Niveau de réseau Principal (RPi)	Types de matériaux et Structures	Valeur de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume: GB/GC, GB /TUF, GB/GC	**0.6**
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL, BCg/GC	1

- RP1 et à la chaussée traitée au bitume **(A=0.6).**

Alors :

$TCE_i = TC_i \times A = 11.61 \times 10^6$ x 0.6 = $\boxed{7\times10^6}$ **essieux équivalents de 13 tonnes.**

❖ **Détermination de la portance de sol-support de chaussée :**

Nous utilisons le tableau suivant pour classer la portance du sol de S4 à S0 :

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

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

On a :

- I_{CBR}= 9.4 (selon le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves).

$$5< I_{CBR} <10$$

Alors la classe de portance de notre sol est **S3.**

❖ **Les données climatiques :**

Les facteurs climatiques influencent le dimensionnement de la chaussée, en particulier la température constante, ou température équivalente, θeq. Cette dernière est ajustée en fonction des variations de température annuelles. La classification climatique du site est déterminée en fonction de la localisation du projet. Selon le "Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (2001 CCTP)".

- notre projet se situe en **zone II**, car la pluviométrie de la zone est comprise entre **350 et 600 mm/an.**

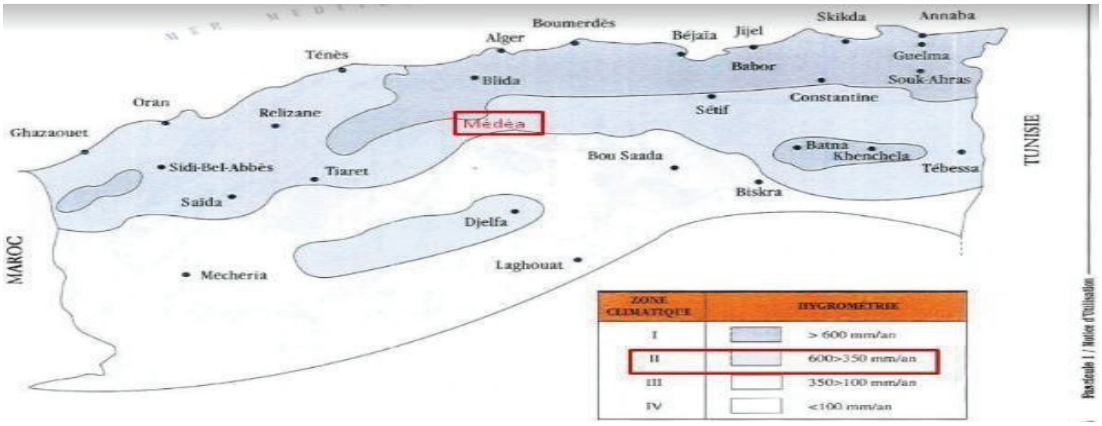


Figure VIII.2: Classes de portance des sols (Si)

Suivant les directives du fascicule 1 du catalogue de dimensionnement algérien, nous pouvons déterminer le type de structure approprié. Ce dernier est pré-calculé, prenant en compte les facteurs suivants :

- Réseau principal de niveau 1 **(RP1) GB/GNT**
- **Zone climatique II**
- Durée de vie de 20 ans avec un taux d'accroissement de **4%**
- **TPL5**
- Classe de portance : **S3**

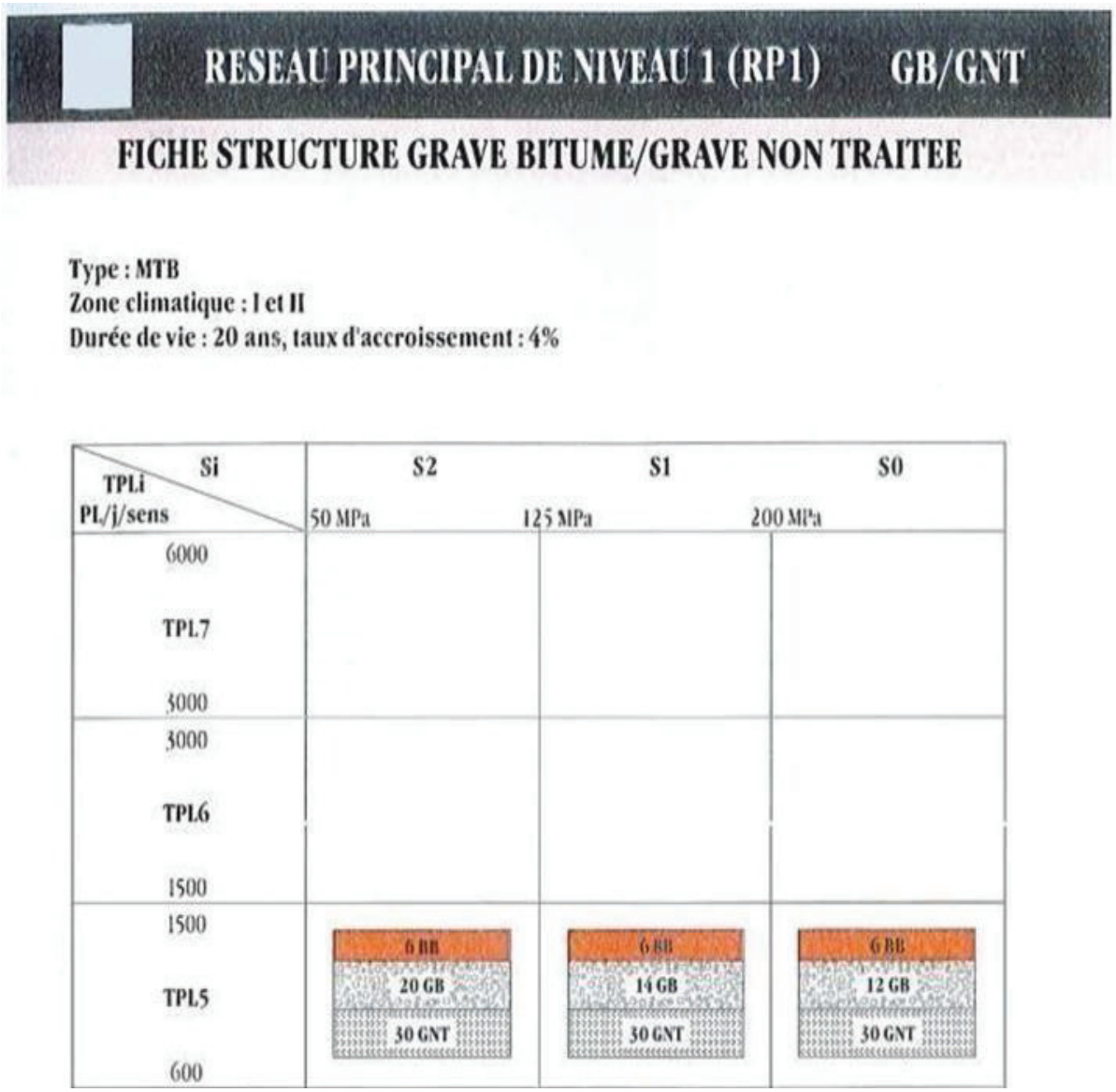


Figure VIII.3 : Fiche structure GB/GNT

Selon le catalogue algérien, il n'existe pas de fiche de dimensionnement pour une structure de TPL5, S3 dans la zone II. Par conséquent, nous devons surclasser la classe de portance de S3 à S2, en introduisant une couche de forme en TUF de 40 cm, répartie en deux couches, pour obtenir la classe S2.

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

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

Compte tenu des données précédemment mentionnées et de la classe ciblée S2, le catalogue de dimensionnement algérien recommande la structure suivante :

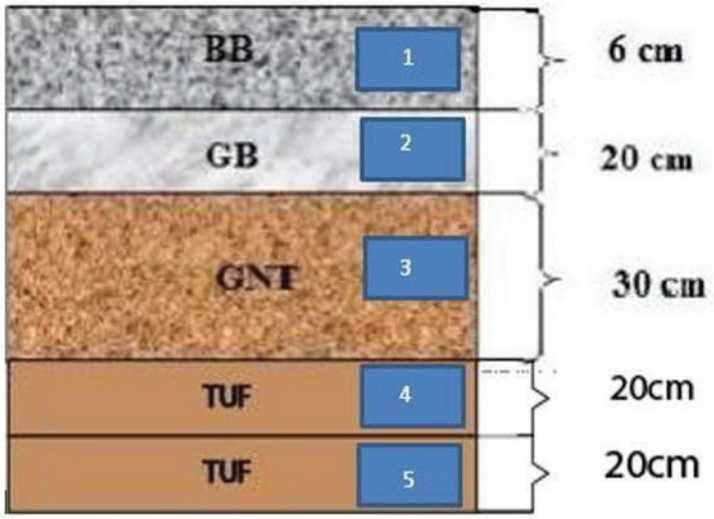


Figure VIII.4 : les couches selon catalogue CTTP

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

VIII.5 Vérification des contraintes de différentes couches :

- Risque de calcul : **r = 10%.**
- Température équivalente : **Teq = 20°C**.
- Classe du sol support : S2 avec **E=5 x 9.4= 47 Mpa, v=0.35.**
- Conditions aux interfaces **: toutes les couches sont adhérentes**.

- Facteur de calage : **Kc=1.3.**
- **TCEi=7×10^6 essieux équivalents de 13t.**

N.B : les tableaux correspondants à cette section peuvent être trouvés dans **l'annexe.**

VIII.5.1 Calcul des déformations admissibles à la base de GB :

Le calcul des déformations admissibles de traction (εt_{adm}) à la base des couches bitumineuses pour les matériaux traités au Bitume est déterminé par l'équation suivante :

$$\varepsilon t_{adm} = \varepsilon 6(10°C, 25\ Hz).\ kne\ .\ k\theta\ .\ kr\ .\ kc$$

Les différents facteurs dans cette formule sont définis comme suit :

- **ε_6(10°C, 25 Hz) :** représente la déformation limite après **106** cycles avec une probabilité de rupture de **50%** à une température de **10°C** et une fréquence de **25 Hz** (essai de fatigue).
- **kne :** est un facteur dépendant du nombre cumulé d'essieux équivalents que la chaussée peut supporter.
- **kθ :** est un facteur lié à la température.
- **kr :** est un facteur lié au risque et aux dispersions.
- **kc :** est un facteur lié à l'ajustement des résultats du modèle de calcul au comportement observé sur les chaussées.

Avec :

$$K_{ne} = \left(\frac{10^6}{TCE_i}\right)^b, k\theta = \sqrt{\frac{E(10°C)}{E(\theta_{eq})}}, \quad kr = 10^{-tb\delta},$$

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

- **TCEi :** C'est le trafic cumulatif, mesuré en essieux équivalents de 13 tonnes.
- **b :** C'est la pente de la droite de fatigue.
- **c :** C'est un coefficient constant de 0.02.
- **E(10°C) et E(θeq) :** Ce sont les modules du matériau bitumineux à différentes températures.
- **δ :** Il est lié à la dispersion.
- **SN et Sh :** Ils représentent la dispersion sur la loi de fatigue et sur les épaisseurs, respectivement.
- **t** : Il est associé au risque adopté et dépend de la loi normale.

En se basant sur le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves et les tableaux fournis, les paramètres clés sont les suivants :

- Déformation limite **ε6 (10°c, 25Hz) =100.10-6.**
- Module complexe à 10°C **: E (10°C ,10Hz) =12500 Mpa**.
- Module complexe à température équivalente **(θeq = 20°C) : E (20°C ,10Hz) =7000 Mpa.**
- Risque adopté pour le réseau RP1 et la classe du trafic TPL5 : **r=10%.**
- Fractile de loi normale en fonction du risque adopté : **t = - 1.282.**
- Pente de la droite de fatigue : **b= -0.146.**
- Coefficient **C = 0.02.**
- La dispersion δ = 0.61.
- Facteur lié au calage : **kc= 1.3.**

A.N :

$K_{ne} = (\frac{10^6}{7\times10^6})^{-0.146} = 1.32.$ $kr = 10^{-1.282\times0.61\times0.146} = 0.77.$

$k\theta = \sqrt{\frac{12\,500}{7\,000}} = 1.33.$

$\varepsilon t_{adm} = 100 \times 10{-}6 \times 1.32 \times 1.33 \times 0.77 \times 1.3 = \boxed{1.75 \times 10{-}4}$

VIII.5.2 Calcul de la déformation admissible sur le sol support :

Pour déterminer la déformation admissible sur le sol support, nous utilisons Alizé-LCPC. La déformation verticale, εz, est calculée et limitée à une valeur admissible, εz_{adm}, donnée par l'équation empirique :

$$\varepsilon z_{adm} = 22\times10^{-3}\times (TCEi)^{-0.235},$$

$$\varepsilon z_{adm} = \boxed{5.41 \times 10^{-4}.}$$

VIII.5.3 Vérification du fatigue de la structure :

Les déformations εt et εz obtenues par Alizé LCPC doivent être inférieures aux valeurs admissibles calculées, soit : $\varepsilon z < \varepsilon z_{adm}$ et $\varepsilon t < \varepsilon t_{adm}$.

VIII.5.3.1 Vérification de l'Alizé-LCPC :

Pour les chaussées traitées au bitume et aux liants hydrauliques, la pression sur le sol est suffisamment faible pour satisfaire parfaitement le critère εz < εz,adm. Selon Alizé, on retient les valeurs de déformation suivantes :

➢ $\varepsilon t = 1.04 \times 10^{-4}$

➢ $\varepsilon z = 2.9 \times 10^{-4}$

On voit bien que : $\varepsilon z < \varepsilon z_{adm}$ et $\varepsilon t < \varepsilon t_{adm}$.

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

VIII.6 Récapitulatif :

L'emploi des deux approches nous fournit les résultats suivants :

Tableau VIII.10 : les résultats des 2 méthodes.

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

VIII.7 Conclusion :

La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées se distingue comme le choix optimal pour notre projet pour les raisons suivantes :

- Elle est basée sur des lois de comportement en fatigue, promettant une longévité accrue pour la route.
- Elle favorise une meilleure gestion des investissements à court terme, réduisant les risques de fluctuations financières dans le cas d'un investissement à long terme.
- Elle contribue à minimiser les coûts d'entretien, un avantage économique majeur.

En somme, cette méthode nous offre un équilibre parfait entre durabilité, performance et rentabilité financière.

Chapitre IX : Assainissement

IX.1 Introduction :

Gérer efficacement l'assainissement des infrastructures routières se positionne comme une problématique technique majeure dans le domaine du génie civil. Cette discipline, exigeant une connaissance pointue des paramètres hydrauliques, s'avère nécessaire pour établir précisément les débits de crues selon des fréquences variables (décennales, cinquantennales, centennales), en tenant compte des caractéristiques spécifiques des écoulements naturels au sein des divers points de traverse de la route.

Au sein de ce chapitre, nous nous pencherons sur les éléments clés de l'assainissement des infrastructures routières, notamment :

- La collecte et l'évacuation des eaux de surface présentes sur la route vers un exutoire approprié.
- La gestion et l'évacuation des eaux internes via des systèmes de drainage.
- La restauration des petits écoulements naturels grâce à des structures de franchissement judicieusement conçues.
- La lutte contre la pollution routière afin de préserver l'environnement et la qualité de nos ressources en eau.

IX.2 Objectifs de l'assainissement :

L'assainissement routier vise les objectifs suivants :

- Évacuation rapide des eaux de surface pour minimiser le risque d'aquaplanage.
- Maintien de conditions de viabilité optimales pour garantir la sécurité routière.
- Réduction des coûts d'entretien en prévenant les dégâts liés à l'eau.
- Prévention de l'érosion, en assurant un drainage approprié.
- Évacuation des eaux infiltrées dans le corps de la chaussée pour éviter l'affaiblissement du terrain et les effets du gel.
- Gestion des eaux infiltrées en amont de la plate-forme pour maintenir sa stabilité.

IX.3 Criteres de base dans la conception des ouvrages d’assainissement :

- **Harmonie avec la nature :** La structure doit s'intégrer délicatement dans l'environnement, en préservant la géométrie naturelle des cours d'eau dans la mesure du possible.

- **Équilibre de vitesse :** On doit s'assurer d'une vitesse minimale dans les ouvrages pour contrer la sédimentation, tout en limitant la vitesse maximale pour atténuer le risque d'érosion.
- **Gestion optimisée de l'eau :** La conception doit maîtriser les eaux de ruissellement pour limiter l'érosion des talus et protéger les fossés contre l'érosion.
- **Dimensionnement stratégique :** Les ouvrages doivent présenter des dimensions appropriées pour faciliter l'entretien et le curage.
- **Respect de l'environnement :** Toutes les phases de conception et de mise en œuvre doivent être en conformité avec les régulations et normes environnementales.

IX.3.1 Caractéristiques physiques des bassins versants :

Tableau IX-1: Caractéristiques principales des bassins versants

PK	BV	AIRE	L	DH	P	tc	I	Q10
		km2	Km	m	%	h	mm/h	m3/s
37-1	**1**	0,360	1,056	95,000	9,000	0,2540	76,260	**5,114**
37-2	**2**	0,045	0,271	55,000	20,000	0,0602	170,711	**1,431**
39-1	**3**	0,070	0,449	55,000	12,000	0,0970	130,742	**1,705**
39-2	**4**	0,012	0,508	65,000	13,000	0,0386	219,082	**0,490**
39-7 VI	**5**	1,860	2,077	97,000	5,000	0,7746	40,843	**14,150**
40-1	**6**	0,444	1,424	155,000	11,000	0,2552	76,067	**6,291**
42-1	**7**	0,336	0,774	151,000	20,000	0,1646	97,227	**6,085**
42-2	**8**	0,117	0,433	135,000	31,000	0,0780	147,694	**3,219**
42-3	**9**	0,599	1,568	255,000	16,000	0,2457	77,687	**8,667**
43-1	**10**	0,077	0,490	143,000	29,000	0,0654	162,977	**2,337**
43-2	**11**	0,115	0,551	143,000	26,000	0,0845	141,277	**3,026**
43-3	**12**	0,438	1,484	240,000	16,000	0,2101	84,804	**6,918**
43-4	**13**	0,036	0,316	102,000	32,000	0,0426	207,277	**1,390**
44-1	**14**	1,102	1,913	206,000	11,000	0,4020	58,973	**12,105**
44-2	**15**	0,082	0,424	105,000	25,000	0,0727	153,613	**2,346**
44-3	**16**	0,237	0,923	145,000	0,160	0,1546	100,716	**4,446**
44-4	**17**	0,190	0,480	110,000	0,230	0,1154	118,606	**4,197**

45-1	**18**	1,034	1,471	165,000	0,110	0,3894	60,034	**11,562**
46 VI	**19**	0,845	1,605	260,000	0,160	0,2919	70,552	**11,104**
46-1	**20**	0,062	0,338	59,000	0,170	0,0767	149,118	**1,722**
46-2	**21**	0,120	0,449	65,000	0,140	0,1176	117,387	**2,624**
47-1	**22**	0,075	1,406	245,000	0,170	0,0844	141,378	**1,975**
47-2	**23**	0,062	0,355	125,000	0,350	0,0535	182,533	**2,108**
47-5 VI	**24**	0,257	0,877	175,000	0,200	0,1440	104,805	**5,017**

IX.4 Dimensionnement du réseau d'assainissement à implémenter :

IX.4.1 Estimation des débits de crue :

L'estimation des débits de crue dépend de divers facteurs incluant topographie, climatologie, morphologie des bassins versants, et géologie.

Pour déterminer le débit de crue en utilise la formule de la méthode rationnelle, généralement appliquée pour les superficies inférieures à 25 km².

$$Q_a = K \times C \times I \times A$$

Où :

- Qa : débit maximal d'eau pluviale (m³/s)
- C : coefficient de ruissellement
- I : intensité de pluie pour le temps de concentration du bassin versant (mm/h),
- A : superficie du bassin versant (km²)
- K : Coefficient de conversation des unités (les mm/h en l/s) est égale 0.278

IX.4.1.1 Le coefficient de ruissèlement C :

Le coefficient de ruissellement indique le pourcentage de l'eau ruisselante sur un sol saturé par des précipitations antérieures, par rapport à la totalité de l'eau de l'averse.
Pour le choix des coefficients de ruissellement, nous utilisons la méthode de KENESSEY (Hongrie). Cette méthode permet l'estimation de ce coefficient C en cumulant trois coefficients partiels :

$$C = C1 + C2 + C3$$

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

La pente du talweg principal (P) est estimée égal au rapport de la dénivelée du talweg (ΔH=Hmax-Hmin) par rapport à la longueur de ce talweg (L).

Note : Les valeurs des coefficients C1, C2, C3 sont disponibles dans **l'Annexe.**

IX.4.1.2 Temps de concentration :

Le temps de concentration est le délai entre le début d'une précipitation et le moment où le débit d'eau atteint son pic à l'exutoire du bassin versant. C'est le temps nécessaire pour que l'eau ruisselle du point le plus éloigné du bassin versant jusqu'à l'exutoire.

Les temps de concentration (tc) sont estimés en utilisant différentes méthodes en fonction de la superficie du bassin versant (A) :

- Si A<5 km², on utilise **la méthode Ventura** : $\mathbf{tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}}$
- Si 5 km²<A<25 km², on utilise **la méthode Passini** : $\mathbf{tc = 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{P}}}$
- Si 25 km² ≤A ≤200 km², on utilise **la méthode Giandotti** : $\mathbf{tc = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{H}}}$

Les autres paramètres sont :

- **P :** Pente moyenne du bassin versant = **(Hmax - Hmin) / L**
- **L :** longueur de thalweg (km)
- $\mathbf{\bar{H}}$ **:** La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m)
- **Hmax :** altitude maximale (m)
- **Hmin :** altitude minimale (m)

♦ **Exemple d'application au projet :**

L'ensemble des surfaces des bassins versants situés entre Pk 37-1 et PK 47-5 sont inférieures à 5 km² **(A<5km²).** Par conséquent, le calcul des temps de concentration est effectué en utilisant **la méthode de Ventura**.

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

Pour BV1 (A=**0,360Km²**, P=**0,090%**, L=**1,056km**) ,

A.N :

$$tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.360}{0.09}} = \boxed{0.254 \text{ heures.}}$$

IX.4.1.3 L'intensité de pluie I :

Pour déterminer les intensités des précipitations qui contribuent à l'estimation des débits de récurrence nous utilisons la formule de Montana :

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

Avec:

- **I(t, T)** correspond à l'intensité de la précipitation, exprimée en mm/h.
- **T** désigne la période de retour, en années.
- **t** représente le temps de concentration, en heures.
- **a** et **b** sont des paramètres spécifiques à la formule de Montana.

Tableau IX.2 : Valeurs de coefficient de Montana

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

♦ **Exemple d'application au projet :**

Ici, b vaut 0.56 et a= 35.4 pour une période de retour T= 50 ans. Pour le BV1 tc = 0.254 heures.

A.N :

$$I\,(50,\,0.245) = 35.4 \times 0.254^{-0.56} = \boxed{76.26 \text{ mm /h.}}$$

♦ **Exemple d'application au projet, calcul du débit d'apport :**

- **K=0.2278**
- **C= C1 + C2 + C3 = 0.12+0.3+0.25 = 0.67**
- Pour BV1 **I= 76.26mm /h** et **A= 0,360 Km²**

A.N :

$$Qa = 0.278 \times 0.67 \times 76.26 \times 0,360 = \boxed{5.11 \text{ m}^3/\text{s}}$$

IX.4.2 Dimensionnement hydraulique :

IX.4.2.1 La fréquence f :

La détermination de la période de retour est réalisée en considérant un équilibre entre les dépenses d'investissement et les risques de dommages associés à la sur-dimensionnement ou au sous-dimensionnement des structures. En fonction de ces considérations, nous avons choisi les périodes de retour de conception suivantes :

- Pour les fossés et dispositifs de drainage de la plateforme : **une période de retour de 10 ans.**
- Pour les buses et les dalots : **une période de retour de 50 ans.**
- Pour les ponts : **une période de retour de 100 ans.**

IX.4.2.2 Le débit de saturation :

Le débit de saturation, qui correspond à la capacité maximale de l'ouvrage d'assainissement, est établi par la formule de Manning-Strickler :

$$Qs = S_m \cdot K_{st} \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

Avec:

- Qs : le débit de saturation,
- Ks : le coefficient de Strickler, qui varie en fonction de la nature des parois de l'ouvrage,
- Rh : le rayon hydraulique (m),
- J : la pente longitudinale du canal (en m/m),
- Sm : la section mouillée.

IX.4.2.3 Dimensionnement des ouvrages de drainage transversal :

Le drainage des bassins versants à travers l'autoroute est effectué par des dalots et des buses. Le choix de la structure de drainage dépend du débit d'apport calculé. Si le débit d'apport est supérieur ou égal à 4,25 m³/s, un dalot est sélectionné, sinon, une buse, suivant le tableau :

Tableau IX.3 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux

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

IX.4.2.4 Dimensionnement des buses :

Une buse hydraulique est un conduit ou une canalisation circulaire conçue pour transporter l'eau sous une route, un chemin, ou un autre type de voie de circulation. Elle facilite l'écoulement des eaux de ruissellement et prévient les inondations et l'érosion du sol.

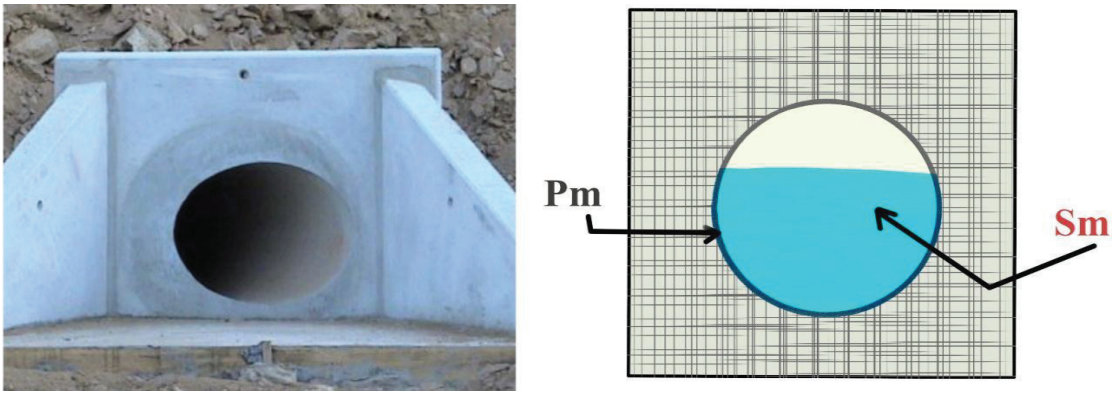


Figure IV.1: Schéma représentatif d'une buse.

Dans le cas d'un remplissage à 80% d'une buse :

Sm : Section mouillée, est calculée par la formule **Sm = 4/5 πR^2.**

Pm : Périmètre mouillé, est calculé par la formule **Pm = 4/3 πR.**

Rh : Rayon hydraulique, est déterminé par la formule **Rh = Sm/Pm,** soit **3/5 R.**

Kst = 80, valeur standard pour les buses en béton.

J : La pente de pose, qui est égale à la pente du profil transversal.

$$Qa = Qs = 80 \times (\pi R^2) \times (R)^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \left(\frac{Qa}{Kst \times 0.5^{\frac{2}{3}} \times \pi \times J^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{8}}$$

✓ Une fois le diamètre calculé en utilisant la formule 2×R=Φ, nous choisissons un diamètre normalisé et largement disponible sur le marché, tel que **Φ500, Φ800, Φ1000, Φ1200, Φ1500,** etc.

Tableau IX-4: Dimensions des buses.

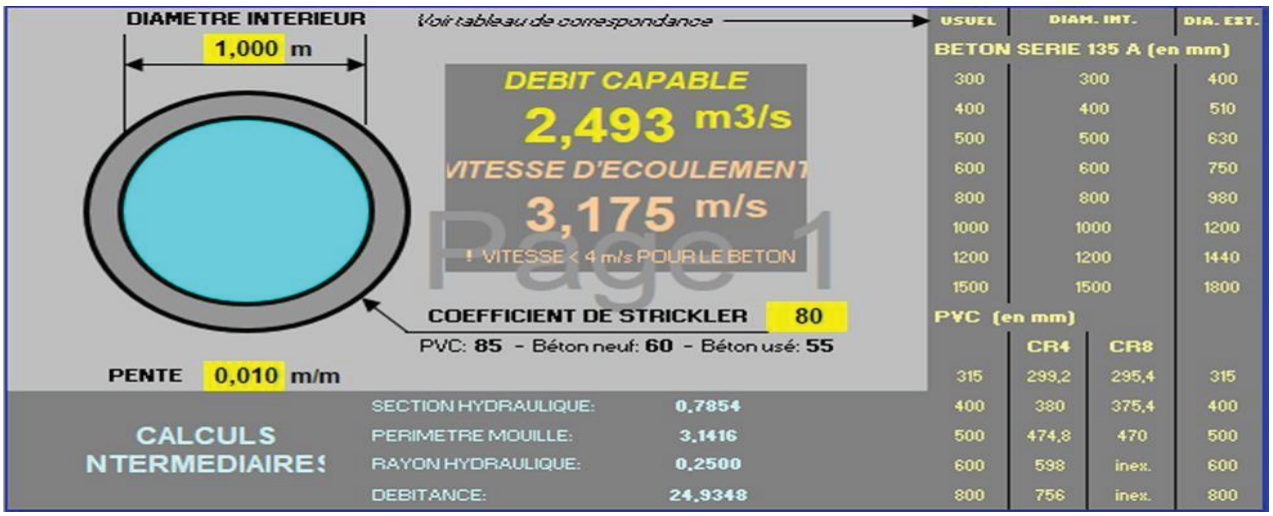
PK	N° du BV	Q moyen (m3/s)	R (m)	D (m)	Dimension de l'ouvrage			Débit C. m3 / s	Nbre Ouv.
37-2	2	1,431	0,4060	0,2030	Buse	Ø	1000	1,23	1
39-1	3	1,705	0,4335	0,8670	Buse	Ø	1000	1,23	1
39-2	4	0,490	0,2710	0,5420	Buse	Ø	1000	1,23	1
42-2	8	3,219	0,5500	1,1000	Buse	Ø	1500	3,39	1
43-1	10	2,337	0,4879	0,9758	Buse	Ø	1500	3,39	1
43-2	11	3,026	0,5376	1,0752	Buse	Ø	1500	3,39	1
43-4	13	1,390	0,4016	0,8032	Buse	Ø	1500	3,39	1
44-2	15	2,346	0,4886	0,9772	Buse	Ø	1500	3,39	1
44-4	17	4,197	0,6078	1,2156	Buse	Ø	1500	3,39	1
46-1	20	1,722	0,4352	0,8704	Buse	Ø	1000	1,23	1
46-2	21	2,624	0,5096	1,0192	Buse	Ø	1500	3,39	1
47-1	22	1,975	0,4581	0,9162	Buse	Ø	1000	1,23	1
47-2	23	2,108	0,4694	0,9388	Buse	Ø	1000	1,23	1

♦ **Exemple d'application au projet:**

Pour (BV2) : (□□ = 1,431 □□/ , J=1%, Kst=80)

$$R = \left(\frac{1.431}{80 \times 0.5^{\frac{2}{3}} \times \pi \times 0.01^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{8}} = 0{,}406 \text{ m.}$$

D=R×2=406×2= 812mm , on choisit **Φ1000.**



FigureIX.2 : Schéma vérification du débit capable dans la buse choisie pour BV2.

IX.4.2.4 Dimensionnement des dalots :

Un dalot est une structure hydraulique semi-enterrée, généralement fabriquée en béton, acier ou plastique. Il fonctionne comme un petit aqueduc, placé sous les remblais de routes ou de voies ferrées pour permettre le passage de l'eau. Il sert souvent à drainer l'écoulement des eaux pluviales ou à acheminer un cours d'eau sous une infrastructure. Le taux de remplissage pour un tel ouvrage est généralement de 80% de sa hauteur totale (Hr=0.8H).

Tableau IX.5: Dimension des dalots

PK	BV	Q moyen (m3/s)	Dimension de l'ouvrage			
37-1	1	5,1135	Dalot	2,00	x	1,50
40-1	6	6,2907	Dalot	2,00	x	2,00
42-1	7	6,0848	Dalot	2,00	x	2,00
42-3	9	8,6675	Dalot	2,00	x	2,00
43-3	12	6,9184	Dalot	2,00	x	2,00
44-1	14	12,1047	Dalot	3,00	x	2,00
44-3	16	4,4460	Dalot	2,00	x	1,50
45-1	18	11,5621	Dalot	3,00	x	2,00

VII.3.3 Vérifications :

✓ Pour le dalot du BV1 :

- Vérification de la hauteur critique :

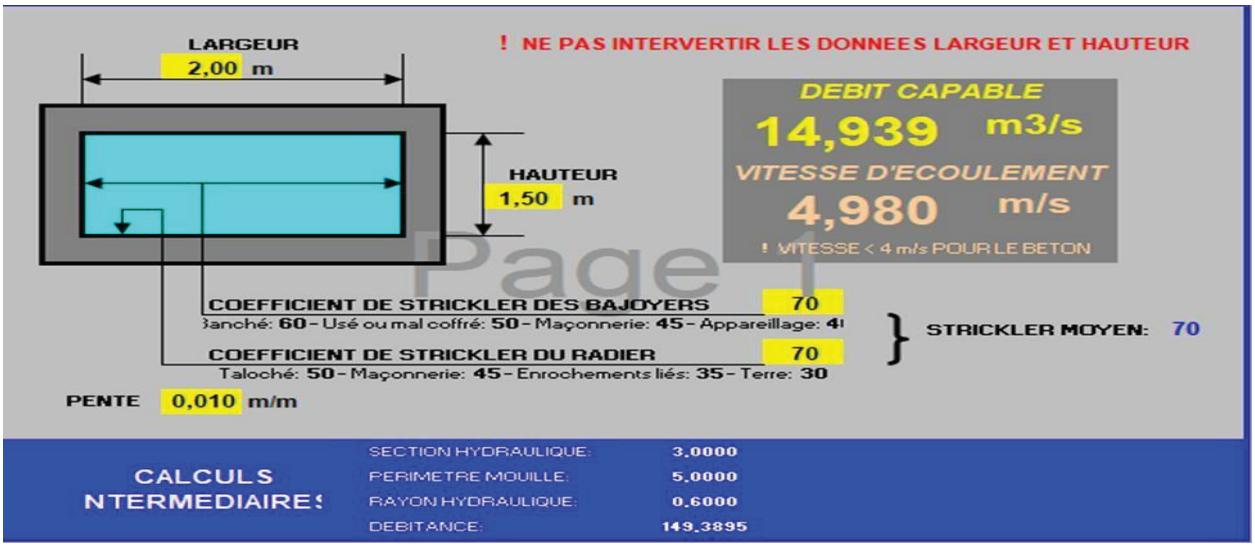
$\frac{B \times Q^2}{g \times Sc^3} = 1$ Alors : $h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \times B^2}} = \sqrt[3]{\frac{5.1135^2}{10 \times 2^2}} = 0.87 < 1.5$ **Vérifiée.**

- Vérification de la vitesse :

$\frac{Q}{B \times H} = \frac{5.1135}{2 \times 1.5}$ 1=.7 m/s <4 m/s **Vérifiée.**

- Vérification du régime d'écoulement:

Nombre de Froude $= \frac{V}{\sqrt{g \times H}} = \frac{1.705}{\sqrt{10 \times 1.5}} = 0.44 < 1$ **Vérifié.**



FigureIX.2 : Schéma Vérification du débit capable dans le dalot pour BV1.

✓ Pour la buse du BV2 :

- Vérification les conditions d'auto curage :

BV2 (Qa= 1,431m3/s, D=1000mm, Kst=80, J=1%)

$$Qps = 80 \times (\pi \times 0.406^2) \times (0.406)^{\frac{2}{3}} \times 0.01^{\frac{1}{2}} = 2.27 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Vps = \frac{Qps}{\pi R^2} = \frac{2.27}{\pi \times 0.406^2} = 4.38 \text{ m/s}$$

Selon le tableau des conditions d'auto-curage pour les structures circulaires dans l'**annexe**, nous obtenons la valeur (V/Vps) en utilisant l'interpolation linéaire :

$$Q/_{Qps} = 0.1 \rightarrow V/_{Vps} = 0.64 \rightarrow V=0.64Vps \rightarrow V=0.64x4.38 = 2.8 \text{ m/s} > 0.6 \text{ m/s}$$

Vérifiée.

$$Q/_{Qps} = 0.01 \rightarrow V/_{Vps} = 0.32 \rightarrow V=0.32Vps \rightarrow V=0.32x4.38 = 1.4 \text{ m/s} > 0.1 \text{ m/s}$$

Vérifiée.

IX.4.2.4 Dimensionnement des fossés :

Un fossé hydraulique est un élément de drainage en forme trapézoïdale, utilisé pour gérer les eaux de ruissellement provenant de la chaussée, des accotements et des talus. Pour sa conception :

- La situation la plus défavorable est envisagée, comme un terrain en pente vers un remblai significatif.
- Les précipitations sont supposées uniformes en intensité et en durée, équivalentes au temps de concentration du bassin.
- Le dimensionnement est basé sur une période de retour de 10 ans.
- Il est généralement adapté aux bassins versants de petites superficies, c'est-à-dire inférieurs à 5 km².
- La forme trapézoïdale est la plus couramment utilisée en Algérie.

Le dimensionnement se fait dans le cas défavorable, où il y a un grand espace en déblai, entre le PK 37+025 et PK 37+425 de longueur 400 m.

Estimation des débits d'apport (Qa) :

$$Qa = Qc + QA + Qt$$

Avec :

➢ $Qc = k \times Cc \times It \times Ac$

➢ $QA = k \times Ca \times It \times Aa$

➢ $Qt = k \times Ct \times It \times At$

• Qc : débit rapporté par la chaussée.

• QA : débit rapporté par l'accotement.

• Qt : débit rapporté par le talus.

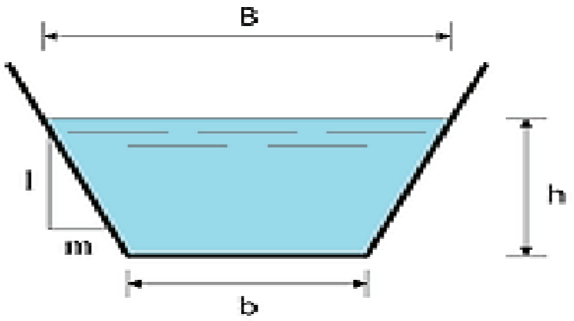


Figure IV.1: Schéma représentatif d'un fossé.

- **Coefficient de ruissellement (C) :**

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

Tableau IX.6 : Valeurs du coefficient de ruissellement.

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

- **Calcul des surfaces de la plateforme et du talus :**

Tableau IX.7 : Surfaces de la plateforme du talus.

Type de chausseé	Largeur (m)	Longueur (m)	Surface (m2)
Chaussée revêtement en enrobés	13,50	400,000	5400,000
Accotement	1,00	400,000	400,000
Talus G			16045,636
Talus D			48819,212

- **Calcule des débits d'apport (Qa) :**

Pour le dimensionnement on prend la base du fossé à (b = 50 cm) et hauteur (h=50 cm) et la pente du talus à (1/m =1/1=1) avec une pente du fossé de 5%

- **Calcule du rayon hydraulique :**

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

Tel que :

(m = 1/tg(α), α = 45, m =1, h = 0,5 m ,b = 0,5 m)

$$R_h = \frac{0{,}5 \times (0{,}5 + 0{,}5)}{0{,}5 + 2 \times 0{,}5\sqrt{1} + 0{,}5^2} = \mathbf{0{,}2612\ m}$$

- Calcule de la vitesse de saturation :

$$V_{sat} = \frac{1}{\eta} \times Rh^{(2/3)} \times J^{0.5}$$

 : coefficient de rugosité de MANNING égale à **0.017**

J : la pente de **5%**

$$V_{sat} = \frac{1}{0.017} \times 0{,}2612^{(2/3)} \times 0.005^{0.5} = \mathbf{5{,}38\ m/s}$$

- **Calcul du temps de concentration :**

$$Tc = t_1 + t_2 \quad \text{on a } t_1 = 3\text{min} \quad \text{et} \quad t_2 = L/51*V$$

Tel que : (**L= 400 m** ;V_{sat}**= 5,38 m/s)**

D'où t_2**= 1,46 min**

$$Tc = 4,46\ min = 0,0743\ h$$

- **Calcul de l'intensité d'averse It :**

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

Tel que : (**a (10) = 26** et **b= 0.56**)

Tc : la durée de chute de pluie en minute.

$$It = 26 \times 0,0743^{-0.56} = 111,4858\ \text{mm/h}$$

Tableau IX.8: Calculs de débit d'apport pour talus g.

S.B.V	K	It (mm/h)	Surface (km2)	Cr	Qa (m3/s)
Chaussée revêtement en enrobés	0,278	111,4858	0,0054	0,95	0,15899
Accotement	0,278	111,4858	0,0004	0,4	0,00496
Talus G	0,278	111,4858	0,016046	0,3	0,14919
Qatotal					0,313144

Tableau IX .9 : Calculs de débit d'apport pour le talus d

S.B.V	K	It (mm/h)	Surface (km2)	Cr	Qa (m3/s)
Chaussée revêtement en enrobés	0,278	111,4858	0,0054	0,95	0,15899
Accotement	0,278	111,4858	0,0004	0,4	0,00496
Talus D	0,278	111,4858	0,048819	0,3	0,45392
Qatotal					0,617870

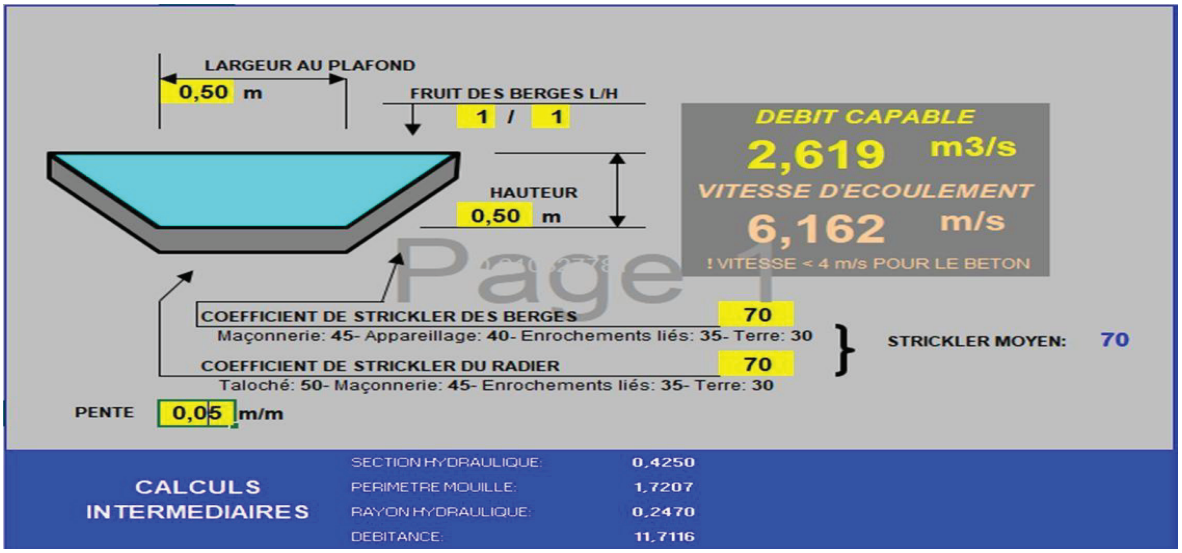


Figure IV.2: Schéma de vérification du débit capable dans le fossé choisie

Chapitre X : Cubatures

X.1 Introduction :

L'estimation des volumes de terrassements, ou "cubature", permet de calculer le volume de terre à déplacer pour obtenir une surface uniforme selon le plan du projet. Cette estimation s'appuie sur trois éléments clés :

- Profils en long : Ils détaillent les variations de hauteur le long du tracé du projet.
- Profils en travers : Ils offrent une vue perpendiculaire au tracé, révélant la configuration du terrain.
- Distances entre les profils : Elles sont cruciales pour évaluer précisément les volumes à déplacer.

Pour une estimation précise, il faut disposer d'un nombre adéquat de points répartis à des intervalles réguliers sur ces profils. Plus ces points sont proches, plus la ligne qui les relie reflète fidèlement la topographie du terrain.

X.2 Méthode utilisée :

Le calcul de volume peut se faire de différentes manières, parmi lesquelles nous utilisons la méthode de la moyenne des aires. Cette technique est simple mais elle peut entraîner une certaine marge d'erreur. Pour nous rapprocher au plus près de résultats exacts, nous ajustons nos calculs en ajoutant une marge de 10%. Cela permet d'assurer une marge de sécurité dans nos estimations.

X.2.1 Descriptions de la méthode :

On applique la formule qui nous permet de calculer le volume entre deux profils successifs :

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

- h : la hauteur entre les deux profils successifs,
- S1 : la surface du premier profil,
- S2 : la surface du deuxième profil,
- S0 : la surface limitée à mi-distance entre les deux profils.

Cette formule permet de déterminer le volume de matériau ou d'espace compris entre les deux profils, en prenant en compte la différence de hauteur et les surfaces délimitées par les profils.

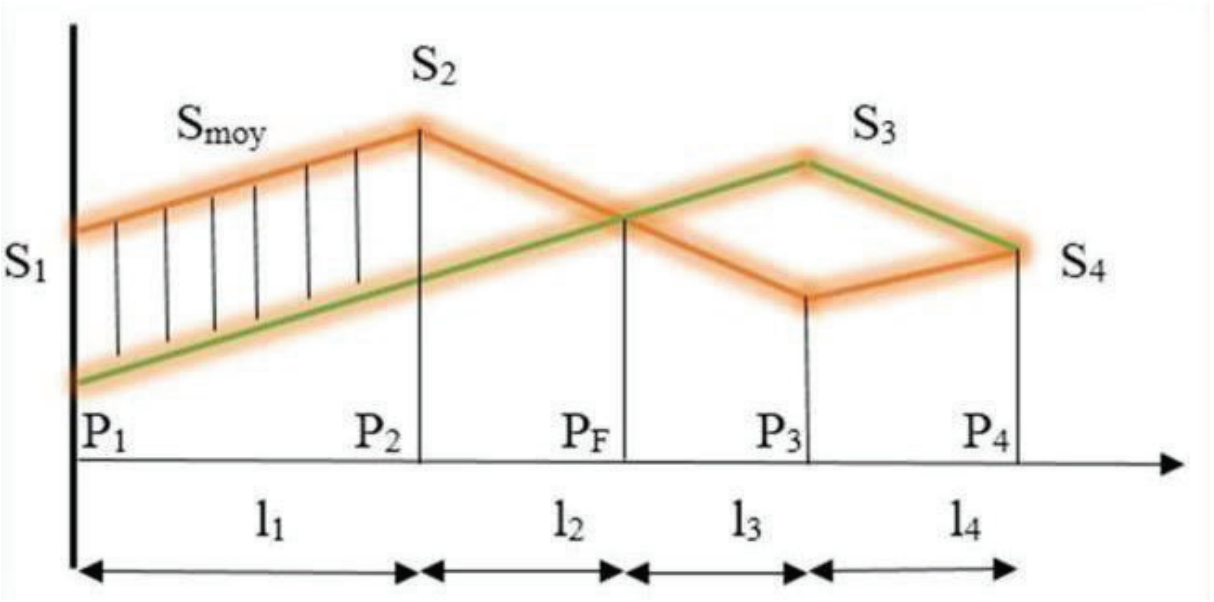


Figure X.1 : Profil en long d'un tracé donné

Le volume compris entre les deux profils en travers P1 et P2 de section S1 et S2 est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$V = \frac{l_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{moy})$$

Cependant, afin de simplifier le calcul, on peut considérer que les expressions **Smoy** et

(S1 + S2)/2 sont très proches. Par conséquent, la formule peut être approximée de la manière suivante :

$$Vi = l \times (Si + Si{+}1)$$

Ainsi, les volumes entre les profils P1 et P2 peuvent être calculés comme suit :

$$V1 = l \times (S1 + S2)\ V1 = (S1/2) \times (S1 + S2)$$

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

L'utilisation des profils PF se révèle utile car ils neutralisent en quelque sorte une certaine longueur du profil longitudinal, ce qui donne un volume nul.

Les résultats obtenus par calcul automatique en utilisant le logiciel Covadis17 sont les suivants :

Le volume de déblais : **VD = 4033653,8m^3**

Le volume de remblais est de : **VR = 1224486m^3**

Chapitre XI : Stabilité des talus.

XI.1 Introduction :

Lors de la réalisation de divers travaux de génie civil, comme la construction de routes (en remblai ou en déblai), nous examinons la stabilité des pentes et talus. La majorité du temps, l'objectif est de garantir la stabilité sous l'effet du poids propre et potentiellement de surcharges additionnelles.

XI.2 La Méthode de calcul

L'analyse de stabilité est réalisée à l'aide du logiciel GEOstudio, en utilisant des coefficients partiels. SLIDE 5 propose une méthode cinématique pour évaluer la charge de rupture des ouvrages géotechniques. Ce programme permet d'analyser la stabilité des sols et de déterminer la surface de rupture potentielle en utilisant la méthode des tranches. Il fournit un coefficient de sécurité en considérant le comportement rigide-plastique du sol.

XI.3 Analyse de la stabilité des talus :

L'analyse de stabilité évalue les forces motrices et stabilisatrices pour calculer le coefficient de sécurité. Le coefficient de sécurité est déterminé à partir de l'équation :

$$\tau max = Cu + \sigma \tan\varphi,$$

en prenant en compte les efforts moteurs et les forces stabilisatrices. Il est exprimé par

$$Fs = \frac{Force\ stabilisatrice}{Force\ motrice}$$

Les valeurs du coefficient de sécurité sont interprétées comme suit :

- → Fs = 1 pour un équilibre limite
- → Fs > 1 pour un équilibre stable
- → Fs < 1 pour un équilibre instable.

Tableau XII-1: hauteur maximale des différents tronçons de remblais/déblais

XI.3.1 Analyse de stabilité du déblai :

Nous allons examiner la stabilité du profil présentant le déblai le plus élevé, situé au PK 46+925, avec une hauteur de 24 mètres. Dans cette analyse, nous nous concentrerons spécifiquement sur la stabilité contre le glissement du talus. Les calculs de stabilité ont été réalisés en prenant en compte les éléments suivants :

- Le déblai a été modélisé avec une pente inclinée selon un ratio de 3H:2V.
- Les surfaces de rupture ont été supposées de forme circulaire.

- Le niveau de la nappe phréatique a été pris en considération les données de calcul.

Caractéristiques de résistance des sols :

Les caractéristiques géotechniques des sols sont déterminées par des essais spécifiques et l'expertise acquise sur le terrain.

Tableau XI. 1 : Les paramètres géotechniques des sols en déblai

Couche	Epaisseur	Court terme			Long terme		
		γ_h (KN/m^3)	Cu (KN/m^2)	Φu (degrés)	γ_h (KN/m3)	Cu (KN/m^2)	Φu (degrés)
Gravie	0-4	19	10	33	19	10	33
Argile rigide	4-8	18	65	0	18	06	28
Gravier	Au-dessous de 8m	19	10	33	19	10	33

Calcul de facteur de sécurité :

Pour assurer une stabilité renforcée et durable du talus, un facteur de sécurité admissible supérieur à 1,5 est appliqué. Cette mesure prend en compte l'incertitude liée à la conception et à la réalisation du talus, afin de garantir une sécurité optimale.

Tableau XI. 2 : Résultats des calculs avec pente standard

Déblai	Pente appliqué	Facteur de sécurité		
PK 46+925	2V :3H	à court terme	à long terme	Cas dynamique
		1,614	1,608	1,432

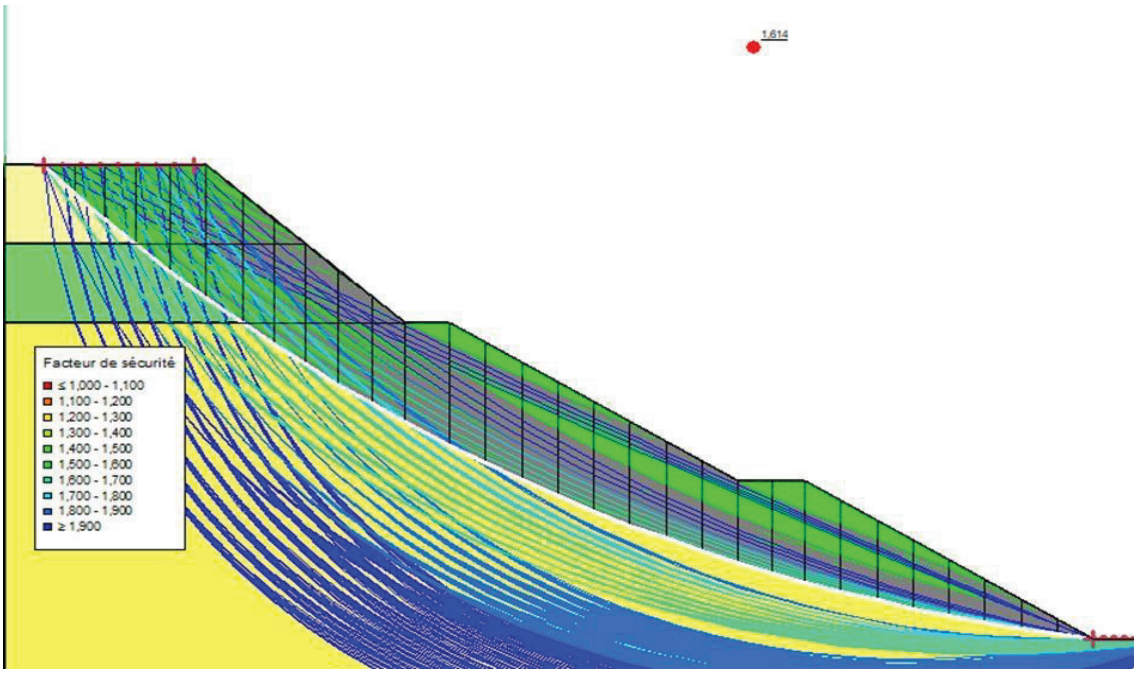


Figure XI.1 : Résultat d'analyse par GeoStudio à Court terme

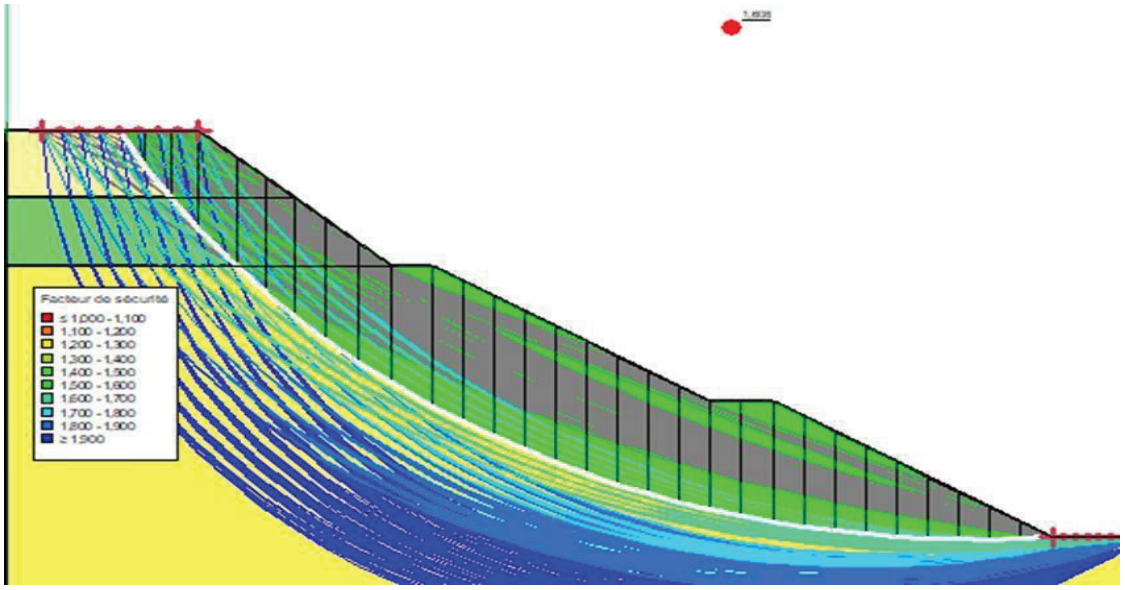


Figure XI.2: Résultat d'analyse par GeoStudio à Long terme

- **Cas dynamique :**

Les calculs de stabilité ont été effectués en tenant compte d'une accélération spécifique. Les valeurs utilisées sont les suivantes :

Kh = 0.5A = 0.5 x 0.25 = **0.075**

Kv = 0.3Kh = 0.3 x 0.075 = **0.0225**

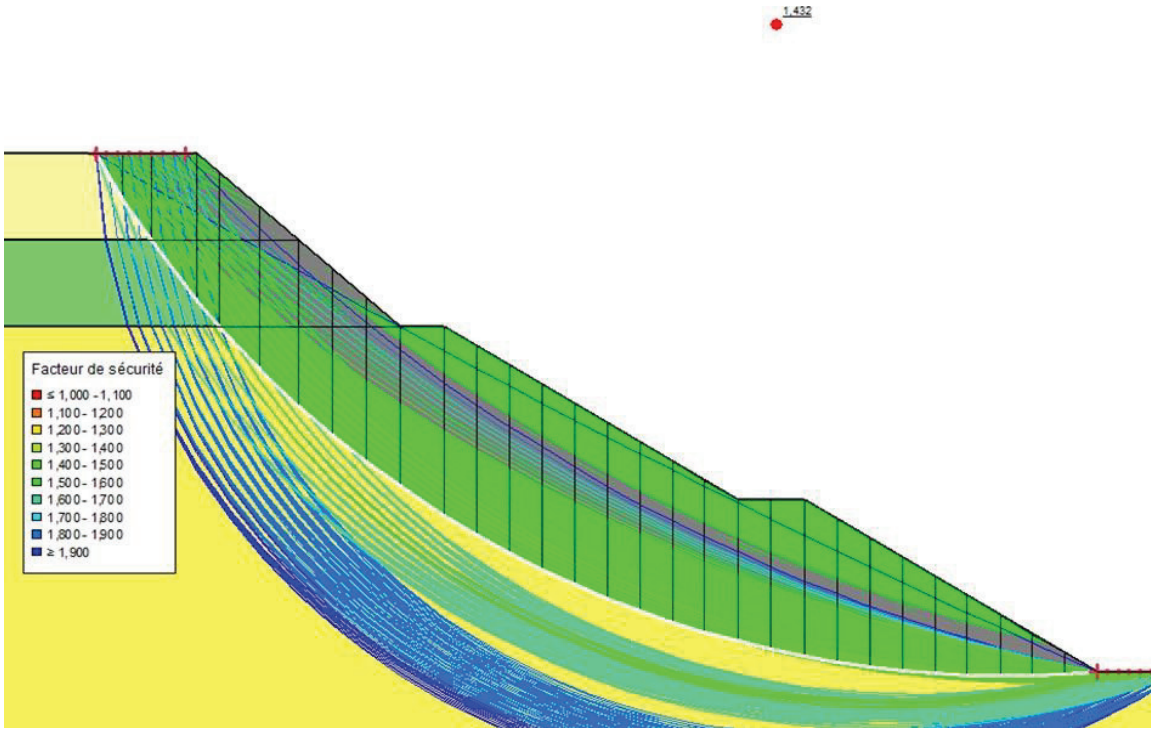


Figure XI.3 : Résultat d'analyse par GeoStudio cas dynamique

XI.3.2 Analyse de la stabilité du remblai :

La stabilité du profil présentant la plus grande hauteur de remblai, situé au PK 37+025 et d'une hauteur de 57 m, sera vérifiée en termes de stabilité par glissement. Les calculs de stabilité ont été réalisés en utilisant les paramètres de calcul obtenus et en prenant en compte les considérations suivantes :

- Les remblayages ont été modélisés avec une inclinaison de 2H:1V.
- Les surfaces de rupture supposées sont circulaires.
- Le niveau phréatique a été pris en considération.
- L'aspect sismique a été pris en considération.

Données de calcul :

Les caractéristiques de résistance des sols sont déterminées à partir des essais géotechniques réalisés et des expériences acquises lors des travaux. Ces données servent de base pour les calculs géotechniques.

Tableau XI. 3: Les paramètres géotechniques des sols en remblais

Couche	Epaisseur	Court terme			Long terme		
		γ_h (KN/m^3)	Cu (KN/m^2)	Φu (degrés)	γ_h (KN/m3)	Cu (KN/m^2)	Φu (degrés)
Remblai	42m	18	5	30	18	5	30
Gravie	15m	19	10	33	19	10	33

- **Charge d'exploitation :**

La charge d'exploitation considérée est de Q = 20 kN/m³, représentant la surcharge routière appliquée sur le talus.

Calcul du facteur de sécurité du talus :

Tableau XI. 4: Résultats des calculs avec pente standard

Déblai	Pente appliqué	Facteur de sécurité	
PK 37+025	1V :2H	Cas statique	Cas dynamique
		1,399	1,221

On juge la stabilité d'un talus avec un facteur de sécurité. Idéalement, si Fs=1.0, le talus est stable. Cependant, compte tenu des imprécisions dans sa conception et réalisation, nous utilisons un facteur de sécurité supérieur à 1.5 pour assurer sa sécurité continue.

- **Sous les charges normales :**

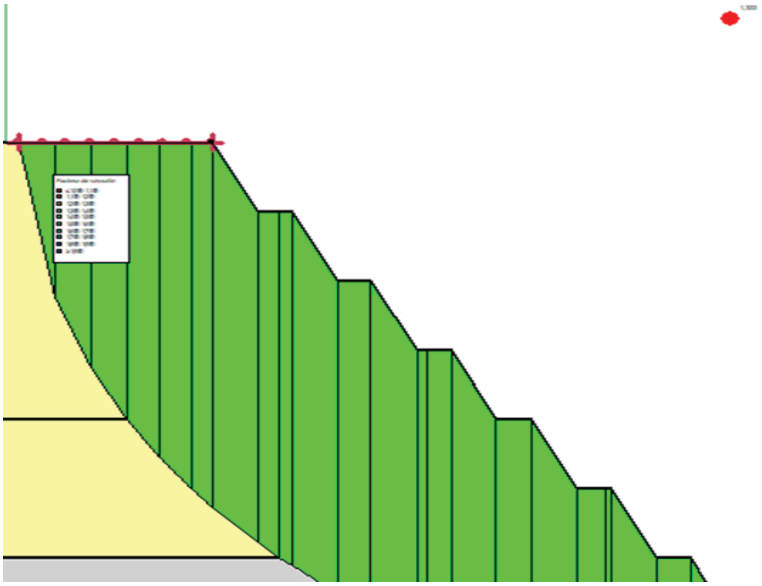


Figure XI.4: Résultat d'analyse par Slide sous les charges normales

✦ **Sous les charges sismiques :**

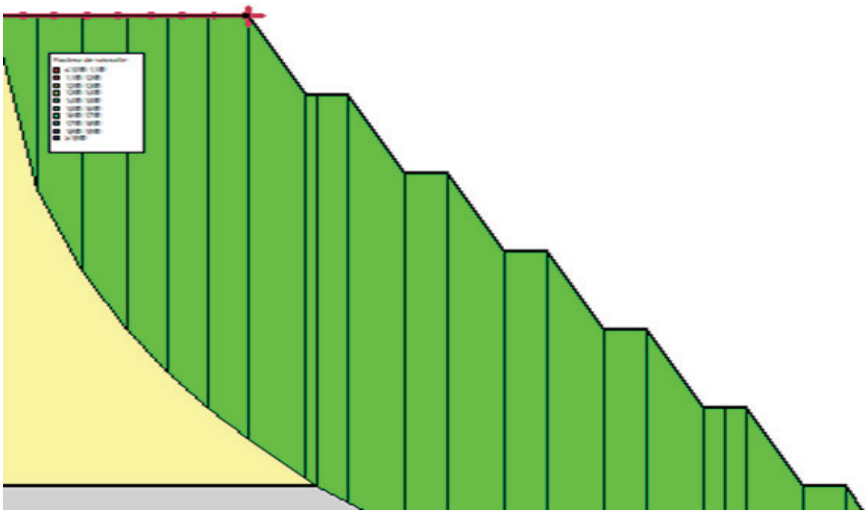


Figure XI. 5: Résultat d'analyse par Slide sous les charges sismiques

XI.4 conclusions :

- **Cas de déblai :** La pente proposée (3H/2V) assure des coefficients de sécurité acceptables sous les charges normales, à court terme et à long terme, y compris lors d'éventuels séismes, selon nos calculs de stabilité.
- **Cas de remblai :** La pente proposée (2H/1V) offre des coefficients de sécurité acceptables sous les charges normales et les séismes selon nos calculs de stabilité. Cependant, par mesure de précaution, nous recommandons l'utilisation de méthodes de stabilisation des talus.

Chapitre XII : Conception de l'échangeur.

XII.1 Introduction :

Un échangeur est un carrefour dénivelé, où les routes se croisent à différents niveaux, facilitant une circulation fluide entre elles. Il joue un rôle essentiel en garantissant la continuité des réseaux autoroutiers et en desservant simultanément plusieurs directions.

Les échangeurs peuvent être désignés par :

- **Nœuds** : lorsque deux voies rapides sont raccordées.
- **Diffuseur** : lorsqu'une voie rapide est raccordée à un réseau de voies urbaines classiques.
- **Mixte** : lorsqu'il assure en plus des raccordements de deux autoroutes.

XII.2 Les éléments de l'échangeur :

Un échangeur, indépendamment de sa taille, de sa classe ou de sa forme, est toujours composé de trois éléments essentiels :

- L'ouvrage d'art (tel qu'un pont),
- Le(s) carrefour(s) à niveau,
- Les bretelles de raccordement.

XII.3 Rôle d'un échangeur :

Un échangeur joue un rôle clé pour maintenir la fluidité du trafic autoroutier, en permettant une distribution multidirectionnelle des flux de trafic. Cela est réalisé en favorisant le confort et la sécurité tout en minimisant les points conflictuels susceptibles de provoquer des accidents graves et les arrêts inutiles qui entraînent des pertes de temps.

XII.4. Types d'échangeurs :

Les types d'échangeurs sont déterminés par divers facteurs, notamment la composition du trafic et la vitesse. En fonction de l'importance des routes à connecter, on distingue deux catégories d'échangeurs :

- Les échangeurs majeurs : destinés à relier une autoroute à une autre. Les exemples courants incluent le trèfle complet, la bifurcation "Y" et le type triangle à trois étages.
- Les échangeurs mineurs : prévus pour connecter une autoroute à une route. Ils se présentent sous différentes formes, telles que le losange, le demi-trèfle et la trompette.

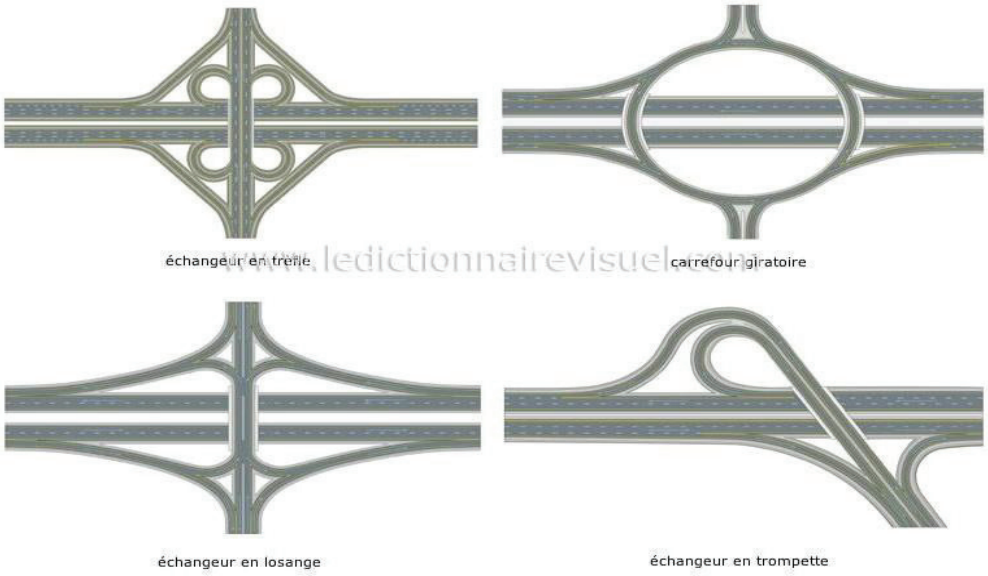


Figure XII.1 : Exemples d'échangeurs.

XII.5 Règles de conception :

La conception d'un échangeur requiert une attention particulière pour minimiser les coûts. Voici quelques règles de conception à respecter :

- Éviter les terrains agricoles.
- Éloigner les habitations et les bâtiments publics.
- Éviter les oueds pour éviter les ouvrages d'art ou les murs de soutènement.
- Éviter les alignements droits longs.
- Réduire les terrassements importants.
- Éviter les pentes prononcées.
- Éviter les courbes à rayon réduit.

XII.6. Choix de l'échangeur :

Dans le cadre de notre projet, l'échangeur sera mis en place pour relier l'autoroute EST-OUEST (2× 3 voies) à la 4ème rocade d'Alger. De type carrefour giratoire . Cette conception permettra d'améliorer considérablement le confort des riverains en facilitant l'accès à la région d'Ouled Bouachra.

Dans le cadre de notre projet, les vitesses de référence sont les suivantes :

- **110 km/h** pour la 4ème rocade d'Alger.
- **90 km/h** pour les bretelles.

XII.7. Caractéristiques géométriques des bretelles :

Les bretelles au niveau des nœuds sont généralement conçues avec 2 voies, conformément aux normes de l'ICTAAL 2000.

XII.7.1. Tracé en plan d'une bretelle :

- Valeurs limites des rayons :

Les valeurs limites des rayons en plan d'une bretelle à deux voies, ainsi que les dévers associés recommandés par l'ICTAAL 2000, sont répertoriés dans le tableau suivant :

Tableau XII. 1 : Valeurs limites des rayons du tracé en plan

Rayon minimal	**Rm (m)**	240
Rayon minimal au déversé normal	**Rnd (m)**	370
Dévers entre Rnd et Rm	**d (m)**	d = (3074/R) -5.8 Entre 285 et 370

XII.7.1.1 Enchainement des éléments du tracé en plan :

Pour l'aménagement des courbes dans un échangeur :

- Deux courbes consécutives doivent satisfaire à R1 ≤ 1,5 R2 (R1, R2 : rayons des courbes) sauf si R2 ≥ 1,5 Rdn.
- Deux courbes de rayons < 1,5 Rdn doivent être séparées par une ligne droite d'au moins 100 mètres, sauf pour des courbes de sens contraire avec raccordements progressifs.

XII.7.1.2 Raccordement progressif :

En concevant un échangeur, les courbes circulaires de rayon ≤ 1,5 Rnd doivent être encadrées par deux arcs de clothoïde. La longueur de ces arcs est déterminée par R/9 ou 14|Δi|, avec R comme rayon de courbure et Δi comme différence de pentes. Ces valeurs sont minimales et ne devraient pas être dépassées pour faciliter la perception de la courbure pour l'usager.

XII.7.1.3 Zones de décélération et d'accélération :

En termes de connexion d'une bretelle à une autoroute, deux zones sont à considérer :

- Zone d'accélération :
  - Une section à 3-5% d'obliquité par rapport à l'axe de l'autoroute. Cette section doit permettre d'atteindre une vitesse de 70 km/h à un point marqué "E = 1,00 m", en particulier pour une sortie depuis une bretelle à deux voies.
  - Un biseau de 75m est ajouté à cette section.

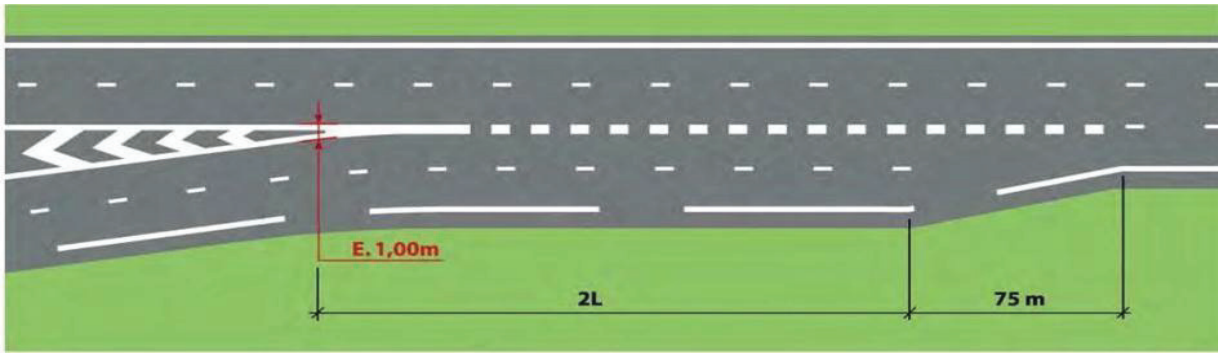


Figure XII. 2: Voie d'accélération (ICTAAL, 2000).

- Zone de décélération :
  - Un musoir de divergence de 1m de large.
  - Un biseau de 130m.

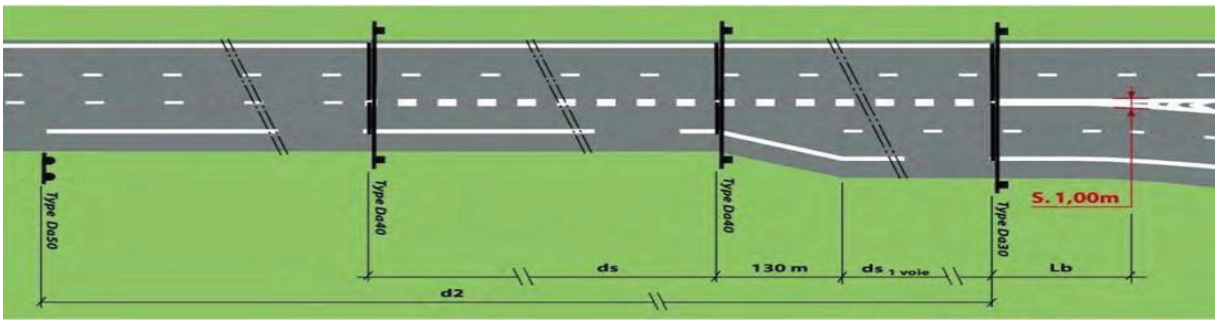


Figure XII. 3 : Voie de décélération (ICTAAL, 2000).

XIII.7.2 Profil en long d'une bretelle :

Tableau XII. 2 : Les valeurs limites des paramètres du profil en long

Déclivité maximale	6 %
rayon minimal en angle saillant	2700 m
rayon minimal en angle rentrant	1900m

XII.7.3 Profil en travers d'une bretelle :

Les critères du profil en travers d'une bretelle englobent le trafic, le rayon intérieur, le service désiré et le pourcentage des poids lourds. Ces facteurs déterminent le nombre de voies, en suivant les directives de l'ICTAAL pour les bretelles unidirectionnelles à deux voies.

Tableau XII. 3 : Bretelle unidirectionnelle à deux voies.

Berme	BDG	Chaussée	BDD
1.00 m	1.00 m	7.00 m + S	3.00 m

XII.8 Visibilité :

XII.8.1 Visibilité sur une entrée d'autoroute :

Pour assurer la visibilité sur une entrée d'autoroute, on doit respecter ces critères :

- La distance de visibilité est au minimum équivalent à la distance d'arrêt derrière un véhicule entrant.
- Cette distance d'arrêt est définie par : $da = 2V+V^2/2g\ (\gamma(v) +p)$

  Avec :

  V en m/s, **γ(v) décélération moyenne en fraction de g**, et **p représentant la déclivité**.
- Pour des rayons de courbure R < 5V (V en Km/h, R en m), la distance de freinage augmente de 25%.

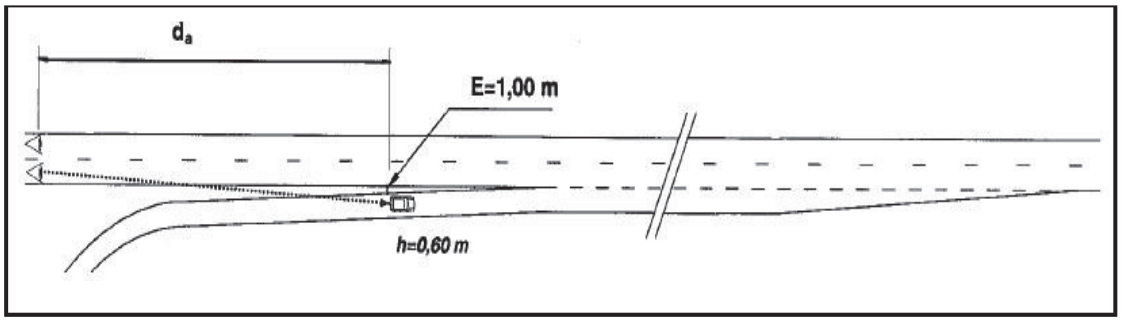


Figure XII. 4: Règle de visibilité sur une entrée d'autoroute

XII.8.2 Visibilité sur une sortie d'autoroute :

La visibilité sur une sortie d'autoroute dépend de la distance de manœuvre de sortie (dms), qui est calculée comme suit : dms = 6V (V en m/s).

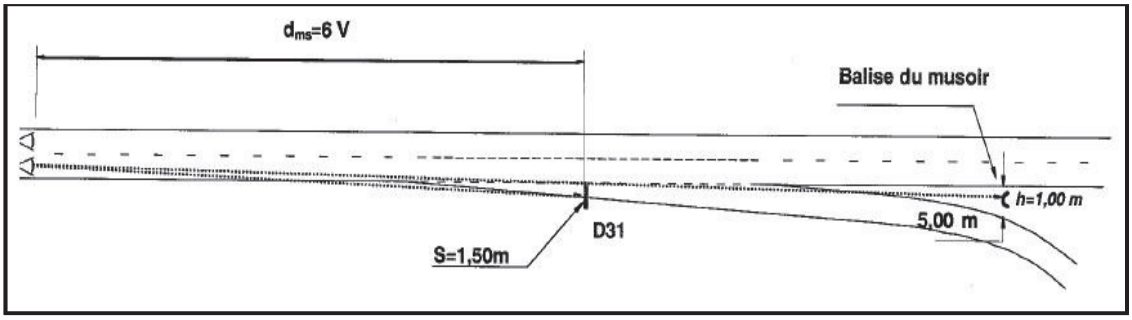


Figure XII. 5: Visibilité sue une sortie d'autoroute

XII.8.3 Distance de visibilité sur marquage dvm :

La distance de visibilité sur marquage (dvm) au début de l'arc circulaire est dvm = 3V (V en m/s).

XI.8.4 Distance de lecture (Lc) :

La distance de lecture (Lc) est la distance minimale permettant la lecture des panneaux de signalisation : Lc = 5V (V en m/s).

XII.8.5 Résumé :

Le tableau suivant résume les principales distances de visibilité.

Tableau XII. 4 : Principales distances de visibilité

Vitesse	110(km/h)
Vitesse	30.6 (m/s)
Décélération moyenne γ(v)	0.36 (m/s^2)
Distance d'arrêt en palier (p=0)	195m
Distance d'arrêt en courbe pour R<5V	230m
Distance de manœuvre en sortie dms (et changement de file)	185m
Distance de visibilité sur marquage dvm	95m
Distance de lecture lc	150m

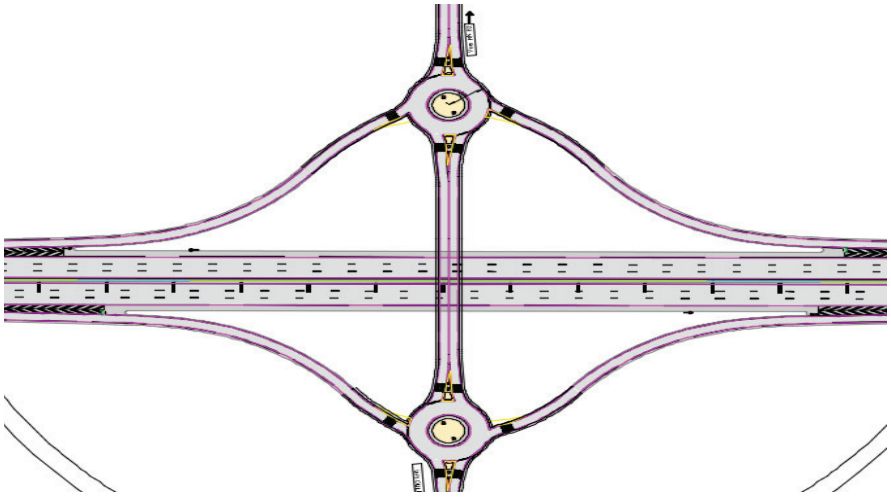


Figure XII. 6 : Echangeur en type carrefour giratoire

CHAPTER XIV : Impact sur l'environnement

XIV.1 Introduction :

Lors de la création d'une nouvelle route, il est essentiel de comprendre les effets sur l'environnement. Il ne s'agit pas seulement de la nature – les animaux et les plantes – mais aussi de l'impact sur la qualité de l'air, l'eau et notre santé. Il est important de mesurer ces impacts et de trouver des moyens pour les minimiser, afin de protéger non seulement notre environnement, mais aussi nous-mêmes.

XIV.2 Cadre juridique :

Conformément au décret n° 90-78, l'évaluation de l'impact environnemental pour tout projet d'infrastructure en Algérie doit comprendre une analyse détaillée du projet, une évaluation de l'état initial du site et de son environnement, ainsi qu'une étude des impacts directs et indirects prévus sur l'environnement à court, moyen et long terme.

XIV.4 Impacts directs :

XIV.4.1 Impact sur l'agriculture :

- Réduction des terres agricoles exploitées.
- Déforestation et destruction des terres.
- Difficultés de travail et de circulation.

Mesures d'atténuation :

- Priviliégier un tracé qui limite l'utilisation des terres agricoles et évite la déforestation.
- Favoriser un passage préférentiel en limite d'agglomération et de territoire agricole pour éviter la coupure de zones agricoles homogènes.
- Restriction des exploitations agricoles impactées et remise en état des terrains agricoles dégradés.

XIV.4.2 Impact sur la nature :

- Perturbation des habitats fauniques.
- Disparition de zones écologiques sensibles.

Mesures d'atténuation :

- Aménagement de passages spécifiques pour la faune, tels que des passages pour animaux et des franchissements adaptés, pour faciliter le déplacement et la protection des espèces contre les risques de collision.
- Signalisation de la proximité des sites biologiques, culturels et historiques remarquables pour sensibiliser les usagers de la route.
- Promotion d'itinéraires touristiques mettant en valeur les attraits naturels et culturels de la région.

XIV.4.3 Impact sur l'air :

- Émissions de polluants atmosphériques pendant la construction.
- Émissions de polluants liées à la circulation routière.

Mesures d'atténuation :

- Utilisation de carburants et de moteurs plus propres pour réduire les émissions de polluants.
- Encouragement de l'utilisation d'autres moyens de transport pour réduire la circulation routière.
- Contrôle de la circulation routière pour éviter les embouteillages et la congestion, ce qui réduirait les émissions de polluants.

XIV.4.4 Impact sur l'eau:

- Modification des écoulements.
- Pollution des eaux de surface et souterraines.
- Altération des habitats aquatiques.

Mesures d'atténuation :

- Mise en place de systèmes de gestion des eaux pluviales pour contrôler les écoulements et prévenir la pollution.
- Utilisation de techniques de construction respectueuses de l'environnement pour minimiser l'érosion des sols et la contamination des eaux.
- Surveillance régulière de la qualité de l'eau pour détecter la présence de polluants et prendre les mesures nécessaires pour protéger les ressources hydriques.

XIV.4.5 Impact sur le paysage et le patrimoine :

- Modification visuelle du paysage.
- Fragmentation des espaces naturels.
- Perturbation des sites culturels et historiques.

Mesures d'atténuation:

- Intégration du projet dans le paysage existant en utilisant des techniques d'aménagement paysager appropriées, telles que la plantation d'arbres et d'arbustes pour atténuer l'impact visuel.
- Conservation et préservation des sites culturels et historiques impactés par le projet, en prenant les mesures nécessaires pour assurer leur protection et leur valorisation.

XIV.5 Impacts indirects :

XIV.5.1 Modifications des modèles de circulation :

- Redistribution des flux de circulation, augmentant la congestion dans certaines zones.
- Réduction du trafic dans d'autres zones, aboutissant à une désertification de certains axes routiers.
- Hausse potentielle de l'accidentalité routière suite à l'adaptation à de nouvelles conditions de circulation.
- Augmentation du temps de trajet pour certains usagers à cause des changements de flux de circulation.

Mesures d'atténuation :

- Mise en place de plans de gestion du trafic pour réduire la congestion.
- Promotion de l'utilisation de moyens de transport alternatifs pour minimiser la dépendance à l'égard des routes.
- Amélioration de la signalisation routière et mise en place de dispositifs de sécurité pour prévenir les accidents.
- Optimisation des itinéraires pour réduire le temps de trajet.

XIV.5.2 Augmentation de l'activité économique :

- Stimulation de l'activité économique locale en raison d'une meilleure accessibilité.

- Croissance démographique potentiellement rapide en raison de l'attractivité économique accrue.
- Augmentation de la consommation d'énergie en lien avec la croissance économique et démographique.
- Pression accrue sur les ressources environnementales locales à cause de l'augmentation des activités humaines.

Mesures d'atténuation :

- Mise en place de plans de développement durable pour équilibrer la croissance économique et la protection de l'environnement.
- Promotion d'initiatives d'économie verte pour réduire la consommation d'énergie.
- Mise en œuvre de politiques de gestion des ressources pour minimiser la pression sur l'environnement.
- Encouragement de la croissance démographique contrôlée pour éviter l'urbanisation non contrôlée.

XIV.5.3 Effets sur le changement climatique :

- Émission de gaz à effet de serre durant les phases de construction et d'exploitation de l'autoroute.
- Contribution à l'effet de serre et aggravation du changement climatique.
- Potentielle contribution à la hausse des températures locales.
- Impact potentiel sur les phénomènes météorologiques locaux.

Mesures d'atténuation :

- Adoption de pratiques de construction respectueuses de l'environnement pour minimiser les émissions de gaz à effet de serre.
- Utilisation de matériaux de construction à faible impact climatique.
- Optimisation de l'efficacité énergétique du projet d'autoroute.
- Mise en place de mesures pour atténuer les impacts sur le climat local.

XIV.6 Conclusion :

L'évaluation des impacts environnementaux directs et indirects liés à la réalisation de la 4ème rocade d'Alger souligne l'importance d'une planification rigoureuse et d'une gestion continue. L'objectif est de minimiser ces impacts en mettant en œuvre des mesures d'atténuation adaptées, tout en garantissant le développement économique régional.

Chapitre XV : Signalisation

XV. 1. Introduction :

La signalisation routière, est un moyen de communication précis et efficace avec les usagers de la route. Compte tenu du développement rapide du trafic et de l'augmentation de la vitesse des véhicules, une signalisation simple, claire et bien placée est primordiale pour guider et discipliner la circulation.

En essence, la signalisation routière comprend deux types principaux :

- La signalisation verticale : Cette signalisation a pour objectif d'informer et de guider les conducteurs grâce à des panneaux placés au bord ou au-dessus des voies de circulation.
- La signalisation horizontale : Celle-ci concerne tous les marquages au sol destinés à guider, informer ou avertir l'usager.

XV.2 L'objectif de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour principaux objectifs :

- Assurer la sécurité de la circulation routière, en contribuant à prévenir les accidents et à maintenir l'ordre sur les routes.
- Faciliter la circulation, en orientant les usagers et en régulant le flux du trafic.
- Indiquer ou rappeler les prescriptions spécifiques du code de la route, pour que chaque usager connaisse et respecte les règles de conduite.
- Fournir des informations relatives à l'usage de la route, en informant les usagers sur les conditions de circulation, les services à proximité, les lieux d'intérêt, etc.

XV.3 Catégories de signalisation :

La signalisation routière s'articule autour de différentes catégories, comme suit :

- Signalisation par balisage.
- Signalisation par feux.
- Signalisation par panneaux.
- Signalisation par bornage.
- Signalisation par marquage des chaussées.

XV.4 Règles à respecter pour la signalisation :

Pour assurer une signalisation routière de qualité, il est impératif de respecter les règles suivantes :

- **Cohérence :** La signalisation doit être cohérente avec la géométrie de la route.
- **Adhérence aux règles de circulation :** La signalisation doit refléter précisément les règles de circulation en vigueur.
- **Consistance :** La signalisation verticale et horizontale doit être consistante. Il ne faut pas qu'elles se contredisent.
- **Évitement de la publicité irrégulière :** La signalisation routière doit rester libre de toute publicité irrégulière afin de ne pas détourner l'attention de l'usager.
- **Simplicité :** Une signalisation efficace est une signalisation simple. Il est essentiel d'éviter une surabondance de signaux qui pourrait fatiguer l'attention de l'usager.

XV.2 Signalisation horizontale :

La signalisation horizontale regroupe l'ensemble des marquages peints sur la route, fournissant des instructions aux usagers sur l'attitude à adopter en divers endroits. Cette forme de signalisation est crucial pour augmenter la sécurité routière et soutenir la signalisation verticale. Les marquages routiers se répartissent en plusieurs catégories :

XV.2.1 Lignes longitudinales :

- **Les lignes continues :** elles sont utilisées pour signaler les zones où le dépassement est interdit en raison de la visibilité réduite.
- **Les lignes discontinues :** elles varient en fonction de leur module, c'est-à-dire le rapport entre la longueur des traits et celle de leurs intervalles. Il y a :
    - Les lignes axiales ou lignes de délimitation de voies (T1).
    - Les lignes de rive, lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement (T2).
    - Les lignes d'avertissement de lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence (T3).
- **Les lignes mixtes :** formées d'une ligne continue et d'une ligne discontinue. La possibilité de dépassement dépend de la position de la ligne discontinue par rapport à l'usager.

Tableau XV.1 : Caractéristiques d des lignes discontinues

Type de marquage	Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre 2 traits successifs	Rapport plein/vide	Couleur
Axial longitudinal	**T1**	3	10	1/3	Blanc
	T'1	1.5	5	1/3	Blanc
	T3	3	1.33	3	Blanc
rive	**T2**	3	3.5	1	Blanc
	T'3	20	6	3	Blanc
	T4	39	13	3	Jaune
transversal	**T'2**	0.5	0.5	1	Blanc
délimitation du TPC	**LC**				Jaune

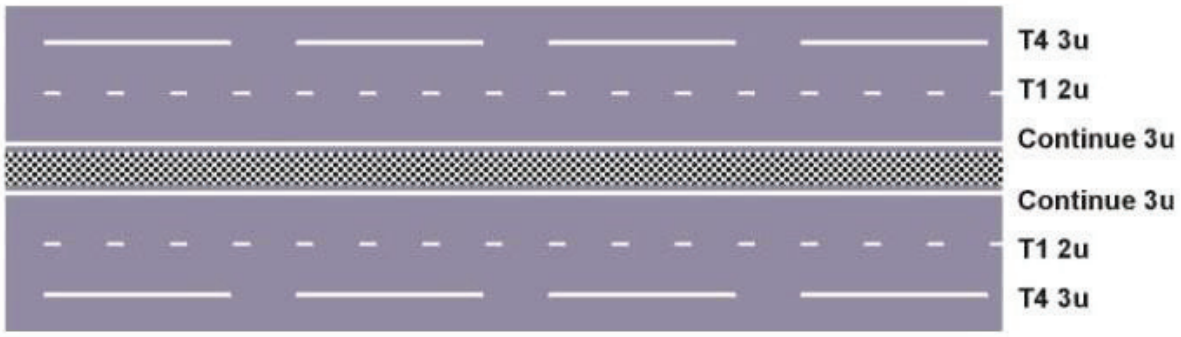


Figure XV.1 : Marquage longitudinal.

XV.2.2 Lignes transversales :

On distingue deux types de lignes transversales :

- Les lignes transversales continues : généralement tracées là où les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.
- Les lignes transversales discontinues : normalement tracées à la limite où les conducteurs devraient céder le passage aux intersections.

XV.3 Autres signalisations :

XV.3.1 Les flèches de rabattement

Ces signaux légèrement courbés servent à guider les conducteurs en leur indiquant qu'ils doivent s'engager dans la voie se situant du côté désigné par la direction de la flèche.

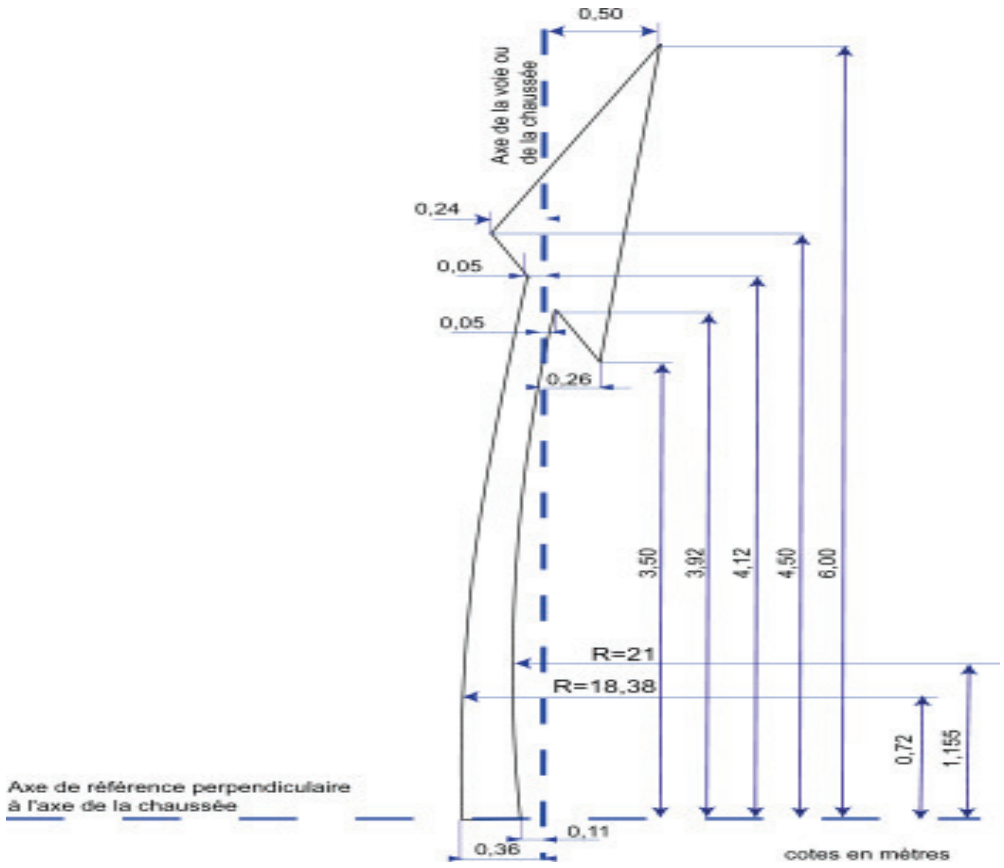


Figure XV.2 : Caractéristiques d'une flèche de rabattement

XV.3.2 Les flèches de sélection :

Elles sont situées au milieu d'une voie pour signaler aux usagers, surtout près des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée. Ces flèches peuvent également être utilisées pour indiquer des voies spécifiques pour les piétons, les cyclistes ou le stationnement.



Figure XV.3 : Flèches de sélection.

XV.3.3 Largeur des lignes :

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unitaire « u » qui varie en fonction du type de route :

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

Dans le cadre de notre projet, la route étant une autoroute, la valeur de « u » est de 7.5 cm.

XV.3.4 Marquage d'îlots séparateurs avec hachures :

C'est un marquage spécial utilisé pour délimiter les zones de stationnement ou les aires d'arrêt d'urgence.

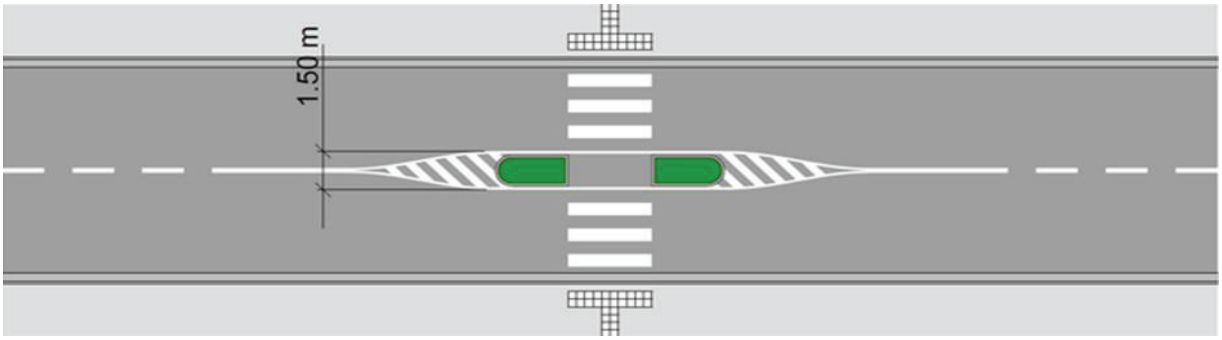


Figure XV.4 : Îlot simple.

XV.3.5 Couleurs des marques :

La couleur des marquages routiers est également significative. Le blanc est la couleur standard utilisée pour les marquages sur chaussées. Toutefois, pour certains marquages spéciaux, d'autres couleurs sont utilisées :

- **Le jaune** pour **:** les marques interdisant l'arrêt ou le stationnement, les lignes zigzag indiquant les arrêts d'autobus, le marquage temporaire.
- **Le bleu** est éventuellement utilisé pour les limites de stationnement en zone bleue.
- **Le rouge** pour les damiers rouge et blanc matérialisant le début des voies de détresse.

Il est important de noter que l'utilisation de matériaux et de revêtements de couleur pour la chaussée ne doit pas remplacer l'emploi des marques sur chaussée.

XV.4 Signalisation Verticale :

La signalisation est principalement divisée en deux catégories clés : la signalisation directionnelle et la signalisation réglementaire.

XV.4.1 Signalisation de Direction :

La signalisation directionnelle aide les conducteurs à naviguer efficacement sur leurs itinéraires choisis. Ces panneaux prennent généralement la forme d'un rectangle se terminant par une flèche, avec un angle de sommet de 75 degrés. Ils visent à aider les usagers de la route à suivre leur chemin ou leur autoroute préétablis sans confusion ou détours inutiles.

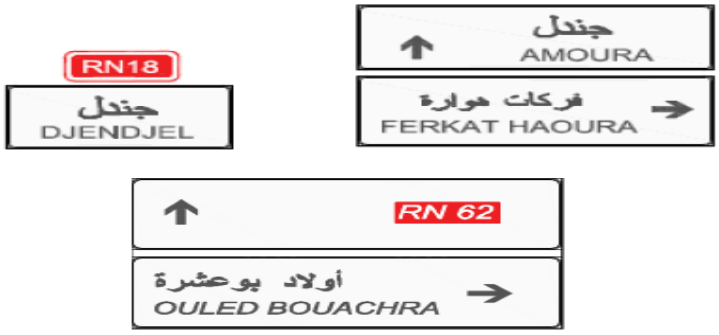


Figure XV.5 : Flèches de direction.

XV.4.2 Signalisation de Police (danger, de prescription et d'indication) :

La signalisation réglementaire joue un rôle essentiel pour assurer la sécurité et le bon fonctionnement du trafic. Ces panneaux avertissent les usagers des dangers potentiels, clarifient les règles de circulation, et fournissent les informations nécessaires sur la voie. Tous les panneaux doivent être conformes aux normes internationales. Ils peuvent indiquer des détails spécifiques tels que :

• Les limites de vitesse légales

• Les règles de priorité

• Les dangers potentiels (par exemple, à la fin d'une section d'autoroute) • Les péages

• Les utilités disponibles (telles que les aires de service, les réseaux d'appel d'urgence, etc.)

Les dimensions des panneaux sont alignées sur les caractéristiques de la route, comme suit :

• Dimensions plus grandes pour les voies rapides sur autoroutes

• Dimensions standard pour les entrées et les sorties d'autoroutes, ainsi que pour les rampes d'accès aux péages sur les routes nationales

En plus des panneaux et plaques utilisés pour la signalisation verticale, les panneaux de danger sont également mis en place avec des balises. Ces systèmes collectifs travaillent en cohésion pour fournir une expérience de conduite sûre et efficace pour tous les utilisateurs.

Tableau XV. 2 : Les dimensions détaillées des panneaux

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



Figure XV.6 : Panneaux de signalisation de danger.

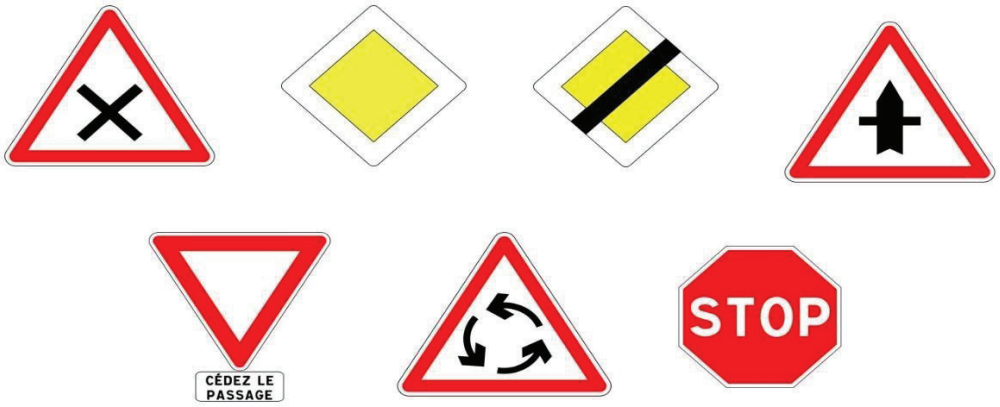


Figure XV.7 : Panneaux d'intersection et régime de priorité.



Figure XV.8 : Panneaux de prescription.

XV.4 Signalisation de l'échangeur :

Tableau XV. 3: Implantation de la signalisation directionnelle sur une sortie

	Distance d'implantation	But
V (km/h)	120	
Avertissement D(a)50	2000 m	Pour attirer l'attention des usagers
Pré signalisation D(a)40	1000 m	Pour marquer le début de la manœuvre de Sortie et notamment inciter les usagers à Gagner la voie de droite
Signalisation avancée D30	Au point S= 1.50 m	Pour marquer la fin de la manœuvre de sortie sur la chaussée émettrice.

Conclusion générale :

Pour conclure, cette aventure fut un véritable voyage d'apprentissage. En nous plongeant dans les normes rigoureuses, comme l'ICTAAL 2000 et SETRA 2013 pour la conception des échangeurs autoroutiers, nous avons exploré les détails techniques qui façonnent le monde du génie civil. Ce projet fut notre terrain de jeu pour appliquer les leçons apprises durant nos années d'études et d'apprendre de véritables professionnels du domaine.

Chaque problème, chaque contrainte, est devenue une opportunité pour nous de trouver des solutions intelligentes et réalisables. Nous avons suivi une méthodologie rigoureuse, en prenant soin de chaque détail, qu'il s'agisse du tracé géométrique, du dimensionnement du corps de chaussée ou de la signalisation. La sécurité de l'usager et la résistance de la chaussée ont été au cœur de notre réflexion.

Notre utilisation des logiciels Civil 3D, Auto CAD, Geostudio et Covadis nous a également permis de renforcer nos compétences techniques. Cette expérience nous a donné la chance de comprendre l'étendue du domaine de travaux publics et la façon dont chaque nouveau projet peut nous apporter de nouvelles connaissances et de nouvelles idées.

En somme, ce projet a été plus qu'une simple mission d'étude : c'était une aventure, un défi et une véritable source d'enrichissement personnel et professionnel. Nous sommes fiers de notre travail et enthousiastes à l'idée d'appliquer tout ce que nous avons appris dans nos futures aventures dans le domaine de travaux publics.

C'est donc avec un sentiment de réalisation et de fierté que nous clôturons ce chapitre de notre parcours, impatients de voir quels nouveaux défis et opportunités nous attendent dans notre future carrière.

DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

N°	Désignation des travaux	Unité	Prix unitaire (Da)	Quantité	Montant (Da)
1	Installation du chantier	Forfait	2 500 000,00	1	25 000 000,00
2	Acquisition de terrain	m^2	1000	230523	2 305 230,00
3	Terrassement				
3.1	Décapage de terre végétale (20cm)	m3	60	11 908,7	11 908 700,00
3.2	Déblais mise en remblai	m3	650	605 048,07	393 281 245,50
3.3	Déblai mise en dépôt	m3	300	3 428 605,73	1 028 581 719,00
3.4	Déblai d'emprunt	m3	1 000	619 437,93	619 437 930,00
TOTALE 3 : 2 053 209 595, 50					
4	Chaussée et accotement				
4.1	Couche de forme (40 cm Tuf) avec rechargement des accotments	m3	2 300	126 290,6	290 468 380,00
4.2	Couche de fondation (GNT 1.7 t/m3)	T	2 200	143 360,66	315 393 452,00
4.3	Couche de base (GB 2.2 t/m3)	T	7 500	56 219,8	421 648 500,00
4.4	Couche de roulement (BB 2.4t/m3)	T	8 500	40 975,44	348 291 240,00
TOTALE 4 : 1 375 801 572, 00					

5	**Assainissement**				
5.1	**Fossés en béton**	**ml**	**3000**	**10 480**	**31 440 000,00**
5.2	**Buse Φ 1000**	**ml**	**20 000**	**300**	**6 000 000,00**
5.3	**Buse Φ 1500**	**ml**	**35 000**	**350**	**12 250 000,00**
5.4	**Dalots**	**ml**	**60 000**	**550**	**33 000 000,00**
TOTALE 5 :82 690 000,00					
6	**Ouvrage d'art**	**m2**	**400 000**	**30 160**	**12 064 000 000,00**
7	**Signalisation et équipement routières**	**Forfait**	**1**	**30 000 000**	**30 000 000,00**
8	**Environnement et paysage**				
8.1	**Impact sur l'environnement**	**Forfait**	**1**	**21 420 681,5**	**21 420 681,5**
Totale					**15 654 427 080,00**
TVA (19%)					**2 974 341 145,00**
Totale général (TTC)					**18 628 768 230,00**

Dix-huit milliards six cent vingt-huit millions et sept cent soixante-huitmille deux cent trente Dinars Algériens

Références bibliographiques :

Références de la recherche bibliographique :

- Koerner, R.M. (2012). Conception avec les Géosynthétiques - 6e édition. Xlibris Corporation. Zornberg, J.G. & Bouazza, A. (2015).
- Géosynthétiques en génie civil et environnemental : Aperçu. Géotextiles et Géomembranes, 43(4), 271-273.
- Giroud, J.P. (2007). Géosynthétiques : Histoire et développement. Géotextiles et Géomembranes, 25(3), 138-147.
- Organisation Internationale de Normalisation (ISO). (2005). ISO 10318: Géosynthétiques - Spécifications pour les géosynthétiques.
- ASTM International. (2019).

Référence du mémoire fin d'étude :

- Anciens projets de fin d'étude : W2832-21, W2498-17, W2831-21.
- B40 (Normes technique d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).
- Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 1,2 et 3 (CTTP 2001).
- Assainissement Routier-Setra.
- Les cours de l'école pendant 3ans (hydraulique, Route, Esquisse, GTR, MDS...).
- ICTAAL 2015 Guide Echangeur, SETRA.
- Guide des terrassements routiers GTR.
- Pour les illustrations et les images (Google).

Site internet :

- www.wikipedia.com
- www.4geniecivil.com
- cci-titteri.dz/page/wilaya-de-medea
- https://fr.slideshare.net/ademLoup/catalogue-de-dimensionnement-des-chaussees-neuves-fascicule3-
- www.infociments.fr/route
- decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/
- www.d-maps.com/
- www.situationdewilayadeMédéa.com

Logiciels :

- Auto CAD 2018
- Covadis 17.f
- Geostudio 2021
- Alizé

Annexes :

Annexe 1 : Les tableaux du Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves (CTTP fascicule 1, 2,3).

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

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

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

Structures types	Hypothèses sur le type d'interface
MTB : 1- BB/GB/GB/sol support	Toutes les interfaces sont collées
2- BB/GB/GNT ou TUF ou SG/sol	Toutes les interfaces sont collées

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

	Zone climatique		
Température équivalente θeq (°C)	I et II	III	IV
	20	25	30

Annexe 2 : Valeurs des coefficients C1, C2, C3, et tableau de canalisations circulaires partiellement remplies.

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

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

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

Canalisations circulaires partiellement remplies

Q/Qps	V/Vps	h/D	Q/Qps	V/Vps	h/D
0,001	0,14	0,02	0,534	1,02	0,52
0,003	0,22	0,04	0,568	1,03	0,54
0,007	0,29	0,06	0,603	1,05	0,56
0,013	0,35	0,08	0,637	1,06	0,58
0,021	0,40	0,10	0,672	1,07	0,60
0,031	0,45	0,12	0,706	1,08	0,62
0,042	0,50	0,14	0,740	1,09	0,64
0,056	0,54	0,16	0,773	1,10	0,66
0,071	0,58	0,18	0,806	1,11	0,68
0,088	0,62	0,20	0,837	1,12	0,70
0,106	0,65	0,22	0,868	1,13	0,72
0,126	0,68	0,24	0,898	1,13	0,74
0,148	0,72	0,26	0,926	1,14	0,76
0,171	0,75	0,28	0,953	1,14	0,78
0,196	0,78	0,30	0,977	1,14	0,80
0,222	0,80	0,32	1,000	1,14	0,82
0,249	0,83	0,34	1,021	1,14	0,84
0,277	0,86	0,36	1,039	1,14	0,86
0,307	0,88	0,38	1,054	1,13	0,88
0,337	0,90	0,40	1,066	1,12	0,90
0,368	0,92	0,42	1,073	1,12	0,92
0,400	0,94	0,44	1,076	1,10	0,94
0,433	0,96	0,46	1,071	1,09	0,96
0,466	0,98	0,48	1,057	1,06	0,98
0,500	1,00	0,50	1,000	1,00	1,00

Annexe 3 :

Profil En Long Projet

Nom du dessin	POINTS TOPO MEDIA.dwg
Nom de l'axe	Nouveau Projet - Axe
Table associée	ICTAAL L2
Date du listing	08/06/2023 à 17:23:49

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-4.99 %	1030,286	37+000.000	539,368
Parabole 1	Rayon	11000.000 m	894,758	38+030.286	487,981
	Sommet Absc.	38+578.927 m			
	Sommet Alt.	474.299 m			
Pente 2	Pente	3.15 %	33,050	38+925.044	479,745
Cercle 1	Rayon	-12500.000 m	519,985	38+958.094	480,785
	Sommet Absc.	39+351.215 m			
	Sommet Alt.	486.968 m			
Pente 3	Pente	-1.01 %	1665,894	39+478.079	486,324
Cercle 2	Rayon	14000.000 m	382,683	41+143.973	469,416
	Sommet Absc.	41+286.061 m			
	Sommet Alt.	468.695 m			
Pente 4	Pente	1.72 %	2110,341	41+526.656	470,762
Cercle 3	Rayon	-105346.350 m	908,885	43+636.997	507,034
	Sommet Absc.	45+447.411 m			
	Sommet Alt.	522.592 m			
Pente 5	Pente	0.86 %	3,338	44+545.882	518,734
Cercle 4	Rayon	4000.000 m	89,179	44+549.219	518,763
	Sommet Absc.	44+514.988 m			
	Sommet Alt.	518.616 m			
Pente 6	Pente	3.09 %	2270,446	44+638.398	520,521
Cercle 5	Rayon	-12000.000 m	42,855	46+908.844	590,603
	Sommet Absc.	47+279.073 m			
	Sommet Alt.	596.315 m			
Pente 7	Pente	2.73 %	146,980	46+951.699	591,849
Cercle 6	Rayon	-12000.000 m	513,202	47+098.679	595,860
	Sommet Absc.	47+426.053 m			
	Sommet Alt.	600.327 m			
Pente 8	Pente	-1.55 %	3,993	47+611.881	598,888
				47+615.874	598,826
Longueur totale de l'axe 10615.874 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 10619.235 mètre(s)					

Annexe 4 :

Axe En Plan						
Nom du dessin		POINTS TOPO MEDIA.dwg				
Nom de l'axe		Nouveau Projet - Axe				
Table associée		ICTAAL L2				
Date du listing		08/06/2023 à 17:23:49				
Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	162.72gr	375,000	37+000.000	465548,503	3998382,522
Arc 1	Rayon	1800.000 m	2109,250	37+375.000	465755,782	3998070,015
	Centre X	467255.814 m				
	Centre Y	3999064.953 m				
Droite 2	Gisement	88.12gr	782,615	39+484.250	467589,859	3997296,221
Arc 2	Rayon	-1250.000 m	1055,316	40+266.866	468358,879	3997441,459
	Centre X	468590.855 m				
	Centre Y	3996213.172 m				
Droite 3	Gisement	141.86gr	952,784	41+322.181	469354,869	3997202,507
Clothoïde 1	Paramètre	-250,000	83,333	42+274.965	470108,966	3996620,154
Arc 3	Rayon	-750.000 m	64,811	42+358.299	470173,958	3996568,015
	Centre X	469683.296 m				
	Centre Y	3996000.784 m				
Clothoïde 2	Paramètre	250,000	83,333	42+423.110	470221,084	3996523,550
Droite 4	Gisement	154.44gr	452,816	42+506.443	470276,909	3996461,695
Clothoïde 3	Paramètre	316,667	105,556	42+959.259	470574,015	3996119,978
Arc 4	Rayon	950.000 m	507,683	43+064.815	470644,727	3996041,628
	Centre X	471325.925 m				
	Centre Y	3996703.799 m				
Clothoïde 4	Paramètre	-316,667	105,556	43+572.498	471076,966	3995787,000
Droite 5	Gisement	113.34gr	117,973	43+678.053	471179,773	3995763,132
Arc 5	Rayon	-2713.986 m	584,823	43+796.026	471295,164	3995738,585
	Centre X	470730.463 m				
	Centre Y	3993083.999 m				
Droite 6	Gisement	127.06gr	81,539	44+380.849	471849,710	3995556,447
Arc 6	Rayon	1119.799 m	783,712	44+462.388	471923,993	3995522,821
	Centre X	472385.798 m				
	Centre Y	3996542.961 m				
Droite 7	Gisement	82.51gr	330,696	45+246.100	472689,640	3995465,171
Clothoïde 5	Paramètre	-218,154	81,757	45+576.796	473007,930	3995554,901
Arc 7	Rayon	-582.105 m	66,784	45+658.553	473087,100	3995575,232
	Centre X	473205.344 m				
	Centre Y	3995005.264 m				
Clothoïde 6	Paramètre	218,154	81,757	45+725.337	473153,126	3995585,022
Droite 8	Gisement	98.75gr	75,749	45+807.094	473234,789	3995588,536
Clothoïde 7	Paramètre	323,333	107,778	45+882.843	473310,524	3995590,021
Arc 8	Rayon	970.000 m	270,086	45+990.621	473418,209	3995594,128
	Centre X	473345.375 m				
	Centre Y	3996561.389 m				
Clothoïde 8	Paramètre	-323,333	107,778	46+260.707	473681,260	3995651,400
Droite 9	Gisement	73.95gr	399,950	46+368.485	473780,905	3995692,433
Clothoïde 9	Paramètre	-215,000	71,667	46+768.435	474147,843	3995851,546
Arc 9	Rayon	-645.000 m	410,536	46+840.102	474214,102	3995878,831
	Centre X	474437.449 m				
	Centre Y	3995273.735 m				
Clothoïde 10	Paramètre	215,000	71,667	47+250.637	474617,491	3995893,098
Droite 10	Gisement	121.55gr	293,570	47+322.304	474685,512	3995870,561
				47+615.874	474962,428	3995773,089
Longueur totale de l'axe 10615.874 mètre(s)						

CUBATURES

Nom du dessin POINTS TOPO MEDIA.dwg
Nom de l'axe Nouveau Projet - Axe
Table associée ICTAAL L2
Date du listing 08/06/2023 à 17 :23:49

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	37+000.000	12,500	6294,80	0,50	78685,0	6,3	78685,0	6,3
P02	37+025.000	25,000	6366,52	0,44	159162,9	10,9	237847,9	17,2
P03	37+050.000	25,000	6243,80	0,60	156095,0	15,1	393942,9	32,3
P04	37+075.000	25,000	5636,61	0,71	140915,1	17,9	534858,1	50,1
P05	37+100.000	25,000	5054,47	2,17	126361,8	54,3	661219,9	104,5
P06	37+125.000	25,000	4670,30	2,73	116757,5	68,3	777977,4	172,8
P07	37+150.000	25,000	4297,46	1,66	107436,5	41,6	885413,8	214,4
P08	37+175.000	25,000	3870,63	1,46	96765,9	36,6	982179,7	250,9
P09	37+200.000	25,000	3300,68	0,82	82517,0	20,6	1064696,7	271,5
P10	37+225.000	25,000	2838,14	4,88	70953,5	122,0	1135650,2	393,5
P11	37+250.000	25,000	2397,28	1,89	59931,9	47,4	1195582,1	440,8
P12	37+275.000	25,000	2357,21	5,40	58930,2	135,1	1254512,3	575,9
P13	37+300.000	25,000	2176,91	4,39	54422,8	109,8	1308935,1	685,7
P14	37+325.000	25,000	1856,05	2,82	46401,2	70,4	1355336,3	756,1
P15	37+350.000	25,000	1385,25	3,08	34631,3	77,0	1389967,5	833,1
P16	37+375.000	25,000	829,14	3,27	20857,0	82,0	1410824,5	915,2
P17	37+400.000	25,000	227,71	3,88	5743,5	99,0	1416568,0	1014,2
P18	37+425.000	25,000	1,80	168,85	45,1	4195,4	1416613,1	5209,5
P19	37+450.000	25,000	2,88	440,94	72,0	11010,9	1416685,1	16220,4
P20	37+475.000	25,000	5,46	391,65	138,3	9841,9	1416823,4	26062,3
P21	37+500.000	25,000	30,31	182,91	757,3	4613,6	1417580,7	30675,9
P22	37+525.000	25,000	108,25	57,35	2675,9	1443,5	1420256,5	32119,4
P23	37+550.000	25,000	224,82	10,16	5560,3	253,6	1425816,8	32373,0
P24	37+575.000	25,000	197,92	16,56	4897,4	416,5	1430714,2	32789,5
P25	37+600.000	25,000	123,39	18,21	3057,2	458,1	1433771,4	33247,6
P26	37+625.000	25,000	36,46	36,18	904,0	908,9	1434675,4	34156,4
P27	37+650.000	25,000	2,79	254,50	70,4	6387,5	1434745,8	40544,0
P28	37+675.000	25,000	205,72	3,18	5116,1	79,6	1439861,9	40623,5
P29	37+700.000	25,000	571,59	2,44	14156,8	60,8	1454018,7	40684,3
P30	37+725.000	25,000	979,86	4,06	24146,1	99,8	1478164,8	40784,1
P31	37+750.000	25,000	1320,93	54,47	32357,4	1275,7	1510522,2	42059,8
P32	37+775.000	25,000	1478,51	38,68	36119,4	908,2	1546641,6	42968,0
P33	37+800.000	25,000	1262,07	22,64	30898,7	531,2	1577540,2	43499,2
P34	37+825.000	25,000	977,95	3,45	24003,4	85,0	1601543,6	43584,1
P35	37+850.000	25,000	1326,82	4,24	32593,9	104,3	1634137,5	43688,5
P36	37+875.000	25,000	1613,72	3,09	39559,5	78,0	1673696,9	43766,5
P37	37+900.000	25,000	1352,91	4,13	33064,4	103,5	1706761,3	43869,9
P38	37+925.000	25,000	983,50	14,95	23931,9	364,8	1730693,3	44234,8

P39	37+950.000	25,000	723,65	181,21	17616,5	4592,6	1748309,7	48827,4
P40	37+975.000	25,000	423,25	147,00	10407,2	3749,1	1758716,9	52576,5
P41	38+000.000	25,000	210,30	222,05	5202,9	5640,4	1763919,8	58216,9
P42	38+025.000	25,000	81,83	412,22	2022,7	10446,6	1765942,6	68663,4
P43	38+050.000	25,000	29,51	380,43	734,9	9639,2	1766677,4	78302,6
P44	38+075.000	25,000	4,01	499,46	101,4	12618,3	1766778,9	90920,9
P45	38+100.000	25,000	3,13	574,30	79,7	14480,0	1766858,6	105400,9
P46	38+125.000	25,000	5,37	765,51	136,9	19276,5	1766995,5	124677,4
P47	38+150.000	25,000	5,38	778,24	136,9	19570,8	1767132,4	144248,2
P48	38+175.000	25,000	10,01	1019,88	256,3	25644,8	1767388,7	169893,0
P49	38+200.000	12,525	3,98	757,59	50,9	9558,9	1767439,6	179451,9
P49-1	38+200.050	12,500	0,00	294,56	0,0	3686,2	1767439,6	183138,1
P50	38+225.000	24,975	0,00	330,61	0,0	8265,6	1767439,6	191403,6
P51	38+250.000	25,000	0,00	300,76	0,0	7526,9	1767439,6	198930,5
P52	38+275.000	25,000	0,00	385,88	0,0	0,0	1767439,6	198930,5
P53	38+300.000	25,000	0,00	516,76	0,0	0,0	1767439,6	198930,5
P54	38+325.000	25,000	0,00	599,90	0,0	0,0	1767439,6	198930,5
P55	38+350.000	25,000	0,00	658,62	0,0	0,0	1767439,6	198930,5
P56	38+375.000	25,000	0,00	678,01	0,0	0,0	1767439,6	198930,5
P57	38+400.000	25,000	0,00	736,48	0,0	0,0	1767439,6	198930,5
P58	38+425.000	25,000	0,00	725,20	0,0	0,0	1767439,6	198930,5
P59	38+450.000	25,000	0,00	693,35	0,0	0,0	1767439,6	198930,5
P60	38+475.000	25,000	0,00	690,63	0,0	0,0	1767439,6	198930,5
P61	38+500.000	25,000	0,00	675,25	0,0	0,0	1767439,6	198930,5
P62	38+525.000	25,000	0,00	660,33	0,0	0,0	1767439,6	198930,5
P63	38+550.000	25,000	0,00	630,61	0,0	0,0	1767439,6	198930,5
P64	38+575.000	25,000	0,00	590,67	0,0	0,0	1767439,6	198930,5
P65	38+600.000	25,000	0,00	497,95	0,0	0,0	1767439,6	198930,5
P66	38+625.000	24,975	0,00	156,20	0,0	0,0	1767439,6	198930,5
P66-1	38+649.950	12,500	174,18	0,00	0,0	0,0	1767439,6	198930,5
P67	38+650.000	12,525	175,01	6,41	2198,5	80,9	1769638,1	199011,4
P68	38+675.000	25,000	819,22	2,04	20713,5	50,8	1790351,7	199062,2
P69	38+700.000	25,000	1114,41	0,92	28117,3	23,0	1818468,9	199085,2
P70	38+725.000	25,000	1341,91	0,67	33763,8	16,9	1852232,8	199102,1
P71	38+750.000	25,000	1411,09	2,17	35413,5	53,1	1887646,3	199155,2
P72	38+775.000	25,000	1492,09	1,14	37329,1	28,4	1924975,5	199183,6
P73	38+800.000	25,000	1550,54	0,95	38705,5	23,5	1963681,0	199207,1
P74	38+825.000	25,000	1375,42	0,98	34334,0	24,4	1998015,0	199231,5
P75	38+850.000	25,000	1006,66	1,16	25158,7	28,9	2023173,7	199260,4
P76	38+875.000	25,000	611,73	0,63	15297,8	15,7	2038471,5	199276,1
P77	38+900.000	25,000	328,30	0,66	8195,4	16,6	2046666,9	199292,6
P78	38+925.000	25,000	502,21	3,48	12471,8	87,7	2059138,7	199380,3
P79	38+950.000	25,000	664,33	2,82	16499,7	70,3	2075638,4	199450,6
P80	38+975.000	25,000	633,03	1,66	15719,7	41,1	2091358,1	199491,7
P81	38+1000.000	25,000	550,17	1,90	13674,4	47,0	2105032,5	199538,7
P82	39+025.000	25,000	429,73	1,86	10687,0	45,9	2115719,5	199584,6
P83	39+050.000	25,000	340,44	1,58	8474,2	39,1	2124193,8	199623,7
P84	39+075.000	25,000	239,00	1,39	5949,5	34,5	2130143,3	199658,2
P85	39+100.000	25,000	109,50	4,88	2720,4	122,2	2132863,6	199780,3
P86	39+125.000	25,000	68,53	4,50	1702,7	112,8	2134566,3	199893,2
P87	39+150.000	25,000	45,32	12,49	1125,1	314,0	2135691,4	200207,2
P88	39+175.000	25,000	25,89	23,51	642,5	591,2	2136334,0	200798,4

P89	39+200.000	25,000	14,48	36,09	359,3	907,3	2136693,2	201705,7
P90	39+225.000	25,000	6,40	52,90	158,7	1329,4	2136851,9	203035,1
P91	39+250.000	25,000	1,03	75,63	25,5	1898,8	2136877,4	204933,9
P92	39+275.000	25,000	0,56	115,36	14,1	2892,9	2136891,5	207826,8
P93	39+300.000	25,000	0,73	123,68	18,3	3098,7	2136909,8	210925,5
P94	39+325.000	25,000	0,57	49,56	14,3	1241,5	2136924,1	212167,0
P95	39+350.000	25,000	17,84	0,68	444,0	16,9	2137368,1	212183,9
P96	39+375.000	25,000	43,49	0,63	1083,7	15,5	2138451,8	212199,5
P97	39+400.000	25,000	39,58	0,68	987,3	16,9	2139439,1	212216,3
P98	39+425.000	12,525	19,10	0,58	238,6	7,2	2139677,7	212223,5
P98-1	39+425.050	12,500	46,49	0,00	580,7	0,0	2140258,4	212223,5
P99	39+450.000	24,975	13,16	0,00	327,6	0,0	2140586,0	212223,5
P100	39+475.000	24,975	0,00	121,36	0,0	0,0	2140586,0	212223,5
P100-1	39+499.950	12,500	0,00	506,77	0,0	0,0	2140586,0	212223,5
P101	39+500.000	12,525	2,15	917,26	0,0	0,0	2140586,0	212223,5
P102	39+525.000	25,000	1,39	1053,34	0,0	0,0	2140586,0	212223,5
P103	39+550.000	25,000	0,78	1037,04	0,0	0,0	2140586,0	212223,5
P104	39+575.000	25,000	0,33	129,74	0,0	0,0	2140586,0	212223,5
P105	39+600.000	25,000	1,07	52,66	26,8	1316,4	2140612,9	213539,9
P106	39+625.000	25,000	1,61	78,88	40,3	1972,0	2140653,1	215511,9
P107	39+650.000	25,000	6,77	84,79	169,2	2119,8	2140822,3	217631,7
P108	39+675.000	25,000	31,06	44,65	776,5	1116,2	2141598,9	218747,9
P109	39+700.000	25,000	60,02	17,14	1500,5	428,5	2143099,4	219176,5
P110	39+725.000	25,000	83,88	8,55	2097,0	213,8	2145196,3	219390,3
P111	39+750.000	25,000	123,14	1,29	3078,5	32,4	2148274,8	219422,6
P112	39+775.000	25,000	158,31	2,37	3957,8	59,3	2152232,5	219481,9
P113	39+800.000	25,000	199,14	2,00	4978,6	50,0	2157211,1	219531,9
P114	39+825.000	25,000	223,47	2,28	5586,7	57,1	2162797,9	219589,0
P115	39+850.000	25,000	191,54	9,18	4788,5	229,5	2167586,4	219818,5
P116	39+875.000	25,000	152,50	82,70	3812,5	2067,6	2171398,9	221886,1
P117	39+900.000	25,000	154,77	138,50	3869,4	3462,4	2175268,2	225348,6
P118	39+925.000	25,000	132,07	251,18	3301,8	6279,4	2178570,1	231628,0
P119	39+950.000	25,000	23,45	443,13	586,3	11078,3	2179156,4	242706,3
P120	39+975.000	25,000	3,17	579,84	0,0	0,0	2179156,4	242706,3
P121	39+1000.000	12,525	2,26	629,57	0,0	0,0	2179156,4	242706,3
P121-1	40+000.050	12,500	0,00	276,13	0,0	0,0	2179156,4	242706,3
P122	40+025.000	24,975	0,00	351,09	0,0	0,0	2179156,4	242706,3
P123	40+050.000	25,000	0,00	407,98	0,0	0,0	2179156,4	242706,3
P124	40+075.000	24,975	0,00	509,76	0,0	0,0	2179156,4	242706,3
P124-1	40+099.950	12,500	0,00	548,09	0,0	0,0	2179156,4	242706,3
P125	40+100.000	12,525	0,15	1289,11	0,0	0,0	2179156,4	242706,3
P126	40+125.000	25,000	0,80	378,50	0,0	0,0	2179156,4	242706,3
P127	40+150.000	25,000	61,75	61,43	1543,6	1535,8	2180700,0	244242,1
P128	40+175.000	25,000	357,86	3,58	8946,4	89,5	2189646,4	244331,6
P129	40+200.000	25,000	562,50	1,94	14062,4	48,6	2203708,8	244380,2
P130	40+225.000	25,000	611,25	1,29	15281,1	32,3	2218990,0	244412,5
P131	40+250.000	25,000	587,06	1,14	14676,6	28,5	2233666,5	244441,0
P132	40+275.000	25,000	544,84	1,27	13682,8	31,7	2247349,3	244472,7
P133	40+300.000	25,000	507,70	1,41	12774,1	35,6	2260123,4	244508,3
P134	40+325.000	25,000	420,48	1,50	10587,6	38,0	2270710,9	244546,3
P135	40+350.000	25,000	352,95	1,80	8894,1	45,9	2279605,0	244592,2
P136	40+375.000	25,000	317,41	1,97	7998,4	49,9	2287603,5	244642,1

P137	40+400.000	25,000	294,08	1,66	7420,5	41,9	2295024,0	244684,0
P138	40+425.000	25,000	366,85	2,39	9251,9	60,5	2304275,9	244744,5
P139	40+450.000	25,000	440,46	1,83	11114,8	45,9	2315390,7	244790,4
P140	40+475.000	25,000	380,17	1,80	9600,7	45,4	2324991,5	244835,7
P141	40+500.000	25,000	194,16	1,96	4892,2	49,2	2329883,7	244885,0
P142	40+525.000	25,000	36,63	14,38	923,9	356,1	2330807,5	245241,0
P143	40+550.000	25,000	0,63	73,89	15,8	1839,0	2330823,3	247080,0
P144	40+575.000	25,000	1,34	114,12	33,9	2846,9	2330857,2	249926,9
P145	40+600.000	25,000	0,79	104,44	19,8	2602,8	2330877,0	252529,7
P146	40+625.000	25,000	0,69	135,31	17,4	3375,5	2330894,4	255905,2
P147	40+650.000	25,000	0,72	166,19	18,1	4144,3	2330912,4	260049,5
P148	40+675.000	25,000	0,81	196,21	20,5	4890,4	2330932,9	264939,9
P149	40+700.000	25,000	0,87	216,52	21,8	5395,9	2330954,7	270335,8
P150	40+725.000	25,000	1,46	159,26	37,0	3959,4	2330991,8	274295,2
P151	40+750.000	25,000	30,50	88,82	773,7	2205,9	2331765,5	276501,1
P152	40+775.000	25,000	152,37	25,35	3886,3	632,6	2335651,8	277133,8
P153	40+800.000	25,000	320,44	1,68	8227,3	43,0	2343879,1	277176,8
P154	40+825.000	25,000	388,68	0,71	10017,2	18,4	2353896,3	277195,2
P155	40+850.000	25,000	385,72	1,85	9997,3	46,7	2363893,5	277241,9
P156	40+875.000	25,000	470,40	4,18	12232,7	112,7	2376126,3	277354,5
P157	40+900.000	25,000	155,14	10,12	3931,0	263,3	2380057,3	277617,8
P158	40+925.000	25,000	92,68	12,85	2341,8	318,9	2382399,1	277936,7
P159	40+950.000	25,000	67,34	10,20	1701,7	253,3	2384100,8	278189,9
P160	40+975.000	25,000	39,91	23,93	1008,6	593,3	2385109,4	278783,2
P161	41+000.000	25,000	9,29	52,95	234,9	1313,6	2385344,3	280096,8
P162	41+025.000	25,000	0,94	103,42	23,7	2570,4	2385368,0	282667,2
P163	41+050.000	25,000	0,77	151,10	19,2	3759,3	2385387,2	286426,4
P164	41+075.000	25,000	0,74	180,49	18,6	4493,8	2385405,8	290920,3
P165	41+100.000	25,000	0,71	192,84	17,8	4805,0	2385423,6	295725,2
P166	41+125.000	25,000	0,70	210,74	17,6	5257,7	2385441,2	300983,0
P167	41+150.000	25,000	0,58	202,84	14,5	5065,3	2385455,6	306048,2
P168	41+175.000	25,000	0,57	191,95	14,4	4795,6	2385470,0	310843,9
P169	41+200.000	25,000	0,57	182,14	14,4	4551,3	2385484,4	315395,2
P170	41+225.000	25,000	0,58	169,54	14,6	4235,1	2385499,0	319630,2
P171	41+250.000	25,000	0,57	169,62	14,2	4239,5	2385513,1	323869,8
P172	41+275.000	25,000	0,57	166,79	14,1	4168,5	2385527,3	328038,2
P173	41+300.000	25,000	0,58	173,58	14,4	4338,6	2385541,6	332376,8
P174	41+325.000	25,000	0,58	169,94	14,4	4248,4	2385556,0	336625,2
P175	41+350.000	12,525	0,58	171,35	7,3	2146,2	2385563,3	338771,4
P175-1	41+350.050	12,500	0,00	102,25	0,0	0,0	2385563,3	338771,4
P176	41+375.000	24,975	0,00	153,83	0,0	0,0	2385563,3	338771,4
P177	41+400.000	25,000	0,00	228,27	0,0	0,0	2385563,3	338771,4
P178	41+425.000	25,000	0,00	277,38	0,0	0,0	2385563,3	338771,4
P179	41+450.000	25,000	0,00	360,54	0,0	0,0	2385563,3	338771,4
P180	41+475.000	24,975	0,00	135,75	0,0	0,0	2385563,3	338771,4
P180-1	41+499.950	12,500	76,79	0,00	0,0	0,0	2385563,3	338771,4
P181	41+500.000	12,525	57,46	0,98	719,7	12,2	2386283,0	338783,7
P182	41+525.000	25,000	612,78	1,19	15319,6	29,7	2401602,6	338813,4
P183	41+550.000	25,000	1184,22	2,99	29605,4	74,7	2431208,0	338888,1
P184	41+575.000	25,000	1232,90	1,91	30822,6	47,6	2462030,6	338935,7
P185	41+600.000	25,000	913,99	1,60	22849,7	40,0	2484880,3	338975,8
P186	41+625.000	25,000	501,66	0,80	12541,4	20,0	2497421,7	338995,8

P187	41+650.000	25,000	472,32	1,30	11807,9	32,4	2509229,6	339028,2
P188	41+675.000	25,000	666,01	2,04	16650,3	51,0	2525879,9	339079,2
P189	41+700.000	25,000	770,38	2,00	19259,4	50,1	2545139,3	339129,2
P190	41+725.000	25,000	662,70	1,79	16567,5	44,7	2561706,9	339173,9
P191	41+750.000	25,000	451,67	1,50	11291,8	37,5	2572998,6	339211,4
P192	41+775.000	25,000	108,89	3,82	2722,2	95,5	2575720,9	339306,9
P193	41+800.000	25,000	35,07	18,72	876,7	468,0	2576597,6	339774,9
P194	41+825.000	25,000	9,98	63,12	249,5	1578,0	2576847,1	341352,9
P195	41+850.000	25,000	1,55	98,97	38,7	2474,2	2576885,8	343827,1
P196	41+875.000	25,000	0,71	174,65	17,8	4366,3	2576903,7	348193,5
P197	41+900.000	25,000	0,68	261,53	17,0	6538,2	2576920,6	354731,7
P198	41+925.000	25,000	1,64	305,94	40,9	7648,4	2576961,5	362380,1
P199	41+950.000	25,000	0,71	220,24	17,7	5505,9	2576979,2	367886,0
P200	41+975.000	25,000	0,52	186,40	13,0	4660,1	2576992,3	372546,0
P201	41+1000.000	25,000	0,74	266,89	18,6	6672,3	2577010,8	379218,3
P202	42+025.000	25,000	0,85	286,61	21,3	7165,3	2577032,1	386383,6
P203	42+050.000	25,000	0,60	170,45	15,1	4261,3	2577047,1	390644,9
P204	42+075.000	25,000	0,64	136,04	15,9	3401,1	2577063,1	394046,0
P205	42+100.000	25,000	0,57	87,19	14,3	2179,8	2577077,4	396225,8
P206	42+125.000	25,000	0,63	90,02	15,7	2250,6	2577093,0	398476,3
P207	42+150.000	25,000	0,72	129,23	17,9	3230,9	2577110,9	401707,2
P208	42+175.000	25,000	0,72	170,80	18,0	4270,0	2577129,0	405977,2
P209	42+200.000	25,000	0,54	230,48	13,4	5762,0	2577142,4	411739,2
P210	42+225.000	25,000	0,72	399,96	17,9	9999,1	2577160,3	421738,3
P211	42+250.000	25,000	1,80	451,40	45,0	11285,0	2577205,3	433023,2
P212	42+275.000	25,000	6,60	307,96	164,7	7697,4	2577370,0	440720,6
P213	42+300.000	25,000	1,36	300,81	33,7	7499,4	2577403,6	448220,0
P214	42+325.000	25,000	0,25	187,74	6,4	4648,5	2577410,1	452868,5
P215	42+350.000	25,000	5,53	76,99	140,7	1904,1	2577550,8	454772,6
P216	42+375.000	25,000	29,90	35,77	760,4	880,5	2578311,2	455653,1
P217	42+400.000	25,000	83,34	2,38	2107,9	60,0	2580419,2	455713,1
P218	42+425.000	25,000	216,67	2,39	5490,8	60,9	2585910,0	455774,1
P219	42+450.000	25,000	479,43	0,99	12319,4	24,2	2598229,3	455798,3
P220	42+475.000	25,000	607,84	1,01	15458,0	24,9	2613687,3	455823,2
P221	42+500.000	25,000	793,67	0,98	19940,3	24,4	2633627,6	455847,6
P222	42+525.000	25,000	848,34	0,82	21208,5	20,6	2654836,2	455868,2
P223	42+550.000	25,000	810,13	0,79	20253,3	19,8	2675089,5	455888,0
P224	42+575.000	25,000	614,22	0,60	15355,4	15,0	2690444,9	455903,0
P225	42+600.000	25,000	469,45	0,54	11736,4	13,4	2702181,3	455916,4
P226	42+625.000	25,000	198,38	132,44	4959,5	3311,0	2707140,8	459227,3
P227	42+650.000	25,000	210,31	174,43	5257,8	4360,7	2712398,6	463588,1
P228	42+675.000	25,000	104,52	114,15	2613,1	2853,6	2715011,7	466441,7
P229	42+700.000	25,000	0,71	127,76	17,8	3194,1	2715029,5	469635,8
P230	42+725.000	25,000	7,39	98,96	184,7	2474,1	2715214,2	472109,8
P231	42+750.000	25,000	4,10	276,54	102,6	6913,4	2715316,8	479023,3
P232	42+775.000	25,000	0,81	437,04	20,2	10926,0	2715337,0	489949,3
P233	42+800.000	25,000	0,64	361,76	16,0	9044,1	2715353,0	498993,3
P234	42+825.000	25,000	1,48	422,75	37,1	10568,8	2715390,1	509562,1
P235	42+850.000	25,000	0,81	156,31	20,3	3907,6	2715410,4	513469,7
P236	42+875.000	25,000	2,32	172,09	58,0	4302,2	2715468,4	517771,9
P237	42+900.000	25,000	1,55	269,03	38,7	6725,7	2715507,1	524497,6
P238	42+925.000	25,000	2,27	334,98	56,7	8374,6	2715563,8	532872,2

P239	42+950.000	25,000	50,12	110,98	1252,9	2774,5	2716816,7	535646,7
P240	42+975.000	25,000	687,81	47,76	17003,7	1193,2	2733820,3	536839,9
P241	42+1000.000	25,000	578,94	36,46	14023,2	902,3	2747843,6	537742,2
P242	43+025.000	25,000	67,49	62,78	1664,0	1551,7	2749507,6	539293,9
P243	43+050.000	25,000	9,48	53,00	233,8	1334,7	2749741,4	540628,5
P244	43+075.000	25,000	2,42	84,71	59,7	2136,4	2749801,1	542764,9
P245	43+100.000	25,000	0,47	172,38	11,6	4352,0	2749812,7	547117,0
P246	43+125.000	25,000	332,75	333,78	9008,2	8425,9	2758820,9	555542,8
P247	43+150.000	25,000	4,22	337,91	108,2	8523,8	2758929,1	564066,6
P248	43+175.000	25,000	36,56	397,31	956,8	10015,3	2759886,0	574081,9
P249	43+200.000	25,000	3,93	458,27	97,4	11440,3	2759983,3	585522,2
P250	43+225.000	25,000	1,03	505,54	25,0	12713,9	2760008,4	598236,1
P251	43+250.000	25,000	2,17	320,94	53,1	8037,9	2760061,5	606274,0
P252	43+275.000	25,000	0,81	126,12	20,2	3182,3	2760081,7	609456,3
P253	43+300.000	25,000	19,41	55,92	477,4	1410,2	2760559,0	610866,5
P254	43+325.000	25,000	346,14	18,17	8386,7	460,0	2768945,7	611326,5
P255	43+350.000	25,000	462,61	5,94	11206,0	149,7	2780151,7	611476,1
P256	43+375.000	25,000	114,74	20,09	2821,6	509,8	2782973,3	611986,0
P257	43+400.000	25,000	2,41	53,78	59,5	1354,7	2783032,7	613340,7
P258	43+425.000	25,000	0,65	128,91	16,1	3219,0	2783048,8	616559,7
P259	43+450.000	25,000	1,46	309,01	35,9	7791,5	2783084,7	624351,2
P260	43+475.000	25,000	0,91	299,64	22,4	7550,8	2783107,1	631902,0
P261	43+500.000	25,000	6,54	273,27	168,4	6887,0	2783275,5	638789,0
P262	43+525.000	25,000	31,01	242,09	810,6	6109,3	2784086,1	644898,3
P263	43+550.000	25,000	0,59	243,35	14,3	6131,7	2784100,4	651030,0
P264	43+575.000	25,000	0,61	196,43	15,0	4943,7	2784115,4	655973,7
P265	43+600.000	25,000	1,63	188,25	41,5	4746,8	2784156,9	660720,6
P266	43+625.000	25,000	0,68	144,96	17,0	3638,1	2784173,8	664358,7
P267	43+650.000	25,000	1,37	102,89	34,1	2576,8	2784208,0	666935,5
P268	43+675.000	25,000	1,43	88,24	35,7	2206,8	2784243,7	669142,3
P269	43+700.000	25,000	27,75	50,62	693,8	1265,4	2784937,5	670407,7
P270	43+725.000	25,000	66,97	24,48	1674,1	612,1	2786611,6	671019,8
P271	43+750.000	25,000	150,82	10,68	3770,5	266,9	2790382,1	671286,8
P272	43+775.000	25,000	68,62	37,31	1715,4	932,7	2792097,5	672219,5
P273	43+800.000	25,000	153,61	1,60	3842,9	40,0	2795940,5	672259,5
P274	43+825.000	25,000	355,10	7,79	8916,6	197,3	2804857,1	672456,8
P275	43+850.000	25,000	274,23	1,75	6882,7	44,0	2811739,8	672500,9
P276	43+875.000	25,000	472,52	2,30	12023,0	59,1	2823762,8	672560,0
P277	43+900.000	25,000	818,09	17,22	20892,5	428,3	2844655,3	672988,3
P278	43+925.000	25,000	139,75	41,78	3530,4	1040,4	2848185,7	674028,7
P279	43+950.000	25,000	1,35	121,32	34,0	3023,2	2848219,7	677051,9
P280	43+975.000	25,000	1,61	229,92	39,9	5743,0	2848259,6	682794,9
P281	43+1000.000	25,000	2,39	110,08	60,0	2742,4	2848319,6	685537,3
P282	44+025.000	25,000	17,70	52,97	444,8	1319,0	2848764,3	686856,3
P283	44+050.000	25,000	33,92	13,83	852,3	345,1	2849616,7	687201,4
P284	44+075.000	25,000	107,49	3,09	2697,5	78,2	2852314,2	687279,6
P285	44+100.000	25,000	308,66	0,84	7811,1	21,1	2860125,2	687300,7
P286	44+125.000	25,000	531,23	6,87	13442,1	177,6	2873567,3	687478,3
P287	44+150.000	25,000	476,25	8,41	12022,8	216,4	2885590,1	687694,8
P288	44+175.000	25,000	245,33	8,92	6163,4	227,1	2891753,5	687921,8
P289	44+200.000	25,000	145,41	3,56	3660,0	89,4	2895413,5	688011,3
P290	44+225.000	25,000	66,24	14,29	1663,7	355,6	2897077,1	688366,8

P291	44+250.000	25,000	0,82	106,87	20,6	2666,6	2897097,7	691033,5
P292	44+275.000	25,000	0,66	153,89	16,4	3841,3	2897114,1	694874,7
P293	44+300.000	25,000	1,11	181,20	27,9	4514,8	2897142,0	699389,5
P294	44+325.000	25,000	10,48	203,14	263,5	5064,1	2897405,5	704453,6
P295	44+350.000	25,000	9,51	97,42	238,9	2425,4	2897644,4	706879,0
P296	44+375.000	25,000	19,87	17,91	498,4	446,5	2898142,8	707325,5
P297	44+400.000	25,000	29,99	13,05	749,8	326,2	2898892,6	707651,7
P298	44+425.000	25,000	4,65	48,56	116,3	1213,9	2899008,9	708865,6
P299	44+450.000	25,000	0,67	68,39	16,9	1709,8	2899025,8	710575,5
P300	44+475.000	25,000	31,05	4,05	768,5	102,0	2899794,3	710677,5
P301	44+500.000	25,000	88,34	1,68	2187,8	41,5	2901982,1	710719,0
P302	44+525.000	25,000	132,44	1,31	3282,1	32,0	2905264,2	710751,0
P303	44+550.000	25,000	182,13	2,01	4513,0	49,4	2909777,2	710800,4
P304	44+575.000	25,000	231,31	2,78	5724,7	68,0	2915501,9	710868,5
P305	44+600.000	25,000	615,77	1,63	14786,9	39,9	2930288,8	710908,3
P306	44+625.000	25,000	785,95	1,91	18899,5	46,8	2949188,3	710955,2
P307	44+650.000	25,000	668,32	2,07	16237,8	51,0	2965426,1	711006,2
P308	44+675.000	25,000	498,05	1,85	12200,1	45,3	2977626,2	711051,5
P309	44+700.000	25,000	235,51	1,82	5804,8	45,4	2983431,0	711096,9
P310	44+725.000	25,000	75,37	8,71	1862,9	219,4	2985293,9	711316,3
P311	44+750.000	25,000	2,32	86,28	57,1	2175,4	2985351,0	713491,7
P312	44+775.000	25,000	0,57	88,21	14,1	2214,5	2985365,1	715706,2
P313	44+800.000	25,000	3,74	52,09	92,4	1311,3	2985457,5	717017,5
P314	44+825.000	25,000	11,69	47,21	288,6	1189,3	2985746,1	718206,8
P315	44+850.000	25,000	28,18	25,64	695,6	645,6	2986441,7	718852,4
P316	44+875.000	25,000	58,44	10,08	1443,0	253,1	2987884,7	719105,5
P317	44+900.000	25,000	102,46	4,02	2528,7	100,0	2990413,5	719205,5
P318	44+925.000	25,000	173,76	2,42	4282,9	58,1	2994696,4	719263,6
P319	44+950.000	25,000	220,29	1,40	5409,4	33,5	3000105,8	719297,0
P320	44+975.000	25,000	156,07	12,75	3835,5	302,0	3003941,2	719599,1
P321	45+000.000	25,000	197,18	0,63	4933,3	15,7	3008874,5	719614,7
P322	45+025.000	25,000	600,08	2,29	14994,0	58,3	3023868,5	719673,1
P323	45+050.000	25,000	976,21	2,63	24163,9	66,6	3048032,3	719739,7
P324	45+075.000	25,000	979,16	8,34	24068,3	212,1	3072100,7	719951,8
P325	45+100.000	25,000	694,85	5,07	17090,1	122,1	3089190,8	720074,0
P326	45+125.000	25,000	735,44	2,13	17939,0	50,8	3107129,8	720124,8
P327	45+150.000	25,000	796,09	4,93	19357,6	114,4	3126487,4	720239,2
P328	45+175.000	25,000	822,30	5,40	20034,7	126,2	3146522,1	720365,4
P329	45+200.000	25,000	676,34	4,09	16555,5	97,2	3163077,6	720462,5
P330	45+225.000	25,000	720,68	3,47	17667,7	82,9	3180745,3	720545,5
P331	45+250.000	25,000	905,68	3,47	22499,7	85,5	3203245,0	720631,0
P332	45+275.000	25,000	869,21	3,20	21730,2	80,0	3224975,2	720710,9
P333	45+300.000	25,000	677,60	2,86	16940,1	71,4	3241915,3	720782,3
P334	45+325.000	25,000	292,49	3,31	7312,1	82,6	3249227,5	720865,0
P335	45+350.000	25,000	12,33	61,57	308,3	1539,2	3249535,8	722404,2
P336	45+375.000	25,000	0,65	274,88	16,2	6872,0	3249552,0	729276,2
P337	45+400.000	25,000	0,96	547,52	24,0	13688,1	3249576,0	742964,3
P338	45+425.000	25,000	0,51	470,65	12,7	11766,2	3249588,7	754730,5
P339	45+450.000	25,000	25,36	32,22	634,0	805,5	3250222,7	755535,9
P340	45+475.000	25,000	98,75	1,19	2468,8	29,7	3252691,5	755565,7
P341	45+500.000	25,000	182,07	2,00	4551,9	49,9	3257243,3	755615,6
P342	45+525.000	25,000	258,20	2,06	6455,1	51,4	3263698,4	755666,9

P343	45+550.000	25,000	336,94	3,35	8423,6	83,7	3272122,0	755750,7
P344	45+575.000	25,000	384,56	2,64	9624,0	66,0	3281746,0	755816,7
P345	45+600.000	25,000	482,33	1,45	12176,9	37,1	3293923,0	755853,8
P346	45+625.000	25,000	675,87	1,62	17153,4	42,0	3311076,4	755895,8
P347	45+650.000	25,000	947,58	1,58	24129,5	42,0	3335205,8	755937,8
P348	45+675.000	25,000	1114,07	1,93	28364,3	50,3	3363570,2	755988,1
P349	45+700.000	25,000	1161,89	2,02	29622,4	53,0	3393192,6	756041,1
P350	45+725.000	25,000	1114,47	1,97	28436,5	51,8	3421629,1	756093,0
P351	45+750.000	25,000	1015,29	1,92	25747,2	50,6	3447376,4	756143,5
P352	45+775.000	25,000	815,34	1,61	20503,1	41,2	3467879,4	756184,7
P353	45+800.000	25,000	426,00	1,47	10658,7	36,9	3478538,1	756221,6
P354	45+825.000	12,525	8,36	15,98	104,7	200,2	3478642,8	756421,8
P354-1	45+825.050	12,500	21,71	0,14	0,0	0,0	3478642,8	756421,8
P355	45+850.000	24,975	0,00	206,35	0,0	0,0	3478642,8	756421,8
P356	45+875.000	25,000	0,00	301,97	0,0	0,0	3478642,8	756421,8
P357	45+900.000	25,000	0,00	280,84	0,0	0,0	3478642,8	756421,8
P358	45+925.000	25,000	0,00	221,85	0,0	0,0	3478642,8	756421,8
P359	45+950.000	25,000	0,00	122,40	0,0	0,0	3478642,8	756421,8
P360	45+975.000	19,980	10,06	19,47	0,0	0,0	3478642,8	756421,8
P360-1	45+989.959	12,500	52,14	0,00	0,0	0,0	3478642,8	756421,8
P361	46+000.000	17,521	125,56	1,64	2180,0	28,2	3480822,8	756450,0
P362	46+025.000	25,000	407,44	2,76	10053,0	67,6	3490875,8	756517,5
P363	46+050.000	25,000	549,52	2,97	13492,2	73,3	3504368,0	756590,9
P364	46+075.000	25,000	588,33	3,32	14409,0	83,1	3518777,0	756674,0
P365	46+100.000	25,000	602,44	4,58	14763,5	110,4	3533540,5	756784,4
P366	46+125.000	25,000	635,63	2,97	15547,8	72,3	3549088,2	756856,6
P367	46+150.000	25,000	634,03	5,92	15452,5	151,0	3564540,7	757007,7
P368	46+175.000	25,000	898,09	1,61	21804,9	40,1	3586345,6	757047,8
P369	46+200.000	25,000	1207,14	4,25	29364,3	108,3	3615709,9	757156,1
P370	46+225.000	25,000	1496,12	4,42	36295,6	114,3	3652005,5	757270,4
P371	46+250.000	25,000	1805,40	6,25	43726,3	162,3	3695731,8	757432,6
P372	46+275.000	25,000	2016,86	7,77	49159,7	190,4	3744891,5	757623,1
P373	46+300.000	25,000	2095,98	15,18	51527,3	359,8	3796418,7	757982,9
P374	46+325.000	25,000	1885,24	27,60	46664,3	661,6	3843083,0	758644,4
P375	46+350.000	25,000	1613,08	2,67	40187,7	66,5	3883270,7	758711,0
P376	46+375.000	25,000	1337,00	1,88	33421,6	47,0	3916692,3	758758,0
P377	46+400.000	25,000	991,35	1,13	24783,7	28,2	3941476,0	758786,2
P378	46+425.000	25,000	568,09	1,20	14202,2	30,0	3955678,1	758816,2
P379	46+450.000	25,000	91,08	9,50	2277,1	237,4	3957955,2	759053,6
P380	46+475.000	25,000	0,75	201,19	18,6	5029,8	3957973,8	764083,4
P381	46+500.000	25,000	47,42	22,21	1185,4	555,3	3959159,3	764638,6
P382	46+525.000	25,000	232,94	2,82	5823,5	70,6	3964982,8	764709,2
P383	46+550.000	25,000	3,19	101,50	79,7	2537,4	3965062,5	767246,7
P384	46+575.000	25,000	0,69	562,93	17,2	14073,1	3965079,7	781319,8
P385	46+600.000	25,000	1,55	785,60	38,7	19640,1	3965118,5	800959,9
P386	46+625.000	25,000	0,72	717,31	18,0	17932,7	3965136,4	818892,6
P387	46+650.000	25,000	1,03	607,27	25,7	15181,7	3965162,1	834074,3
P388	46+675.000	25,000	0,51	361,91	12,7	9047,7	3965174,9	843122,0
P389	46+700.000	25,000	0,61	80,40	15,2	2010,1	3965190,0	845132,1
P390	46+725.000	25,000	98,28	0,82	2457,1	20,5	3967647,1	845152,6
P391	46+750.000	25,000	53,85	66,90	1346,2	1672,5	3968993,3	846825,1
P392	46+775.000	25,000	0,77	507,29	19,3	12653,3	3969012,6	859478,4

P393	46+800.000	25,000	0,98	822,64	24,7	20359,7	3969037,3	879838,1
P394	46+825.000	25,000	0,75	1055,89	19,1	25857,5	3969056,4	905695,6
P395	46+850.000	25,000	0,79	1657,42	18,9	40841,0	3969075,2	946536,7
P396	46+875.000	25,000	1,02	2046,71	25,2	50816,7	3969100,4	997353,4
P397	46+900.000	25,000	1,08	2158,05	26,4	53826,0	3969126,8	1051179,4
P398	46+925.000	25,000	1,24	2017,43	31,8	50736,7	3969158,6	1101916,1
P399	46+950.000	25,000	0,48	1519,37	11,2	38069,4	3969169,9	1139985,5
P400	46+975.000	25,000	0,96	1053,84	23,7	26262,2	3969193,6	1166247,8
P401	47+000.000	25,000	1,44	711,39	35,8	17666,3	3969229,4	1183914,0
P402	47+025.000	25,000	1,01	440,49	25,3	11013,0	3969254,7	1194927,1
P403	47+050.000	25,000	0,64	205,80	16,0	5154,3	3969270,8	1200081,3
P404	47+075.000	25,000	0,60	39,55	15,1	987,2	3969285,9	1201068,6
P405	47+100.000	25,000	90,38	0,69	2260,5	17,2	3971546,3	1201085,8
P406	47+125.000	25,000	161,03	0,93	4032,4	23,3	3975578,7	1201109,1
P407	47+150.000	25,000	225,87	0,93	5660,5	23,2	3981239,3	1201132,3
P408	47+175.000	25,000	290,09	1,45	7280,6	35,9	3988519,9	1201168,2
P409	47+200.000	25,000	301,57	1,09	7589,2	27,5	3996109,1	1201195,6
P410	47+225.000	25,000	277,14	1,20	6969,0	30,5	4003078,1	1201226,1
P411	47+250.000	25,000	249,40	1,30	6279,3	32,9	4009357,4	1201259,1
P412	47+275.000	25,000	306,12	1,27	7710,3	31,9	4017067,6	1201291,0
P413	47+300.000	25,000	268,82	0,92	6737,0	23,0	4023804,6	1201314,0
P414	47+325.000	25,000	122,76	1,92	3069,2	48,1	4026873,8	1201362,1
P415	47+350.000	12,525	0,27	253,47	3,3	3174,8	4026877,2	1204536,8
P415-1	47+350.050	12,500	0,00	135,73	0,0	0,0	4026877,2	1204536,8
P416	47+375.000	24,975	0,00	587,78	0,0	0,0	4026877,2	1204536,8
P417	47+400.000	25,000	0,00	598,84	0,0	0,0	4026877,2	1204536,8
P418	47+425.000	24,975	0,00	244,29	0,0	0,0	4026877,2	1204536,8
P418-1	47+449.950	12,500	6,79	88,93	0,0	0,0	4026877,2	1204536,8
P419	47+450.000	12,525	2,99	257,30	37,4	3222,6	4026914,6	1207759,5
P420	47+475.000	25,000	1,84	156,50	46,0	3912,5	4026960,6	1211672,0
P421	47+500.000	25,000	40,70	24,79	1017,6	619,7	4027978,2	1212291,6
P422	47+525.000	25,000	106,37	10,14	2659,2	253,4	4030637,3	1212545,1
P423	47+550.000	25,000	99,79	16,93	2494,7	423,2	4033132,0	1212968,3
P424	47+575.000	25,000	18,37	62,85	459,4	1571,2	4033591,4	1214539,5
P425	47+600.000	20,437	2,30	287,45	46,9	5874,7	4033638,4	1220414,2
P426	47+615.874	7,937	1,94	513,00	15,4	4071,8	4033653,8	1224486,0