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

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنســيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État
Filière : Travaux Publics
Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

ETUDE DE DEDOUBLEMENT ET MODERNISATION DE LA RN 5 SUR 10 KM ENTRE LA VILLE DE BOUIRA ET ZEBBOUDJA

Présenté par :

AZZOUK Nazim
SAMAH Omar

Encadré par :

Mr KARA Benchohra

Promotion 2022 /2023

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Remerciements

Nous exprimons notre gratitude en premier lieu à Dieu Tout-Puissant, à qui nous adressons nos remerciements pour avoir guidé nos pas sur le bon chemin et nous avoir permis de mener notre travail à bien.

*Nous souhaitons exprimer nos sincères remerciements à nos **familles**, qui ont toujours été présentes pour nous soutenir et nous encourager dans notre parcours d'études. Ce travail a pu voir le jour grâce à leur soutien **inconditionnel.***

*Nous souhaitons exprimer notre gratitude envers notre estimé enseignant et encadreur, **Monsieur KARA Benchohra**, pour ses conseils précieux et son soutien constant tout au long de notre projet.*

*Nous exprimons également notre gratitude envers les ingénieurs **Monsieur Madani Said** et **Monsieur Seddiki Mohamed, Monsieur derradji , Mr.Hamza Hichem et monsieur Rabia malek** pour leur contribution précieuse, ainsi que pour leur générosité dans le partage d'informations, les corrections apportées et l'accueil chaleureux qu'ils nous ont réservé. Nous sommes reconnaissants du temps qu'ils ont consacré à nous aider dans notre projet.*

Nous exprimons notre gratitude envers l'ensemble du corps enseignant de l'ENSTP, ainsi que l'administration de l'école et les responsables de la bibliothèque, pour leur soutien et leur disponibilité tout au long de notre parcours. Leur expertise, leur dévouement et leur engagement envers notre réussite académique ont été d'une valeur inestimable. Nous leur sommes reconnaissants pour leur contribution à notre formation et à notre développement professionnel.

Enfin, je souhaite exprimer ma gratitude à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Leur soutien, leurs conseils et leurs encouragements ont été essentiels pour mener ce projet à bien. Leur collaboration et leur implication ont été une source d'inspiration et ont contribué à l'enrichissement de ce travail. Je tiens à leur témoigner ma profonde reconnaissance pour leur précieuse contribution.

Dédicaces

Je suis reconnaissant envers Dieu d'avoir eu la patience et le courage nécessaires pour persévérer jusqu'à la fin de mes études.

*Je consacre humblement ce travail à mon estimé père **AHMED** et à ma tendre mère **OUIZA**, qui ont été une source inépuisable de soutien et d'encouragement tout au long de mon parcours. Leur amour et leur bienveillance ont été des piliers essentiels dans ma vie, et je prie le Très-Haut de veiller sur eux et de les combler de ses bénédictions divines.*

*Je dédie ce travail à ma précieuse famille **SAMAH**, qui représente une source infinie d'amour et de soutien. À mes chères sœurs **NOUARA, FADILA, SAFIA et ZAHIA**, ainsi qu'à mon frère **NOUREDDINE et ANIS**, vous êtes des membres exceptionnels de ma famille qui ont toujours été là pour moi. Je pense également à toutes mes adorables nièces et neveux, qui apportent joie et bonheur à nos vies. Que Dieu vous protège et vous comble de bénédictions.*

*Et je n'oublie pas mon cher oncle **SAID**, que son âme repose en paix. Il a été une figure inspirante et bienveillante dans ma vie, et sa présence me manque énormément. Je lui rends hommage et lui exprime ma gratitude pour tout ce qu'il a apporté à ma famille et à moi-même.*

*À mes chères amis **ILYES, DHIA, HICHAM ET KADER , ANIS , OUSSAMA ,***

*Ecrit par : **SAMAH OMAR***

Dédicaces

Tout d'abord je tiens à remercier le dieu puissant.

Je dédie ce modeste travail à mon père ***SAID*** *et ma mère qui m'ont toujours soutenu durant toutes les périodes de vie que dieu le tout puissant les protégeant et les gardent.*

A toute La famille ***AZZOUK*** *sans aucune exception. A ma chère sœur et mon frère*

À mes chères amis ***Rima, Malek, louadah , ont été à côté de moi***

Je vous dis merci pour tout

Ecrit par : ***AZZOUK NAZIM***

Résumé :

Ce projet de recherche porte sur l'étude d'un projet routier spécifique, intitulé "Étude en APD du dédoublement de la RN°5 du PK 105+775 au PK 116+175 avec la conception de deux carrefours giratoires".

Le travail englobe plusieurs aspects essentiels, notamment une étude de trafic approfondie visant à justifier la nécessité de l'aménagement prévu. Il comprend également la conception détaillée de la géométrie routière, incluant **le tracé en plan**, **le profil en long**, **le profil en travers** et la signalisation adéquate. Une étude approfondie de la partie géotechnique est également réalisée, comprenant l'interprétation des résultats obtenus. Le dimensionnement des corps de chaussée est également abordé, ainsi que l'étude de l'assainissement routier. Une évaluation de l'impact environnemental du projet est également réalisée, et enfin, une estimation du coût total du projet est effectuée.

Mots clés : dédoublement, modernisation, nombre de voies, épaisseurs de corps de chaussée

ملخص :

هذا المشروع البحثي يتناول دراسة مشروع طرق محدد بعنوان "دراسة تصميم مبدئي لتوسعة الطريق الوطنية رقم 5 من الكيلومتر 105+775 إلى الكيلومتر 116+175 مع تصميم اثنين من 2 محاور دوران.".

يشمل العمل عدة جوانب أساسية، بما في ذلك دراسة مرور معمقة لتبرير ضرورة التخطيط المقترح. يتضمن أيضًا تصميم مفصل لهندسة الطرق، بما في ذلك التخطيط الأفقي، التخطيط الطولي، التخطيط العرضي والإشارات المناسبة. يتم أيضًا إجراء دراسة مفصلة للمجال الجيوتقني، بما في ذلك تفسير النتائج المستخلصة. يتم أيضًا التطرق إلى تصميم أجسام الطرق، بالإضافة إلى دراسة التصريف الطرقي. يتم أيضًا إجراء تقييم لتأثير المشروع على البيئة، وأخيرًا يتم تقدير التكلفة الإجمالية للمشروع.

ازدواجية الطريق، تحديث الطريق، سمك الطريق، عدد الممرات.

Abstract:

This research project focuses on the study of a specific road project, entitled "Preliminary Design Study of the Duplication of National Road No. 5 from PK 105+775 to PK 116+175 with the Design of Two Roundabouts".

The work encompasses several essential aspects, including a comprehensive traffic study aimed at justifying the need for the proposed development. It also includes detailed design of the road geometry, including the alignment plan, longitudinal profile, cross-section profile, and appropriate signage. An in-depth geotechnical study is also conducted, including the interpretation of the obtained results. The design of pavement structures and the study of road drainage are also addressed. An evaluation of the project's environmental impact is also carried out, and finally, an estimation of the total project cost is conducted.

Key words: duplication, modernization, number of lanes, thicknesses of pavement structure

ABREVIATION

APD : Avant-Projet Sommaire

RN : Route nationale.

TPC : Terre-plein centrale.

CC : Chemin communale PL : poids lords.

TJMA : Trafic journalier moyen annuel.

UVP : Unité de véhicule particulière.

VB : Vitesse de base.

BDG : Bande dérasé de gauche.

BDD : Bande dérasé de droite

BM : Bande médiane.

CBR: California – Bearing – Ratio.

γd : densité seche

TN : Terrain naturel

BV : bassin versant

Rh : rayon hydraulique

PK : Point kilométrique

dmax : divers maximal.

dmin : divers minimal.

SC : Sondage carotté.

VBS : Valeur de bleu de Méthylène.

BB : Béton bitumineux.

GB : Grave bitume.

GNT : Grave non traité

RP1 : Réseau principale 1.

TPL : Trafic de poids lourd.

TC : Temps de concentration.

ARP : aménagement des routes principale

S : surlargeur structurelle

M : marquage de rive

AR : arase

SN : surface de déblai

SR : surface de remblai

Rm : rayon minimum

Rdm : Le rayon au dévers minimal

Rnd : Le rayon non déversé

Qc : débit rapporté par la chaussée.

QA : débit rapporté par l'accotement.

Qt : débit rapporté par le talus.

Listes des figures

Figure II.1: Localisation de la wilaya de Bouira. 15

Figure II.2:DIAGRAMME CLIMATIQUE 16

Figure II.3: CARTE DE REPARTITION DES PRECIPITATION..... 17

Figure II.4Classification sismique des wilayas d'Algérie (RPOA 2008). 18

Figure II.5Réseau routier de la wilaya de Bouira. 19

Figure II.6:présentation et localisation de projet……..... ……...20

Figure III.1: Situation de couloir de la zone d'étude…… ..... .21

Figure III.2: situation de la 1ère variante (à gauche)..... 22

Figure III.3: situation de la 2ème variante (à droite). 23

Figure V.1:La table (ARP R60 2×2 voies). 31

Figure VII.1:Les éléments de profil en travers. 35

Figure VII.2:Profil en travers type proposé. 36

Figure VII.3:Pentes transversales et devers en courbe (ARP) 37

Figure IX.1calcul de stabilité des pentes 52

Figure IX.2: Analyse de stabilité de déblai de la section pk2+125 (Cas long terme) 54

Figure IX.3:Analyse de stabilité de déblai de la section pk2+125 - Cas dynamique (sismique) 55

Figure IX.4: Analyse de stabilité de Remblais – cas long terme 57

Figure IX.5 : Analyse de stabilité de REMBLAIS – Cas dynamique sismique 58

Figure X.1:Classe TPLi pour RP1 (fascicule 1) 63

Figure X.2: Epaisseur du matériau de couche de forme. 65

Figure X.3:Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie (fascicule 1) 65

Figure X.4:Types de structures. 66

Figure X.5:Fiche structure GB/GNT (fascicule3) 67

Listes des figures

Figure X.6:Valeurs du coefficient d'agressivité A. 68

Figure X.7:Caractéristiques des matériaux enrobés. 70

Figure X.8:Fractile de la loi normale 70

Figure X.9:La température équivalente. 70

Figure X.10:Le risque du projet. 71

Figure X.11:Vérifications de la structure (avec couche de forme). 72

Figure XI.1:Principaux éléments et paramètres d'un carrefour giratoire 74

Figure XI.2: Carrefour giratoire zeboudja PK0+000 76

Figure XI.3: carrefour giratoire N 02 Bouira 77

Figure XI.4:Construction des ilots séparateurs sur les branches des giratoires de rayon (Rg) > J5 m 78

Figure XI.5: Carrefour giratoire N°01 au PK 0+000. 79

Figure XI.6:Carrefour giratoire N°01 au PK 8+490. 80

Figure XI.7:Carrefours giratoires 03 au PK 10+400 80

Figure XII.1: Valeurs de Coefficient de ruissellement ……82

Figure XII.2: Dimensions des dalots 86

Figure XII.3:Dimensions d'un fossé (Guide assainissement routier -GTAR) 89

Figure XII.4: Dimensions Fossé trapézoïdale 90

Figure XIII.1:La méthode utilisée pour calculer les cubatures. 93

Figure XIII.2:Méthode de la moyenne des aires (projection horizontale). 93

Figure XIII.3: Méthode de la moyenne des aires (projection verticale). 93

Figure XIV.1:Caractéristiques des lignes. 96

Figure XIV.2: signalisation horizontale du profil en travers 97

Figure XIV.3:Modulation des lignes discontinues. 97

Figure XIV.4:Paramètres de l'implantation des luminaires 100

Listes des tableaux

Tableau II-1:Classification parasismiques algériennes RPA 99/version 2003 18

Tableau III.-1: Tableau récapitulatif des variantes.....24

Tableau IV-1:Coefficient d'équivalence. 27

Tableau IV-2:Coefficient d'équivalence: 28

Tableau IV-3:Les valeurs de K2. 28

Tableau IV-4:Les valeurs de la capacité théorique 28

Tableau IV-5:Résultat de calcul du nombre de voies. 29

Tableau V-1:valeurs des rayons ARP 30

Tableau V-2Valeur des dévers associe 31

Tableau V-3:Les rayons choisis. 32

Tableau V-4:Tableau Récapitulatif 32

Tableau VI-1 : Paramètre géométrique de profil en long 34

Tableau VII-1:Les dimensions des éléments du Profil en travers type. 36

Tableau VII-2:Les dévers des éléments du Profil en travers type. 36

Tableau VIII-1:des Puits de reconnaissances 39

Tableau VIII-2: des Sondages carottés 39

Tableau VIII-3:Résultats Puits de reconnaissance. 40

Tableau VIII-4:Caractéristiques géotechniques des matériaux 42

Tableau VIII-5:Caractéristiques géotechniques des matériaux 43

Tableau VIII-6:Caractéristiques géotechniques des matériaux 44

Tableau VIII-7:Résultats des analyses chimiques 47

Tableau VIII-8 : Classification d'après GTR 49

Listes des tableaux

Tableau VIII-9: Classification d'après GTR ……..50

Tableau IX-1 : Déblais importants 53

Tableau IX-2: Caractéristiques géotechniques impliquées dans le calcul de stabilité des déblais.53

Tableau IX-3: Les remblais dépassant les 10 m de hauteur 56

Tableau IX-4:Les paramètres géotechniques.....57

Tableau X-1:Les valeurs des coefficients d'équivalence. 61

Tableau X-2:Réseaux principaux. 63

Tableau X-3:Classes de portances du sol 64

Tableau X-4: classe de portance à long terme du sol support (fascicule 02) 64

Tableau XI-1: Valeurs des caractéristiques de l'ilot central ……77

Tableau XI-2:Tableau Paramètres de l'ilot séparateur……..78

Tableau XI-3:Caractéristiques géométriques des carrefours du projet…….79

Tableau XII-1:Les paramètres de la station Bouira..... 81

Tableau XII-2:Formules de Temps de concentration (tc)..... 82

Tableau XII-3:les valeurs du coefficient de ruissèlement prise pour les zones urbain..... 82

Tableau XII-4:Les ouvrage proposée pour des faible débits..... 83

Tableau XII-5: caractéristiques des bassins versants..... 83

Tableau XII-6: Coefficient de Ruissellement..... 85

Tableau XII-7: Débit des eaux drainées dans la plate-forme et les talus..... 90

Tableau XIV-1: Modulation des lignes discontinues……96

Table des matières

Introduction générale 1

I. Recherche bibliographique : 2

I.1 Introduction 2

I.2 Objectifs : 2

I.3 Systèmes de surveillance en temps réel 2

I.3.1 Définition et fonctionnement des systèmes de surveillance en temps réel.....2

I.3.2 Exemples de technologies utilisées dans les systèmes de surveillance en temps réel 2

I.3.3 avantages de la surveillance en temps réel dans la maintenance routière 3

I.4 Maintenance prédictive 3

I.4.1 Concept et principes de la maintenance prédictive dans le domaine routier.....3

I.4.2 Méthodes et techniques utilisées pour prédire les défaillances 3

I.4.3 Cas d'étude sur l'application de la maintenance prédictive dans des projets routiers 4

I.5 Techniques d'inspection avancées 4

I.5.1 Vue d'ensemble des techniques d'inspection avancées pour l'évaluation des infrastructures routières.....4

I.5.2 Exemples de techniques d'inspection avancées 5

I.5.3 Avantages de l'utilisation de techniques d'inspection avancées pour une évaluation précise et détaillée des infrastructures routières 5

I.6 Utilisation de capteurs intelligents 5

I.6.1 Exemples de capteurs intelligents utilisés dans la maintenance routière 6

I.6.2 Applications pratiques des capteurs intelligents pour la surveillance des routes et la détection des dommages.....6

I.7 Systèmes de gestion des actifs 6

I.7.1 Vue d'ensemble des systèmes de gestion des actifs dans le domaine de la maintenance routière : 7

I.7.2 Fonctionnalités et composants clés des systèmes de gestion des actifs : 7

Table des matières

I.7.3 Cas d'étude sur l'implémentation réussie de systèmes de gestion des actifs dans des projets routiers : 10
I.8 Perspectives et défis 10
I.8.1 Tendances et développements futurs dans l'innovation technologique pour la maintenance routière : 10
I.8.2 Défis et obstacles à surmonter pour l'adoption et l'intégration efficaces des nouvelles technologies : 11
I.8.3 Recommandations pour la mise en œuvre réussie de l'innovation et de la technologie dans la maintenance routière : 12
I.9 Conclusion 13
II. Présentation de projet 14
II.1 Présentation de la wilaya de Bouira : 14
II.1.1 Situation géographique 14
II.1.2 Relief : 15
II.1.3 Climat : 15
II.1.4 Hydrographie : 16
II.1.5 Sismicité : 17
II.1.6 Réseau routier : 18
II.2 Présentation du projet : 19
II.2.1 Description de la route nationale N°5 : 19
II.2.2 Catégorie de la route : 19
II.2.3 Site de projet : 19
II.2.4 Présentation du tronçon concerné par l'étude : 20
II.2.5 Objectifs du projet : 20
III. Rappel sur l'Étude D'APS.... 21
III.1 Introduction : 21
III.2 Choix de couloir : 21
III.2.1 Présentation des variantes : 22
III.3 Etude comparative : 24
III.4 Conclusion : ……24

Table des matières

IV. Étude de trafic : 25

IV.1 Introduction : 25

IV.2 Analyse du trafic : 25

IV.3 Calcul de la capacité : 25

IV.3.1 Définition : 25

IV.3.2 Projection future du trafic : 25

IV.4 Application au projet : 26

IV.4.1 Les données de trafic : 26

IV.4.2 Calcul de TJMA année de mise en service 26

IV.4.3 Le trafic à l'année horizon 26

IV.4.4 Calcul du trafic effectif 26

IV.4.5 Débit de pointe horaire normale 27

IV.4.6 Débit admissible 27

IV.4.7 Le nombre des voies 29

IV.4.8 Calcul de l'année de saturation On a : 29

IV.4.9 Conclusion 29

V. TRACÉ EN PLAN 30

V.1 Introduction : 30

V.2 Voici un résumé des règles à suivre dans le tracé en plan d'une route : 30

V.3 Conception générale du tracé : 30

V.3.1 Rayons de courbures 30

V.3.2 Il convient en outre, pour les projets de routes neuves : 31

V.3.3 Valeurs des divers : 31

V.3.4 Raccordement progressif (ARP R60 2×2 voies) : 31

V.4 Tableau Récapitulatif 32

VI. Profil en long 33

VI.1 Introduction : 33

VI.2 Règles à respecter dans le tracé de la ligne rouge : 33

VI.3 Harmonisation et cohérence entre le tracé en plan et le profil en long : 34

Table des matières

VI.4 Caractéristiques géométriques : 34
VI.5 Paramètres fondamentaux : 34
VI.5.1 Déclivités minimales : 34
VI.6 Réalisation d'un nouveau pont :..... 34
VII. PROFIL EN TRAVERS 35
VII.1 Introduction 35
VII.2 Éléments constitutifs du profil en travers 35
VII.3 Profil en travers type du notre projet: 36
VII.4 Dévers : 36
VII.5 Pentes transversales et devers en courbe : 37
VIII. Étude géotechnique : 38
VIII.1 Introduction 38
VIII.2 Objectifs 38
VIII.3 Travaux d'investigation in-situ 38
VIII.3.1 L'étude des archives et documents existants : 38
VIII.3.2 Essais in situ : 38
VIII.3.3 Résultats et interprétations des essais Géotechniques : 40
VIII.3.4 Classification des matériaux : 48
VIII.4 Conclusion : 51
IX. STABILITE DES PENTES 52
IX.1 Stabilité des pentes 52
IX.1.1 Déblais 52
IX.1.2 Remblais 56
X. Dimensionnement du corps de chaussée 59
X.1 Introduction 59
X.2 Les différents types de chaussée 59
X.2.1 Chaussée souple : 59
X.2.2 Chaussée rigide : 59
X.2.3 Chaussée semi rigide : 59

Table des matières

X.3 Méthodes de dimensionnement : 59
X.3.1 La méthode de C.B.R améliorée (California-Bearing-Ratio):.....60
X.4 Application au projet : 61
X.4.1 Méthode CBR :.....61
X.5 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves : 62
X.5.1 Choix de la structure :.....62
X.6 CONCLUSION : ……72
XI. CARREFOUR GIRATOIRE..... 73
XI.1 Introduction :..... 73
XI.2 PRINCIPES D'AMÉNAGEMENT..... 74
XI.2.1 Visibilité..... 74
XI.2.2 La lisibilité de l'aménagement du giratoire :..... 75
XI.3 Site d'implantation :..... 75
XI.3.1 Giratoire N°01 :..... 75
XI.3.2 Giratoire N°02 :..... 76
XI.4 L'ilot central :..... 76
XI.5 Ilot séparateur :..... 76
XI.6 Ilot directionnel :..... 77
XI.7 Les couloirs d'entrée et de sortie :..... 77
XI.8 Application au projet :..... 78
XI.8.1 Carrefour giratoire N°01 PK0+000:..... 78
XI.8.2 Carrefour giratoire N°02 :..... 79
XI.8.3 Carrefours giratoires 03 au PK 10+400:..... 79
XII. ÉTUDE HYDRAULIQUE ET HYDROLOGIQUE..... 80
XII.1 Introduction..... 80
XII.2 Choix des ouvrage d'assainissement et calcul hydraulique :..... 80
XII.2.1 Choix des ouvrages d'assainissement :..... 80
XII.2.2 Calcul hydraulique des ouvrages :..... 80
XII.2.3 Applications..... 85

Table des matières

XII.3 Assainissement longitudinal (Dimensionnement des fossés) 88

XII.3.1 Débit capable de l'ouvrage (à saturation) noté Q_c : 88

XII.3.2 Calcul du débit à évacuer (noté Q_{ev}) : 88

XII.3.3 Application au projet : 90

XIII. CUBATURES 92

XIII.1 Introduction 92

XIII.2 Définition : 92

XIII.3 Méthodes de calcul de cubature : 92

XIII.3.1 Formule de SARRAUS : 93

XIII.3.2 Méthode de GULDEN : 94

XIII.3.3 Méthode linéaire : 94

XIII.4 Application au projet : 94

XIII.4.1 Volume des terrassements : 94

XIV. SIGNALISATION ET ECLAIRAGE : 95

XIV.1 SIGNALISATION : 95

XIV.1.1 Objectifs de la signalisation routière : 95

XIV.1.2 Règles à respecter pour la signalisation 95

XIV.1.3 Type de signalisation : 95

XIV.2 Éclairage 99

XIV.2.1 Paramètres de l'implantation des luminaires : 100

XIV.2.2 Application au projet : 100

XV. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT 101

XV.1 Introduction : 101

XV.2 Les principaux objectifs de l'étude 101

XV.3 Impact du projet sur l'environnement : 101

XV.3.1 Impacts positifs : 101

XV.3.2 Impacts négatifs : 101

XV.4 Impacts temporaires liés aux travaux : 101

XV.4.1 Impacts dus à la pollution de l'air : 101

Table des matières

XV.4.2 Impact dû à l'accroissement du bruit et vibrations : 102
XV.4.3 Impact sur la faune, flore : 102
XV.4.4 Impacts sur l'agriculture : 102
XV.4.5 Impacts sur le bâti : 102
XV.5 Impacts durables liées à l'exploitation : 103
XV.5.1 Pollution de l'air : 103
XV.5.2 Nuisances sonores et acoustique : 103
XV.5.3 Impacts sur l'agriculture : 103
XV.5.4 Impacts sur les ressources en eau : 103
XV.6 Mesures prises pour minimiser les impacts : 104
XV.6.1 Mesures en phase travaux : 104
XV.6.2 Mesures en phase exploitation : 104
XV.7 Conclusion : 105
XVI. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF ... 106
Conclusion générale
Bibliographie
Annexes

Introduction générale

Dans un monde de plus en plus connecté, le secteur du transport joue un rôle vital dans le développement et la croissance d'un pays. Une infrastructure de transport efficace et bien développée est essentielle pour faciliter les échanges commerciaux, promouvoir le tourisme, soutenir les activités industrielles et renforcer les liens sociaux. Parmi les différentes composantes du système de transport, le réseau routier occupe une place prépondérante en assurant la mobilité des personnes et des marchandises à travers le pays.

Cependant, de nombreux pays sont confrontés au défi de l'insuffisance du réseau routier existant. Les routes existantes peuvent être congestionnées, mal entretenues ou ne pas être en mesure de répondre à la demande croissante de déplacements.

Le dédoublement d'un projet routier consiste à élargir et à renforcer les routes existantes afin d'améliorer leur capacité, leur sécurité et leur fonctionnalité. Cela permet de répondre à l'augmentation du trafic et de réduire les embouteillages, tout en favorisant une circulation plus fluide et une meilleure connectivité entre les différentes régions. L'objectif ultime est de créer un réseau routier efficace, durable et adapté aux besoins présents et futurs.

Notre étude revêt une importance essentielle, car elle se concentre sur le dédoublement d'une portion spécifique de la route nationale 5, s'étendant sur une distance de 11 kilomètres dans la Wilaya de Bouira. Cette section fondamentale relie la localité de Bouira à Zeboudja. Notre objectif est de mener une analyse approfondie et une évaluation détaillée de ce projet de dédoublement, en examinant tous les aspects pertinents pour sa mise en œuvre réussie.

Ce projet, dans ses grandes phases, est constitué de :

Une recherche bibliographie sur fabrication, transport et mise en œuvre des enrobés.

- La conception géométrique de la route (Trace en plan, profil en long et profil en travers par logiciel COVADIS 16). ·
- La conception structurale (composée de l’étude du trafic et dimensionnement de la Chaussée).
- Etude géotechnique, étude d’assainissement, étude de carrefour, équipement de la route ainsi le calcule de devis quantitatif et estimatif.

CHAPITRE I
RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Recherche bibliographique :

I.1 Introduction

La maintenance routière est un élément essentiel pour assurer la sécurité, la durabilité et l'efficacité des réseaux routiers. Les routes subissent continuellement des dommages dus à l'usure, aux conditions météorologiques, à la charge du trafic et à d'autres facteurs externes. La maintenance régulière et efficace est donc nécessaire pour prévenir les défaillances, minimiser les risques pour les usagers de la route et prolonger la durée de vie des infrastructures routières.

L'innovation et la technologie jouent un rôle de plus en plus important dans le domaine de la maintenance routière. De nouvelles technologies émergent, offrant des solutions novatrices pour surveiller, inspecter et entretenir les routes de manière plus précise, efficace et proactive. Ces avancées technologiques comprennent des systèmes de surveillance en temps réel, des techniques d'inspection avancées, l'utilisation de capteurs intelligents, la maintenance prédictive et les systèmes de gestion des actifs.

I.2 Objectifs :

L'objectif de ce chapitre est d'analyser les nouvelles technologies et les innovations dans le domaine de la maintenance routière. Nous examinerons en détail les différents aspects de ces technologies, leurs applications pratiques, leurs avantages et les défis associés à leur mise en œuvre. L'objectif est de fournir une compréhension approfondie de l'impact de ces nouvelles technologies sur la maintenance routière et d'identifier les opportunités pour améliorer l'efficacité, la durabilité et la sécurité des infrastructures routières.

I.3 Systèmes de surveillance en temps réel

I.3.1 Définition et fonctionnement des systèmes de surveillance en temps réel

Les systèmes de surveillance en temps réel sont des outils technologiques utilisés pour surveiller en continu l'état des infrastructures routières. Ils collectent et analysent des données en temps réel, fournissant ainsi des informations précises sur l'état de la route, les charges en cours et d'autres paramètres importants.

Le fonctionnement des systèmes de surveillance en temps réel implique l'installation de capteurs et de dispositifs de collecte de données le long des routes, qui transmettent ensuite ces données à un système central pour l'analyse et la prise de décision.

I.3.2 Exemples de technologies utilisées dans les systèmes de surveillance en temps réel

I.3.2.1 Les capteurs de charge :

Ces capteurs sont utilisés pour mesurer la charge qui s'exerce sur la chaussée en temps réel, permettant ainsi de détecter les charges excessives et de prendre des mesures préventives.

I.3.2.2 Les caméras de surveillance :

Les caméras sont utilisées pour surveiller visuellement l'état des routes, en identifiant les dommages, les anomalies et les problèmes de circulation.

I.3.2.3 Les systèmes de détection des vibrations :

Ces systèmes sont conçus pour détecter les vibrations et les mouvements anormaux de la chaussée, ce qui peut indiquer des problèmes tels que des affaissements ou des fissures.

I.3.3 avantages de la surveillance en temps réel dans la maintenance routière

I.3.3.1 Détection précoce des dommages :

Les systèmes de surveillance en temps réel permettent de détecter rapidement les dommages et les problèmes émergents, ce qui facilite une intervention précoce pour éviter des dégradations majeures.

I.3.3.2 Gestion proactive des infrastructures :

En fournissant des données en temps réel sur l'état des routes, ces systèmes permettent une gestion proactive des infrastructures routières, en planifiant et en priorisant les travaux de maintenance de manière plus efficace.

I.3.3.3 Prise de décision informée :

Les informations en temps réel fournies par les systèmes de surveillance permettent une prise de décision plus éclairée, en identifiant les zones nécessitant une intervention immédiate et en optimisant l'allocation des ressources de maintenance.

I.4 Maintenance prédictive

I.4.1 Concept et principes de la maintenance prédictive dans le domaine routier

I.4.1.1 Introduction à la maintenance prédictive :

La maintenance prédictive est une approche proactive qui vise à prédire les défaillances et les besoins de maintenance future en utilisant des données et des modèles analytiques.

Les principes de base de la maintenance prédictive dans le contexte routier, mettant l'accent sur la prévention des pannes, l'optimisation des interventions de maintenance et la réduction des coûts.

I.4.2 Méthodes et techniques utilisées pour prédire les défaillances

I.4.2.1 Analyse des données historiques :

L'utilisation de données historiques, telles que les dossiers d'entretien, les données de performance et les informations sur les conditions environnementales, pour identifier des tendances et des schémas prédictifs.

I.4.2.2 Modèles statistiques :

L'application de modèles statistiques avancés pour analyser les données et identifier les signaux précurseurs de défaillances potentielles.

I.4.2.3 Apprentissage automatique :

L'utilisation d'algorithmes d'apprentissage automatique pour développer des modèles prédictifs à partir de grandes quantités de données, permettant ainsi d'améliorer la précision des prédictions.

I.4.3 Cas d'étude sur l'application de la maintenance prédictive dans des projets routiers

Présentation d'exemples concrets de l'application de la maintenance prédictive dans des projets routiers, mettant en évidence les bénéfices obtenus.

Analyse des résultats obtenus grâce à la maintenance prédictive, tels que la réduction des temps d'arrêt, l'optimisation des ressources et l'amélioration de la durabilité des infrastructures routières.

I.5 Techniques d'inspection avancées

I.5.1 Vue d'ensemble des techniques d'inspection avancées pour l'évaluation des infrastructures routières

Les techniques d'inspection avancées sont des outils précieux utilisés dans le domaine de la maintenance routière pour évaluer l'état des infrastructures routières. Ces techniques permettent une évaluation plus précise et détaillée des routes, détectant les défauts subtils et les problèmes cachés qui pourraient échapper à une inspection visuelle traditionnelle.

L'inspection avancée dans le domaine de la maintenance routière vise à atteindre plusieurs objectifs essentiels. Parmi ces objectifs, on retrouve :

I.5.1.1 Détection des défauts :

L'un des principaux objectifs de l'inspection avancée est de détecter les défauts et les dommages présents sur les infrastructures routières. Ces défauts peuvent inclure des fissures, des affaissements, des déformations, des dégradations de la surface, etc. La détection précoce de ces défauts permet de prendre des mesures correctives avant qu'ils ne s'aggravent, contribuant ainsi à la préservation et à la durabilité des routes.

I.5.1.2 Collecte de données précises :

L'inspection avancée permet également de collecter des données précises sur l'état des infrastructures routières. Ces données peuvent inclure des mesures de l'épaisseur des couches de chaussée, des caractéristiques géométriques de la route, des niveaux de détérioration, des propriétés des matériaux, etc. La collecte de telles données permet une analyse approfondie de l'état des routes, aidant à identifier les zones critiques nécessitant une attention particulière.

I.5.1.3 Prise de décision éclairée :

En fournissant des informations précises et détaillées sur l'état des infrastructures routières, l'inspection avancée facilite une prise de décision éclairée en matière de maintenance. Les données collectées permettent d'évaluer l'urgence des travaux de réparation ou de remplacement, d'identifier les sections prioritaires pour l'allocation des ressources, et de planifier efficacement les interventions

de maintenance. Cela contribue à une utilisation optimale des ressources disponibles et à une gestion plus efficace des infrastructures routières.

I.5.2 Exemples de techniques d'inspection avancées

I.5.2.1 La tomographie par électrique :

Explication de cette technique non destructive qui permet de cartographier les variations de résistance électrique dans les couches du sol et de la chaussée pour détecter les anomalies.

I.5.2.2 La thermographie infrarouge :

Présentation de cette technique permettant de détecter les variations de température sur la surface des infrastructures routières, révélant ainsi les défauts cachés.

I.5.2.3 La modélisation 3D :

Explication de la création de modèles tridimensionnels des infrastructures routières à partir de données de balayage laser, de photogrammétrie ou d'autres techniques, permettant une évaluation détaillée de l'état des routes.

I.5.3 Avantages de l'utilisation de techniques d'inspection avancées pour une évaluation précise et détaillée des infrastructures routières

I.5.3.1 Précision accrue :

Les techniques d'inspection avancées permettent une évaluation plus précise des infrastructures routières, détectant les défauts subtils et les problèmes cachés qui pourraient échapper à une inspection visuelle traditionnelle.

I.5.3.2 Collecte de données détaillées :

Ces techniques permettent la collecte de données détaillées sur l'état des routes, facilitant ainsi une analyse approfondie et une meilleure compréhension des problèmes.

I.5.3.3 Prise de décision éclairée :

Les informations fournies par les techniques d'inspection avancées permettent une prise de décision éclairée en matière de planification et de priorisation des travaux de maintenance.

I.6 Utilisation de capteurs intelligents

Les capteurs intelligents sont spécialement conçus pour mesurer différentes variables routières telles que les vibrations, la déformation, l'humidité, la température, la corrosivité, etc. Ils sont positionnés de manière stratégique le long des routes, en particulier dans les zones critiques, afin de fournir des données précises sur l'état des infrastructures routières.

Les capteurs intelligents convertissent les phénomènes physiques ou chimiques en signaux électriques, qui sont ensuite traités et analysés par des systèmes informatiques. Ces capteurs permettent la collecte de données en temps réel, qui sont utilisées pour prendre des décisions éclairées dans le domaine de la maintenance routière.

L'utilisation de capteurs intelligents dans la maintenance routière permet une surveillance continue de l'état des infrastructures routières, ce qui permet une détection précoce des dommages et une intervention rapide pour éviter des dégradations majeures.

I.6.1 Exemples de capteurs intelligents utilisés dans la maintenance routière

I.6.1.1 Les capteurs de déformation :

Ces capteurs mesurent les variations de déformation et de contrainte sur les infrastructures routières, permettant de détecter les changements structurels et les signes de dommages potentiels.

I.6.1.2 Les capteurs d'humidité :

Ils surveillent les niveaux d'humidité dans le sol ou sur la chaussée, fournissant des informations sur les conditions d'humidité qui peuvent affecter la stabilité des routes.

I.6.1.3 Les capteurs de corrosivité :

Ces capteurs détectent les niveaux de corrosivité dans les matériaux de construction routière, permettant de surveiller les risques de corrosion et de prendre des mesures préventives.

I.6.2 Applications pratiques des capteurs intelligents pour la surveillance des routes et la détection des dommages

I.6.2.1 Surveillance en temps réel :

Les capteurs intelligents permettent la surveillance continue et en temps réel de l'état des routes, fournissant des données instantanées sur les changements, les vibrations, les contraintes, etc.

I.6.2.2 Détection précoce des dommages :

Les capteurs intelligents permettent de détecter rapidement les dommages potentiels tels que les fissures, les affaissements ou les déformations, permettant ainsi une intervention précoce pour éviter des dégradations majeures.

I.6.2.3 Prévention des accidents :

En surveillant les conditions de la route, les capteurs intelligents peuvent aider à prévenir les accidents en identifiant les zones présentant des risques accrus, tels que les zones glissantes ou les zones sujettes à des affaissements.

I.7 Systèmes de gestion des actifs

I.7.1 Vue d'ensemble des systèmes de gestion des actifs dans le domaine de la maintenance routière :

Les systèmes de gestion des actifs (SGA) jouent un rôle essentiel dans la maintenance routière en permettant une gestion efficace des actifs routiers.

Les SGA sont des outils et des processus qui permettent de suivre, d'évaluer et de planifier de manière coordonnée les actifs routiers tels que les routes, les ponts et les tunnels. Ils permettent de collecter des données sur l'état des actifs, de les analyser et de prendre des décisions éclairées concernant leur maintenance.

Ces systèmes assurent le suivi des actifs routiers en recueillant des informations telles que les caractéristiques techniques, l'historique de maintenance, les données géospatiales, etc. Ils facilitent également l'évaluation de l'état des actifs, en utilisant des méthodes d'analyse pour interpréter les données collectées et détecter les problèmes potentiels

I.7.2 Fonctionnalités et composants clés des systèmes de gestion des actifs :

I.7.2.1 Collecte de données :

La collecte de données dans la gestion des actifs routiers implique l'utilisation de méthodes telles que :

- Inspection sur site : Des équipes d'experts se rendent sur place pour évaluer visuellement l'état des actifs, détecter les défauts et relever les caractéristiques pertinentes.
- Relevés géospatiaux : Utilisation de technologies telles que le GPS et les technologies de cartographie pour enregistrer avec précision la localisation des actifs, leur configuration et leur topographie.
- Utilisation de bases de données existantes : Exploitation des bases de données existantes contenant des informations sur l'historique de maintenance, les réparations effectuées, les relevés antérieurs, etc.
- Utilisation de capteurs intelligents : Les capteurs intelligents sont utilisés pour collecter des données en temps réel sur l'état des actifs routiers, tels que les vibrations, la déformation, l'humidité, etc.

I.7.2.2 Analyse des données :

Les techniques d'analyse des données utilisées dans la gestion des actifs routiers englobent un large éventail de méthodes et d'approches. Voici quelques-unes des techniques couramment utilisées :

I.7.2.2.1 Méthodes statistiques :

Les méthodes statistiques sont essentielles pour analyser les données collectées sur les actifs routiers. Elles permettent de quantifier et de caractériser ces données en utilisant des mesures de tendance centrale, de dispersion, de corrélation, ainsi que des tests d'hypothèses et des analyses de variance. Grâce à ces techniques, il est possible d'obtenir des informations précises sur l'état actuel des actifs routiers en identifiant les variations et les tendances observées dans les données.

I.7.2.2.2 Modèles prédictifs :

Les modèles prédictifs utilisent les données historiques pour anticiper les futurs changements et comportements des actifs routiers. Ils permettent de prédire l'évolution de l'état des infrastructures

routières, la probabilité de défaillance, la durée de vie restante, etc. Ces modèles peuvent être basés sur des méthodes statistiques, des techniques de régression ou des algorithmes de machine Learning.

I.7.2.2.3 Apprentissage automatique (Machine Learning) :

L'apprentissage automatique comprend un ensemble d'algorithmes et de techniques qui permettent aux systèmes informatiques d'apprendre à partir des données et de prendre des décisions ou de faire des prédictions sans être explicitement programmés. Dans le domaine de la gestion des actifs routiers, l'apprentissage automatique est utilisé pour détecter les schémas, les anomalies et les tendances dans les données, et pour développer des modèles prédictifs plus complexes.

I.7.2.2.4 Techniques de visualisation des données :

Les techniques de visualisation des données jouent un rôle essentiel dans l'analyse des données, car elles permettent de représenter graphiquement les informations collectées. Les graphiques, les diagrammes et les cartes géographiques facilitent la compréhension des données, la détection des tendances et la communication des résultats aux parties prenantes.

I.7.2.2.5 Analyses géospatiales :

Les analyses géospatiales intègrent des informations géographiques dans l'analyse des données. Elles permettent de cartographier l'état des actifs routiers, d'identifier les zones à risque, d'optimiser les itinéraires de maintenance, etc. Ces techniques utilisent des systèmes d'information géographique (SIG) pour représenter et analyser les données spatiales.

L'analyse des données dans la gestion des actifs routiers permet d'évaluer l'état des infrastructures, de détecter les tendances et les anomalies, d'optimiser la planification des travaux de maintenance et de prendre des décisions éclairées. Cela conduit à une amélioration de l'efficacité des opérations de maintenance, à une réduction des coûts et à une prolongation de la durée de vie des actifs, assurant ainsi la sécurité et la durabilité des infrastructures routières.

I.7.2.3 Planification des travaux :

Les systèmes de gestion des actifs (SGA) centralisent les informations sur les actifs routiers, telles que l'état, l'historique de maintenance et les données géospatiales. Ces données permettent d'évaluer l'état des infrastructures et de définir les priorités en matière de maintenance préventive et corrective. Les SGA utilisent ces informations pour générer des rapports et des analyses, identifier les travaux nécessaires, établir des calendriers et optimiser l'allocation des ressources disponibles.

La gestion des calendriers est un aspect important de la planification des travaux. Les SGA permettent de suivre les cycles de maintenance, d'anticiper les interventions nécessaires et d'éviter les interruptions ou les retards indésirables. En utilisant des outils de planification avancés, les SGA peuvent proposer des échéanciers optimisés en tenant compte des contraintes opérationnelles, des ressources disponibles et des exigences de sécurité.

La gestion des ressources est également un élément clé de la planification des travaux. Les SGA permettent de gérer efficacement les équipes, les équipements et les matériaux nécessaires à la

réalisation des travaux de maintenance. En ayant une vue d'ensemble des ressources disponibles, des compétences de chaque équipe et des exigences spécifiques des tâches, les SGA facilitent l'affectation adéquate des ressources, minimisant ainsi les retards et les surcoûts.

De plus, les SGA intègrent également la gestion des budgets alloués à la maintenance routière. En utilisant les données collectées sur les coûts des travaux précédents, les SGA permettent d'établir des estimations budgétaires réalistes, de suivre les dépenses et d'optimiser l'allocation des fonds disponibles. Cela permet de maximiser l'efficacité des opérations de maintenance tout en respectant les contraintes budgétaires.

Enfin, la prise en compte des priorités est essentielle dans la planification des travaux de maintenance. Les SGA permettent de hiérarchiser les travaux en fonction de leur importance, de leur impact sur la sécurité des usagers et de leur contribution à la durabilité des infrastructures routières. En intégrant des critères spécifiques de priorisation, les SGA aident les gestionnaires à prendre des décisions éclairées lors de la planification des travaux, en veillant à ce que les ressources soient allouées aux tâches les plus critiques en premier.

I.7.2.4 Prise de décision :

Les systèmes de gestion des actifs (SGA) jouent un rôle essentiel dans la prise de décision en matière de maintenance routière. Grâce aux données et aux analyses fournies par les SGA, les décideurs peuvent établir des stratégies et des priorités claires.

Les informations collectées sur l'état des actifs routiers, les coûts de maintenance, les performances passées, etc., permettent d'identifier les domaines critiques nécessitant une attention particulière. Les SGA facilitent également l'allocation des ressources en fournissant une vision globale des besoins en matière de maintenance et des ressources disponibles.

Les décideurs peuvent ainsi prendre des décisions éclairées et objectivement justifiées, basées sur des données tangibles plutôt que sur des suppositions ou des intuitions. Cela contribue à optimiser l'efficacité des opérations de maintenance routière, à maximiser l'utilisation des ressources et à garantir la durabilité et la sécurité des infrastructures.

I.7.3 Cas d'étude sur l'implémentation réussie de systèmes de gestion des actifs dans des projets routiers :

L'implémentation réussie de systèmes de gestion des actifs (SGA) dans des projets routiers offre de nombreux avantages, et l'examen de cas concrets peut mettre en évidence ces bénéfices. Voici quelques exemples d'études de cas qui illustrent l'efficacité des SGA :

I.7.3.1 Cas d'étude sur l'optimisation des ressources :

Dans ce projet, un SGA a été mis en place pour gérer les activités de maintenance routière dans une région donnée. Grâce à la collecte de données précises sur l'état des actifs, les besoins de

maintenance ont été mieux évalués, permettant ainsi une meilleure allocation des ressources. Cela a permis d'optimiser les budgets et d'effectuer les travaux de manière plus efficace, en évitant les gaspillages et en améliorant la durabilité des infrastructures.

I.7.3.2 Cas d'étude sur la réduction des coûts :

Un SGA a été utilisé dans un projet de maintenance routière visant à réduire les coûts d'entretien. Les données collectées sur les actifs ont permis d'identifier les équipements nécessitant une attention particulière et d'établir des priorités de maintenance. En optimisant les activités de maintenance préventive et en détectant les problèmes à un stade précoce, les coûts de réparation ont été réduits, évitant ainsi des dépenses importantes à long terme.

I.7.3.3 Cas d'étude sur l'amélioration de la durée de vie des actifs :

Dans ce projet, un SGA a été utilisé pour suivre l'évolution de l'état des actifs routiers au fil du temps. Grâce à l'analyse des données collectées, les décideurs ont pu prendre des mesures préventives pour préserver la qualité des infrastructures et prolonger leur durée de vie. Cela a permis de réduire les coûts de remplacement et d'assurer une utilisation optimale des actifs existants.

I.8 Perspectives et défis

I.8.1 Tendances et développements futurs dans l'innovation technologique pour la maintenance routière :

L'utilisation croissante de l'intelligence artificielle (IA) est une tendance émergente majeure dans la maintenance routière. Grâce à l'IA, il est possible d'analyser de vastes ensembles de données sur les actifs routiers, d'identifier des modèles et des anomalies, et de prendre des décisions éclairées en matière de maintenance. L'IA facilite également la mise en place de systèmes prédictifs pour anticiper les défaillances et planifier les activités de maintenance de manière proactive.

L'Internet des objets (Ido) est également une technologie qui joue un rôle de plus en plus important dans la maintenance routière. Les capteurs connectés peuvent être utilisés pour surveiller en temps réel l'état des infrastructures, collecter des données sur les vibrations, les températures, les niveaux d'humidité, etc. Ces données peuvent être utilisées pour détecter les problèmes potentiels, prendre des décisions basées sur des données en temps réel et optimiser les opérations de maintenance.

La télédétection, en particulier l'imagerie par satellite et les drones, est une autre tendance émergente dans la maintenance routière. Ces technologies permettent de recueillir des informations précises sur les conditions des routes, l'étendue des dommages, les changements topographiques, etc. Elles facilitent la planification des travaux de maintenance, en fournissant des données géospatiales détaillées et à jour.

l'automatisation est une tendance croissante dans la maintenance routière. Les robots et les machines automatisées sont utilisés pour effectuer des tâches de maintenance complexes, telles que la réparation de chaussées, l'inspection des ponts, etc. L'automatisation permet de gagner du temps,

de réduire les risques pour les travailleurs et d'améliorer l'efficacité globale des opérations de maintenance.

I.8.2 Défis et obstacles à surmonter pour l'adoption et l'intégration efficaces des nouvelles technologies :

L'adoption et l'intégration efficaces de nouvelles technologies dans la maintenance routière sont confrontées à plusieurs défis. Les coûts initiaux élevés peuvent constituer un obstacle pour de nombreuses organisations, qui doivent investir dans l'acquisition et la mise en place de ces technologies.

La résistance au changement est également un défi majeur, car les employés et les parties prenantes peuvent être réticents à adopter de nouvelles technologies en raison de l'impact sur leurs tâches et leur confort habituel. Une communication et une gestion du changement efficaces sont nécessaires pour surmonter cette résistance.

Les problèmes de compatibilité avec les systèmes existants peuvent également ralentir l'adoption des nouvelles technologies. Les organisations peuvent avoir des systèmes en place qui doivent être adaptés pour fonctionner en harmonie avec les nouvelles technologies, nécessitant des ajustements et des modifications.

La sécurité des données est une préoccupation essentielle lors de l'adoption de nouvelles technologies. Les organisations doivent mettre en place des mesures de sécurité adéquates pour protéger les données contre les cyberattaques et les violations de la vie privée, afin de préserver la confidentialité et l'intégrité des informations.

La formation des employés est un autre défi à relever. L'adoption de nouvelles technologies exige que les employés acquièrent de nouvelles compétences et connaissances pour les utiliser efficacement. Une formation adéquate est nécessaire pour maximiser les avantages de ces technologies.

Enfin, l'élaboration de politiques et de réglementations adaptées est essentielle pour soutenir l'innovation technologique dans la maintenance routière. Les organismes gouvernementaux et les organismes de réglementation doivent travailler en collaboration avec les entreprises pour définir des normes et des incitations qui favorisent l'adoption des nouvelles technologies.

I.8.3 Recommandations pour la mise en œuvre réussie de l'innovation et de la technologie dans la maintenance routière :

Pour une mise en œuvre réussie de l'innovation et de la technologie dans la maintenance routière, voici quelques recommandations pratiques :

I.8.3.1 Gestion du changement :

Mettez en place une stratégie de gestion du changement solide pour faciliter l'acceptation et l'adoption des nouvelles technologies. Impliquez les employés dès le début, communiquez les avantages et les objectifs clairement, et offrez un soutien continu tout au long du processus.

I.8.3.2 Formation et sensibilisation des employés :

Élaborez des plans de formation complets pour permettre aux employés de développer les compétences nécessaires à l'utilisation des nouvelles technologies. Sensibilisez-les également aux avantages et aux opportunités offertes par l'innovation technologique dans la maintenance routière.

I.8.3.3 Partenariats avec des entreprises technologiques :

Collaborez avec des entreprises spécialisées dans les technologies de pointe pour bénéficier de leur expertise et de leurs solutions. Établissez des partenariats stratégiques pour développer et mettre en œuvre des solutions adaptées à vos besoins spécifiques.

I.8.3.4 Investissements appropriés :

Allouez les ressources financières nécessaires à l'acquisition, à l'installation et à la maintenance des nouvelles technologies. Établissez un budget réaliste pour garantir une mise en œuvre réussie.

I.8.3.5 Infrastructures et ressources adéquates :

Assurez-vous d'avoir les infrastructures et les ressources nécessaires pour prendre en charge les nouvelles technologies. Cela peut inclure des équipements, des logiciels, des connexions Internet robustes, etc.

I.8.3.6 Approches de gouvernance efficaces :

Mettez en place des politiques, des procédures et des mécanismes de gouvernance appropriés pour soutenir l'adoption et l'intégration des nouvelles technologies. Cela peut inclure des normes de sécurité des données, des réglementations adaptées et une surveillance continue pour garantir le bon fonctionnement des systèmes.

I.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exploré l'importance de l'innovation et de la technologie dans l'amélioration de la maintenance routière. Les systèmes de gestion des actifs (SGA) permettent une évaluation précise de l'état des infrastructures, une planification optimisée des travaux de maintenance et une prise de décision éclairée. Les tendances émergentes telles que l'intelligence artificielle et l'Internet des objets offrent de nouvelles opportunités pour optimiser les opérations de maintenance.

Cependant, des défis tels que les coûts élevés, la résistance au changement et la sécurité des données doivent être surmontés.

l'innovation et la technologie jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de la maintenance routière, et il est recommandé de poursuivre la recherche dans des domaines tels que l'IA, l'Ido et les matériaux durables pour une amélioration continue.

Chapitre II

Présentation de projet

II. Présentation de projet

II.1 Présentation de la wilaya de Bouira :

II.1.1 Situation géographique

La wilaya de Bouira est située dans la région nord-centre du pays, à environ 120 km au sud-est d'Alger. Elle a une superficie de 4 454 km2 et une population de 742 855 habitants en 2020.

Elle est limitée géographiquement par :

- Les wilayas de Boumerdès et Tizi Ouzou **au nord**.
- M'Sila et Médéa **au sud et sud-ouest**.
- Bordj Bou Arreridj à l'est et Blida **à l'ouest.**

Elle comprend 12 daïras et 45 communes. Son chef-lieu est la ville de Bouira qui se trouve dans la vallée du fleuve Sahel, dominée au nord par le massif du Djurdjura.

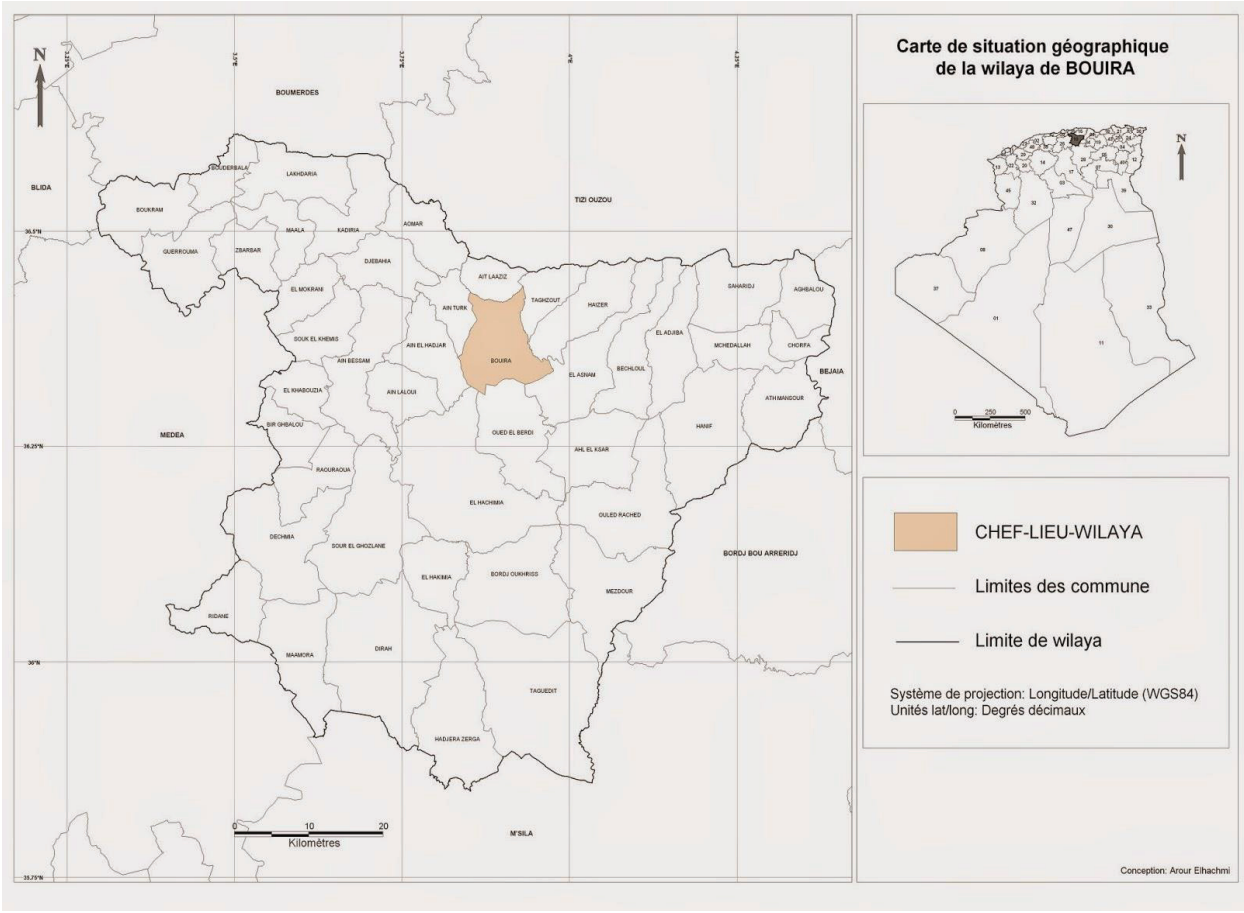


Figure II.1:Localisation de la wilaya de Bouira.

II.1.2 Relief :

Le relief de la wilaya de Bouira est caractérisé par cinq grands espaces géographiques :

- La dépression centrale, composée par la vallée de l'Oued Sahel, de l'Oued Dhous et de la plaine d'El Esnam, le plateau de Taghzout, El Madjen, la plaine des Arribs, Ain Laloui, le plateau d'El Hachimia et Ath Mansour.
- La terminaison orientale de l'Atlas Blidéen, constituée d'un ensemble de collines de formations à dominance marneuse très sensible à l'érosion, où se trouvent un important potentiel hydro-agricole, d'importantes agglomérations comme Lakhdaria, Kadiria et Aomar, de grands axes de communications (RN5, voie ferrée et projet Autoroutier Est-Ouest) et le barrage de Koudiet Acerdoune.
- Le versant du Djurdjura, qui se rapporte surtout aux parties centrales et occidentales du massif du Djurdjura, où se situent les plus hauts sommets de la wilaya comme le Lalla Khedidja (2308 m), le Tikjda (1880 m) et le Haizer (1768 m).
- La chaîne des Bibans et les hauts reliefs du sud, qui sont essentiellement forestiers et interrompus à l'ouest par la dépression de Sour-El Ghozlane. Ces reliefs sont prolongés vers le sud par trois importants massifs : le Djebel Dirah (1810 m), le Djebel Ketef (1434 m), le Djebel Ben Abdellah (1314 m), le Djebel Taguedite et le Djebel Afroun (1547 m).
- La dépression Sud Bibanique, qui se rapporte à la terminaison septentrionale de la plaine du Hodna et aux basses collines s'étendant entre Maâmora et l'extrémité Sud-Est de Bouira.

La wilaya de Bouira est une région montagneuse et forestière qui comprend cinq grands espaces géographiques: la dépression centrale, l'Atlas Blidéen, le Djurdjura, les Bibans et le Sud Bibanique. Chacun de ces espaces présente des caractéristiques géologiques, hydrologiques et agricoles particulières.

II.1.3 Climat :

Le climat de la wilaya de Bouira est est de type méditerranéen, chaud et sec en été, froid et pluvieux en hiver. La pluviométrie moyenne est de 660 mm/an au nord et de 400 mm/an dans la partie sud. Les températures varient entre 20 et 40 °C du mois de Mai au mois de Septembre et de 2 à 12 °C du mois de Janvier à Mars (voir figures 2 et 3 diagramme climatique).

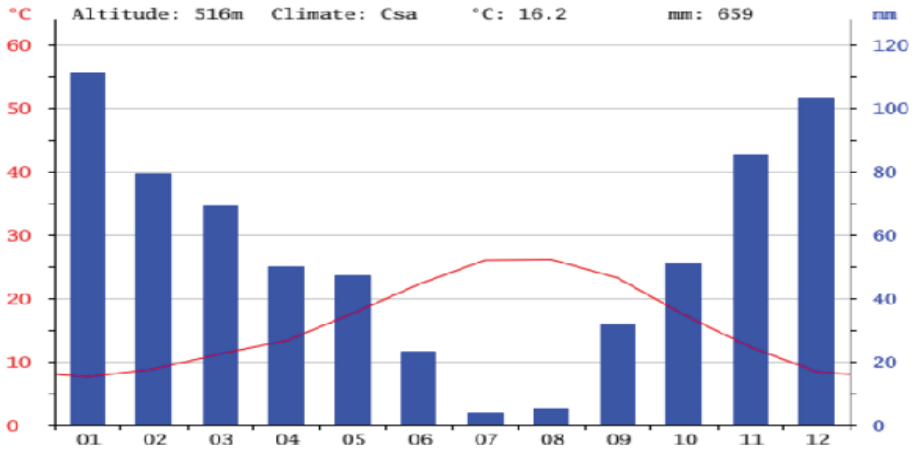


Figure II.2:DIAGRAMME CLIMATIQUE

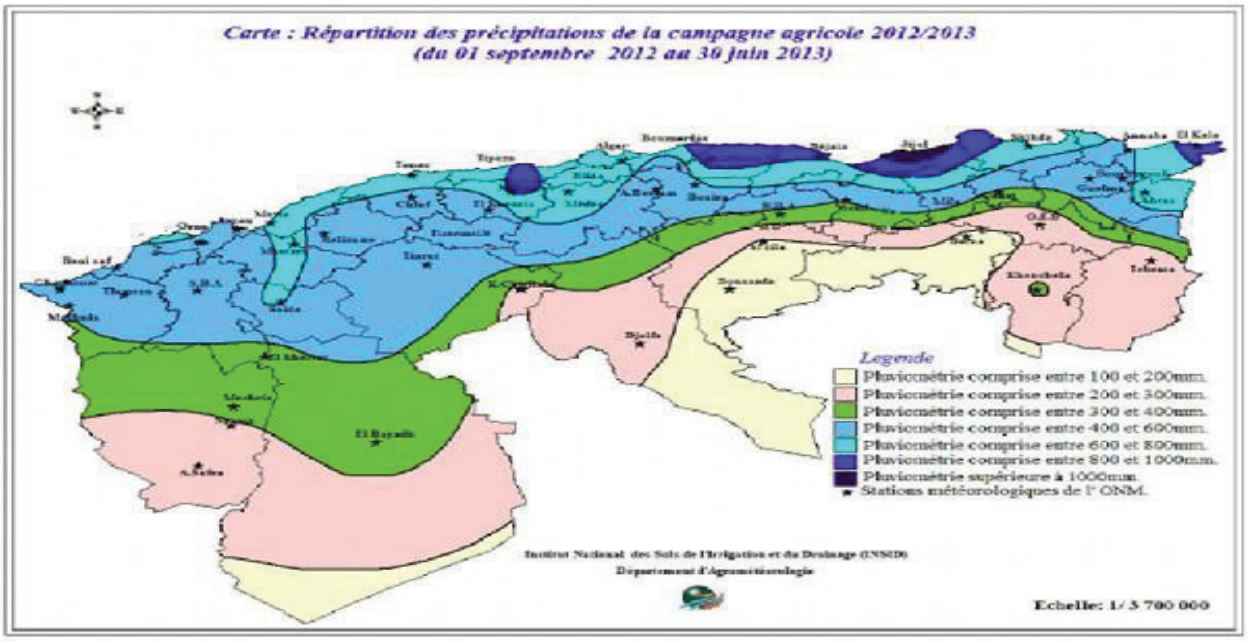


Figure II.3: CARTE DE REPARTITION DES PRECIPITATION.

II.1.4 Hydrographie :

L'hydrographie de la wilaya de Bouira est caractérisée par la présence de plusieurs bassins versants qui apportent d'importantes ressources en eau. Selon le site officiel de la direction des collectivités locales de la wilaya, l'apport moyen annuel des bassins versants est de 561 millions de m³, répartis comme suit :

- **Bassin versant d'Isser :** 135 millions de m³/an
- **Bassin versant Sahel Soummam :** 380 millions de m³/an
- **Bassin versant du Hodna :** 35 millions de m³/an
- **Bassin versant Humus :** 11 millions de m³/an

La wilaya compte également plusieurs barrages, dont le barrage de Koudiet Acerdoune, le barrage de Tilesdit et le barrage de Tichy Haf. Ces barrages servent à l'irrigation agricole, à l'alimentation en eau potable et à la production d'électricité.

Les principaux cours d'eau de la wilaya de Bouira sont les suivants :

- **Oued Isser :** il prend sa source dans le Djurdjura et se jette dans la mer Méditerranée à l'est d'Alger. Il traverse les wilayas de Bouira, Boumerdès et Tizi Ouzou.
- **Oued Sahel :** il prend sa source dans le Djurdjura et se jette dans la mer Méditerranée à l'ouest de Béjaïa. Il traverse les wilayas de Bouira et Béjaïa.
- **Oued Lakhal :** il prend sa source dans le Djurdjura et se jette dans l'Oued Isser à Bouira. Il traverse les communes de Sour El Ghozlane, Aïn Bessem et Bouira.
- **Oued El Khebathna :** il prend sa source dans le Djurdjura et se jette dans l'Oued Isser à Aïn Bessam. Il traverse les communes de Bechloul, Bir Ghbalou et Aïn Bessam.
- **Oued Afoud :** il prend sa source dans le Djurdjura et se jette dans l'Oued Sahel à Akbou. Il traverse les communes de Haizer, Aghbalou et Akbou. Il est barré par le barrage de Tilesdit.

II.1.5 Sismicité :

La sismicité de la wilaya de Bouira selon le RPOA (Règles Parasismiques Applicables au Domaine des Ouvrages d'Art) est définie par les paramètres suivants :

- Zone sismique : IIa (sismicité moyenne)
- Accélération spectrale de référence : 0.15 g
- Coefficient de comportement : 1.5
- Spectre de dimensionnement : élastique avec un facteur de réduction de 5.

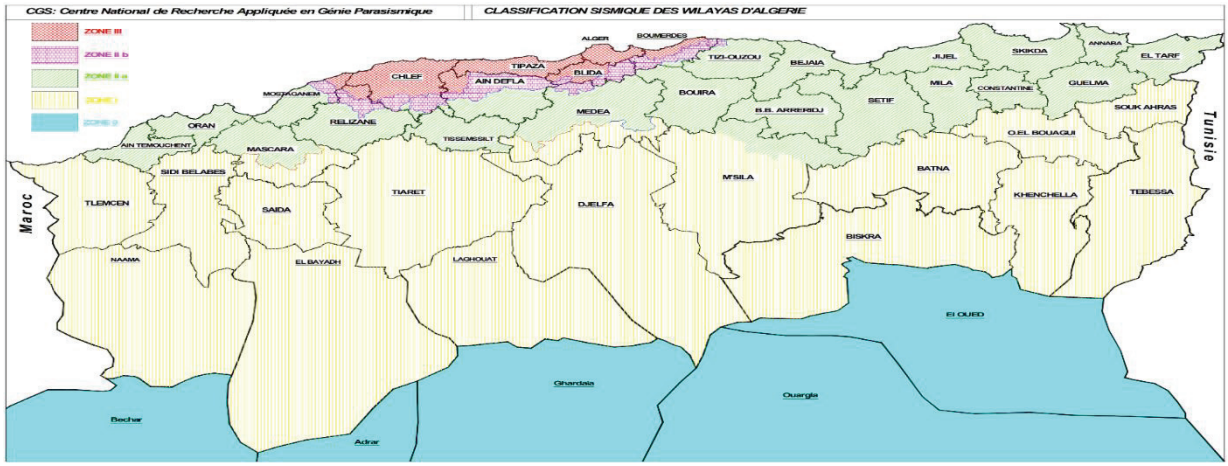


Figure II.4Classification sismique des wilayas d'Algérie (RPOA 2008).

Tableau II-1:Classification parasismiques algériennes RPA 99/version 2003

ZONE				
Groupe	**I**	**IIa**	**IIb**	**III**
1A	0,15	0,25	0,30	0,40
1B	0,12	**0,20**	0,25	0,30
2	0,10	0,15	0,20	0,25
3	0,07	0,10	0,14	0,18

II.1.6 Réseau routier :

La wilaya de Bouira est desservie par plusieurs routes nationales telles que la **RN5** (Route de Constantine), la **RN8** (Route de Bou Saâda), la **RN15** (Route de Chorfa), la **RN18** (Route de Berrouaghia), la **RN25** (Route de Aïn Bessem), la **RN26** (Route de Tazmalt), la RN30 (Route de M'Chedallah), la RN33 (Route de Tikjda), la RN60 (Route de M'Sila), la **RN62** (Route de Hannacha) et la **RN106** (Route de Bordj Bou Arréridj).

La wilaya compte également une **autoroute Est-Ouest.**

Les infrastructures routières suivantes : 456.85 km de routes nationales, 699.051 km de chemins de Wilaya et 1807.44 km de chemins communaux.

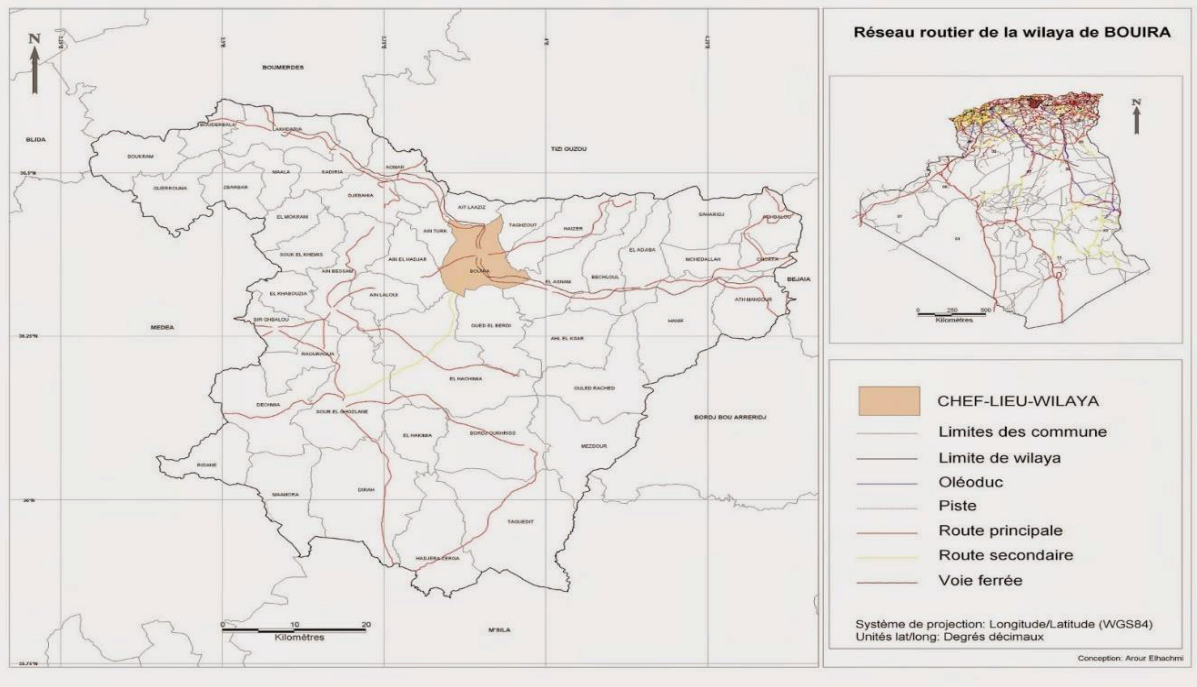


Figure II.5Réseau routier de la wilaya de Bouira.

II.2 Présentation du projet :

II.2.1 Description de la route nationale N°5 :

La Route Nationale 5 (RN 5) à Bouira, en Algérie, est une portion de la route nationale qui traverse la province de Bouira. Elle fait partie du réseau routier national algérien et relie différents centres urbains et régions.

La RN 5 à Bouira est un axe de transport vital pour les déplacements locaux, régionaux et même nationaux. Elle facilite le transport de personnes, de marchandises et contribue au développement économique de la région.

Le début de la RN5 à Bouira se situe à la localité Sonda, à l'entrée sud-est de la ville, où elle se détache de l'ancienne route qui traverse le centre-ville. La fin de la RN5 à Bouira se situe à la localité de Draâ-Lekhmis, à la sortie nord de la ville, elle débute au pk 70+200 km à la limite de la wilaya de Boumerdes elle finit au pk169+26 a la limite de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj

II.2.2 Catégorie de la route :

Selon les normes techniques d'aménagement des routes principales ARP, la route en projet est classée dans la catégorie **R60** qui constituent l'essentiel des réseaux des voies principales

II.2.3 Site de projet :



Figure II.6:présentation et localisation de projet

Le présent projet dénommé « étude de dédoublement avec modernisation et de la RN5 Bouira zebbudja sur 10.400 km », il permet la liaison entre la ville de Bouira et la ville de zebbudja, ce tronçon se débute du PK105+775 à la ville de zebbudja et finie au PK 116+175 à la ville de Bouira

La chaussée existante est bidirectionnelle, avec une largeur totale de 7m et des accotements de 1.5m des deux côtés, on doit élargir pour qu'elle puisse supporter le trafic circulant sur cette route

II.2.4 Présentation du tronçon concerné par l'étude :

La zone d'étude couvre une section qui commence au point kilométrique 105+775 (zebbudja) et s'étend jusqu'au point kilométrique 116+175 (dans la ville de Bouira), sur une distance totale de 10.400 kilomètres.

II.2.5 Objectifs du projet :

- Répondre à une demande de transport en constante croissance en offrant une capacité adéquate.
- Promouvoir le développement économique des régions de Bouira en générant de nouveaux emplois directs et indirects.
- Diminuer les frais de transport.
- Minimiser le nombre d'incidents routiers.

Chapitre III

Rappel sur l'Étude D'APS

III. Rappel sur l'Étude D'APS

III.1 Introduction :

La phase APS, c'est l'étape qui suit la phase préliminaire, dans le cas où cette dernière est prévue, elle consiste à étudier plus profondément les variantes retenues dans l'étude antérieure ou bien quand celle-ci n'est pas prévue, de procéder à l'étude à partir de carte d'état-major, de Topographique et aussi géologique, permettant ainsi de mieux cerner les aléas, les contraintes et les avantages liés à la situation sociaux-géographique de chaque variante.

On devra faire une étude multicritère pour le choix de la variante à retenir, celle -ci sera basée sur un plan de comparaison selon l'ensemble des critères suivant :

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

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

III.2 Choix de couloir :



Figure III.1: Situation de couloir de la zone d'étude.

Dans cette phase, on va étudier deux variantes afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de notre projet.

Le point de départ des deux variantes au niveau l'intersection de CW 5 (liaison entre la RN05 et la A1) (carrefour zebbudja) au PK105+775, ils se dirigent vers **l'intersection de Bouira au** PK116+175, ces variantes franchies plusieurs formations géologique différentes.

III.2.1 Présentation des variantes :

III.2.1.1 Variante (01) :



Figure III.2: situation de la 1ère variante (à gauche).

D'après le calcule automatique fait par : Autopiste 16, on a obtenu les résultats suivants :

- Longueur du tracé = **10405,297 m**
- Volume des terrassements :

  Remblais = **127855,1 m^3** Déblai = **1473438,1 m^3**

III.2.1.1.1 Type des contraintes :

L'investigation sur site a permis de constater généralement que la zone traversée par la variante 01 est caractérisé par un relief vallonné, plats aux zones de début et fin du projet, des pentes élevées généralement. Les différentes contraintes situées dans le couloir sont comme suit :

- La présence d'accidents topographiques significatifs du côté droite, il sera nécessaire d'effectuer des déblais considérables pour réaliser le dédoublement.
- Présence d'une zone urbaine avec des propriété privé à 10 m près de la route (du PK 0+90 au PK 1+ 225).
- Oued DJEMAA PK 1+475 m
- Présence de constructions et quelques arbres
- Une ligne électrique basse tension du PK 6+350 au PK 6+675
- La présence d'une station-service et d'un établissement UNO.

III.2.1.2 variante (02) :

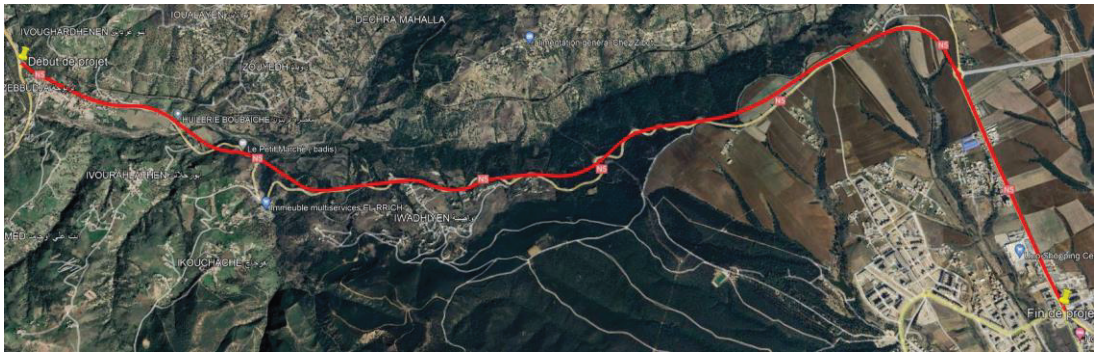


Figure III.3: situation de la 2ème variante (à droite).

D'après le calcule automatique fait par : Autopiste 16, on a obtenu les résultats suivants :

- Longueur du tracé = 10074,805 m
- Volume des terrassements :

  Remblais = **671671,6 m³** Déblai = **1022033,2 m³**

III.2.1.2.1Type des contraintes :

L'investigation sur site a permis de constater généralement que la zone traversée par la variante 02 est caractérisé par un relief vallonné de pentes élevées. Les différentes contraintes et réseaux divers situés dans le couloir sont comme suit :

- Présence de constructions et des propriété privé à 10 m près de la route (du PK 0+90 au PK 1+ 225).
- Cimetière des martyrs au PK
- Oued DJEMAA PK 1+475 m
- Possible accroissement avec la sortie de tunnel du nouveau projet de la voie ferré
- Un élément important est la présence d'accidents topographiques significatifs du côté gauche, il sera nécessaire d'effectuer des remblais considérables pour réaliser le dédoublement.
- À partir du pk 8+750 m jusqu'à la fin du projet on trouve deux contraintes du côté gauche de la route existante : la présence d'une station d'eau, un parc d'engins, des terrains agricoles, une ligne électrique basse tension, des propriétés privées et des bâtiments AADL 2000 LOGTS

III.3 Étude comparative :

Tableau III-1: Tableau récapitulatif des variantes

Variante	1er Var	2eme Var	Conclusion
longueur de tracé	**10405,297m**	**10074,805 m**	$L_1 > L_2$
Remblais	**127855,1 m³**	**671671,6 m³**	$V_{R2} > V_{R1}$
Déblai	**1473438,1m³**	**1022033,2m³**	$V_{D1} > V_{D1}$

III.4 Conclusion :

Dans ce chapitre, on a proposé deux variantes ayant les mêmes caractéristiques géométriques et on a choisi la plus adéquate pour notre projet.

La deuxième a un volume important de cubature ainsi qu'elle passe par des terrains agricoles et nécessite d'abattre un nombre important d'arbre, démolir des constructions privées et le déplacement de pylône électriques. On a donc opté pour la première variante qui est en plus moins coûteuse de point de vue technique et économique.

Chapitre IV
Étude de trafic

IV. Étude de trafic :

IV.1 Introduction :

Lors de l'élaboration des projets de transport et de réseaux routiers, la définition des objectifs et des moyens à mettre en œuvre passe nécessairement par la connaissance et la compréhension des pratiques de déplacement, du trafic actuel et futur. Pour pouvoir effectuer de telles études, il est nécessaire de mettre en œuvre des méthodologies d'estimation de trafic et des conditions de fonctionnement, souvent basées sur la modélisation.

Une étude du trafic est une phase fondamentale qui doit intervenir à l'amont de toute réflexion relative à un projet routier. Elle permet de déterminer l'intensité du trafic et son agressivité (poids lourds). Le dimensionnement du corps de chaussée nécessite la connaissance du trafic journalier moyen annuel (TJMA) ainsi que sa répartition sur les différentes catégories de véhicules.

IV.2 Analyse du trafic :

Cette analyse est réalisée par différents procèdes complémentaires :

- Comptages manuels ;
- Comptages automatiques.

Afin d'évaluer le trafic que nous devons savoir quels types de trafic :

- Trafic normal ;
- Trafic induit ;
- Trafic dévié ;
- Trafic total.

IV.3 Calcul de la capacité :

IV.3.1 Définition :

La capacité est le nombre des véhicules qui peuvent raisonnablement passer sur une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propre durant une période bien déterminer, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

IV.3.2 Projection future du trafic :

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

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

- **$TJMA_h$:** le trafic à l'année horizon.
- **$TJMA_0$:** le trafic à l'année de référence « année de comptage 2016 ».
- **n :** nombre d'année.

- **τ :** taux d'accroissement du trafic (%)

IV.4 Application au projet :

IV.4.1 Les données de trafic :

Selon les résultats de comptages et de prévisions, effectués par la DTP de BOUIRA nous avons :

- TJMA2022=3400 véh/j
- Année de comptage : 2022
- Vitesse de référence : 60km/h
- Catégorie : C2
- Environnement : E3
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté τ= 4%
- On prend un pourcentage de poids lourds de : Z=30%
- L'année de mise en service = 2026
- La durée de vie de 20 ans.

IV.4.2 Calcul de TJMA année de mise en service

$TJMA_{(2026)} = (1+ \tau)^4 \times TJMA_{(2022)}$

$TJMA_{(2026)} = (1+0.04)^4 \times 3400$

Donc

TJMA (2026) = 3978 véh/j

IV.4.3 Le trafic à l'année horizon

Trafic à l'année horizon (2046) pour une durée de vie de 20 Ans :

$TJMA_{(2046)} = (1+ \tau)^{20} \times TJMA_{(2026)}$

$TJMA_{(2046)} = (1+0.04)^{20} \times 3978$

Donc

$TJMA_{(2046)}$ = 8716 véh/j

IV.4.4 Calcul du trafic effectif

La formule qui donne le trafic effectif est :

$$\mathbf{Teff = [(1 - Z) + PZ].\ TJMA_h}$$

Avec :

- Z : pourcentage de poids lourds (30 %) ;
- P : coefficient d'équivalence, P = 16.

Tableau IV-1:Coefficient d'équivalence.

Environnement	E_1	E_2	E_3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-16
Route étroite	3-6	6-16	16-24

AN:

$T_{eff2046}$= [(1-0.3) +16 x 0.3] x 8716 = 47938 uvp/j

$$\mathbf{T_{eff2046}= 47938\ uvp/j}$$

IV.4.5 Débit de pointe horaire normale

C'est le nombre de véhicules susceptibles d'emprunter la route à l'année d'horizon.

$$\mathbf{Q_{2046}= \left(\frac{1}{n}\right) \times Teff_{2044}}$$

Avec $\left(\frac{1}{n}\right)$ coefficient de pointe pris égale à 0.12.

AN :

$\mathbf{Q_{2046}}$= 0,12 × 47938 =5753 uvp/h

$$\mathbf{Q_{2046}= 5753\ uvp/h}$$

IV.4.6 Débit admissible

C'est le débit admissible que peut supporter une route :

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

Avec :

- C_{th}: Capacité théorique
- K1, K2 : Coefficients correcteurs.

Les coefficients K1, K2 et la capacité théorique sont donnés par les tableaux suivants :

Tableau IV-2:Coefficient d'équivalence:

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0,75	0,85	0,9 à 0,95

Tableau IV-3:Les valeurs de K2.

Environnement	E_1	E_2	E_3
Cat1	1	0.99	0.91
Cat2	1	0.99	0.95
Cat3	1	0.99	0.97
Cat4	1	0.98	0.96
Cat5	1	0.98	0.96

Tableau IV-4:Les valeurs de la capacité théorique

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

D’âpres les tableaux, on utilise les valeurs suivantes :

- K1=0.90 ;
- K2=0.95 ;
- C_{th}=1800uvp/h ;

Qadm = 0.90 x 0.95 x 1800= 1539 (uvp/h) par voie.

IV.4.7 Le nombre des voies

$$n = S \times Q_{2046}/_{Qadm} = (2 / 3) \times (5753 /1539) = 2,49 \approx 2$$

Avec: S=2/3

Donc**: n= 2 voies /sens avec une bande d'arrêt d'urgence**

IV.4.7.1 Résultats de calcul :

Tableau IV-5:Résultat de calcul du nombre de voies.

TJMA (2026) (Véh/j)	**TJMA (2046) (Véh/j)**	**T_{eff} (uvp/j)**	**Q_{2046} (uvp/h)**	**Qadm (uvp/h)**	**N° des Voies Par sens**
3978	8716	47938	5753	1539	2

- Largeur de chaque voie 3.5 m ;

IV.4.8 Calcul de l'année de saturation On a :

- $Teff_{2026}$= [(1 – 0, 3) + 16 × 0, 3]. 3978 = 21879 (uvp/j).

Donc :

→ Q Saturation= 2 × Qadm

→ $Q_{Saturation}$= 2×1539= 3078(uvp /h).

→ $Q_{2026/}$ = (0.12×218790= 2626

→ Q_{2026}= 2626 (uvp/h/sens).

→ Q Saturation= $(1+\tau)^{n} \times Q_{2026}$

→ N = log ($Q_{Saturation}$ /Q) / log (1+τ)

→ N = log (3078 / (2/3). 2626) / log (1+0 ,04) = 14,38≈ 15 ans.

Donc l'année de saturation sera égale à :

2026+15=2041

IV.4.9 Conclusion

Après le calcul de trafic, notre route sera donc de 2*2 voies avec une largeur de chaussée de 7m pour chaque sens.

CHAPITRE V
TRACÉ EN PLAN

V. TRACÉ EN PLAN

V.1 Introduction :

Le tracé en plan d'une route est une représentation horizontale de tous les points de la route. Il est composé d'alignements droits et d'arcs reliés par des courbes de raccordement progressif. Ce tracé est déterminé en fonction d'une vitesse de référence, à partir de laquelle les caractéristiques géométriques de la route sont définies afin de garantir la sécurité et le confort des usagers.

V.2 Voici un résumé des règles à suivre dans le tracé en plan d'une route :

- S'inscrire dans le couloir choisi.
- Effectuer un raccordement fluide avec le réseau routier existant.
- Utiliser des rayons de courbure plus grands dans la mesure où les conditions du terrain le permettent.
- Éviter les zones de propriétés privées.
- Éviter de passer sur les terrains agricoles si possibles ;
- Respecter les longueurs minimales et maximales des alignements droits, si cela est faisable.
- Éviter les sites présentant des problèmes géologiques ou géotechniques.

V.3 Conception générale du tracé :

Notre projet s'agit d'une route de **Type R**, et d'une catégorie **R60,** avec une vitesse de base **V_B = 60 km/h**. Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes selon les normes **ARP-1994.**

V.3.1 Rayons de courbures

Pour notre projet de catégorie R60, les valeurs limitent des rayons, qui traduisent principalement des objectifs de confort et de sécurité, sont les suivantes :

Tableau V-1:valeurs des rayons ARP

Paramètres	Valeurs
Le rayon minimum (m) **Rm**	120
Le rayon au dévers minimal (m) **Rdm**	450
Le rayon non déversé (m) **Rnd**	600

V.3.2 Il convient en outre, pour les projets de routes neuves :

- D'éviter les tracés en succession de grandes courbes ;
- De recourir de préférence à des alignements droits (au moins 50 % du linéaire pour permettre l'implantation de carrefours et de zones de visibilité de dépassement dans de bonnes conditions) alternant avec des courbes moyennes (de rayon supérieur au rayon minimal, et ne dépassant guère le rayon non déversé) ;
- D'éviter, en extrémité d'alignements droits importants (plus de 1 km) et quelle que soit la catégorie, les courbes de rayon inférieur à 300 m, de même qu'en bas de longues descentes rapides ; en extrémité d'alignements plus courts (0,5 à 1 km) éviter les courbes de rayon inférieur à 200 m ;
- De respecter, lorsque deux courbes se succèdent (même séparées par un alignement droit, quelle que soit sa longueur) la condition suivante concernant leurs rayons R1 et R2 : **$0{,}67 < R_1/R_2 < 1{,}5$**, sauf si R_1 et R_2 sont supérieurs à 500 m.

V.3.3 Valeurs des divers :

Tableau V-2Valeur des dévers associe

Paramètres	Symboles	Valeurs %
Devers minimal (%)	d_{min}	2,5
Devers maximal (%)	d_{max}	7

V.3.4 Raccordement progressif (ARP R60 2×2 voies) :

- Le tableau suivant donne les caractéristiques géométriques utilisées par le logiciel Autopiste : (ARP R60 2×2 voies).
- Dévers en alignement : → 2,5%
- Dévers maximum : → 7%
- Longueur des clothoïdes : → **L = inf. (12 $R^{0.4}$, 133)**

Dévers	2.50 %	2.50 %	3.00 %	3.50 %	4.00 %	4.50 %	5.00 %	5.50 %	6.00 %	6.50 %	7.00 %
Rayon	600.000	450.000	344.681	279.310	234.783	202.500	178.022	158.824	143.363	130.645	120.000
Clothoïde	133.000	133.000	124.208	114.187	106.524	100.404	95.361	91.106	87.449	84.259	81.443
Variation	70.000	70.000	77.000	84.000	91.000	98.000	95.361	91.106	87.449	84.259	81.443

Figure V.1:La table (ARP R60 2×2 voies).

Tableau V-3:Les rayons choisis.

	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_{10}	R_{11}
RYON(m)	120	900	725	150	200	350	260	1200	20000	15600	300

V.4 Tableau Récapitulatif

Tableau V-4:Tableau Récapitulatif

Catégorie de la route	R60
Vitesse de référence	60 km/h
Rayon horizontal minimal absolu (d max) Rhm	20 m
Rayon au divers minimal (d min) Rdm	450 m
Rayon non déversé (d min –2.5 %) Rnd	600 m
Dévers max associé	7
Dévers min associé	2.5

CHAPITRES VI

PROFIL EN LONG

VI. Profil en long

VI.1 Introduction :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une certaine échelle (n'est pas une projection horizontale). Dans le cas de la voie express, dont les deux chaussées unidirectionnelles sont séparées par un terre-plein central, le profil en long déterminant est une coupe par le milieu du terre-plein (axe de référence). Le niveau de la voie express en cet endroit est la moyenne entre les niveaux des bords intérieurs des chaussées. Si les deux chaussées ne sont pas symétriques, on considérera chacune d'elles indépendamment avec son propre profil en long, placé au milieu de chaque chaussée.

Une autre conception consiste à considérer le profil en long théorique au droit des bords intérieurs des chaussées unidirectionnelles.

L'échelle des longueurs (en abscisse) est en général celle du plan de situation, tandis que l'échelle des hauteurs (en ordonnées) est 10 fois plus grande pour accuser les déclivités qui sans cela seraient presque imperceptibles. Le profil en long est donc une représentation déformée.

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers. Il est constitué généralement d'une succession d'alignement droit raccordé par des courbes circulaires. Du fait que les rayons verticaux sont très grands, l'introduction de courbe de raccordement progressif n'est pas nécessaire. Les principaux paramètres du choix d'un profil en long sont les suivants :

- Un bon écoulement des eaux pluviales ;
- Une limitation des déclivités suivant normes ;
- Un rayon de courbure minimum (condition de confort pour les angles rentrants et condition de visibilité pour les angles saillants).

VI.2 Règles à respecter dans le tracé de la ligne rouge :

Le tracé de la ligne rouge, qui représente la ligne de projet choisie. Il doit satisfaire à certaines conditions liées au confort, à la visibilité, à la sécurité et au drainage des eaux de pluie. Parmi ces conditions, nous pouvons mentionner :

- Il est important de trouver un équilibre approprié entre le volume de remblais et de déblais.
- Il est essentiel de respecter la pente maximale recommandée par les réglementations.
- Il est préférable d'éviter de maintenir une forte déclivité sur une longue distance.
- Il est recommandé d'éviter les hauteurs excessives de remblais.
- Il est essentiel d'assurer une coordination efficace entre le tracé en plan (horizontal) et le profil en long (vertical).

VI.3 Harmonisation et cohérence entre le tracé en plan et le profil en long :

La coordination entre le tracé en plan et le profil en long nécessite une étude globale afin de garantir une intégration harmonieuse dans le site et de respecter les règles de visibilité. Dans cette perspective, les objectifs suivants sont encouragés :

- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales pour éviter toute discontinuité.
- Éliminer les changements de tracé inutiles, sauf si cela entraîne des coûts significatifs.

VI.4 Caractéristiques géométriques :

Notre projet s'agit d'une route de Type R, et d'une catégorie R60 2x2 Voies, avec une vitesse de base VB = 60 km/h. Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées des normes ARP-1994

Tableau VI-1 : Paramètre géométrique de profil en long

Paramètres	Valeurs
Déclivité maximale	7%
Rayon minimal en angle saillant (en m)	1500
Rayon minimal en angle rentrant (en m)	1500

VI.5 Paramètres fondamentaux :

VI.5.1 Déclivités minimales :

Pour assurer le bon écoulement des eaux de ruissellement d'une part sur les chaussées, d'autre part dans les ouvrages d'évacuation longitudinaux, il est souhaitable d'adopter les pentes longitudinales minimales suivantes :

- 0,5 % dans les zones où la pente transversale de la chaussée est inférieure à 0,5 %, s'il y'a risque de verglas ;
- Dans les longues sections en déblai : au moins 0,2 % pour que l'ouvrage longitudinal d'évacuation des eaux ne soit pas trop profondément enterre du côté aval ;
- Au moins 0,2 % dans les sections en remblai prévues avec des descentes d'eau.

La longueur des déclivités est de 2891.24m

La longueur totale du tracé est de 10405.297 m

VI.6 Réalisation d'un nouveau pont :

Dans le cadre de dédoublement de la RN 5 sur un linéaire de 10.405 km, l'entreprise va réaliser un pont a poutre multiples en BP de 33.40 m d'une seul travée a côté de l'ancien ouvrage, l'utilité de cet ouvrage est d'avoir dédoubler la nouvelle route (2 fois deux vois) et d'assurer l'écoulement de Oued djemââ



Figure VI.1.2 : pont existant oued djemââ

Les résultats de calcul de la ligne rouge sont joints en annexe

CHAPITRES VII

PROFIL EN TRAVERS

VII. PROFIL EN TRAVERS

VII.1 Introduction

Le profil en travers type a été défini en se basant sur l'étude de capacité (décrite dans le chapitre consacré à l'étude du trafic) pour déterminer le nombre de voies conformément aux recommandations du règlement sur l'aménagement des routes principales ARP. De plus, une étude géotechnique a été réalisée dans le cadre du projet afin de prendre en compte les pentes de talus.

VII.2 Éléments constitutifs du profil en travers

Conformément aux recommandations de l'ARP, pour un profil de 2*2 voies, il est recommandé d'adopter le profil en travers suivant :

- **L'emprise :** Elle correspond à l'espace physique nécessaire pour la construction et l'exploitation de la route, y compris les voies de circulation, les accotements, les bordures, les feux de circulation, les panneaux de signalisation, etc.
- **L'assiette :** Une surlargeur de chaussée, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai
- **La plateforme :** Elle comprend la ou les chaussées, les accotements et éventuellement le terre-plein central.
- **La chaussée :** Au sens géométrique du terme c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. Elle doit être revêtue ou non revêtue ou en béton et elle peut être bidirectionnel ou unidirectionnel.
- **Accotements :** Zones situées le long des côtés de la chaussée, séparées de celle-ci par une ligne de démarcation. Ils sont généralement réservés à des usages spécifiques tels que le stationnement d'urgence, elles peuvent être revêtus ou non revêtus.
- **La berme :** Partie de l'accotement elle peut être utilisée à diverses fins, notamment pour l'installation de dispositifs de sécurité tels que les glissières de sécurité,

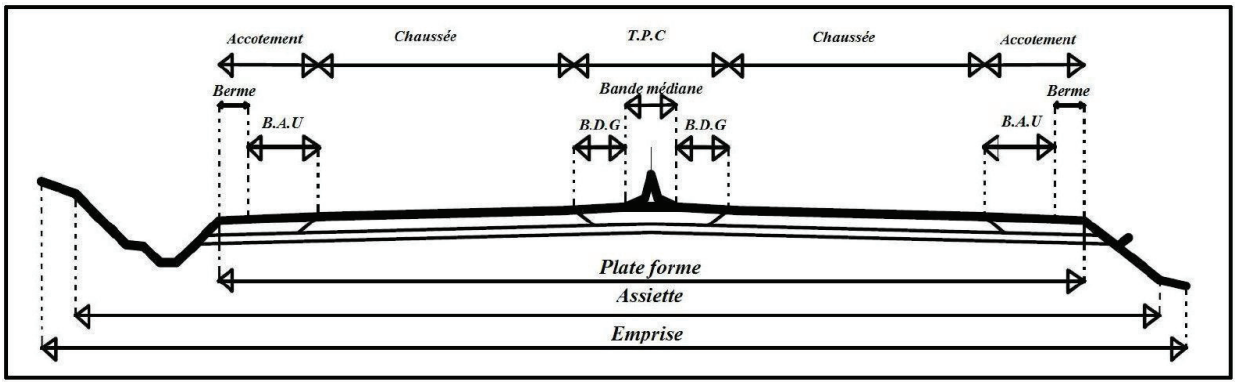


Figure VII.1:Les éléments de profil en travers.

- T.P.C. : Terre-plein central
- B.D.G (D) : Bande dérasée de gauche (Droite)
- B.A.U : Bande d'arrêt d'urgence.

VII.3 Profil en travers type du notre projet:

Les dimensions de ces éléments :

Tableau VII-1:Les dimensions des éléments du Profil en travers type.

Description	Chaussée	TPC	Accotement	
			Berme	B.A. U
Largeur (m)	7,00	2,00	0,5	2,50
Nombre	2	1	2	2
Largeur totale (m)	14,00	2,00	1,00	5,00

.

VII.4 Dévers :

Tableau VII-2:Les dévers des éléments du Profil en travers type.

Chaussée	2,5 % vers l'extérieur.
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	Devers de la chaussée.
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	Devers de la chaussée.
La Berme	Devers de la chaussée.

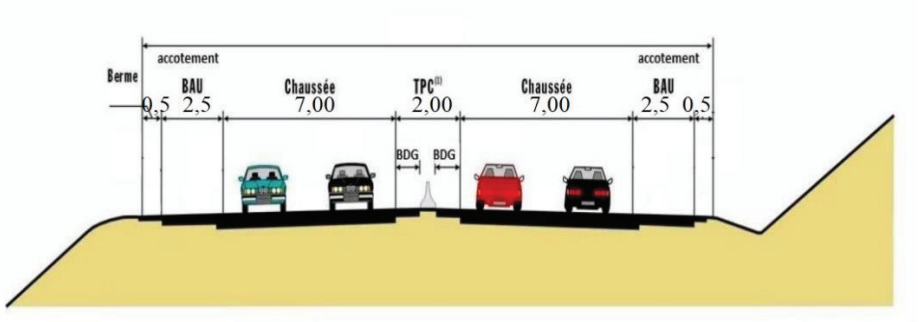


Figure VII.2:Profil en travers type proposé.

VII.5 Pentes transversales et devers en courbe :

Pentes transversales	Pente(s) de la chaussée et de la surlargeur structurelle	Accotements		Bandes dérasées de gauche éventuelles
		Bande(s) dérasée(s) (1)	Bermes	
En alignement et courbe non déversée	2,5 %	4 % (stabilisée) 2,5 à 4 % (revêtue)	8 %	2,5 %
En courbe avec dévers < à 4 %	P% < 4 %	4 % (stabilisée) 2,5 à 4 % (revêtue) (2)	8 %	P%
En courbe avec dévers > à 4 % - Côté intérieur	P% > 4 %	P%	8 %	P%
- Côté extérieur		1,5 % (revêtue) 2,5 % (stabilisée) vers l'extérieur (2)	8 %	P%

P% = pente de la chaussée.

Figure VII.3:Pentes transversales et devers en courbe (ARP)

CHAPITRES VII
ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

VIII. Étude géotechnique :

VIII.1 Introduction

Une fois que l'ingénieur concepteur a tracé l'axe, il est essentiel de mettre en place un programme de reconnaissance géotechnique. Cette étude vise à obtenir des informations détaillées sur la lithologie, l'hydrogéologie et l'hydraulique de la région. Par la suite, une interprétation physico-mécanique permettra de comprendre le comportement géotechnique du sol qui servira de support.

Cette étude examine les problèmes liés à l'équilibre et à la formation des masses de terre de différentes natures, soumises aux forces externes et internes. Son objectif premier est de localiser les différentes couches du sol, de fournir des informations sur chaque couche, ainsi que sur les caractéristiques mécaniques et physiques du sol.

VIII.2 Objectifs

- Identifier la composition du sol,
- Évaluer les propriétés géotechniques du sol,
- Identifier la présence éventuelle de niveaux d'eau,
- Établir les paramètres de conception des fondations, tels que la contrainte admissible et le calcul des tassements.
- Déterminer les emplacements des sources de matériaux et évaluer la disponibilité de ces gisements.

VIII.3 Travaux d’investigation in-situ

VIII.3.1 L’étude des archives et documents existants :

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, ainsi que les études préalablement réalisées à proximité de l'itinéraire, fournissent des informations précieuses sur la nature des sols traversés.

VIII.3.2 Essais in situ :

VIII.3.2.1 puits de reconnaissance :

Puits de reconnaissance à la pelle mécanique, allant jusqu'à 3 m profondeur ;

Des coupes lithologiques détaillées seront établies, montrant la nature et les épaisseurs des couches traversées;

Tableau VIII-1:des Puits de reconnaissances

Puits de reconnaissance (PU)	Localisation (PK)
PU1	0+550
PU2	1+230
PU3	2+200
PU4	3+850
PU5	4+250
PU6	5+175
PU7	5+800
PU8	6+775
PU9	7+125
PU10	7+550
PU11	8+100
PU12	9+025
PU13	10+350

VIII.3.2.2 sondages carottés :

Effectuer des sondages carottés d'une profondeur de 15 à 20 mètres, atteignant le substratum, et équipés d'un piézomètre individuel**.**

Tableau VIII-2: des Sondages carottés

Sondages carottés (SC)	Localisation (PK)	Profondeur (m)
SC3	6+650	25
SC4	7+200	15
SC5	8+025	15
SC7	9+150	15
SC9	10+150	15

VIII.3.3 Résultats et interprétations des essais Géotechniques :

VIII.3.3.1 Essais in situ :

VIII.3.3.1.1 A partir des puits de reconnaissance :

Tableau VIII-3:Résultats Puits de reconnaissance.

N° Puits	PK	Profondeur en (m)	Interprétation
PU2	PK1+230	0 à 0.8 m	terre végétale marron.
		0.8 à 3.10 m	grave argileuse caillouteuse rougeâtre.
PU3	2+200	0 à 0.9 m	terre végétale marron
		0.9 à 1.5 m	argile graveleuse légèrement caillouteuse et légèrement sableuse brunâtre.
		1.5 à 3.00 m	grave argileuse caillouteuse marron brunâtre.
PU4	3+850	0 à 0.5 m	terre végétale marron.
		0.5 à 1.6 m	argile blanchâtre légèrement graveleuse à taches noirâtre.
		1.6 à 3.40 m	grave argileuse caillouteuse rougeâtre avec trace d'oxydation.
		1.6 à 3.40 m	grave argileuse caillouteuse rougeâtre avec trace d'oxydation
PU5	4+250	0 à 0.3 m	terre végétale.
		0.3 à 1.10 m	grave argileuse caillouteuse marron
		1.10 à 2.40 m	grave argileuse caillouteuse brunâtre à taches noirâtre.
		2.40 à 3.60 m	argile légèrement graveleuse, légèrement caillouteuse jaunâtre carbonatés à taches noirâtre et verdâtre avec trace d'oxydation
PU6	5+175	0 à 0.9 m	terre végétale marron.
		0.9 à 2.00 m	argile légèrement sableuse et graveleuse jaunâtre carbonatée à taches noirâtre avec trace d'oxydation.
		2.00 à 3.80 m	argile limoneuse jaune blanchâtre légèrement sableuse avec trace d'oxydation
PU7	5+800	0 à 1.0 m	terre végétale marron
		1.0 à 1.60 m	argile jaunâtre à taches noirâtres avec trace d'oxydation.
		1.60 à 3.60 m	argile marneuse bariolée de jaune et de vert à taches noirâtres avec trace d'oxydation.
PU8	6+775	0 à 0.4 m	terre végétale.
		0.4 à 1.6 m	grave argileuse rosâtre caillouteuse à taches

			blanchâtres.
		1.6 à 3.00 m	grave argileuse caillouteuse rougeâtre à taches verdâtres.
PU9	7+125	0 à 0.5 m	terre végétale
		0.5 à 3.2 m	argile limoneuse rosâtre à taches blanchâtre et verdâtre.
		3.2 à 3.80 m	argile sableuse rosâtre à taches verdâtre.
PU11	PK8+100	0 à 0.6 m	terre végétale.
		0.6 à 2.0m	argile jaunâtre renferment des rares graviers carbonatés à taches noirâtre avec traces d'oxydation.
		2.0 à 3.30 m	argile sableuse jaunâtres caillouteuse à taches noirâtres avec traces d'oxydation.
PU12	PK9+025	0 à 0.6 m	terre végétale
		0.6 à 1.2 m	argile rosâtre peu caillouteuse.
		1.2 à 1.90	argile limoneuse sableuse blanchâtre renferment des rares graviers
		1.9 à 3.30 m	argile marneuse brunâtre à taches verdâtres renferment des graviers et cailloux avec traces d'oxydation

VIII.3.3.1.2 Résultats Des essais de laboratoire effectues sur des échantillons récupères des puits

Tableau VIII-4:Caractéristiques géotechniques des matériaux

N° Puits		PU02 : PK1+230		PU03 : PK2+200		PU04 : PK3+850		PU05 : PK4+250	
Profondeur (m)		1.3-1.5	2.70-3.00	1.50-1.90	2.40-3.00	1.0-1.20	3.2-3.60	1.40-1.60	3.30-3.60
Nature géologique		Grave argileuse	Grave argileuse	Argile graveleuse	Grave argileuse	Argile peu graveleuse	Grave argileuse	Grave argileuse	Argile graveleuse et cailloux
Teneur en eau (W%)		7.85	7.81	9.32	7.29	16.57	10.56	11.89	14.05
Analyse granulométrique	% des passants <5 mm	57	39	49	35	99	35	45	71
	% des passants <2 mm	47	31	43	26	98	29	41	65
	% des passants <1 mm	38	28	36	21	97	24	39	61
	% des passants < 80 µ	18	14	17	12	87	15	34	52
	% des passants < 2 µ	14	5	13	9	34	13	31	27
Limites d'Atterberg	Interprétation	Sol comportant des fines et des gros éléments				Sol fin	Sol comportant des fines et des gros éléments		
	Limite de liquidité W_L (%)	54.85	65.67	34.71	36.64	33.11	65.00	75.83	35.14
	Indice de plasticité I_P (%)	28.24	35.28	19.36	17.37	15.31	32.38	45.33	16.08
	Interprétation	Plastique		Peu plastique			Plastique	Très plastique	Peu plastique
	Indice de consistance I_C	1.66	1.64	1.31	1.68	1.07	1.68	1.41	1.31
	Interprétation	Dur		Dur		Dur		Dur	
Indice de portance immédiat IPI		-	11.35	-	14.83	-	9.88	-	5.41
VBS		1.14	0.79	1.15	0.59	1.31	0.8	1.79	1.66
Interprétation		-	-	-	-	-	-		
Proctor modifié	ω_{OPN}(%)	10.08	11.50	-	6.70	-	8.60	-	8.70
	$\gamma_{d\,OPN}$(t/m³)	1.95	1.91	-	2.09	-	1.98	-	1.92
Portance C.B.R	I_{CBR} à 95% de l'OPN	3.71	2.31		5.20		1.67		2.17
	Classe de portance	S4	S4	-	S3	-	S4	-	S4
Classification des sols	Classe	C_1B_5	C_1B_{5h}	C_1B_5	C_1B_{5m}	A_2m	C_1B_{5h}	C_1B_5	C_1A_{1h}
Réutilisation		Probable	Oui	Probable	Oui	Oui	Oui	Probable	Oui

Tableau VIII-5:Caractéristiques géotechniques des matériaux

N° Puits		PU06 : PK5+175		PU07 : PK5+800		PU08 : PK6+775		PU09 : PK7+125	
Profondeur (m)		1.2-1.4	2.70-3.00	1.10-1.30	3.60-3.80	1.3-1.70	2.7-3.0	1.50-1.80	3.40-3.70
Nature géologique		Argile sableuse	Argile limoneuse	Argile jaunâtre	Argile marneuse	Grave argileuse	Grave argileuse	Argile limoneuse	Argile sableuse
Teneur en eau (W%)		18.49	19.68	7.57	11.97	8.12	8.90	9.17	9.69
Analyse granulométrique	% des passants <5 mm	95	99	100	96	54	60	99	99
	% des passants <2 mm	91	98	98	94	48	51	93	98
	% des passants <1 mm	85	97	97	93	39	48	92	98
	% des passants < 80 µ	72	92	93	85	15	21	86	02
	% des passants < 2 µ	34	26	66	50	9	11	57	52
Interprétation		Sol fin				Sol comportant des fines et des gros éléments		Sol fin	
Limites d'Atterberg	Limite de liquidité W_l (%)	48.11	31.77	39.71	51.07	34.42	36.21	22.65	26.86
	Indice de plasticité I_P (%)	18.37	14.85	20.06	32.06	11.35	17.91	3.29	13.46
	Interprétation	Peu plastique			Plastique	Non plastique	Peu plastique	Non plastique	Peu plastique
	Indice de consistance I_C	1.61	0.81	1.60	1.21	2.31	1.52	4.09	1.27
Interprétation		Dur	Très ferme	Dur		Très Dur	Dur	Très Dur	Dur
Indice de portance immédiat IPI		-	5.39	6.44	9.13	-	-	-	-
VBS		1.57	1.64	1.65	3.81	0.54	0.59	1.66	1.32
Interprétation		-	-	-	-	-	-	-	
Proctor modifié	ω_{opn}(%)	-	11.80	10.90	10.50	-	7.80	-	6.50
	$\gamma_{d\,opn}$(t/m³)	-	1.85	1.92	1.82	-	2.12	-	2.08
Portance C.B.R	I_{CBR} à 95% de l'OPN	-	2.22	4.53	1.84	1.24	5.81	-	10.50
	Classe de portance	-	S4	S4	S4	S4	S3		S2
Classification des sols	Classe	A_1m	A_1m	A_1m	A_1h	C_1B_{51}	C_1B_{31}	A_1	A_1m
Réutilisation		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Probable	Oui

Tableau VIII-6:Caractéristiques géotechniques des matériaux

N° Puits		PU10 : PK7+550		PU11 : PK8+100	
Profondeur (m)		1.1-1.5	3.20-3.50	1.30-1.60	2.90-3.10
Nature géologique		Argile jaunâtre	Argile sableuse	Argile jaunâtre	Argile sableuse
Teneur en eau (W%)		14.74	13.91	14.21	9.96
Analyse granulométrique	% des passants <5 mm	99	68	100	98
	% des passants <2 mm	98	63	99	98
	% des passants <1 mm	96	57	99	97
	% des passants < 80 µ	91	35	92	84
	% des passants < 2 µ	60	23	64	54
Interprétation		Sol fin			
Limites d'Atterberg	Limite de liquidité W_L (%)	40.87	36.38	27.76	26.59
	Indice de plasticité I_P (%)	20.68	19.32	8.90	11.15
	Interprétation	Peu plastique		Non plastique	
	Indice de consistance I_C	1.26	1.16	1.52	1.15
Interprétation		Dur			
Indice de portance immédiat IPI		-	-	-	-
VBS		1.64	1.35	1.66	1.64
Interprétation		-	-	-	-
Proctor modifié	ω_{opn}(%)	-	7.80	-	7.80
	$\gamma_{d\,opn}$(t/m³)	-	1.97	-	1.95
Portance C.B.R	I_{CBR} à 95% de l'OPN	-	2.21	-	1.99
	Classe de portance	-	S4	-	S4
Densité γ_h t/m³		-	-	-	-
Fragmantabilité Fr		-	-	-	-
Classification des sols Classe		A_2	A_2m	A_1	A_1
Réutilisation		Probable	Oui	Probable	Probable

VIII.3.3.1.3 INTERPRETATION DES RESULTATS DES ESSAIS

VIII.3.3.1.3.1 Puits de reconnaissances

Les échantillons prélevés des puits de reconnaissance entre 0.20 et 3.00 m de profondeur correspondent en grande partie à une argile graveleuse à limoneuse à marneuse et parfois grave argileuse

VIII.3.3.1.3.2 Granulométrie :

Les résultats des essais granulométriques effectués sur les échantillons issus des puits de reconnaissances montrent une prédominance de:

- Sols comportant des fines et des gros éléments au début et aux milieux de projet.
- Sols fins avec un tamisât à 80 µm compris entre 72% et 97%

VIII.3.3.1.3.3 Limites d'Atterberg :

Les limites d'Atterberg dépendent étroitement de la granulométrie des échantillons ; les valeurs des limites de liquidité et celles de l'indice de plasticité augmentent régulièrement avec le taux d'éléments fins (limons et argiles).

D'après le diagramme de plasticité de CASAGRANDE, basé sur le couple (IP-LL), il ressort que les sols en place s'intègrent dans les domaines suivants :

Argiles moyennement plastiques avec des paramètres variant comme suit :

- $34 \leq LL \leq 38$
- $14 \leq IP \leq 21$.

VIII.3.3.1.3.4 Portance du sol support :

Les indices CBR sont variables sur le linéaire du tracé ; dans la plupart des cas, le sol présente des ICBR faibles allant de 1.35 à 5.81 (très mauvaise à mauvaise portance de type **S4** et **S3**).

VIII.3.3.1.3.5 Valeur au bleu de Méthylène (VBS) :

Les résultats VBS caractérisent des sols limoneux : **$0.54 \leq VBS \leq 3.88$**

VIII.3.3.2 A partir des sondages carottés :

Sondage carotté SC03 : PK6+650

- De 0.0 à 0.8 m : argile bariolée de jaune et de vert avec présence de rares cailloux et galets.
- De 0.8 à 4.20 m : argile sableuse, graveleuse et caillouteuse, de couleur rouge.
- De 0.8 à 4.20 m : argile sableuse, graveleuse et caillouteuse, de couleur rouge.
- De 4.20 à 6.00 m : argile sableuse rougeâtre.
- De 6.00 à 12.10 m : argile rouge avec passage caillouteux, graveleux avec galets entre 10.20 et 10.60m et un passage argilo-sableux jaunâtre entre 6.60 et 6.80.
- De 12.10 à 16.30 m : graviers, cailloux et galets à matrice argileuse rougeâtre fortement lessivée par l'eau de sondage.

- De 16.30 à 15.50 m : argile sableuse de couleur jaunâtre.
- De 16.50 à 19.30 m : argile rouge peu graveleuse. - De 19.30 à 20.00 m : argile jaunâtre

Sondage carotté SC04 : PK7+200

- De 0.0 à 7.50 m : argile limoneuse rouge à passage argilo-sableux avec présence de concrétions calcaire.
- De 7.50 à 12.00 m : graviers, cailloux et galets à matrice argilo-sableuse rouge lessivée par l'eau de sondage.
- De 12.00 à 20.00m : graviers, cailloux et galets à matrice argilo-sableuse rouge lessivée par l'eau de sondage

Sondage carotté SC05: D PK8+025

- De 0.0 à 0.7 m : terre végétale marron.
- De 0.7 à 1.50 m : cailloux et graviers à matrice argileuse complètement lessivée par l'eau de sondage.
- De 1.50 à 4.50 m : argile jaunâtre à taches noirâtre renfermement des rares graviers, carbonaté avec traces d'oxydation.
- De 4.50 à 14.50 m : cailloux et graviers à matrice argileuse complètement lessive par l'eau de sondage.
- De 14.50 à 15.00 m : argile sableuse et graveleuse rougeâtre carbonatée à taches verdâtres.

Sondage carotté SC07: D PK9+150

- De 0.0 à 0.4 m : terre végétale.
- De 0.40 à 8.75 m : grave argileuse Caillouteuse de couleur rouge.
- De 8.75 à 11.00 m : argile rouge légèrement sableuse, peu carbonatée avec un passage caillouteux entre 10.20 et 10.35 m.
- De 11.00à 13.00 m : cailloux galets et bloc à matrice argileuse lessivée par l'eau de sondage avec un passage de conglomérat entre 12.5 et 12.90 m.
- De 13.00 à 18.00 m : argile sableuse rougeâtre à taches verdâtres - De 18.00 à 20.00 m : argile marneuse de couleur noirâtre.

VIII.3.3.2.1 Résultats Des essais de laboratoire effectues sur des échantillons récupères des Sondage carottés

VIII.3.3.2.1.1 Interprétation Des Résultats DES Essais

VIII.3.3.2.1.2 Granulométrie :

Les terrains identifiés à partir les sondages carottés sont constitués par:

Des argiles sableuses à graveleuse et des argiles marneuses, argiles schisteuses, marnes, dont le tamisât à 80 µm varie de 73% à 99% (sols fins). Ces sols sont prépondérants sur le linéaire du tracé.

Des grave argileuse et des marno-calcaire dans une matrice argileuse tels que recoupés par les sondages SC07 PK09+150 dont le tamisât à 80 µm est de 34%

VIII.3.3.2.1.3 Limites d'Atterberg :

D'après le diagramme de plasticité de CASAGRANDE, basé sur le couple **(IP-LL),** les argiles et marne sont dans la plupart des cas **moyennement plastiques** avec des paramètres variant comme suit : (**26 ≤ LL ≤ 52**) ; **(13 ≤ IP ≤ 24).**

Parfois **plastiques**, avec : **(46 ≤ LL ≤ 69)** ; **(25≤ IP ≤ 40).**

VIII.3.3.3 Analyses chimiques du sol :

Les résultats des analyses chimiques effectuées sur des échantillons prélevés des sondages carottés sont insérés dans le tableau donné ci-dessous :

Sondage N°	Profondeur (m)	Nature géologique	CarbonateCaCO3 (%)	Anhydride carbonique CO2 (%)	Chlorure NaCl (%)	Sulfates $CaSO_4 2H_2O$ (%)
SC3 PK6+650	5.50-6.00	Argile	38.79	17.07	0.29	Traces
SC4 PK7+200	7.0-8.2	Argile	56.03	24.66	0.35	Traces
SC5 PK8+025	14.0-14.5	Argile sableuse	28.45	12.52	0.53	Traces
SC7 PK9+150	4.2-5.0	Argile	20.55	9.48	0.29	Traces
	11.5-12.0	Argile Schisteuse	17.24	7.59	0.41	Traces

Tableau VIII-7:Résultats des analyses chimiques

VIII.3.3.3.1 Interprétation :

VIII.3.3.3.1.1 Teneurs en carbonates (CaCO3) :

Les sols s'apparentent en grande partie à une marne, avec des teneurs en **CaCO3** allant de 8.90 % à 18.97 %, et sporadiquement à une **argile** avec des teneurs très faibles à élever en **CaCO3** allant de 4.55% à 56.03 %

VIII.3.3.3.1.2 Teneurs en sulfates et chlorures :

Les sols ont des teneurs faibles en **CO2 (%)** : 0.29 à 24.66 et en chlorures **NaCl** (%): 0.23% à 0.58 % **CO2** à l'exception du SC31 et SC32 qui en enregistrer 10.34% et 17.24%.

Les teneurs en sulfates **(CaSO42H2O)** sont négligeables.

VIII.3.3.3.1.3 Conclusion :

Ces sols ne présentent **aucun degré d'agressivité** vis-à-vis du béton,

VIII.3.4 Classification des matériaux :

La classification des sols rencontrés dans le tronçon d'étude selon le GTR, et d'après ce dernier les sols appartiennent aux classes d suivantes :

1) **Classe A** (sols fins : argiles, marnes argileuses) : ces sols sont identifiés sur pratiquement le linéaire du tracé, avec les sous classes suivantes :

- **A1, A1th, A2, A2h, A2m, A2s, A2ts, A2th, A3h, A3m, A3s, A3ts et A4**

2) **Classe B** avec les S/CL **B5**, **B6h** constitués par : des fragments de calcaire dans une matrice argileuse, et d'argile marneuse avec des fragments de roche.

Extraction des déblais :

Les moyens d'extraction des déblais sont tributaires de la nature géologique et des caractéristiques mécaniques des sols en place, tels que la Pelle et la défonceuse, Ripper.

VIII.3.4.1 Réemploi :

Le réemploi des matériaux extraits des déblais en remblais, doit se conformer aux règles du GTR, plus particulièrement en ce qui concerne l'état hydrique des sols

Conditions d'utilisation des sols prospectés en remblais : Selon les paramètres techniques les plus importants (caractéristiques géotechniques des matériaux, situations météorologiques, techniques d'exécutions courantes…), les conditions d'utilisation selon le guide GTR, sont rapportés dans les tableaux ci-après.

En résumé :

- Les sols très secs, tels que : l'argile marneuse altérée (A2ts), marne altérée A3ts), argile Schisteuse (A2ts), sont inexploitables en remblais.
- La marne une fois exposée aux agents atmosphériques devient très vulnérable au contact de l'eau, donc sa réutilisation en remblai est à écarter.
- Les matériaux A2h, A2m, A2s, A3h, A3s et B6h, seront exploités en remblais ≤ 5 m et ≤ 10 m.
- Les contions de réutilisation des matériaux (GTR) sont insérées dans les tableaux suivants

Tableau VIII-8 : Classification d'après GTR

Nature du sol	Classification (GTR)		Observation	situation Météorologique	Condition d'utilisation en remblai	Condition d'utilisation en couche e de forme
	Classe	S/classe				
Argiles et marnes	A sols fins	A_2h	Difficilement réutilisables à cause de leur faible portance	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisante	Non exploitables en couche de forme La sensibilité de ces sols à l'eau, implique de les traiter à la chaux associée à un liant hydraulique.
				Ni pluie ni évaporation importante	**Utilisation en l'état :** C : Compactage faible H : Remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	
		A_2m	Ces sols ne posent pas de problèmes de réutilisation en remblai, sauf par pluie forte ou moyenne	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisante	
				Pluie faible	E : Extraction frontale C : compactage moyen H : Remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	
				Ni pluie ni évaporation importante	C : Compactage moyen	
		A_2s	Sols avec des teneurs en eau faible	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisante	
				Pluie faible	E : Extraction en couches R : couches minces C : compactage intense H : Remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	
				Ni pluie ni évaporation importante	**Utilisation en l'état :** C : Compactage intense H : Remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	
		A_2ts	**Sols normalement inutilisables en l'état**			

Tableau VIII-9: Classification d'après GTR

Nature du sol	Classification (GTR)		Observation	Situation Météorologique	Condition d'utilisation en remblai
	Classe	S/classe			
Argiles et marnes	A s ols fins	A $_{3}$h	Difficilement réutilisables à cause de leur faible portance	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisante
				Ni pluie ni évaporation importante	**Utilisation en l'état :** C : Compactage faible H : Remblai de hauteur faible (≤ 5 m)
		A_3m	Ces sols ne posent pas de problèmes de réutilisation en remblai, sauf par pluie forte ou moyenne	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisante
				Pluie faible	E : Extraction frontale C : compactage moyen H : Remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)
				Ni pluie ni évaporation importante	C : Compactage moyen
		A $_{3}$s	Sols avec des teneurs en eau faible	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisante
				Pluie faible	E : Extraction en couches R : couches minces C : compactage intense H : Remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)
				Ni pluie ni évaporation importante	**Utilisation en l'état :** C : Compactage intense H : Remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)
		A_3th A_3ts	**Sols normalement inutilisables en l'état**		

VIII.4 Conclusion :

Il est est essentiel. de tenir compte de ces recommandations géotechniques lors de la phase d'exécution du projet de dédoublement de la RN5. Il est impératif de réaliser un assainissement rigoureux sous les remblais afin d'éviter l'accumulation d'eau sous leur assise. De plus, les matériaux provenant des excavations d'une hauteur inférieure à 10 mètres doivent être réutilisés pour les remblais de même hauteur. Cependant, pour les remblais dépassant les 10 mètres de hauteur, il est nécessaire d'utiliser des matériaux présentant des caractéristiques géotechniques supérieures, qui seront extraits des carrières autorisées.

En cas de présence de la nappe phréatique ou d'eau qui s'élève dans les zones d'excavation, il est nécessaire de mettre en œuvre des mesures de drainage adaptées en concertation. Il est primordial de suivre ces recommandations afin d'assurer la sécurité et la stabilité de la route reliant les deux points.

CHAPITRE IX

STABILITÉ DES PENTES

IX. STABILITE DES PENTES

IX.1 Stabilité des pentes

IX.1.1 Déblais

La pente des talus de déblais dépend de plusieurs facteurs, tels que :

- La hauteur des déblais qui dépasse parfois les 26 m de hauteur.
- La lithologie du terrain : présence des sols fins (argiles et marnes), et marno-calcaires (présence de niveaux marneux).

Vu la présence de sols fins, la pente stabilisatrice à adopter sur tout le linéaire du tracé est de ⅔ (2V : 3H); avec des bermes de 2 m de largeur chaque 8 m de hauteur au droit des déblais de plus de 10 m de hauteur.

IX.1.1.1 Stabilité des talus déblais :

L'analyse de la stabilité des talus de déblais, s'est opérée moyennant le logiciel SLIDE, (pondération : coefficient 1, Fs > 1.2 avec action sismique : σc = 0.1 g et σv = 0.03 g), dont le principe de base est la modélisation de la coupe géotechnique, en intégrant les données d'ordre pluridisciplinaire (topographique, géologique, hydrogéologique et géotechnique).

❒ Le facteur de sécurité égale : $F_S = \frac{M_S}{M_m}$

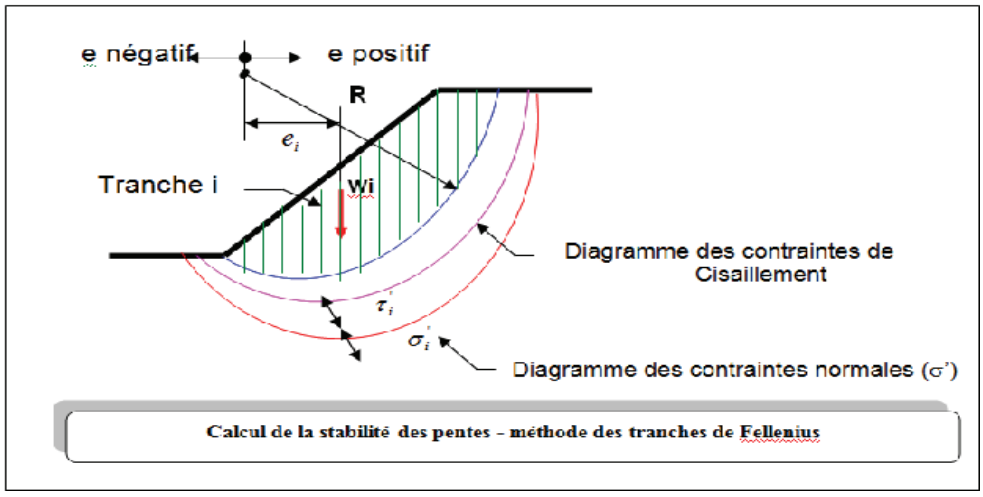


Figure IX.1calcul de stabilité des pentes

La vérification de la stabilité, s'est opérée sur les profils dépassant les 10 m de hauteur au talus.

Ces profils sont localisés aux PK suivants :

Tableau IX-1 : Déblais importants

PK	Hauteur talus (m)
01+900	23.16
02+750	27.41
02+475	11.19
02+675	20.84
03+175	11.06
04+250	9.24
05+175	17.91
05+725	10.58

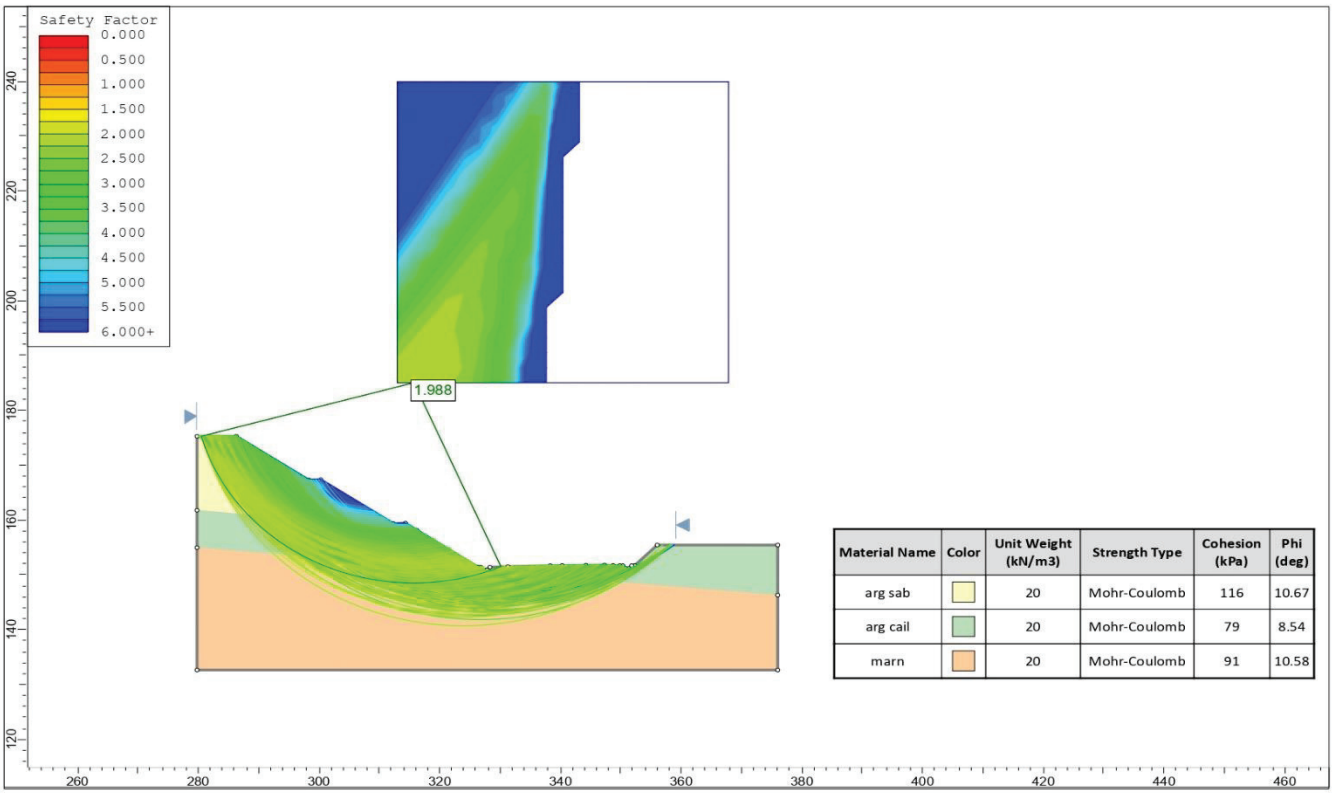
Les caractéristiques géotechniques impliquées dans le calcul de stabilité sont insérées dans le tableau ci-après :

Pour des mesures sécuritaires, nous avons adopté des caractéristiques les plus défavorables de la cohésion

Tableau IX-2: Caractéristiques géotechniques impliquées dans le calcul de stabilité des déblais

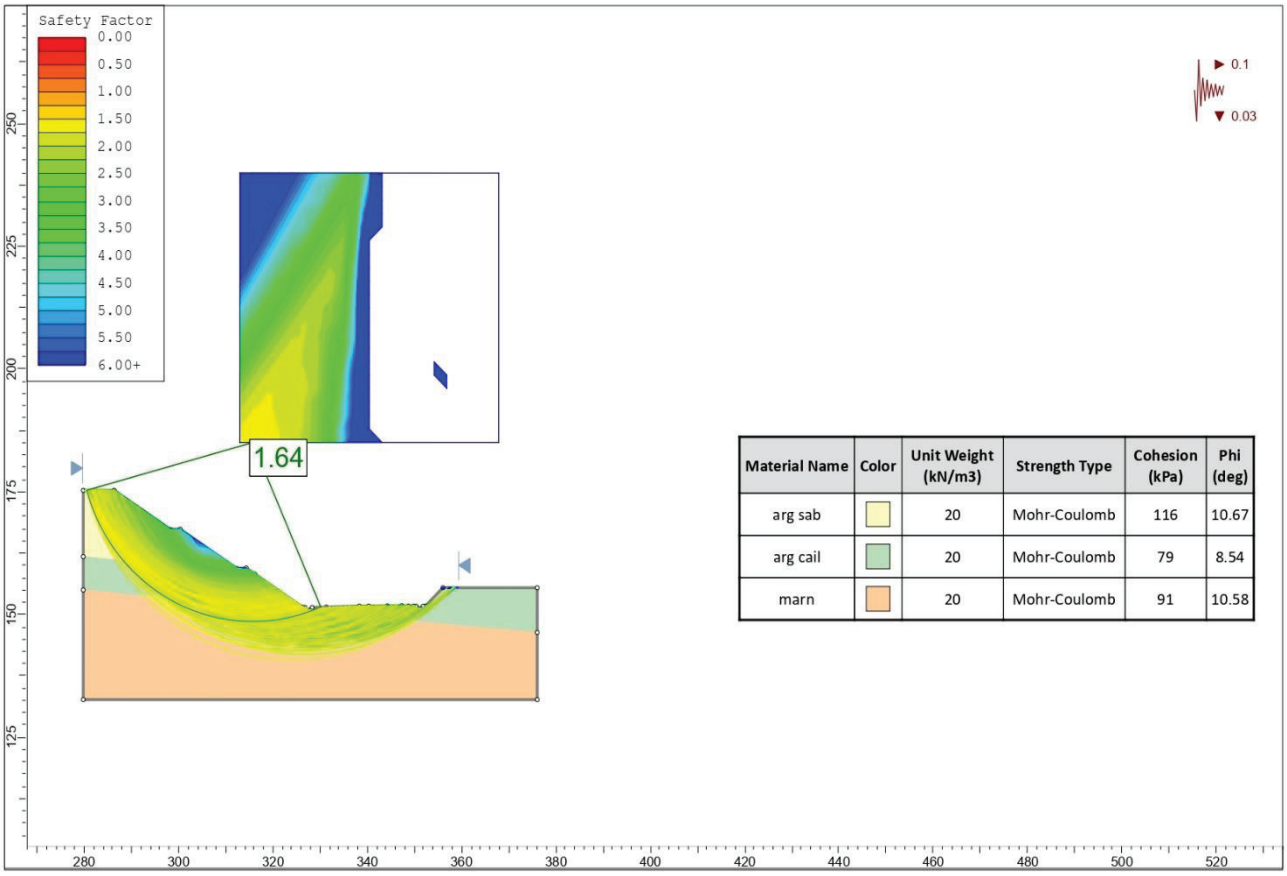
Nature géologique	γ (KN/m2)	φ (°)	C (kPa
Argile	20	12-18	30-98
Argile sableuse	20	10-21	91-116
Argile graveleuse	20	9-21	79-87
Argile caillouteuse	20	19	116
Argile marneuse	20	18	10-30
Marno- calcaire	20	20	150-180
Marne compact	20	20	90

Nous allons vérifier la stabilité do profil qui représente la hauteur de déblais la plus importante, à savoir au PK 2+750 le profil N°86, cette hauteur est de 27.41 m pour cela on utilise le logiciel SLIDE 6.0.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
arg sab		20	Mohr-Coulomb	116	10.67
arg cail		20	Mohr-Coulomb	79	8.54
marn		20	Mohr-Coulomb	91	10.58

Figure IX.2: Analyse de stabilité de déblai de la section pk2+125 (situation fondamentale)



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
arg sab		20	Mohr-Coulomb	116	10.67
arg cail		20	Mohr-Coulomb	79	8.54
marn		20	Mohr-Coulomb	91	10.58

Figure IX.3:Analyse de stabilité de déblai de la section pk2+125 - Cas dynamique (sismique)

Les calculs de stabilité effectués sur le profil énuméré ci-dessus (avec action sismique), ont abouti à des facteurs de sécurité **(Fs) > 1.20,** attestant de la stabilité des talus

IX.1.1.2 Interprétation des résultats

Les résultats de calculs de stabilité effectués

- Situation fondamentale Fs= 1.988> 1.5 → vérifier
- Cas dynamique (sismique) Fs =1.64 > 1 →vérifier

Avec la pente **(3H/2V)**, les coefficients de sécurité sont tous acceptables sous les charges normales et le séisme selon le calcul de stabilité, Ceci nous permet de qualifier la situation du terrain dans l'état actuel comme stable.

IX.1.1.3 Drainage des talus de déblais :

Pour assurer la stabilité des talus à long terme, des mesures de drainage contre les eaux superficielles, doivent être associées, à savoir :

- Un fossé de crête de talus de déblai en béton, qui va recevoir toutes les eaux amont du déblai.
- Des descentes d'eau au droit du talus, celles-ci seront acheminées vers les semi-buses à l'endroit de la berme, et vers le fossé en aval du talus de déblai. Les descentes d'eau seront espacées de 25 m.
- Une végétalisation des parois de talus moyennant l'implantation d'arbustes

IX.1.1.4 Recommandation :

Pour éviter la démolition de structures existantes, comme des maisons, le long de la route nous avons opté pour la stabilisation des talus de déblais à l'aide d'un mur de soutènement (de PK4+000 au PK4+290) et (de PK4+350 au PK4+525) cela pour résoudre les contraintes géotechniques et peut également être une solution économiquement avantageuse par rapport à d'autres méthodes de stabilisation des talus.

IX.1.2 Remblais

Les remblais dépassant les 10 m de hauteur sont localisés aux PK suivants:

***T*ableau IX-3: Les remblais dépassant les 10 m de hauteur**

PK	Hauteur à l'axe (m)
2+325	11.83

IX.1.2.1 Assise des remblais :

Les coupes des sondages carottés et des puits de reconnaissance géotechnique implantés tout le long du tracé, ont révélé une couche superficielle essentiellement argileuse, avec un substratum marneux et par fois marno-calcaire.

L'argile est surmontée d'une couche de terre végétale Avant la mise en place des remblais, on procédera d'abord au décapage de la terre végétale sur une épaisseur moyenne de 0.30 m, elle sera mise en dépôt provisoire pour servir de revêtement des talus de remblais et déblais

Sur les talus de remblais, seront réalisées des descentes d'eau (du côté des dévers), dont les eaux déverseront dans le fossé bétonné en aval du remblai ; ainsi qu'un revêtement des talus contre l'érosion de surface avec une couche de terre végétale d'environ 0.07 m d'épaisseur est de rigueur.

Tableau IX-4:Les paramètres géotechniques

Couches	δ (KN/m³)	ϕ (°)	C (KPA)
Remblai	20	35	5
Argile	20	14-22	30-92
Argile limoneuse	20	22	62
Argile caillouteuse	20	10	65
Argile graveleuse	20	12	60
Argile marneuse	20	18	30
Argile sableuse	20	10	5
Argile schisteuse	20	30	36
Marno-calcaire	20	20	150
Marne	20	8-18	30-38

Remarque : Aucune présence de nappe phréatique sous le TN.

IX.1.2.2 Pentes des talus :

L'étude de stabilité des remblais s'est effectuée sur les hauteur supérieure à 10.00 m,

Nous allons vérifier la stabilité de profil que représente la hauteur de remblai la plus importante, à savoir au PK 2+325 le profil N°96, cette hauteur est de 11.83 m pour cela on utilise le logiciel SLIDE 6.0

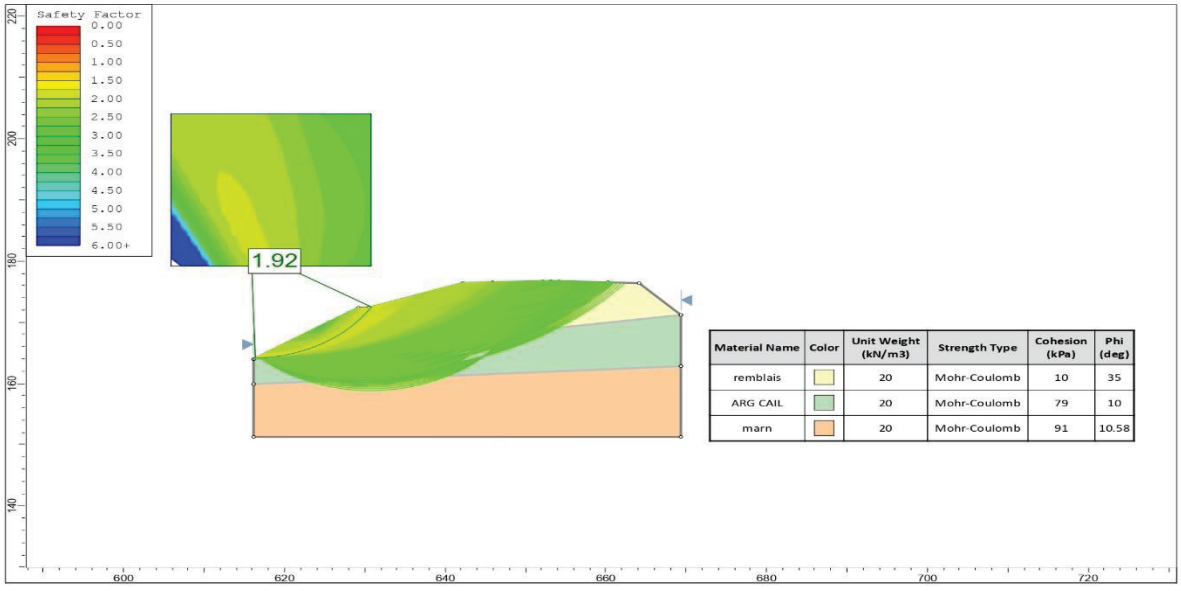
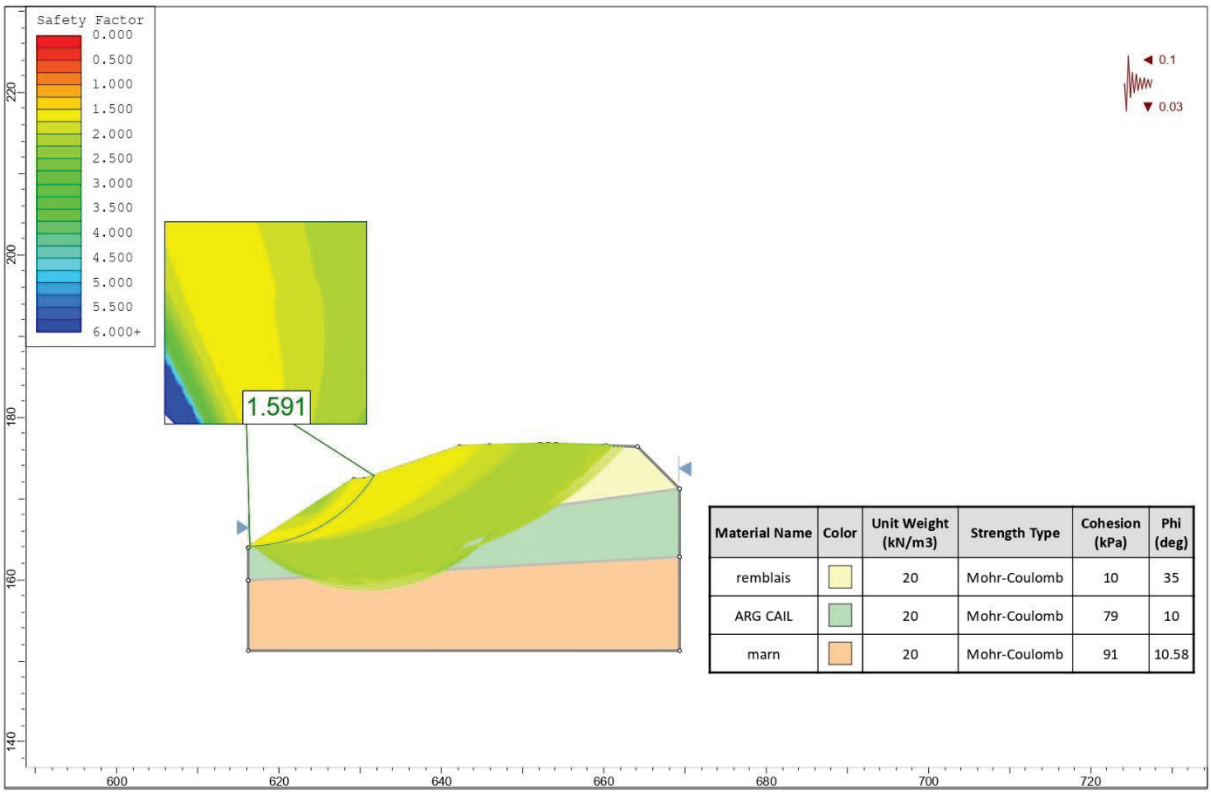


Figure IX.4: Analyse de stabilité de Remblais – situation fondamentale



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)
remblais		20	Mohr-Coulomb	10	35
ARG CAIL		20	Mohr-Coulomb	79	10
marn		20	Mohr-Coulomb	91	10.58

Figure IX.5 : Analyse de stabilité de REMBLAIS – Cas dynamique sismique

Les calculs de stabilité effectués sur le profil énuméré ci-dessus (avec action sismique), ont abouti à des facteurs de sécurité (Fs) > 1.20, attestant de la stabilité des talus

IX.1.2.3 Interprétation des résultats

Les résultats de calculs de stabilité effectués

- Situation fondamentale Fs =1.92 > 1.5 →vérifier
- Cas dynamique (sismique) Fs =1.591 > 1 →vérifié

Avec la pente **(3H/1V)** et après une pente de **(3H/2V),** les coefficients de sécurité sont tous acceptables sous les charges normales et le séisme selon le calcul de stabilité, Ceci nous permet de qualifier la situation du terrain dans l'état actuel comme stable.

Chapitre X :

Dimensionnement du corps de chaussée

X. Dimensionnement du corps de chaussée

X.1 Introduction

La conception des structures de chaussée est une étape cruciale de l'étude, impliquant à la fois la sélection des matériaux appropriés avec les caractéristiques requises et la détermination des épaisseurs des différentes couches constituant la structure de la chaussée. Tout cela est basé sur les paramètres fondamentaux suivants :

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

X.2 Les différents types de chaussée

On peut regrouper les chaussées en trois grandes catégories principales :

X.2.1 Chaussée souple :

Est une structure de route où toutes les couches sont traitées avec des liants hydrocarbonés. Elle se compose d'une couche de roulement exposée directement aux contraintes du trafic et aux conditions climatiques. Les couches de base et de fondation assurent la résistance mécanique de la chaussée en répartissant les charges induites par le trafic dans le sol de support. Dans certains cas particuliers, une couche de forme peut être ajoutée.

X.2.2 Chaussée rigide :

Elle est construite en utilisant du béton de ciment. Elle offre une répartition efficace des charges sur le sol de support et présente une résistance élevée à la fatigue. Cependant, elle est plus coûteuse que d'autres types de chaussées. La couche de béton sert à la fois de base et de surface, mais peut également être recouverte d'une couche de roulement en béton bitumineux.

X.2.3 Chaussée semi rigide :

Elle se compose de couches d'assise constituées de graves traitées avec des liants hydrauliques, comme le ciment ou les cendres volantes, ainsi que d'une couche de surface en béton bitumineux. Son comportement mécanique se situe entre celui des chaussées rigides et des chaussées souples. Elle offre une répartition efficace des charges sur le sol de support, mais génère également des contraintes de traction à la base des couches, ce qui est un facteur crucial pour leur dimensionnement.

X.3 Méthodes de dimensionnement :

Toutes les approches actuelles pour évaluer la taille du corps de chaussée reposent sur l'analyse de la capacité de support du sol, du niveau de trafic et des propriétés mécaniques des matériaux utilisés dans les différentes couches.

Dans notre projet, nous avons choisi d'utiliser une chaussée souple et nous allons l'évaluer en utilisant les deux méthodes les plus couramment utilisées ici en Algérie :

- Méthode CBR améliorée.
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTP.

X.3.1 La méthode de C.B.R améliorée (California-Bearing-Ratio):

Il s'agit d'une méthode semi-empirique qui repose sur un essai de poinçonnement effectué sur un échantillon du sol de support, en compactant des échantillons avec une densité de 90° à 100° de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau inférieure à 15 cm.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée est réalisée en utilisant la formule empirique suivante :

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

- Eeq: épaisseur équivalente du corps de chaussée ;
- I: indice CBR du sol support ;
- N: nombre moyen de poids lourd à l'année horizon;
- P: charge par roue, en Algérie on prend P = 6.5t (l'essieu 13 tonnes).

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$\mathbf{e = a1 \times e1 + a2 \times e2 + a3 \times e3}$$

Avec:

a1, a2, a3 : coefficients d'équivalence.

e1, e2, e3: épaisseurs réelles des couches.

X.3.1.1 Coefficient d'équivalence :

Tableau X-1:Les valeurs des coefficients d'équivalence.

Matériaux utilises	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment	1.50

Grave bitume	1.50 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V. O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	**4.60** 0.70

X.4 Application au projet :

X.4.1 Méthode CBR :

Nous avons comme données :

- Pourcentage du poids lourd Z = 30%.
- P = 6.5 (t).
- Trafic de l'année mise en service 2026 : TJMA (2026) = **3978** véh /j.
- L'indice de CBR= 3.77 < 5

Donc : La classe de portance de notre sol support est de classe **S4**

Calcul du trafic du poids lourd à l'année 2046 (pour une durée de vie de 20ans) :

TJMA2026= **3978** (véh /j) → TJMA2026/sens= (**3978**×0.9) = 3580 (véh /j/sens)

TPL_{2026} = % PL ×TJMA2026→ TPL_{2026} = 0.3×3580

TPL_{2026} = 1074 (pl/j/sens/).

TPL_{2046}= $TPL_{2026}\times(1+)^{n}=1074(1+0{,}04)^{20}$

TPL_{2046}= 2353(Pl /j/sens).

$$\mathbf{Eeq}=\frac{100+\sqrt{6.5}\times\left(75+50\times\log\left(\frac{2353}{10}\right)\right)}{3.77+5}=\mathbf{67.67cm}$$

On prend **Eeq=70 cm**

- **Choix de la structure** :

$$Eeq=a1\times e1+e2\times a2+a3\times e3$$

Avec :

- e1 : épaisseur réelle de la couche de roulement.
- e2 : épaisseur réelle de la couche de base.
- e3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.
- a1, a2, a3 : les coefficients d'équivalence.

Pour résoudre l'équation précédente, on fixe 2 épaisseurs et on calcule la 3ème :

- **e1 = 6cm** en béton bitumineux (BB) avec $a_1 = 2.0$.
- **e2 = 15 cm** en grave bitume (GB) avec $a_2 = 1.5$.
- **e3 :** épaisseur en grave non traité (GNT) avec $a_3 = 1.0$.

Donc

$Eeq = 6 \times 2 + 15 \times 1{,}5 + 1{,}0 \times e3 = 70$ cm. $\rightarrow e3 = 35.5$ cm.

Donc la structure proposée :

6(BB) + 15 (GB) +35 (GNT) = 56.5 cm.

X.5 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

La méthode du CTTP pour la conception de la structure de chaussée intègre le trafic de poids lourds, la classe de portance du sol support et les conditions climatiques pour déterminer une structure de chaussée adaptée aux exigences locales et aux charges imposées par le trafic.

X.5.1 Choix de la structure :

X.5.1.1 Détermination du réseau principal

On a :

TJMA2026=3978 véh/j > 1 500 véh/j → Donc le réseau principal est de niveau 1 **(RP1).**

Tableau X-2:Réseaux principaux.

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

X.5.1.2 Détermination de la classe de trafic TPLi pour RP1 :

- Pour une durée de vie de 20 ans.
- Taux de d'accroissement : 4 %
- Z= 30%

Nous avons une chaussée **unidirectionnelle** à **2 voies**. D'après le catalogue algérien du dimensionnement La répartition du poids lourd est de 90% sur la voie de droite la plus chargée.

TJMA2026= 3978 (véh /j) → TJMA2026/sens = (3978× 0.9) = 3580(véh /j/sens).

TPL 2026 = % PL × 0,9×TJMA2026

→ TPL2026 = 0.3×3580

→ TPL2026= 1074 (pl/j/sens/voie plus chargée).

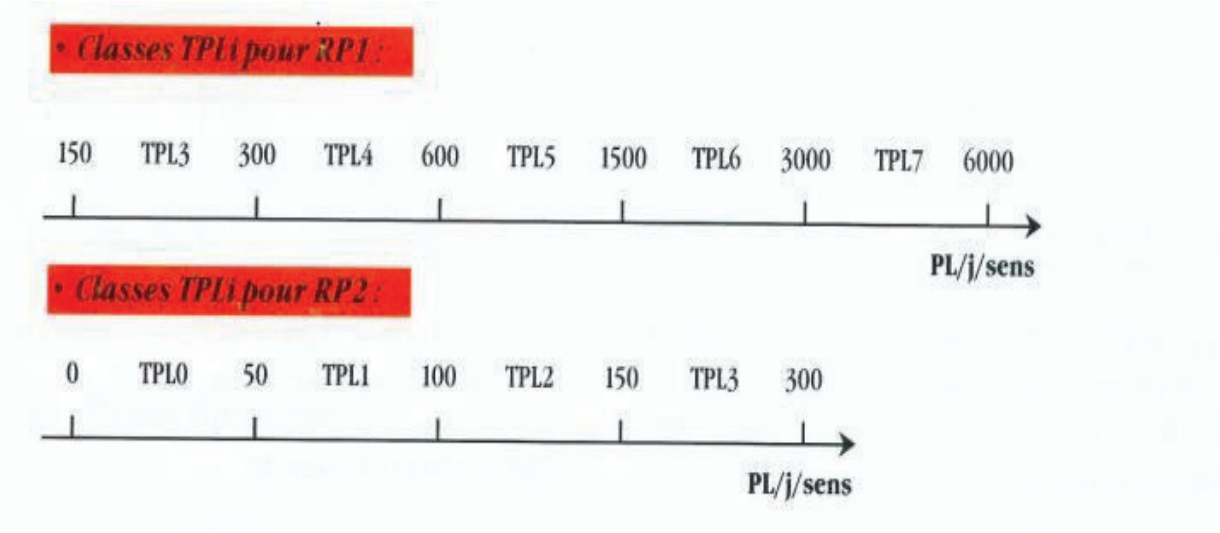


Figure X.1:Classe TPLi pour RP1 (fascicule 1)

→ Notre classe de trafic est **TPL5.**

X.5.1.3 Portance de sol support

D'après le rapport géotechnique on a : **CBR= 3.77**

Dans le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP : Novembre 2001), les classes de portance des sols sont répertoriées par ordre croissant comme suit :

Tableau X-3:Classes de portances du sol

Portance (Si)	CBR	Interpréta tion
S4	< 5	Très mauvaise portance
S3	5-10	Mauvaise portance
S2	10-25	Portance moyenne
S1	25-40	Bonne portance
S0	> 40	Très bonne portance

Donc : La classe de portance de notre sol support est de classe S4, le recours à une couche de forme pour améliorer la portance du sol est nécessaire pour le ramener à S2 ou à S1

La relation empirique suivante est utilisée pour déterminer la classe de support du sol :

$$E=5\times CBR$$

Tableau X-4: classe de portance à long terme du sol support (fascicule 02)

Class de portance (Si)	S4	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	15 - 25	25-50	50-125	125-200	> 200

$E=5\times CBR= 5\times 3.77=18.85 \rightarrow$ **E= 18.85 MPA**

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

Figure X.2: Épaisseur du matériau de couche de forme.

Selon la figure fournie ci-dessus, pour les sols de classe **S4**, il est nécessaire d'utiliser une couche de forme composée de matériaux non traités tels que le **Tuf**. Cette couche doit avoir une épaisseur de 60 cm, compactée en deux couches de 30 cm chacune.

X.5.1.4 Zone climatique :

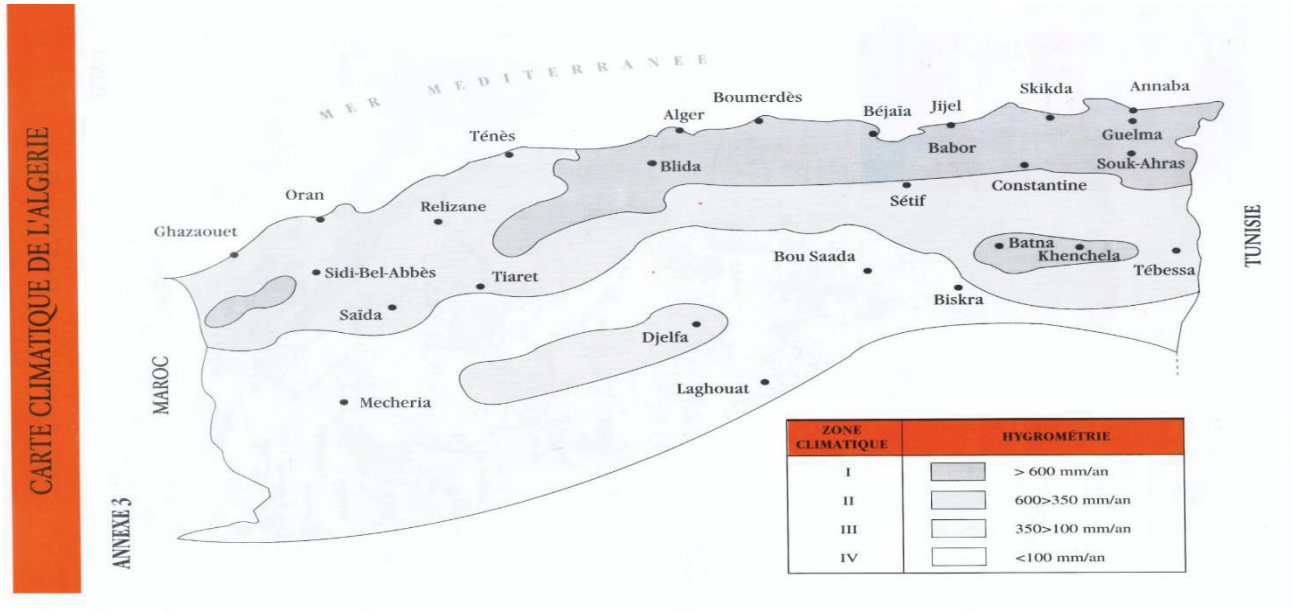


Figure X.3:Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie (fascicule 1)

La wilaya de Bouira se situe dans la zone climatique I, caractérisée par une pluviométrie annuelle supérieure à 600 mm

Tableau X-5: Zones climatiques de pluviométrie de l'Algérie.

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

La Zone climatique est donc **I**

X.5.1.5 Choix de type de structure :

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

Figure X.4:Types de structures.

Il est suggéré d'adopter une structure de type **GB/GNT.**

On a un réseau principal **(RP1),** une zone climatique **II**, une durée de vie de **20 ans**, un taux d'accroissement **(4%),** une portance de sol **(S4)** et une classe de trafic **(TPL5).**

En se basant sur ces données, ainsi que sur les fascicules (1, 2, 3) du catalogue Algérien, les structures suivantes sont proposées :

Si / TPLi / PL/j/sens	S2 50 MPa	S1 125 MPa	S0 200 MPa
6000 TPL7 3000			
3000 TPL6 1500			
1500 TPL5 600	6 BB 20 GB 30 GNT	6 BB 14 GB 30 GNT	6 BB 12 GB 30 GNT
600 TPL4 300	6 BB 15 GB 35 GNT	6 BB 10 GB 35 GNT	6 BB 10 GB 20 GNT
300 TPL3 150	6 BB 15 GB 30 GNT	6 BB 10 GB 25 GNT	6 BB 10 GB 15 GNT

Figure X.5:Fiche structure GB/GNT (fascicule3)

Tableau X-6:Les structures proposées

Classe du sol	classe S4 (cm)
Couche deroulement	6 BB
Couche de base.	20 GB
Couche de fondation	30 GNT
Couche de forme	60 TUF

X.5.1.6 Vérification des structures de chaussée et de la déformation du sol support

Il est nécessaire de vérifier que les valeurs de εt et εz (calculées à l'aide du logiciel

Alize III) sont inférieures aux valeurs admissibles calculées εt ad et εz ad.

εt : représente la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume, en particulier sous la couche du GB dans notre cas.

εz : (sol) la déformation verticale sur le sol support.

X.5.1.6.1 Calcul de la déformation admissible sur le sol support :

En utilisant la formule suivante :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{z.ad}} = 22.10^{-3} \times \mathbf{TCEi}^{-0.235}$$

X.5.1.6.1.1 Calcul de trafic cumule des poids lourds (TCi) :

$$TC = TPL \cdot \frac{-1+(1+r)^n}{r}.365 = 1199 \times \frac{-1+(1+0.04)^{20}}{0.04} \times 365$$

$\boldsymbol{TC = 13.03 \times 10^6}$ équivalents essieux 13t

X.5.1.6.1.2 Calcul de trafic cumule équivalant TCE :

$$\mathbf{TCE = TC \times A}$$

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB , GB/Tuf , GB/SG...	0 ,6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL , BCg/GC	1
RP2	Chaussées à matériaux non traités : GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	0,6
	Chaussées à matériaux traités au bitume : SB/SG	0,4
RP1 et RP2	Sol support (Calcul de $\varepsilon_{z,ad}$)	0,6

Figure X.6:Valeurs du coefficient d'agressivité A.

D'après le tableau A= **0.6**

$$TCE = TC \times A = 13.03 \times 10^6 \times 0.6 = 7.81 \times 10^6$$

$TCE = 7.81 \times 10^6$ eq essieux 13t

X.5.1.6.2 Calcul de la déformation admissible sur le sol support εz, adm :

$$\varepsilon_{z,adm} = 22\times10^{-3}\times TCE^{-0.235} = 22\times10^{-3}\times (7.81\times10^6)^{-0.235} = 528.01 \times10^{-6}$$

$\varepsilon_{z,adm} = 528.01 \times10^{-6}$

X.5.1.6.2.1 Calcul de la déformation admissible εt, adm à la base de la GB :

En utilisant la formule suivante :

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

- Kne =facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée
- Kθ : facteur lié à la température
- Kr : facteur lié au risque et aux dispersions
- Kc : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportementobservé sur chaussées

Kne = $\left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b$ **; Kθ =** $\left(\frac{E(10^0C,10Hz)}{E(\theta eq,10Hz)}\right)^{0.5}$ **; Kr =** $10^{-tb\delta}$ **; Kc=1.3**

Avec :

- TCEi: trafics en nombre cumulé d'essieux de 13 tonnes sur la durée de vie considérée
- b : pente de la droite de fatigue (b<0)
- E (10°C° Module complexe de matériau bitumineux à 10°C
- E (θeq) : Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui esten fonction de la zone climatique considérée

- δ : f(dispersion), $\boldsymbol{\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times \mathbf{Sh}\right)^2}}$

avec **SN** : dispersion de la loi de fatigue

- **Sh** : dispersion sur les épaisseurs (en cm)
- **c :** coefficient égal à 0.02
- **t :** fractile de la loi normale, qui est en fonction du risque adopté (r%)

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

Figure X.7:Caractéristiques des matériaux enrobés.

r%	2	3	5	7	10	12	15
t	-2,054	-1,881	-1,645	-1,520	-1,282	-1,175	1,036
r%	20	23	25	30	35	40	50
t	-0,842	-0,739	-0,674	-0,524	-0,385	-0,253	0

Figure X.8:Fractile de la loi normale

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

Figure X.9:La température équivalente.

	Classe de trafic (TPLs) (PL] seuils)					
Risque (%)	GB/GB, GB/GNT..	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2
	BCg/GC	12	10	5	2	2

Figure X.10:Le risque du projet.

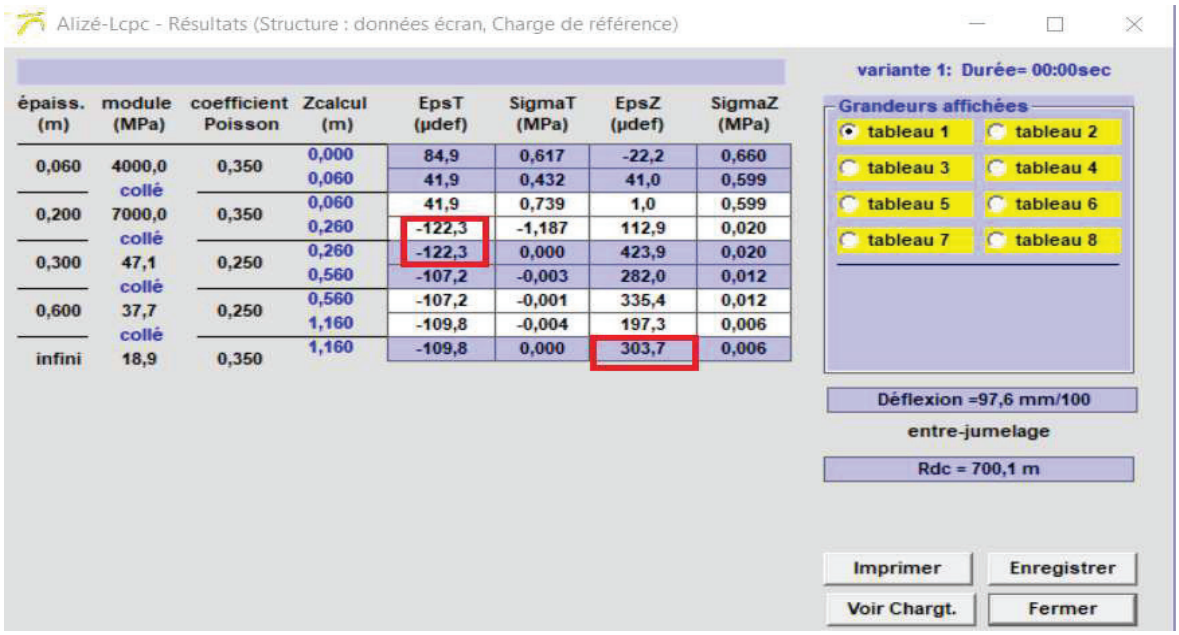
En utilisant les tableaux précédents, nous effectuons les calculs des différents coefficients afin d'obtenir :

- Kne =$\left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b = \left(\frac{7.81\times10^6}{10^6}\right)^{-0.146}$ =0.74
- Kθ = $\left(\frac{E(10^0C,10Hz)}{E(\theta eq,10Hz)}\right)^{0.5} = \left(\frac{12500}{7000}\right)^{0.5}$ =1.336
- Kr = $10^{-tb\delta}$, avec r=10%, d'où t=-1.282
- $\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b}\times \mathrm{Sh}\right)^2} = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{0.146}\times 3\right)^2}$ =0.609
- Kr = $10^{-1.282\ x\ 0.146\ x\ 0.609}$ =0.77
- Kc = 1.3

D'ou: **εt.ad** = 100.10^{-6} x 1.35 x 1.336 x 0.77 x 1.3 = 100,9 x 10^{-6}

εt, adm=180.5 × 10^{-6}

X.5.1.7 Résultats de la modélisation du corps de chaussée avec alizé III :



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	84,9	0,617	-22,2	0,660
	collé		0,060	41,9	0,432	41,0	0,599
0,200	7000,0	0,350	0,060	41,9	0,739	1,0	0,599
	collé		0,260	-122,3	-1,187	112,9	0,020
0,300	47,1	0,250	0,260	-122,3	0,000	423,9	0,020
	collé		0,560	-107,2	-0,003	282,0	0,012
0,600	37,7	0,250	0,560	-107,2	-0,001	335,4	0,012
	collé		1,160	-109,8	-0,004	197,3	0,006
infini	18,9	0,350	1,160	-109,8	0,000	303,7	0,006

Figure X.11:Vérifications de la structure (avec couche de forme).

Tableau X-7:Récapitulatif de la structure (avec couche de forme).

	Déformations admissibles	Déformations calculées par alizé
ε_z sol support	528.501×10^{-6}	303.7×10^{-6}
ε_t à la base de GB	180.5×10^{-6}	122.3×10^{-6}

X.6 CONCLUSION :

Les résultats obtenus pour le dimensionnement du corps de chaussée en utilisant la méthode de CBR améliorée et la méthode du catalogue algérien des chaussées neuves sont les suivants :

Tableau X-8:résultats de calcules structures par les différentes méthodes

Couche	Structure A (méthodeCBR)	Structure B (méthode ducatalogue des chaussées neuves)
Couche de roulement	6cm de BB	6cm de BB
Couche de base	15cm de GB	20cm de GB
Couche de fondation	35.5cm de GNT	30cm de GNT
Couche de forme (facultatif)	/	60cm de Tuf

La méthode CBR suggère une structure de chaussée avec des épaisseurs moins importantes par rapport à la méthode du catalogue.

La méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée est préférable car elle offre une meilleure résistance à la fatigue et réduit les coûts d'entretien sur la durée de vie de la route.

Le corps de chaussée retenu pour notre projet comprend une structure de **6BB 20GB 30GNT**, avec l'ajout d'une couche de forme de **60cm** de tuf (portance très faible ou moyennement faible).

Chapitre XI :

CARREFOUR GIRATOIRE

XI. CARREFOUR GIRATOIRE

XI.1 Introduction :

Un carrefour est le lieu où se croisent les routes ou les chemins, tout carrefour est une partie importante d'une route. Le carrefour giratoire est le carrefour plan qui offre le meilleur niveau de sécurité. Nous avons choisi d'implanter un Carrefour giratoire en raison des nombreux avantages qu'il offre :

- L'adaptation au trafic se fait automatiquement grâce à la priorité accordée aux véhicules déjà engagés dans le giratoire.
- Cette infrastructure favorise la réduction des accidents impliquant des collisions à angle droit, qui sont statistiquement les plus dangereuses. La plupart des accidents constatés sont des chocs arrière à faible vitesse, moins traumatiques.
- Les véhicules n'ont pas besoin d'attendre longtemps, contrairement aux intersections équipées de feux de signalisation qui immobilisent les véhicules même en cas de faible trafic, ce qui se traduit par des gains de temps significatifs, des économies de carburant et une diminution de la pollution de l'air et des nuisances sonores.
- Étant donné l'absence de feux de signalisation, il n'est pas nécessaire d'électrifier le carrefour, ce qui est particulièrement avantageux dans les zones rurales, tout en permettant des économies d'énergie.

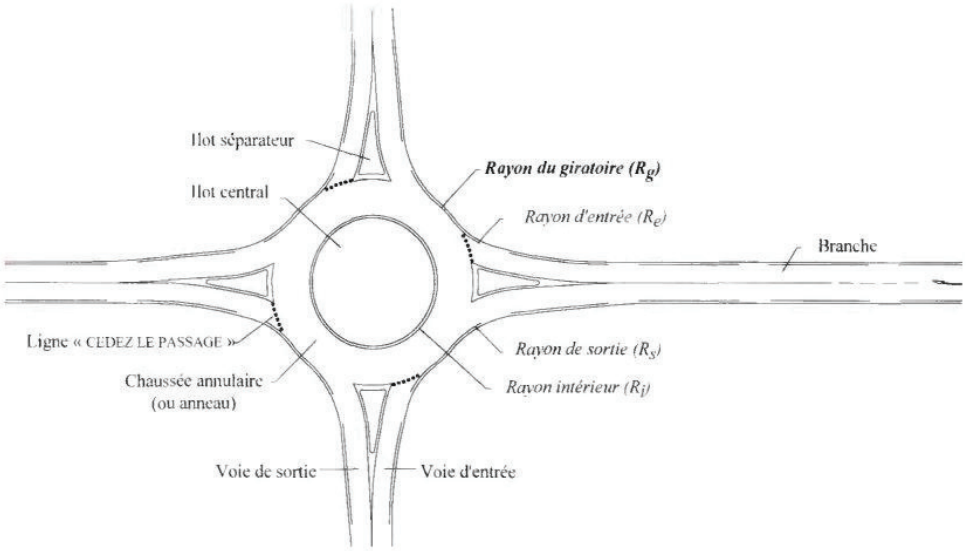


Figure XI.1:Principaux éléments et paramètres d'un carrefour giratoire

XI.2 PRINCIPES D'AMÉNAGEMENT

Les critères fondamentaux pour l'aménagement d'un giratoire sont les suivants :

- Perception, lisibilité, visibilité ;
- Optimisation des conditions de sécurité ;
- Modération des vitesses ;
- Prise en compte de tous les usagers ;
- Intégration dans une cohérence d'itinéraire ;
- Maintien d'un niveau de fluidité de circulation.

Plus spécifiquement, il est recommandé de :

- Préférer un aménagement simple
- Exclure tout obstacle agressif
- Donner à l'usager une bonne perception d'approche
- Introduire une certaine contrainte de trajectoire
- Vérifier que la capacité de l'aménagement est suffisante
- Eviter de surdimensionner les composants de l'aménagement
- Ne pas hésiter à dimensionner faiblement l'îlot central

XI.2.1 Visibilité

Quelles que soient les circonstances (nuit, brouillard, neige, …), un carrefour giratoire doit êtreperçu et identifié comme tel par tous les usagers qui vont l'aborder.

Pour répondre à cet enjeu, il convient :

- D'installer le signal de préavis schématique communiquant une image claire del'aménagement ;
- D'utiliser des éléments rétro réfléchissants pour éviter les erreurs de conduite nocturne
- D'aménager des îlots séparateurs conformes ;
- De bien signaler le giratoire ;
- D'accorder une attention particulière à l'éclairage ;
- De donner du relief à l'îlot central.

Une trop grande visibilité sur la gauche peut même parfois nuire à la sécurité de l'aménagement.

Lors de réaménagement d'un carrefour existant, il sera parfois très difficile de vérifier certaines recommandations. Cela ne doit pas pour autant conduire à renoncer au giratoire lorsqu'il s'avère nécessaire, notamment du point de vue de la sécurité (un autre type de carrefour plan ne fonctionnant généralement pas mieux). Le cas échéant, il conviendra de porter une attention à tous les aspects de l'aménagement et d'envisager des mesures particulières (éclairage, signalisation, par exemple).

XI.2.2 La lisibilité de l'aménagement du giratoire :

Ce critère de lisibilité induit une grande simplicité de l'aménagement, pour qu'il soit facilement compris par tous et en particulier par les "non-habitués". La forme, la disposition des branches, le nombre et l'affectation des bandes ne doivent pas conduire à des interprétations différentes.

XI.3 Site d'implantation :

Il est essentiel que le site choisi pour l'implantation du carrefour giratoire offre la possibilité de respecter les normes relatives au dimensionnement des accès. Par conséquent, il est préférable d'éviter les sites qui présentent des courbes de faibles rayons dans le tracé en plan et des sections avec de fortes déclivités.

Voici une image représentant l'emplacement suggéré pour l'implantation du carrefour giratoire :

XI.3.1 Giratoire N°01 :

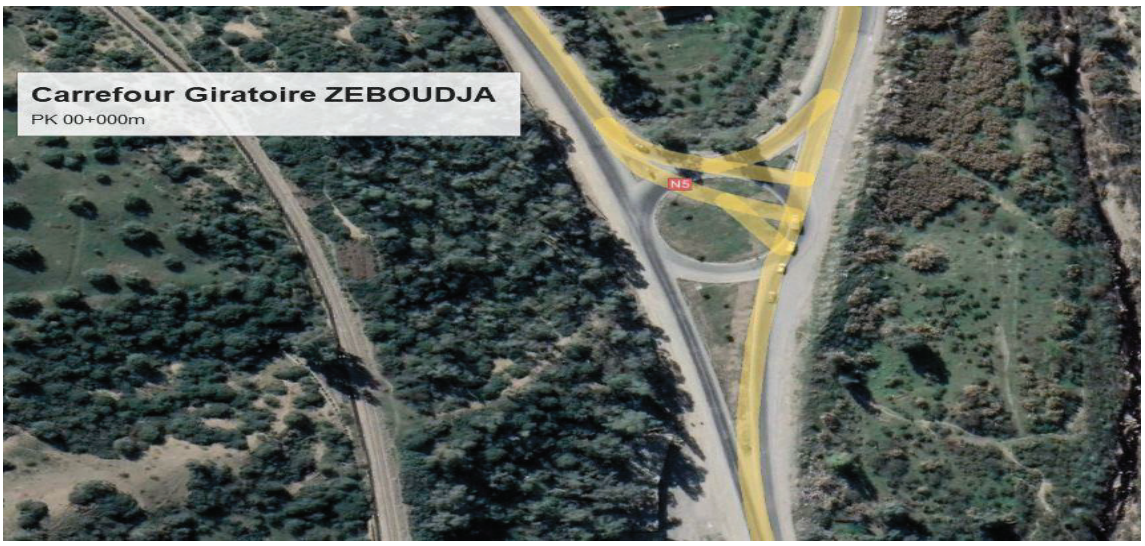


Figure XI.2: Carrefour giratoire zeboudja PK0+000

XI.3.2 Giratoire N°02 :



Figure XI.3: carrefour giratoire N 02 Bouira

XI.4 L'ilot central :

Tableau XI-1: Valeurs des caractéristiques de l'ilot central

Eléments	Notation	Paramétrage
Rayon de giratoire	Rg	12≤ Rg≤30m
Largeur de l'anneau	La	6≤La≤9m
Sur-largeur franchissable	Slf	1.5 si Rg≤15m
Rayon intérieur	Ri	Ri-La-Slf
Rayon d'entrée	Re	10≤Re≤15m et ≤Rg
Largeur de la voie entrante	Le	4m
Rayon de sortie	Rs	15≤Rs≤30m et Rs≥Ri
Largeur de la voie sortante	Ls	4≤Ls≤8m
Rayon de raccordement	Rr	Rr=4Rg

XI.5 Ilot séparateur :

Les éléments principaux de dimensionnement sont :

• Décalage entre la tête de l'îlot séparateur de la route secondaire et la limite de la chaussée de la route principale : 1m.

• Décalage d'îlot séparateur à gauche de l'axe de la route secondaire : 1m.

•Rayon en tête d'îlot séparateur : 0.5 m à 1m.

• Longueur de l'îlot : 15 m à 30 m.

Tableau XI-2:Tableau Paramètres de l'ilot séparateur

Elément	Notation	Paramétrage
Rayon giratoire	Rg	12≤ Rg≤30m
Hauteur du triangle de construction	H	H= Rg
Base de triangle de construction	B	B=Rg/4
Départ de l'ilot sur l'axe	d	d=(0.5+Rg/50)/2 ou 0
Rayon des raccordements de bordures	r	r=Rg/50

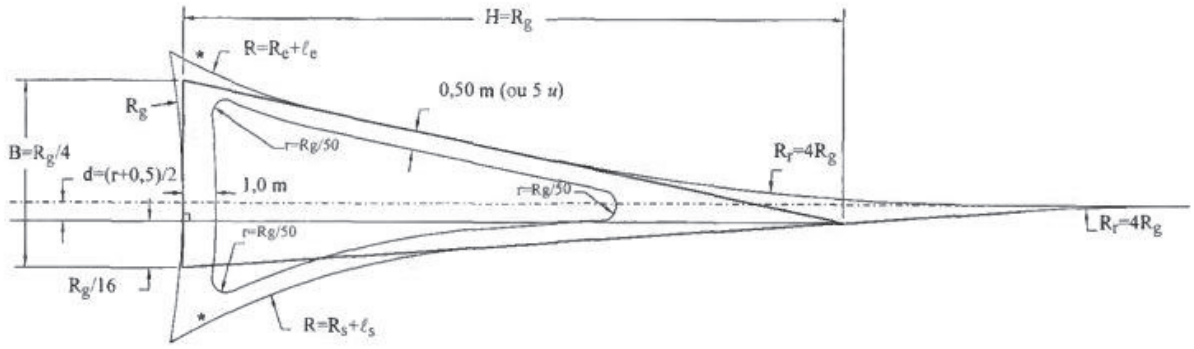


Figure XI.4:Construction des ilots séparateurs sur les branches des giratoires de rayon (Rg) > J5 m

XI.6 Ilot directionnel :

Les îlots directionnels sont nécessaires pour délimiter les couloirs d'entrées et de sortie. Leur nez est en saillie et ils doivent être arrondis avec des rayons de 0.5 à 1 m.

XI.7 Les couloirs d'entrée et de sortie :

A l'approche d'un carrefour, les courants issus d'une direction sont répartis sur des couloirs groupant un certain nombre de voies, de longueur égale à :

- 4m Entrée (accotement dérasé 1.5m)
- 5m Sortie (accotement dérasé 0.5m

XI.8 Application au projet :

Les caractéristiques géométriques des carrefours du projet sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau XI-3:Caractéristiques géométriques des carrefours du projet

Eléments	Notation	Paramétrage
Rayon de giratoire	Rg	30
Largeur de l'anneau	La	8
Rayon intérieur	Ri	22
Largeur de la voie entrante	Le	7.5
Largeur de la voie sortante	Ls	7.5
Rayon de raccordement	Rr	120

XI.8.1 Carrefour giratoire N°01 PK0+000 :

C'est un carrefour giratoire à trois branches en 2*2 voies de circulation. Il se trouve au PK 0+000 du projet ; Il permet aux usagers de la RN05 d'accéder à l'autoroute **A1** vers Alger par la **CW05** et de faire des demi-tours pour aller à TIZOUZOU par DRAA LMIZAN. Il est aménagé avec un ilot central circulaire et des îlots séparateurs

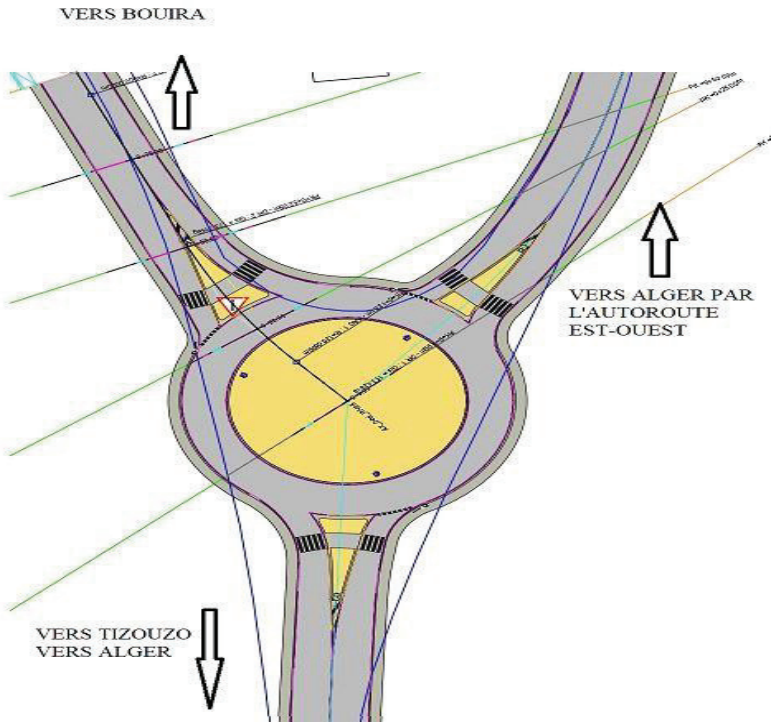


Figure XI.5: Carrefour giratoire *N°01* au PK 0+000.

XI.8.2 Carrefour giratoire N°02 :

C'est un carrefour giratoire à quatre branches dont trois en 2*2 voies de circulation et une branche en deux voies. Il correspond au (PK 8+490) qui se trouve au niveau de l'intersection de la RN05 avec une route qui mène Au village d'AIT LAZIZ et une autre route qui mène vers CHAABET BRAHEM.

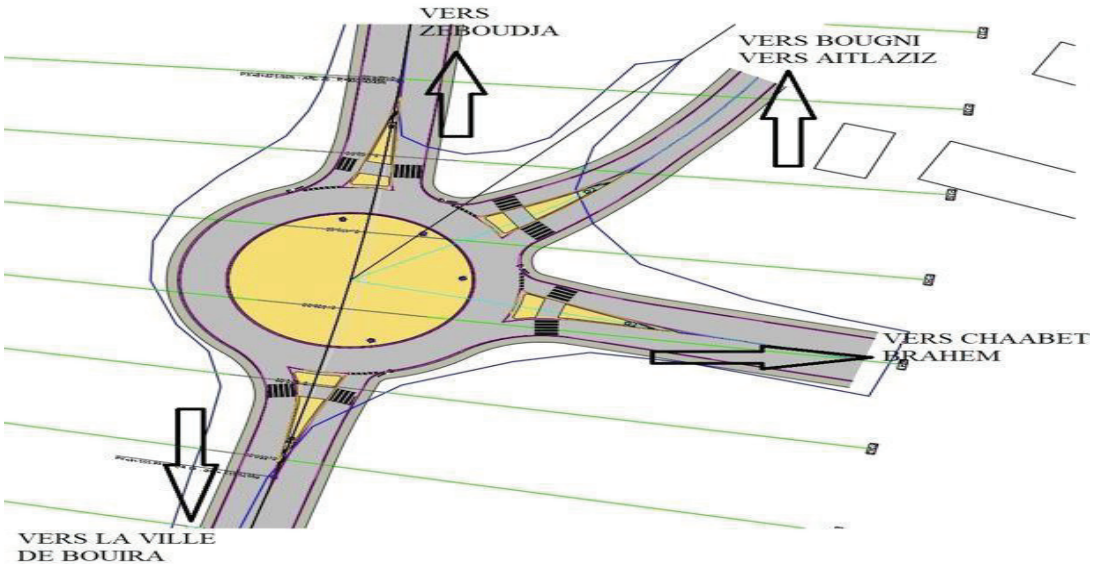


Figure XI.6:Carrefour giratoire N°01 au PK 8+490.

XI.8.3 Carrefours giratoires 03 au PK 10+400:

Le giratoire existant située à l'intersection EL NASSIM (FIN DU PROJET) constituée de 5 branches en 2*2 VOIES; Pour ce carrefour nous avons décidé de garder l'ancien giratoire car il correspond parfaitement au projet du dédoublement de la RN05 en 2*2 voies



Figure XI.7:Carrefours giratoires 03 au PK 10+400

CHAPITRE XII

ÉTUDE HYDRAULIQUE ET HYDROLOGIQUE

XII. ÉTUDE HYDRAULIQUE ET HYDROLOGIQUE

XII.1 Introduction

Le présent rapport porte sur l'étude hydraulique et d'assainissement dans le cadre du projet de dédoublement de la route nationale 05, entre Bouira et Zeboudja. L'objectif de cette étude est d'évaluer et d'analyser les impacts potentiels du projet sur le système de gestion des eaux dans la zone d'étude, afin de garantir une conception appropriée du système hydraulique et d'assainissement associé à cette nouvelle infrastructure routière.

Pour mener à bien cette étude, une méthodologie rigoureuse a été adoptée. Cela a inclus :

- **Collecte de données :**

Levé topographiques, les données climatiques telles que les précipitations ont également été collectées pour évaluer les caractéristiques hydrologiques de la zone et les donné géotechnique de notre zone d'étude pour évaluer la perméabilité du sol.

- **Modélisation hydraulique :**

L'utilisation du logiciel de modélisation hydraulique Global Mapper a permis de créer un modèle numérique de la zone d'étude. Ce modèle a été utilisé pour simuler le comportement du système hydraulique, cela nous a permis de délimiter manuellement les bassins versants pertinents pour le projet en prenant en compte la direction des écoulements et en se basant sur les courbes de niveau et d'autres caractéristiques topographiques et de préciser les zones où les eaux de pluie convergent et s'écoulent à travers le tracé de la route, afin de mieux comprendre leur impact sur le système de drainage et l'assainissement de la route et finalement dimensionner les ouvrages du système de drainage qui traversent la route, tels que les dalots et les buses, en prenant en compte les débits d'eau attendus et les besoins en capacité de transport, et les ouvrages longitudinaux référant aux éléments du système de drainage le long de la route, tels que les fossés.

XII.2 Choix des ouvrage d'assainissement et calcul hydraulique :

XII.2.1 Choix des ouvrages d'assainissement :

Le choix d'un ouvrage d'assainissement doit principalement reposer sur 4 critères :

- Sa capacité hydraulique
- Son insertion dans le profil en long et le profil en travers du projet routier
- Son niveau de protection au regard de la vulnérabilité des eaux
- Sa facilité d'entretien et d'exploitation des ouvrage

XII.2.2 Calcul hydraulique des ouvrages :

La démarche consiste à choisir un ouvrage et de calculer si ses caractéristiques (débit capacitaire Q_C) sont soit suffisantes ou insuffisantes ou trop importantes pour évacuer le débit d'apport Q_a.

XII.2.2.1 Le débit d'apport

Calcul des débits d'apport et d'écoulement au point de saturation :

Il est évalué selon la formule rationnelle suivante :

$$Q_a = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A$$

Avec :

Qa : débit d'apport en provenance du bassin versant (m3/s).
C : coefficient de ruissellement.
I : intensité de l'averse exprimée en (mm/h).
A : l'aire du bassin versant (km²).

XII.2.2.1.1 Détermination de l'intensité

La loi Intensité-durée est établie à partir des relevés des pluviographes, ensuite traitée par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) par des méthodes statistiques. L'ajustement de ces séries de données et les pluies journalières se fait avec la loi de Gumbel. L'intensité i(T,tc) moyenne de la pluie sur le temps de concentration tc pour une période de retour T est représentée par la formule suivante :

$$I(t, T) = a(t) / tc^b$$

Avec :

I : intensité de pluie exprimée en mm/h.
T : période de retour exprimé en ans (elle dépend de l'ouvrage à réaliser)
tc : temps de concentration en heures.
a et b : coefficients de Montana donnés par la station de Bouira

Tableau XII-1:Les paramètres de la station Bouira

Nom de la station	Bouira
Code	150208
X (Lambert)	616.00
Y(Lambert)	337.25
Altitude (m)	520
Appareil de mesure	Précis mécanique-Bague 400 cm²
Nombre d'événements	42

XII.2.2.1.2 La période de retour :

- Les fossés seront dimensionnés pour une période de retour de 10ans*
- Les buse et les dalots seront dimensionnés pour une période de retour 100 ans*.

XII.2.2.1.3 Temps de concentration (t_c) :

C'est la durée que met une goutte d'eau qui tombe du point le plus élevé du bassin versant pour atteindre l'exutoire, il est exprimé par les formules suivantes qui varient selon la superficie du bassin versant :

Tableau XII-2:Formules de Temps de concentration (tc)

Surface du bassin versant	Formule	
Surface inférieure à 5 Km^2	VENTURA	$t_c=0.127\sqrt{\frac{S}{I}}$
Surface comprise entre 5 Km² et 25 Km²	PASSINI	$t_c=0.11\frac{\sqrt[3]{S\times L}}{\sqrt{I}}$
Surface comprise entre 25 Km² et 200 Km²	GIANDOTTI	$tc=\frac{4\times\sqrt{S}+1.5L}{0.8\sqrt{H-H}}$

Avec :

tc : Temps de concentration exprimé en heure (h).
S : Surface du bassin versant (Km²).
Im : Pente moyenne du bassin versant (m/m)
P : Pente moyenne du bassin versant (m/m).
L : Longueur du cours d'eau principal en Km
L_{ep} : Longueur du cours d'eau principal (Km).
H_{moy} : Altitude moyenne (m).
H_{min} : Altitude minimale (m).

XII.2.2.1.4 Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement est le rapport exprimé en pourcentage, entre la quantité d'eau écoulée (ruisselée) par la quantité d'eau précipitée.

Sa valeur est en fonction des paramètres suivants : la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain. Il peut être choisi suivant les tableaux ci-après :

Couverture végétale	Morphologie	Pente %	Terrain sable grossier	Terrain limoneux	Terrain argileux
Bois	presque plat	p < 5	0,10	0,30	0,40
	ondulé	5 ≤ p < 10	0,25	0,35	0,50
	montagneux	10 ≤ p < 30	0,30	0,50	0,60
Pâturage	presque plat	p < 5	0,10	0,30	0,40
	ondulé	5 ≤ p < 10	0,15	0,36	0,55
	montagneux	10 ≤ p < 30	0,22	0,42	0,60
Culture	presque plat	p < 5	0,30	0,50	0,60
	ondulé	5 ≤ p < 10	0,40	0,60	0,70
	montagneux	10 ≤ p < 30	0,52	0,72	0,82

Figure XII.1: Valeurs de Coefficient de ruissellement (Guide assainissement routier -GTAR)

Nous avons pris en considération la valeur du coefficient de ruissèlement pour les zones urbain

Tableau XII-3:les valeurs du coefficient de ruissèlement prise pour les zones urbain

Couverture végétale	Morphologie	C
Urbain	Claire	0.6
	Moyen	0.7
	Dense	0.85

XII.2.2.2 Le débit capable :

Le débit capable est donné par la formule de **Manning Strickler :**

$$Q_c = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times P^{1/2} \times S_m$$

n : coefficient de rugosité de Manning, dépends de la nature des parois interne de l'ouvrage, on utilise n=0.017 pour les ouvrages en béton

R_h: rayon hydraulique (m). $R_h = S_m / P_m$

S_m : section mouillée (m^2).

P_m : périmètre mouillé (m)

P : la pente de l'ouvrage (m/m).

XII.2.2.3 Critère de dimensionnement :

- Pour la réalisation des calculs hydraulique, on a suivi **le guide technique Assainissement routier GTAR**.
- La vérification de tout le critère est réalisée pour le débit de projet pour une période de retour **de 100 ans (Q_{100})**.
- La pente des ouvrages doit être limitée pour éviter des vitesses trop élevées que pourraient provoquer des problèmes d'érosion ; selon **GTAR** la vitesse maximale conseillé est de **4m/s.**

La typologie d'ouvrage proposée pour des faible débits est la suivante :

Tableau XII-4:Les ouvrage proposée pour des faible débits

DEBIT	<4.25	4.25<Q<5.5	5.5<Q<9.5	9.5<Q<14	14<Q<28	28<Q<35	35<Q<42.5
TYPE	Buse	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot
DIMENSIONS	Φ 1.5	1.5 × 1.5	2 × 2	3 × 2	4 × 3	2 × (3×2)	2 × (4×3)

Les débits que figurent au tableau sont indicatifs en vue d'effectuer un prédimensionnement. Une analyse et vérification individuelle pour chaque ouvrage en tenant en compte le débit, pente, orographie du terrain a été réalisé.

XII.2.2.4 Caractéristiques des bassins versants :

A l'aide des logiciels Global Mapper et AutoCAD et en se basant sur les données topographiques, nous avons réussi à extraire les résultats qui sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau XII-5: caractéristiques des bassins versants

BV	SURFACE (Km²)	PERIMETRE (m)	Z_{MIN} (m)	Z_{MAX} (m)	ΔZ (m)	LONGEUR (m)	PENTE %	Temps de concentration (h)		
								VENTURA	PASSINI	GIANDOTI
1	0.1004	1550	360	440	80	328,05	24,39%	0,08	-	-
2	0.0516	1293	363,609	430	66,391	319,25	20,80%	0,06	-	-
3	0.3224	3522	359,858	481,073	121,215	712	17,02%	0,17	-	-
4	0.03802	1068	366,421	490	123,579	566,89	21,80%	0,05	-	-
5	0.0976	1934	366,421	490	123,579	566,89	21,80%	0,08	-	-
6	0.1662	2494	373,942	435,99	62,048	292	21,25%	0,11	-	-
7	0.01897	698.65	373,372	410	36,628	168,31	21,76%	0,05	-	-
8	26.388	26840	365	1100	735	9307	7,90%	-	-	1,59
9	1.57	7590	376,965	686,682	309,717	2407	12,87%	0,44	-	-
10	0.1703	2052	403,424	416,05	12,626	149	8,47%	0,18	-	-
11	0.00505	295.72	405,566	614,53	208,964	1954	10,69%	0,05	-	-
12	2.535	9015	410	420	10	50,033	19,99%	0,45	-	-
13	0.01764	713.46	430	470	40	178,54	22,40%	0,05	-	-
14	0.2233	2591	448,407	515,138	66,731	337	19,80%	0,13	-	-
15	0.02634	806.36	460	510	50	214,76	23,28%	0,05	-	-
16	0.4715	3738	466,03	565,142	99,112	637	15,56%	0,22	-	-
17	0.01297	684.17	477	490	13	110,77	11,74%	0,05	-	-
18	0.3295	3261	488,24	554,998	66,758	386	17,29%	0,18	-	-
19	0.02165	727.62	503,526	540	36,474	169,71	21,49%	0,05	-	-
20	0.2096	2492	505,588	544,812	39,224	233	16,83%	0,14	-	-
21	0.00331	272.12	517,5	520	2,5	51,85	4,82%	0,05	-	-
22	0.00107	153.86	518	520	2	28,529	7,01%	0,05	-	-
23	0.1944	2345	533,977	547,828	13,851	84	16,49%	0,14	-	-
24	0.172	1984	536,72	540,676	3,956	16	24,73%	0,11	-	-
25	0.0876	1476	560	610	50	293,61	17,03%	0,09	-	-
26	0.04212	1104	567,774	610	42,226	255,38	16,53%	0,06	-	-
27	0.0778	1458	581,412	610	28,588	207,86	13,75%	0,10	-	-
28	0.03513	969.4	587,688	600	12,312	70,741	17,40%	0,06	-	-
29	0.01165	547.23	599,2	600	0,8	126,76	0,63%	0,17	-	-
30	0.01214	799.7	601	602,326	1,326	56,457	2,35%	0,09	-	-
31	0.01991	1025	598,019	598,139	0,12	62,736	0,19%	0,41	-	-
32	0.01055	534.48	592,305	592,9	0,595	79,593	0,75%	0,15	-	-
33	0.0755	1449	592,292	592,521	0,229	209,77	0,11%	1,05	-	-
34	0.1029	1735	585	598	13	314,17	4,14%	0,20	-	-
35	0.01446	907.94	585,872	588,061	2,189	135,7	1,61%	0,12	-	-
36	0.01831	993.48	571,768	572	0,232	40,957	0,57%	0,23	-	-
37	0.00446	450.98	571,786	572,15	0,364	40,1	0,91%	0,09	-	-
38	0.0034	242.66	560,6	560,65	0,05	52,264	0,10%	0,23	-	-
39	0.00269	314.35	560,7	561,2	0,5	53,786	0,93%	0,07	-	-
40	0.02147	111.1	550	550,6	0,6	127,34	0,47%	0,27	-	-
41	0.0126	0.537	549,061	554,299	5,238	70,553	7,42%	0,05	-	-

XII.2.2.5 Données climatiques

L'analyse des courbes IDF de la pluviométrie de la région a donné comme résultats des paramètres climatiques (coefficients de montana) :

- a = 17.4 (pour une période de retour de 2ans).
- a =23.3 (pour une période de retour de 5 ans).
- a= 27.3 (pour une période de retour de 10 ans)
- a=31 (pour une période de retour de 20 ans).
- a=35.9 (pour une période de retour de 50 ans).
- a=39.6 (pour une période de retour de 100 ans).
- b = 0,59.

XII.2.3 Applications

XII.2.3.1 Calcul du débit d'apport

Par exemple, pour le bassin versant **BV 12,** on a :

$$A=2.535\ km^2$$

$$t_c=0.127\sqrt{\frac{S}{I}}=0.127\sqrt{\frac{2.535}{0.19}} \rightarrow t_c = 0{,}45\ h$$

Pour une période de retour de 100 ans l'intensité des pluies :

$$i_{100}= a\ (t) / tc^b = 39.6/0.45^{0.59}=63.431\ mm/h$$

XII.2.3.2 Coefficient de Ruissellement :

Tableau XII-6: Coefficient de Ruissellement

Zone	Caractéristique	Pente du BV (%)	C
Du PK 0+000 au PK 1+465	50%URBAIN-claire 20% BOIS 20% PATURAGE 10% CULTURE	P <5	-
		5< P <10	-
		10< P <30	**0.622**
Du PK 1+465 au PK 3+525	70% BOIS 10% PATURAGE 20% CULTURE	P <5	-
		5< P <10	**0.545**
		10< P <30	**0.644**
Du PK 3+525 au PK 4+725	40% BOIS 30%URBAIN-claire 30% CULTURE	P <5	-
		5< P <10	-
		10< P <30	**0.666**
Du PK 4+725 au PK 8+775	60% CULTURE 20%BOIS 10%URBAIN-claire 10% PATURAGE	P <5	**0.54**
		5< P <10	**0.635**
		10< P <30	**0.732**
Du PK 8+775 au PK 10+424	60% URBAIN-claire 30% CULTURE 10% PATURAGE	P <5	**0.64**
		5< P <10	**0.685**
		10< P <30	-

Le **BV 12** est situé dans la zone du **PK 1+465** au **PK 3+525** et sa pente P=19.99% →**C=0.644**

Le débit d'apport pour une période de retour de 100 ans

→ $Q_a = \frac{1}{3.6} \times 0.644 \times 63.431 \times 2.535 = 28.765$ m3/s

$$\mathbf{Q_a = 28.765\ m3/s}$$

XII.2.3.3 Dimensionnement des dalots

XII.2.3.3.1 Calcul du débit capacitaire

$$\mathbf{Q_c = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times P^{1/2} \times S_m}$$

Pour la pente hydraulique des buses « P », on met P= 1%, c'est assez pour l'écoulement de l'eau dans une section en béton.

n : coefficient de rugosité de Manning n=0.017
R_h : rayon hydraulique (m). $R_h=S_m/P_m$
S_m : section mouillée (m^2). $S_m= 0.8 \times h \times b$
P_m : périmètre mouillé (m). $P_m= 2 \times 0.8 \times h + b$
P : la pente de l'ouvrage (m/m). P = 1%

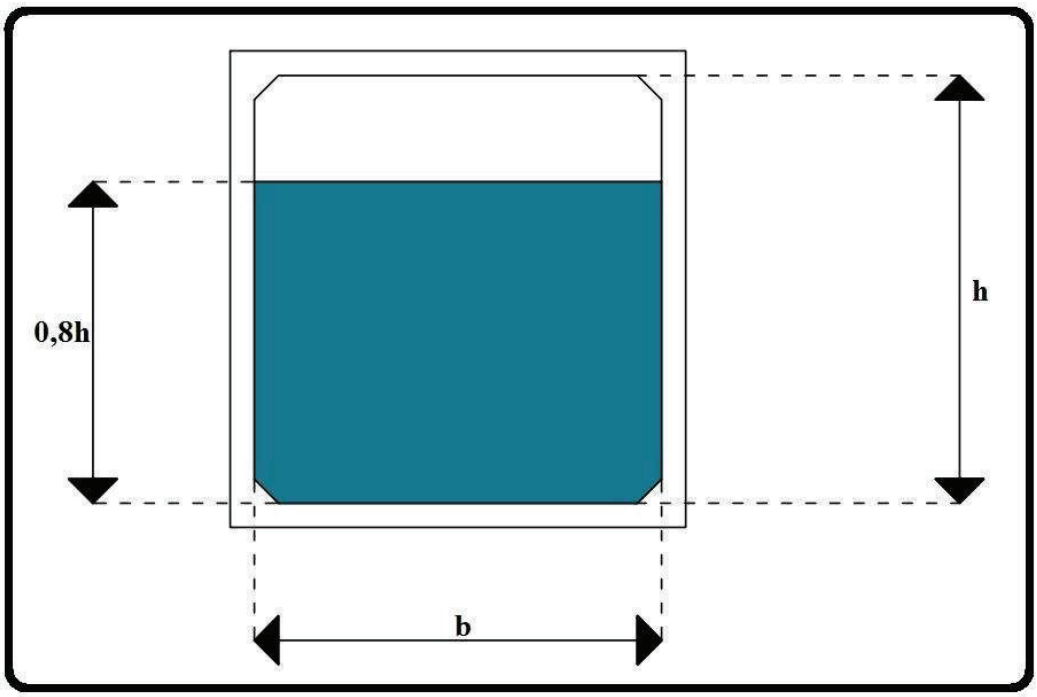


Figure XII.2: Dimensions des dalots

- Ouvrage au **PK 2+107.45 m**

Le calcul hydrologique du bassin versant numéro **12** on a trouvé le débit d'apport

Qa=28.765 m3/s

On calcule le débit capacitaire d'un dalot de **3×3 m** :

$S_m = 0.8 \times h \times b = 0.8 \times 3 \times 3 = 7.2$ m²

$P_m = 2 \times 0.8 \times h + b = 2 \times 0.8 \times 3 + 3 = 7.8$ m

$R_h = S_m/P_m = \frac{7.2}{7.8} = 0.92$ m

$Q_c = \frac{1}{0,017} \times R_h^{2/3} \times P^{1/2} \times S_m = \frac{1}{0,017} \times 0.92^{2/3} \times 0.01^{1/2} \times 7.2 = 40.06$ m3/s

$\mathbf{Q_c > Q_a}$ → le dalot 3×3 m peut efficacement gérer le débit attendu du bv 12

XII.2.3.4 Dimensionnement des buses

XII.2.3.4.1 Calcul du débit capacitaire

$$\mathbf{Q_c = \frac{1}{0,017} \times R_h^{2/3} \times P^{1/2} \times S_m}$$

Pour la pente hydraulique des buses « P », on met P= 1%, c'est assez pour l'écoulement de l'eau dans une section en béton.

R_h : rayon hydraulique (m). $R_h=S_m/P_m$

S_m : section mouillée (m²). $S_m= \pi \times \frac{D^2}{4}$

P_m : périmètre mouillé (m). $P_m= \pi \times D$

P : la pente de l'ouvrage (m/m).

- Ouvrage au **PK 0+095.70 m**

Pour bassin versant **BV1** on a :

Le débit d'apport Q_a=3.049 (m3/s)

On calcule le débit capacitaire pour une buse de diamètres D=1200 mm :

$S_m= \pi \times \frac{D^2}{4} = 3.14 \times \frac{1.2^2}{4} = 1.1304$ m²

$P_m= \pi \times D= 3.14 \times 1.2 = 3.768$ m

$R_h=S_m/P_m=\frac{1.1304}{3.768} = 0.3$ m

$Q_c = \frac{1}{0,017} \times R_h^{2/3} \times P^{1/2} \times S_m = \frac{1}{0,017} \times 0.3^{2/3} \times 0.01^{1/2} \times 1.1304 = 2.98$ m3/s

$\mathbf{Q_c < Q_a}$ → On doit changer d'ouvrage

On calcule le débit capacitaire pour une buse de diamètres D=1500 mm :

$S_m= \pi \times \frac{D^2}{4} = 3.14 \times \frac{1.5^2}{4} = 1.766$ m²

$P_m= \pi \times D= 3.14 \times 1.5 = 4.71$ m

$R_h = S_m/P_m = \frac{1.766}{4.71} = 0.37$ m

$Q_c = \frac{1}{0,017} \times R_h^{2/3} \times P^{1/2} \times S_m = \frac{1}{0,017} \times 0.37^{2/3} \times 0.01^{1/2} \times 1.766 = 5.35$ m3/s

$Q_c > Q_a$ → la buse **D=1500 mm** peut efficacement gérer le débit attendu du bv 12

- Vitesse d'écoulement dans l'ouvrage hydraulique :

On a $S_m = 1.766$ m²

On obtient la vitesse d'écoulement dans l'ouvrage :

$\mathbf{V=\frac{Q}{Sm}}$ avec, $Q=Q_{100}=3.049$ (m3/s)

$$\mathbf{V=\frac{Q}{Sm}=\frac{3.046}{1.766}} = \mathbf{1.72}\ \text{m/s}$$

Cette Vitesse de **1.72 m/s** est acceptable car elle est bien **inférieure** à **4 m/s** et ne nécessite pas la mise en place de protection particulière dans l'ouvrage.

XII.3 Assainissement longitudinal (Dimensionnement des fossés)

Les réseaux ont à collecter et évacuer des eaux issues d'un impluvium. Ils sont calculés pour une période de retour **T = 10 ans.**

Après avoir organisé le réseau à partir des contraintes structurelles (points hauts, points bas, point de rejet, changement de dévers...) les points de calculs minimaux sont connus. La méthodologie générale de dimensionnement consiste alors à vérifier que le débit à évacuer est inférieur ou égal au débit capable de l'ouvrage choisi, tout au long de l'écoulement.

XII.3.1 Débit capable de l'ouvrage (à saturation) noté Q_c :

L'ouvrage est saturé lorsqu'il coule à pleine section. La relation de MANNING STRICKLER donne le débit capable à pleine section Q de l'ouvrage :

$$\mathbf{Q_c=\frac{1}{0,017}\times R_h^{2/3}\times P^{1/2}\times S_m}$$

R_h : rayon hydraulique (m). $R_h=S_m/P_m$

S_m : section mouillée (m^2).

P_m : périmètre mouillé (m).

P : la pente de l'ouvrage (m/m).

XII.3.2 Calcul du débit à évacuer (noté $Q_{ev)}$:

Le débit à évacuer est obtenu par la méthode rationnelle :

$$\mathbf{Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A}$$

C : coefficient de ruissellement

Avec :

C_c= 0.95 pour les chaussées et parties revêtu

C_{ac}= 0.40 pour accotement

C_t= 0.45 pour les talus

A : surface de l'impluvium en Km² (A = longueur du projet x largeur)

I : intensité moyenne de l'averse décanale en mm/h correspondant au temps de concentration au point de calcul et donné par la formule de MONTANA :

$$I(t, T) = a(t) / tc^{b}$$

t_c : Le temps de concentration en heure se calcule de la façon suivante :

$$tc = t_1 + t_2$$

Avec :

t_1 : temps nécessaire à l'eau de la plate-forme pour atteindre l'ouvrage de recueil.
Dans la pratique t_1 est pris égal à 3 mn= 0.05 h

t_2 : temps en mn mis par l'écoulement dans l'ouvrage sur une longueur L

$$t_2 = \frac{L}{0.85 \times 60 \times 60 \times V(\text{à saturation})} = \frac{L}{3060 \times V(\text{à saturation})}$$

Avec :

L : Longueur de l'ouvrage en m

V_{sat} : Vitesse à section pleine de l'ouvrage en m/s projeté, au point de calcul, 0,85 est un coefficient minorant de **V** pour tenir compte de l'inégal remplissage de l'ouvrage entre l'origine du réseau et le point de saturation.

$$V_{sat} = \frac{1}{0.017} \times R_h^{2/3} \times i^{0.5}$$

Avec :

$$Q = Q_c + Q_{ac} + Q_t$$

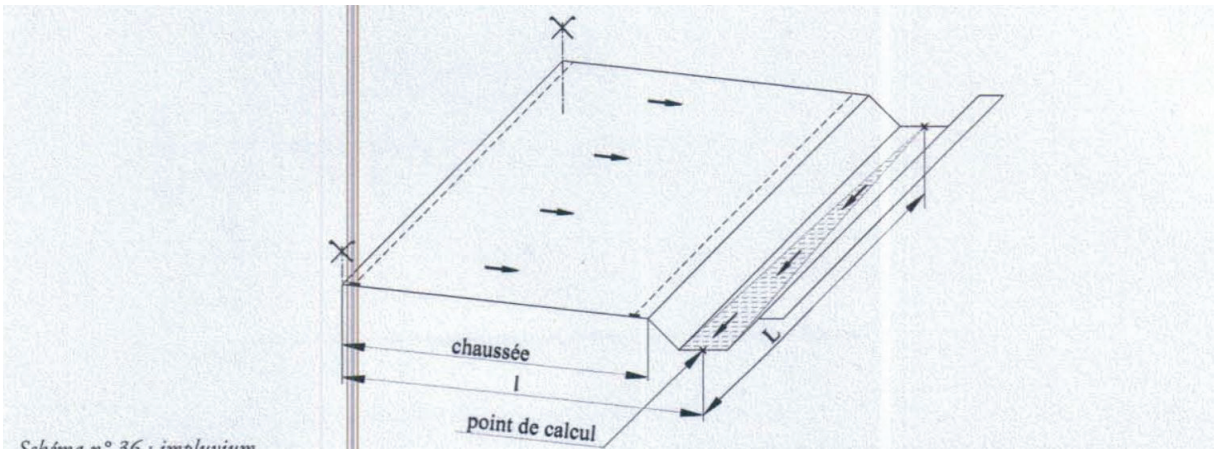


Figure XII.3:Dimensions d'un fossé (*Guide assainissement routier -GTAR)*

XII.3.3 Application au projet :

Pour une section de longueur L= 200 m on calcule le débit rapporté par chaque élément de la route (chaussée, accotement, talus) et on déduit le débit total.

Tableau XII-7: Débit des eaux drainées dans la plate-forme et les talus.

Surface d'apport	Surface (Km^2)	C	Intensité (mm/h)	Débit (m^3/s)	Débit Total Q (m^3/s)
Chaussée	2.3493×10^{-3}	0.95	139.5	0.086 m^3/s	**0.19**
Accotement	1.1122×10^{-3}	0.40		0.017 m^3/s	
Talus	4.9774×10^{-3}	0.45		0.086 m^3/s	

XII.3.3.1 Fossé trapézoïdal :

Nous proposons un fossé trapézoïdal avec les dimensions suivantes :

Profondeur = 0.5 m ; Fond = 0.5 m ; Largeur = 1.5 m

XII.3.3.1.1 Débit capable de l'ouvrage

$$Q_c = \frac{1}{0.017} \times R_h^{2/3} \times P^{1/2} \times S_m$$

$$S_m = \text{Profondeur} \times \frac{\text{Largeur+Fond}}{2} = 0.5 \times \frac{0.5+1.5}{2} = 0.5\ m^2$$

$$P_m = 2 \times \frac{\text{Profendeur}}{\sin 45} + \text{Fond} = 2\times \frac{0.5}{\sin 45} + 0.5 = 1.91\ m$$

$$R_h = \frac{0.5}{1.91} = 0.26\ m$$

P : pente du profil en long P=0.043 mm/mm

Q_C= 2.48 m^3/s

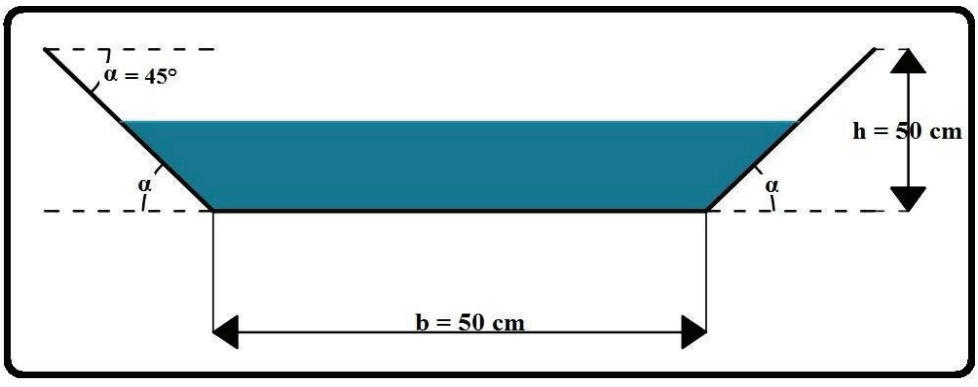


Figure XII.4: Dimensions Fossé trapézoïdale

XII.3.3.2 Calcul du débit à évacuer :

Pour une longueur de 200m du tracé :

$t_c = \frac{3}{60} + \frac{200}{3060 \times \mathbf{Vsat}}$ avec $V_{sat} = \frac{2.48}{0.5} = 4.96$ m/s

$\mathbf{t_c} = 0.063$ h

Pour une période de retour de 10 ans

$i_{10} = 27.3/0.063^{0.59} = 139.5$ mm/h

$\mathbf{Q = Q_c + Q_{ac} + Q_t}$

$\mathbf{Q_c} = 1/3.6 \times 0.95 \times 139.5 \times 2.3493 \times 10^{-3} = 0.086$ m^3/s

$\mathbf{Q_{ac}} = 1/3.6 \times 0.40 \times 139.5 \times 1.1122 \times 10^{-3} = 0.017$ m^3/s

$\mathbf{Q_t} = 1/3.6 \times 0.45 \times 139.5 \times 4.9774 \times 10^{-3} = 0.086$ m^3/s

Donc :

$$\mathbf{Q = 0.19\ m^3/s \text{ avec } Q_c > Q_{ev}}$$

→ Les dimensions du fossé trapézoïdal peuvent efficacement gérer le débit attendu.

Remarque :

Afin d'accroître la sécurité des conducteurs et de minimiser les risques d'accumulation d'eau sur la chaussée le long de la bordure du TPC, une solution a été mise en place. Des caniveaux en fonte ont été installés le long des courbes, du côté bas du dévers, afin de recueillir l'eau provenant de la surface de la chaussée.

Cette mesure vise à faciliter le drainage efficace de l'eau de pluie. En les positionnant du côté bas du dévers le long des courbes, la gravité permet de guider l'eau vers les caniveaux, assurant ainsi son évacuation rapide. Cette approche contribue à maintenir la chaussée plus sèche, réduisant ainsi les risques d'aquaplanage et de perte de contrôle des véhicules.

Les caniveaux en fonte sont reconnus pour leur solidité et leur capacité à gérer des volumes d'eau importants et de favoriser une meilleure circulation sur le tracé au côté du TPC.

- Le tableau récapitulatif des caractéristiques des bassins versants que traverse l'axe du projet ainsi que les solutions à prévoir pour chaque intersection des talwegs avec notre tracé routier. **(VOIR ANEXE)**

CHAPITRE XIII

CUBATURES

XIII. CUBATURES

XIII.1 Introduction

La réalisation d'un ouvrage en génie civil nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lesquels l'ouvrage va être implanté.

Pour les voies de circulations ceci est très visibles sur les profils en longs et les profils en travers.

Cette modification s'effectue :

- Soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai.
- Soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge : déblai.

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre qui se trouve entre le tracé du projet et celui du terrain naturel. Ce calcul s'appelle « les cubatures des terrassements »

XIII.2 Définition :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne du projet.

Les éléments qui permettent de définir cette évolution sont :

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

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

XIII.3 Méthodes de calcul de cubature :

Les cubatures sont les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet, les cubatures sont fastidieuses mais il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.

Le travail consiste à calculer les surfaces SD (surface déblai) et SR (surface remblai) pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

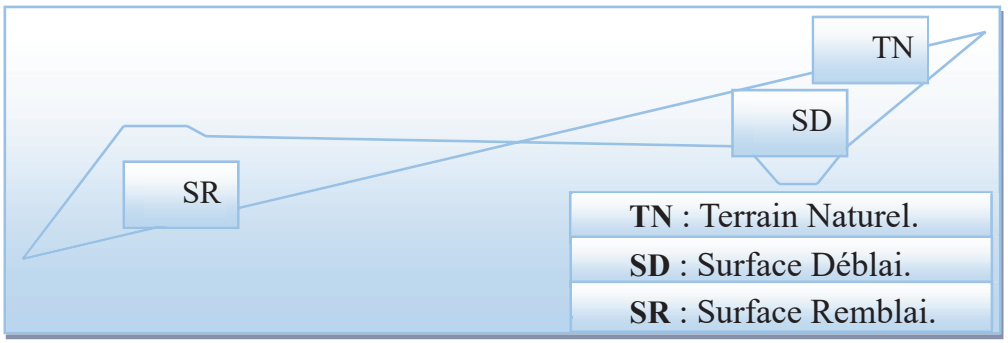


Figure XIII.1:La méthode utilisée pour calculer les cubatures.

XIII.3.1 Formule de SARRAUS :

On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux.

$$V = \frac{1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4 \times S_{MOY})$$

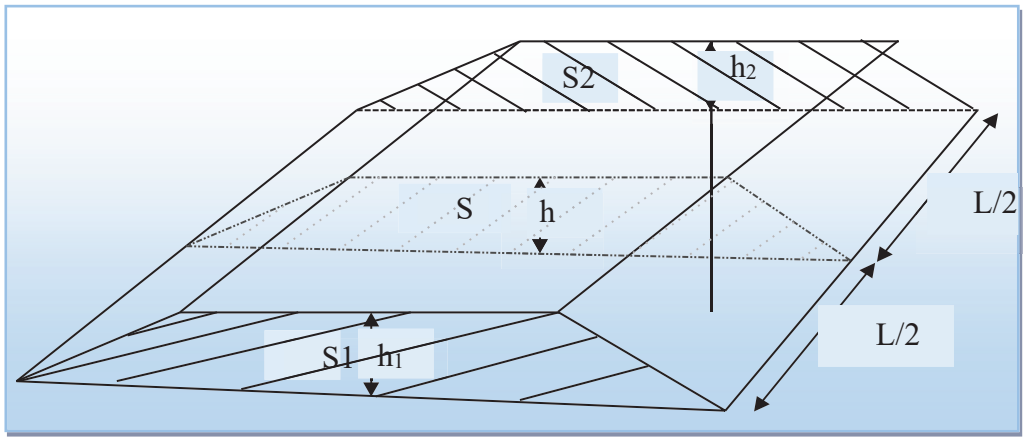


Figure XIII.2:Méthode de la moyenne des aires (projection horizontale).

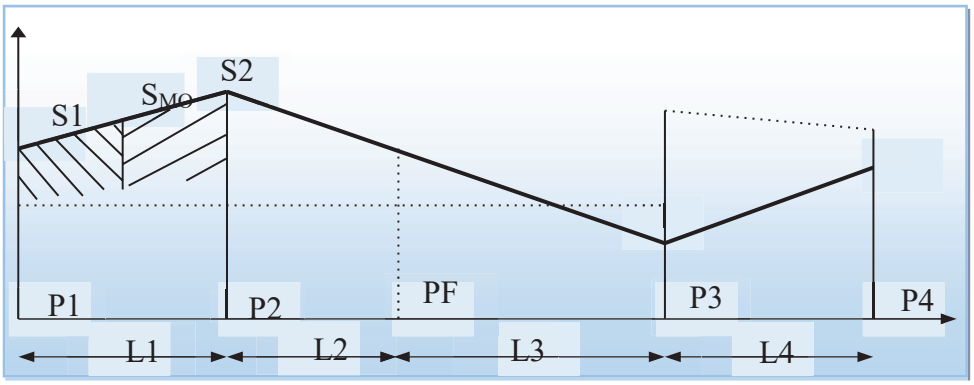


Figure XIII.3: Méthode de la moyenne des aires (projection verticale).

Avec:

- PF : profil fictive, surface nulle
- Si : surface de profil en travers Pi
- Li : distance entre ces deux profils
- S_{MOY} : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li)

Pour éviter des calculs longs, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S_{MOY} et (S1+S2) /2 Ceci donne :

$$V_i = \frac{Li}{2} (S_i + S_{i+1})$$

Donc les volumes seront :

Entre P1 et P2 : $V_1 = \frac{L1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Entre P2 et PF : $V_2 = \frac{L2}{2} \times (S_2 + 0)$

Entre PF et P3 : $V_3 = \frac{L3}{2} \times (0 + S_3)$

Entre P3 et P4 : $V_4 = \frac{L4}{2} \times (S_3 + S_4)$

En additionnant membres à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

$$V = \frac{L1}{2} \times S_1 + \frac{L1+L2}{2} \times S_2 + \frac{L2+L3}{2} \times 0 + \frac{L3+L4}{2} \times S_3 + \frac{L4}{2} \times S_4$$

XIII.3.2 Méthode de GULDEN :

Dans cette méthode les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée pour obtenir les volumes et les surfaces. Ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée. Si on utilise la méthode de GULDEN, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens.

XIII.3.3 Méthode linéaire :

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.

XIII.4 Application au projet :

Dans notre projet, le calcul est fait par logiciel **Autopiste 16**. Les résultats détaillés sont rassemblés dans L'annexe.

XIII.4.1 Volume des terrassements :

Remblais = 127855 m³ Déblai = 1473438 m³

CHAPITRE XIV
SIGNALISATION ET ÉCLAIRAGE

XIV. SIGNALISATION ET ECLAIRAGE :

XIV.1 SIGNALISATION :

La signalisation routière englobe tous les panneaux conventionnels installés sur les routes, dans le but de garantir la sécurité des usagers et de faciliter la circulation. Elle remplit deux fonctions principales : informer les conducteurs des dangers, des règles de circulation et des informations nécessaires à la prise de décisions, et leur fournir des repères et des équipements pour faciliter leurs déplacements.

Lors de l'étude générale, il est essentiel d'inclure l'analyse de la signalisation routière, qui englobe les éléments horizontaux (marquages au sol), verticaux (panneaux) et directionnels.

XIV.1.1 Objectifs de la signalisation routière :

- Rendre plus sûre la circulation routière,
- Orienter les usagers (conducteurs et piétons) en les informant des règles à respecter lors de leurs déplacements. Elle vise à leur fournir les indications nécessaires pour circuler en toute sécurité et conformément aux réglementations en vigueur.
- La signalisation routière vise à réduire les facteurs contribuant aux accidents de la route.

XIV.1.2 Règles à respecter pour la signalisation

Il est essentiel de se conformer aux règles suivantes :

- Les supports des panneaux de signalisation doivent être positionnés de manière à ne pas empiéter sur les bandes dérasées situées à droite et à gauche de la chaussée. Ils doivent être installés à une distance maximale des surfaces accessibles aux véhicules, afin d'assurer une circulation sécurisée.
- Il est essentiel d'établir une cohérence entre la signalisation verticale (panneaux) et horizontale (marquages au sol).
- Il est important d'éviter la présence de publicités irrégulières et d'utiliser des signaux qui pourraient fatiguer l'attention des usagers

XIV.1.3 Type de signalisation :

XIV.1.3.1 Signalisation horizontale :

Les marques sur la chaussée ont pour rôle de guider les usagers en leur fournissant quatre types d'informations :

- Délimiter et de répartir les espaces de déplacement pour les usagers de la route;
- Les règles de conduite ;
- Le stationnement;
- Le jalonnement.

XIV.1.3.1.1 Le dispositif adopté

Le dispositif qui a été adopté pour le présent projet est :

- Peinture en bande discontinue de type T1 2U, de 12 cm d'épaisseur : Elle est prévue à l'axe de chaque chaussée et sur tout le linéaire.
- Peinture en bande discontinue de type T3 2U, de 12 cm d'épaisseur : Elle est prévue en rive sur tout le linéaire où la chaussée est bordée par un accotement.
- Peinture en bande continue 3U, de 18 cm d'épaisseur : Elle est prévue en rive du côté du TPC et ilots des giratoires.

Tableau XIV-1: Modulation des lignes discontinues.

Type de marquage	Type de modulation	Largeur de trait (en cm)	Intervalle entre 2 traits successifs (m)	Rapports pleins vides
Axial	T_1	3	10	1/3
longitudinal	T'_2	1,5	5	1/3
	T_3	3	1,33	3
rive	T_2 T'_3	3 20	3,5 6	1 3
	T_4	39	13	3
Transversal	T'_2	0,5	0,5	1

XIV.1.3.1.2 Marquage en section courante :

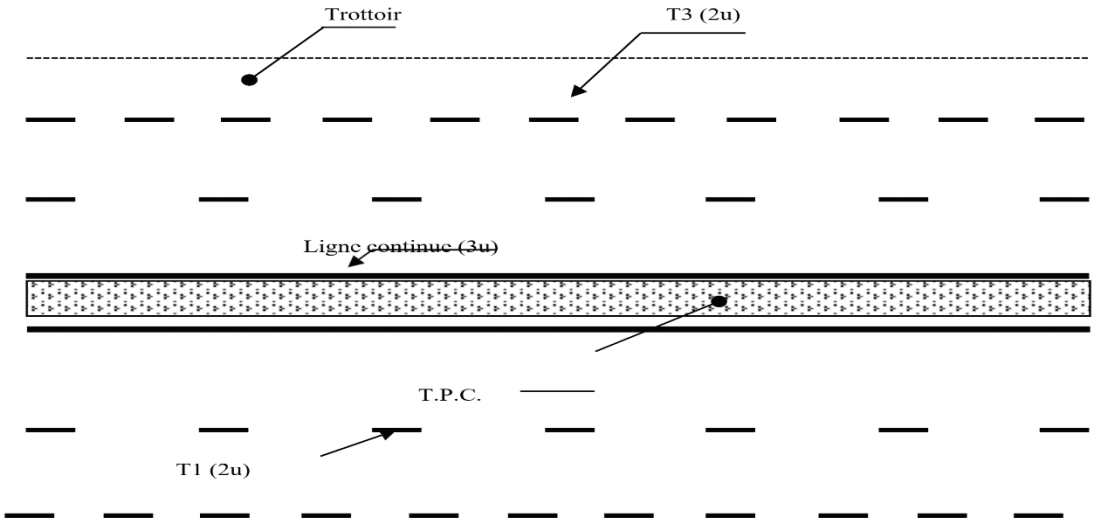


Figure XIV.1:Caractéristiques des lignes.

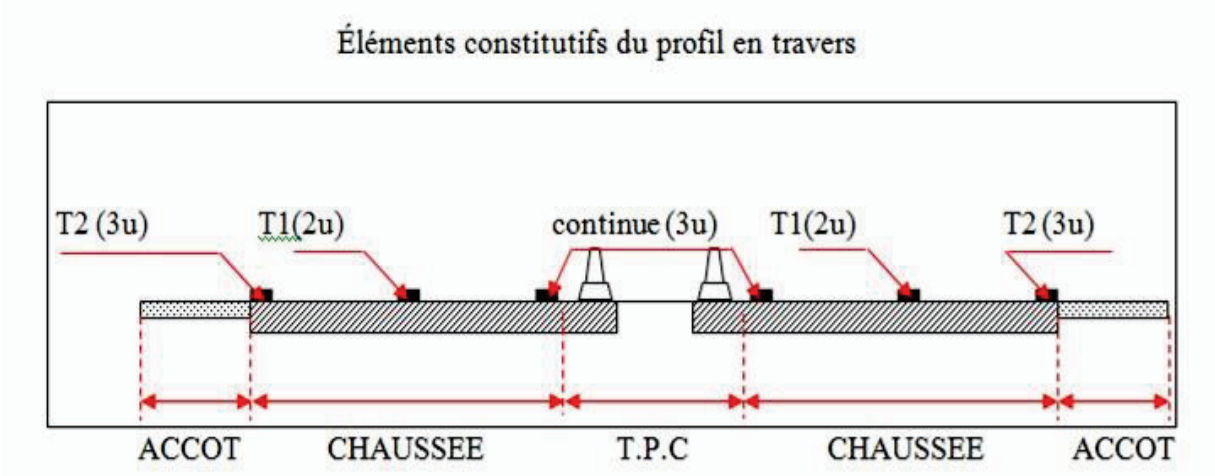


Figure XIV.2: signalisation horizontale du profil en travers

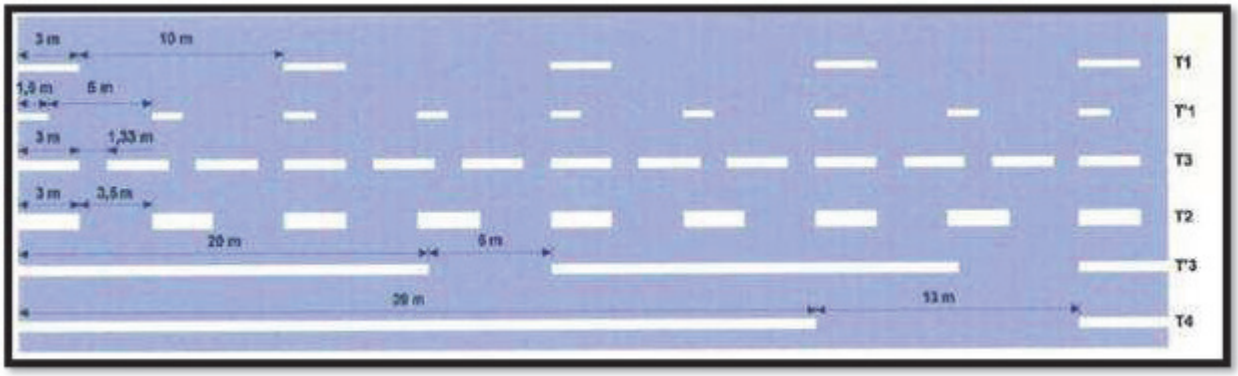


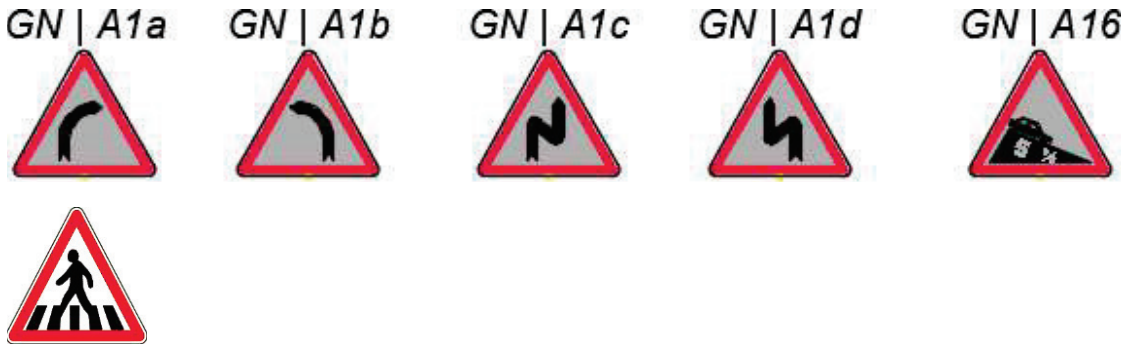
Figure XIV.3:Modulation des lignes discontinues.

Figure XIV.4:Modulation des lignes discontinues.

XIV.1.3.2 Signalisation verticale :

Panneaux types à adopter :

XIV.1.3.2.1 Signaux d'avertissement de danger :



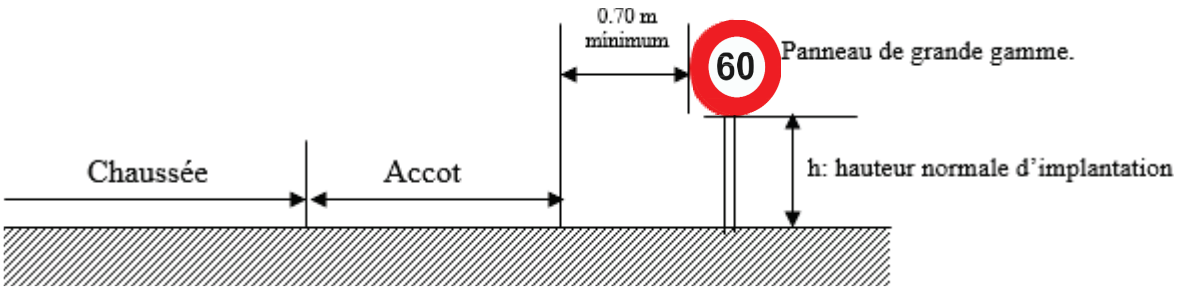
XIV.1.3.2.2 Signaux de priorité :



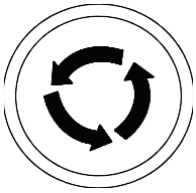
- Le panneau STOP est posé au niveau des pistes
- Le panneau CEDEZ LE PASSAGE est posé au niveau des branches d'accès aux giratoires.

XIV.1.3.2.3 Signaux restriction et d'obligation :

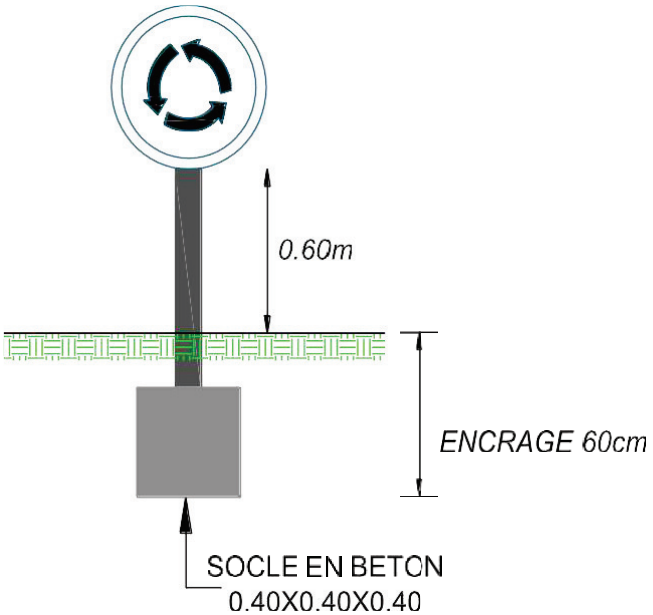




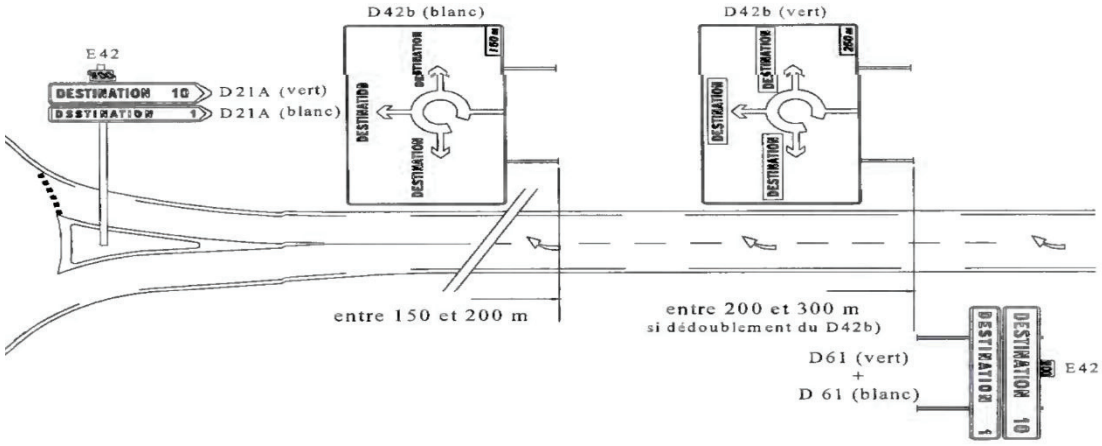
La vitesse est réduite progressivement par pallier de 20 km/h à l'approche des carrefours.



D3 SENS DE GIRATION



XIV.1.3.2.4 Signaux de directions :



XIV.2 Éclairage

L'éclairage public se réfère à toutes les installations d'éclairage utilisées dans les espaces publics, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des villes. Ces installations sont principalement situées le long des routes et des places, et servent à assurer la sécurité et le bien-être des individus.

Pour les routes, on distingue quatre catégories :

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

XIV.2.1 Paramètres de l'implantation des luminaires :

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

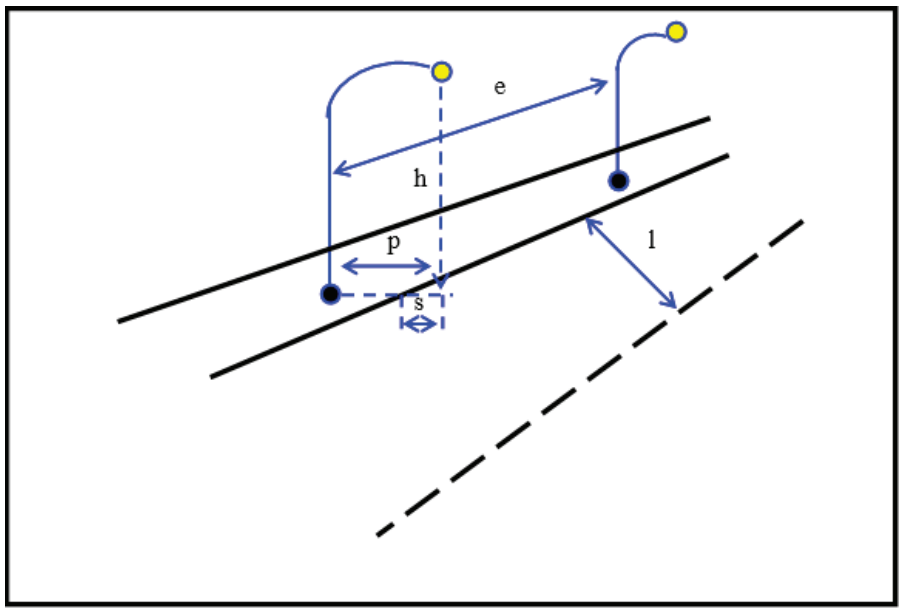


Figure XIV.5:Paramètres de l'implantation des luminaires

Figure XIV.6:Paramètres de l'implantation des luminaires

XIV.2.2 Application au projet :

Nous avons opté pour l'utilisation de luminaires LED de 180 watts.

Éclairage de la voie :

Les lampadaires sont positionnés au centre du TPC avec un intervalle de 30 mètres, et chaque lampadaire illumine une voie grâce à ses deux foyers.

Éclairage des carrefours :

Afin d'assurer une bonne visibilité des carrefours, les lampadaires sont installés de chaque côté de la chaussée, avec un espacement de 15 mètres entre eux.

CHAPITRE XV

IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XV. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XV.1 Introduction :

Le concept d'impact environnemental se réfère à toutes les altérations, en termes de qualité, de quantité et de fonctionnalité, qui se produisent dans l'environnement (qu'elles soient positives ou négatives) en raison d'un projet, depuis sa conception jusqu'à sa "fin de vie".

XV.2 Les principaux objectifs de l'étude

L'étude d'impact environnemental vise à identifier, évaluer et mesurer les effets directs et indirects à court, moyen et long terme d'un projet, ainsi qu'à proposer des mesures de compensation et de remèdes pour minimiser les effets négatifs. Les objectifs spécifiques de cette étude sont les suivants :

- Identifier et analyser les impacts environnementaux du projet
- Évaluer la portée des effets à court, moyen et long terme
- Proposer des mesures d'atténuation et de compensation pour réduire les effets négatifs
- Prévenir les dommages potentiels à l'environnement
- Favoriser la durabilité et la protection de l'environnement dans la mise en œuvre du projet.

XV.3 Impact du projet sur l'environnement :

XV.3.1 Impacts positifs :

- Optimisation de la commodité et de la sécurité des utilisateurs.
- Réduction de la durée du trajet.
- Réduction des dépenses liées à l'exploitation des véhicules.
- La création d'emplois temporaires

XV.3.2 Impacts négatifs :

XV.4 Impacts temporaires liés aux travaux :

XV.4.1 Impacts dus à la pollution de l'air :

- Une réduction de la visibilité ponctuelle et limitée dans certaines zones.

- La qualité de l'air sera impactée par les émissions de poussières et les pollutions atmosphériques.
- Une élévation temporaire du taux de brouillard

XV.4.2 Impact dû à l'accroissement du bruit et vibrations :

Les nuisances sonores, les vibrations et les émissions générées peuvent entraîner des répercussions sur la santé des résidents vivant à proximité de la route ainsi que sur la santé des travailleurs qui devront être muni d'équipement de protection personnalisés

XV.4.3 Impact sur la faune, flore :

- La présence des engins et équipements bruyants utilisés lors des travaux de construction entraîneront des perturbations dans l'environnement des animaux, modifiant ainsi leur comportement et les poussant à se déplacer temporairement.
- La zone d'étude est située dans une région naturelle distincte en termes de géographie, ce qui a des implications pour la flore environnante. De plus, les ouvrages prévus dans le cadre de l'étude d'assainissement serviront également de passages pour les animaux.
- Afin de compenser la diminution permanente de certaines parties de la flore, une opération de boisement sera entreprise en collaboration avec les autorités locales.
- Risque d'incendie.

XV.4.4 Impacts sur l'agriculture :

Dès la phase de travaux, la mise en œuvre du projet aura un effet direct sur le rendement agricole (tout le projet traverse une zone agricole).

XV.4.5 Impacts sur le bâti :

Grâce aux espaces disponibles et aux choix de conception judicieux, il n'y a aucun impact à signaler sur les structures existantes.

L'impact sur le bâti est considéré comme négligeable en termes d'importance.

XV.5 Impacts durables liées à l'exploitation :

XV.5.1 Pollution de l'air :

Des anomalies de comportement.

XV.5.2 Nuisances sonores et acoustique :

- Les personnes résidant à proximité de la route subissent des désagréments tels que le bruit (problèmes respiratoires).
- La qualité des habitats de diverses espèces se détériore.

XV.5.3 Impacts sur l'agriculture :

- Les agriculteurs subissent des pertes financières en raison de la fragmentation ou de la réduction de leurs terrains causées par la construction de la route.
- Les agriculteurs doivent parcourir des distances plus longues en raison de l'allongement de leurs trajets, et des surfaces de parcours sont prélevées sur de grandes distances le long de l'ensemble du projet.

XV.5.4 Impacts sur les ressources en eau :

- Il existe des risques de pollution chronique, liés aux eaux de ruissellement provenant de la chaussée, ainsi que des risques de pollution accidentelle causés par des accidents. Divers éléments, tels que des résidus, des pneumatiques, des huiles, des produits minéraux et des métaux lourds provenant des émissions polluantes des véhicules (comme le plomb, le zinc, le cadmium, le nickel), sont déposés sur la chaussée.
- Les cours d'eau subissent des recalibrages et une artificialisation, ce qui entraîne des modifications des bassins versants et une augmentation des risques d'inondation.
- Il existe un risque d'accidents et de contamination des forages, puits ou adductions d'eau potable situés à proximité de la route, mettant ainsi en danger la source d'eau.

XV.6 Mesures prises pour minimiser les impacts :

XV.6.1 Mesures en phase travaux :

- Il est essentiel de faire un choix avisé pour l'emplacement des zones d'installation de chantier et des routes d'accès, en les situant le plus loin possible des zones sensibles et des zones résidentielles.
- Il est nécessaire de prévoir des zones spécifiques réservées et aménagées pour l'entretien, le ravitaillement et le nettoyage des engins utilisés.
- Une surveillance sera exercée sur le réglage des moteurs des engins afin de limiter la production de fumées, de gaz ou d'odeurs désagréables, et d'en assurer le contrôle.
- Il est prévu une évacuation régulière des déchets du chantier vers un site de traitement approprié, ainsi que la récupération et l'élimination régulière des déchets générés pendant les travaux.
- Dans le cadre d'un plan d'aménagement paysager, des mesures de reboisement seront mises en place pour compenser le déboisement. Cependant, le déboisement sera strictement limité aux emprises nécessaires au projet, en particulier aux carrefours, aux zones de remblais et de déblais.

XV.6.2 Mesures en phase exploitation :

- Des mesures d'étanchéité seront prises pour prévenir toute infiltration de substances polluantes dans les accotements et les réseaux d'assainissement.
- Des inspections régulières seront effectuées sur les clôtures bordant la route afin de prévenir l'accès du bétail itinérant (comme les moutons, les chèvres, etc.) ainsi que des animaux sauvages (tels que les loups) qui vivent à proximité. Des passages spécifiques seront aménagés sur certains tronçons pour assurer leur déplacement en toute sécurité.

XV.7 Conclusion :

La réalisation de tout projet routier entraîne des effets néfastes sur l'environnement pendant la phase de construction et tout au long de son exploitation. Cependant, ces effets sont minimes par rapport aux avantages qu'offrira cette route.

Notre étude vise à réduire au minimum l'impact négatif sur l'environnement de la région, en assurant une surveillance continue de cet impact dans les années à venir, lorsque le trafic automobile sera plus important et que la pollution sera plus grave et dangereuse.

CHAPITRE XVI :
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	MONTANT
1	**TRAVAUX PREPARATOIRES**				
1,1	Installation du chantier	F	1	15 000 000,00	15 000 000,00
				Total 01	**15 000 000,00**
2	**TERRASSEMENTS**				
2,1	Décapage de terre végétale sur une épaisseur moyenne de 20 cm y compris mise en dépôt provisoire	M2	107 175.4	120,00	12 861 048.00
2,2	Déblai en grande masse	M3	1 342 451.7	400,00	53 6980 680.00
2,4	Déblais mise Remblais	M3	221 729.8	600,00	133 037 880.00
				Total 02	**682 879 608.00**
3	**TRAVAUX D'ASSAINISSSEMENT**				
3,1	F/P de fossé en béton au treillis soudés de forme trapézoïdale 1,5 x 0,5 x 0,5 m épaisseur 10 cm	ML	3110.5	5 000,00	15 552 500.00
3,2	F/p de buse en béton armé diamètre 800 mm y compris tète de buse en béton armé et toutes sujétions de bonne exécution	ML	66	28 000,00	1 848 000.00
3,3	F/p de buse en béton armé diamètre 1000 mm y compris tète de buse en béton armé et toutes sujétions de bonne exécution	ML	110	32 000,00	3 520 000.00
3,4	F F/p de buse en béton armé diamètre 1200 mm y compris tète de buse en béton armé et toutes sujétions de bonne exécution	ML	66	38 000,00	2 508 000.00
3.5	F F/p de buse en béton armé diamètre 1500 mm y compris tète de buse en béton armé et toutes sujétions de bonne exécution	ML	154	45 000.00	6 930 000.00
3,6	F/p de dalot en béton armé	ML	82.823	42 000.00	3478566.00
				Total 03	**33 837 066.00**
4	**TRAVAUX DE CHAUSSEE**				
4,1	Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation en GNT épaisseur 30 cm y compris réglage et compactage de forme	M3	48 643.1	2 000,00	97286200.00
4,2	Terre végétale sur ilots et talus épaisseur 20 cm	M3	8 461.4	500,00	4230700
4,3	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de grave bitume GB épaisseur 20 cm y compris couche d'accrochage intermédiaire en émulsion de bitume résiduel 0,3 kg/m2	T	76 932.93	8 500,00	653929905.00

4,4	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de roulement en béton bitumineux y compris couche d'accrochage sur GB épaisseur 0,06 m	T	29 716.925	9 000,00	267452325.00

4.5	Fourniture, Transportet Mise en Ouvre du matériau la couche de forme en tuf 60 cm	M3	129 471.8	1000.00	129471800.00
				Total 04	**1 152 370 930.00**
5	**EQUIPEMENTS**				
5,1	F/p de glissière métallique simple y compris toutes sujétions de bonne exécution	ML	20 250	4 000,00	81 000 000.00
5,2	F/p de bordure de trottoirs pour ilots de giratoire	ML	700	1 200,00	840 000.00
5,3	Séparation en béton double (DBA)	ML	10 110	6500,00	65 715 000.00
5.4	L'éclairage public	ML	10 400	4500,00	46 800 000.00
5,6	**Signalisation horizontale**	ML	86 101.6	250.00	21 525 400.00
5,7	**Signalisation verticale**	U	105	25000.00	2 625 000.00
				Total 05	**218 505 400.00**
6	**OUVRAGES D'ART**				
6,1	Ouvrages d'art courants (poutres précontraintes)	M2	1 740	400 000.00	696 000 000.00
				Total 06	**696 000 000.00**
				TOTAL HT	**2 798 593 004.00**
				TOTAL TVA 19 %	**531 732 670,76**
				TOTAL TTC	**3 330 325 674,76**

Le devis quantitatif et estimatif est arrêté à la somme de (en lettres) : " toutes taxes comprises » : **Trois milliards trois cent trente millions trois cent vingt-cinq mille six cent soixante-quatorze virgule soixante-seize**. Toutes Taxes Comprises. (en chiffres) : **3 330 325 674,76 TTC**

Conclusion générale

Pour nous, ce projet de fin d'études représente une précieuse opportunité d'acquérir une expérience concrète dans la réalisation d'un projet réel. Au cours de ce travail, nous avons pu constater l'importance des connaissances théoriques que nous avons acquises au cours de nos trois années d'études à l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics. Ce projet nous a permis d'être confrontés aux défis techniques et administratifs auxquels on peut être confronté dans le cadre d'un projet routier.

Dans le cadre de notre projet visant le dédoublement de la RN5, nous avons :

- Nous avons minutieusement suivi le tracé de la route existante et pu récupérer la majeure partie de la chaussée, qui présente généralement de bonnes caractéristiques géométriques, à l'exception de certains tronçons.
- Nous avons fait de notre mieux pour minimiser les contraintes existantes telles que les arbres, les constructions et les réseaux divers, en tenant compte également de l'aspect économique du projet.

En outre, ce projet de fin d'études nous a donné l'opportunité de développer une solide maîtrise des outils informatiques, notamment les logiciels tels que COVADIS, AUTOCAD, ALIZE et GLOBAL MAPPER.

Ce projet nous a offert une précieuse opportunité d'enrichir nos connaissances, de détecter et de résoudre les problèmes rencontrés lors de l'élaboration du projet. Nous espérons que les travaux que nous avons réalisés marquent notre première avancée vers notre future carrière professionnelle.

Bibliographie

- Le guide technique Assainissement routier-Edition Octobre 2006
- ARP-1994
- GTR (Guide des Terrassement Routiers, Réalisation des remblais et des couches de formes. SETRA – 1994.
- Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves. Ministère des Travaux Publics / « CTTP ». 2001.
- Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales – Carrefours plans, SETRA, décembre 1998
- ENSTP anciennes mémoires de fin d'étude.
- Cours Enstp 2 -ème année d'hydraulique de Mr RAHMANI
- Cours Enstp 1ère et 2èmeannée de route de Mr KARA BENCHOHRA
- Manuel de projet de route de Mr GOUMETRE AHMED & Mme KALLI FATIMA
- Cours Enstp 2 -ème année de géotechnique routière Mm DERRICHE FATIMA ZOHRA

Sites web :

- https://fr.wikipedia.org/wiki/Route_nationale_5_%28Alg%C3%A9rie%29
- Réseau routier de Bouira (wilaya-bouira.dz)
- Gestion intelligente du trafic routier | VITRONIC | Aperçu
- Infrastructure routière intelligente – Intel

ANNEXE

ANNEXE

Annexe 1 : caractéristiques des bassins versants

BV	Abscisse	LONGUEUR	pente	SURFACE	TC	PERIODE DE RETOUR	COEF DE MONTANA		intensité	C	Débit	ouvrage	Dimension
		(m)	(%)	(km²)	(h)		a	b	(mm/h)		(m3/s)		(mm)
1	0+095.700	328,05	24,39%	0,1004	0,08	T2	17,4	0,59	77,219	0,62	1,340	Buse	1500
						T5	23,3		103,403		1,794		
						T10	27,3		121,155		2,102		
						T20	31		137,575		2,386		
						T50	35,9		159,320		2,764		
						T100	39,6		175,741		3,049		
2	0+405.826	319,25	20,80%	0,05160	0,06	T2	17,4	0,59	91,504	0,62	0,816	Buse	1200
						T5	23,3		122,531		1,092		
						T10	27,3		143,567		1,280		
						T20	31		163,024		1,453		
						T50	35,9		188,793		1,683		
						T100	39,6		208,250		1,857		
3	0+603.596	712	17,02%	0,3224	0,17	T2	17,4	0,59	49,498	0,62	2,757	Dalot	1500×1.500
						T5	23,3		66,281		3,692		
						T10	27,3		77,66		4,326		
						T20	31		88,185		4,912		
						T50	35,9		102,124		5,689		
						T100	39,6		112,65		6,275		
4	0+783.265	566,89	21,80%	0,03802	0,05	T2	17,4	0,59	101,896	0,62	0,669	Buse	1200
						T5	23,3		136,447		0,896		
						T10	27,3		159,871		1,050		
						T20	31		181,539		1,193		
						T50	35,9		210,234		1,381		
						T100	39,6		231,901		1,523		
5	0+921.118	566,89	21,80%	0,0976	0,08	T2	17,4	0,59	77,219	0,62	1,302	Buse	1500
						T5	23,3		103,403		1,744		
						T10	27,3		121,155		2,043		
						T20	31		137,575		2,320		
						T50	35,9		159,32		2,687		
						T100	39,6		175,741		2,964		
6	1+135.009	292	21,25%	0,1662	0,11	T2	17,4	0,59	63,992	0,62	1,216	Buse	1500
						T5	23,3		85,691		1,629		
						T10	27,3		100,402		1,908		
						T20	31		114,009		2,167		
						T50	35,9		132,03		2,509		
						T100	39,6		145,638		2,768		
7	1+246.949	168,31	21,76%	0,01897	0,05	T2	17,4	0,59	101,896	0,62	0,334	Buse	800
						T5	23,3		136,447		0,447		
						T10	27,3		159,871		0,524		
						T20	31		181,539		0,595		

						T50	35,9		210,234		0,689		
						T100	39,6		231,901		0,76		
8	1+477.011	9307	7,90%	26,388	1,59	T2	17,4	0,59	13,235	0,55	52,872	Ouvrage d' Art	
						T5	23,3		17,723		70,801		
						T10	27,3		20,765		82,953		
						T20	31		23,58		94,199		
						T50	35,9		27,307		109,09		
						T100	39,6		30,121		120,33		
9	1+631.337	2407	12,87%	1,57	0,44	T2	17,4	0,59	28,243	0,64	7,932	Dalot	3000×2000
						T5	23,3		37,82		10,622		
						T10	27,3		44,312		12,445		
						T20	31		50,318		14,132		
						T50	35,9		58,272		16,366		
						T100	39,6		64,277		18,053		
10	1+924.226	149	8,47%	0,1703	0,18	T2	17,4	0,59	47,856	0,55	1,234	BUSE	1000
						T5	23,3		64,083		1,652		
						T10	27,3		75,085		1,936		
						T20	31		85,261		2,198		
						T50	35,9		98,738		2,546		
						T100	39,6		108,914		2,808		
11	2+372.439	1954	10,69%	0,00505	0,05	T2	17,4	0,59	101,896	0,64	0,092	fossé	EVACUER VERS BV10
						T5	23,3		136,447		0,123		
						T10	27,3		159,871		0,144		
						T20	31		181,539		0,164		
						T50	35,9		210,234		0,19		
						T100	39,6		231,901		0,209		
12	2+107.458	50,033	19,99%	2,535	0,45	T2	17,4	0,59	27,871	0,64	12,639	Dalot	3000×3000
						T5	23,3		37,322		16,925		
						T10	27,3		43,729		19,83		
						T20	31		49,655		22,518		
						T50	35,9		57,504		26,077		
						T100	39,6		63,431		28,765		
13	2+590.951	178,54	22,40%	0,01764	0,05	T2	17,4	0,59	101,896	0,64	0,322	Buse	800
						T5	23,3		136,447		0,431		
						T10	27,3		159,871		0,504		
						T20	31		181,539		0,573		
						T50	35,9		210,234		0,663		
						T100	39,6		231,901		0,732		
14	2+935.592	337	19,80%	0,2233	0,13	T2	17,4	0,59	57,986	0,64	2,316	Dalot	1500×1500
						T5	23,3		77,648		3,102		
						T10	27,3		90,978		3,634		
						T20	31		103,308		4,127		
						T50	35,9		119,638		4,779		
						T100	39,6		131,968		5,272		

15	3+122.290	214,76	23,28%	0,02634	0,05	T2	17,4	0,59	101,896	0,64	0,48	buse	1000
						T5	23,3		136,447		0,643		
						T10	27,3		159,871		0,753		
						T20	31		181,539		0,855		
						T50	35,9		210,234		0,991		
						T100	39,6		231,901		1,093		
16	3+410.647	637	15,56%	0,4715	0,22	T2	17,4	0,59	42,513	0,64	3,586	Dalot	2000×2000
						T5	23,3		56,928		4,802		
						T10	27,3		66,701		5,626		
						T20	31		75,741		6,388		
						T50	35,9		87,713		7,398		
						T100	39,6		96,753		8,161		
17	3+577.408	110,77	11,74%	0,01297	0,05	T2	17,4	0,59	101,896	0,67	0,244	Buse	800
						T5	23,3		136,447		0,327		
						T10	27,3		159,871		0,384		
						T20	31		181,539		0,436		
						T50	35,9		210,234		0,504		
						T100	39,6		231,901		0,556		
18	3+951.832	386	17,29%	0,3295	0,18	T2	17,4	0,59	47,856	0,67	2,917	Dalot	2000×2000
						T5	23,3		64,083		3,906		
						T10	27,3		75,085		4,577		
						T20	31		85,261		5,197		
						T50	35,9		98,738		6,019		
						T100	39,6		108,914		6,639		
19	4+137.783	169,71	21,49%	0,02165	0,05	T2	17,4	0,59	101,896	0,67	0,408	Buse	1000
						T5	23,3		136,447		0,547		
						T10	27,3		159,871		0,64		
						T20	31		181,539		0,727		
						T50	35,9		210,234		0,842		
						T100	39,6		231,901		0,929		
20	4+359.259	233	16,83%	0,2096	0,14	T2	17,4	0,59	55,505	0,67	2,152	Dalot	1500×1500
						T5	23,3		74,326		2,882		
						T10	27,3		87,086		3,377		
						T20	31		98,889		3,835		
						T50	35,9		114,519		4,441		
						T100	39,6		126,322		4,898		
21	4+515.495	51,85	4,82%	0,00331	0,05	T2	17,4	0,59	101,896	0,67	0,062	BUSE	800
						T5	23,3		136,447		0,084		
						T10	27,3		159,871		0,098		
						T20	31		181,539		0,111		
						T50	35,9		210,234		0,129		
						T100	39,6		231,901		0,142		
22	4+584.453	28,529	7,01%	0,00107	0,05	T2	17,4	0,59	101,896	0,67	0,02	fosse	EVACUER VERS BV21
						T5	23,3		136,447		0,027		

						T10	27,3		159,871		0,032		
						T20	31		181,539		0,036		
						T50	35,9		210,234		0,042		
						T100	39,6		231,901		0,046		
23	4+872.896	84	16,49%	0,1944	0,14	T2	17,4	0,59	55,505	0,73	2,194	Dalot	1500×1500
						T5	23,3		74,326		2,938		
						T10	27,3		87,086		3,442		
						T20	31		98,889		3,909		
						T50	35,9		114,519		4,527		
						T100	39,6		126,322		4,993		
24	5+092.094	16	24,73%	0,172	0,11	T2	17,4	0,59	63,992	0,73	2,238	Dalot	1500×1500
						T5	23,3		85,691		2,997		
						T10	27,3		100,402		3,511		
						T20	31		114,009		3,987		
						T50	35,9		132,03		4,618		
						T100	39,6		145,638		5,093		
25	5+379.023	293,61	17,03%	0,0876	0,09	T2	17,4	0,59	72,035	0,73	1,283	Buse	1500
						T5	23,3		96,461		1,718		
						T10	27,3		113,021		2,013		
						T20	31		128,339		2,286		
						T50	35,9		148,625		2,647		
						T100	39,6		163,943		2,92		
26	5+658.153	255,38	16,53%	0,04212	0,06	T2	17,4	0,59	91,504	0,73	0,784	Buse	1200
						T5	23,3		122,531		1,049		
						T10	27,3		143,567		1,23		
						T20	31		163,024		1,396		
						T50	35,9		188,793		1,617		
						T100	39,6		208,25		1,784		
27	5+887.047	207,86	13,75%	0,0778	0,1	T2	17,4	0,59	67,694	0,73	1,071	Buse	1500
						T5	23,3		90,648		1,434		
						T10	27,3		106,209		1,68		
						T20	31		120,604		1,908		
						T50	35,9		139,667		2,209		
						T100	39,6		154,062		2,437		
28	6+202.990	70,741	17,40%	0,03513	0,06	T2	17,4	0,59	91,504	0,73	0,654	Buse	1000
						T5	23,3		122,531		0,875		
						T10	27,3		143,567		1,026		
						T20	31		163,024		1,164		
						T50	35,9		188,793		1,349		
						T100	39,6		208,25		1,488		
29	8+224.931	314,17	4,14%	0,1029	0,2	T2	17,4	0,59	44,972	0,54	0,694	Buse	1000
						T5	23,3		60,221		0,93		
						T10	27,3		70,559		1,089		
						T20	31		80,122		1,237		

						T50	35,9		92,787		1,432		
						T100	39,6		102,35		1,58		

Annexe 2 : AXE EN PLAN

Axe En Plan

Nom du dessin	RN05 28.05.2023
Nom de l'axe	RN05 – AX-Ded-RN05
Table associée	ARP R60 2x2 voies
Date du listing	14/06/2023 à 04:17:48

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	153.43gr	13 807	0+000.000	574882 580	4033546 253
Arc 1	Rayon	-120.000 m	38 243	0+013.807	574891 804	4033535 978
	Centre X	574802.510 m				
	Centre Y	4033455.813 m				
Droite 2	Gisement	173.71gr	41 434	0+052.051	574912 426	4033503 963
Arc 2	Rayon	900.000 m	182 342	0+093.484	574929 051	4033466 011
	Centre X	575753.421 m				
	Centre Y	4033827.141 m				
Droite 3	Gisement	160.82gr	295 726	0+275.827	575018 579	4033307 519
Clothoïde 1	Paramètre	310 524	133 000	0+571.552	575189 318	4033066 061
Arc 3	Rayon	725.000 m	154 985	0+704.552	575269 360	4032959 906
	Centre X	575820.488 m				
	Centre Y	4033430.951 m				
Clothoïde 2	Paramètre	-310 524	133 000	0+859.537	575381 836	4032853 707
Droite 4	Gisement	135.53gr	144 478	0+992.537	575492 409	4032779 887
Clothoïde 3	Paramètre	-115 572	89 047	1+137.015	575614 965	4032703 377
Arc 4	Rayon	-150.000 m	43 354	1+226.061	575685 202	4032649 208
	Centre X	575572.025 m				
	Centre Y	4032550.765 m				
Clothoïde 4	Paramètre	115 572	89 047	1+269.416	575708 565	4032612 867
Droite 5	Gisement	191.72gr	266 430	1+358.462	575728 692	4032526 482
Clothoïde 5	Paramètre	141 355	99 906	1+624.892	575763 240	4032262 301
Arc 5	Rayon	200.000 m	83 188	1+724.799	575784 325	4032164 928
	Centre X	575970.072 m				
	Centre Y	4032239.076 m				
Clothoïde 6	Paramètre	-141 355	99 906	1+807.987	575830 122	4032096 199
Clothoïde 7	Paramètre	-141 355	99 906	1+907.894	575911 868	4032039 247
Arc 6	Rayon	-200.000 m	41 206	2+007.800	575993 615	4031982 295
	Centre X	575853.664 m				
	Centre Y	4031839.418 m				
Clothoïde 8	Paramètre	141 355	99 906	2+049.006	576019 885	4031950 642
Droite 6	Gisement	178.36gr	270 197	2+148.913	576060 797	4031859 800
Clothoïde 9	Paramètre	115 572	89 047	2+419.110	576150 890	4031605 066
Arc 7	Rayon	150.000 m	38 273	2+508.157	576188 575	4031524 771
	Centre X	576309.178 m				
	Centre Y	4031613.961 m				
Clothoïde 10	Paramètre	-115 572	89 047	2+546.430	576214 990	4031497 219
Droite 7	Gisement	124.32gr	322 607	2+635.477	576293 628	4031456 187
Arc 8	Rayon	-900.000 m	164 964	2+958.083	576592 975	4031335 912
	Centre X	576257.433 m				

	Centre Y	4030500.800 m				
Droite 8	Gisement	135.99gr	14 900	3+123.048	576739 570	4031260 763
Clothoïde 11	Paramètre	209 141	124 971	3+137.947	576752 151	4031252 782
Arc 9	Rayon	350.000 m	2 067	3+262.918	576861 316	4031192 312
	Centre X	576993.350 m				
	Centre Y	4031516.453 m				
Clothoïde 12	Paramètre	-209 141	124 971	3+264.986	576863 233	4031191 538
Clothoïde 13	Paramètre	-209 141	124 971	3+389.956	576983 772	4031159 230
Arc 10	Rayon	-350.000 m	199 458	3+514.927	577104 311	4031126 922
	Centre X	576974.194 m				
	Centre Y	4030802.008 m				
Clothoïde 14	Paramètre	87 285	21 768	3+714.385	577259 050	4031005 372
Clothoïde 15	Paramètre	87 285	50 791	3+736.153	577271 327	4030987 399
Arc 11	Rayon	150.000 m	31 032	3+786.944	577301 837	4030946 873
	Centre X	577410.747 m				
	Centre Y	4031050.017 m				
Clothoïde 16	Paramètre	-79 788	42 441	3+817.976	577325 346	4030926 702
Droite 9	Gisement	129.55gr	67 557	3+860.417	577362 325	4030905 950
Clothoïde 17	Paramètre	67 496	37 964	3+927.974	577422 732	4030875 703
Arc 12	Rayon	120.000 m	28 370	3+965.938	577457 488	4030860 534
	Centre X	577493.643 m				
	Centre Y	4030974.958 m				
Clothoïde 18	Paramètre	-64 843	35 039	3+994.308	577485 294	4030855 249
Clothoïde 19	Paramètre	-64 843	16 172	4+029.347	577520 286	4030856 219
Arc 13	Rayon	-260.000 m	162 353	4+045.518	577536 422	4030857 285
	Centre X	577548.187 m				
	Centre Y	4030597.552 m				
Clothoïde 20	Paramètre	116 143	51 881	4+207.872	577690 493	4030815 150
Clothoïde 21	Paramètre	116 143	112 410	4+259.753	577731 912	4030783 945
Arc 14	Rayon	120.000 m	12 691	4+372.163	577828 343	4030728 333
	Centre X	577853.424 m				
	Centre Y	4030845.683 m				
Clothoïde 22	Paramètre	-64 501	34 670	4+384.854	577840 871	4030726 341
Clothoïde 23	Paramètre	-64 501	34 670	4+419.524	577875 507	4030726 047
Arc 15	Rayon	-120.000 m	67 806	4+454.194	577910 144	4030725 753
	Centre X	577897.590 m				
	Centre Y	4030606.411 m				
Clothoïde 24	Paramètre	119 283	118 570	4+522.000	577972 095	4030700 480
Droite 10	Gisement	174.10gr	22 607	4+640.571	578035 509	4030601 813
Clothoïde 25	Paramètre	115 572	89 047	4+663.177	578044 456	4030581 051
Arc 16	Rayon	150.000 m	63 262	4+752.224	578087 428	4030503 458
	Centre X	578201.795 m				
	Centre Y	4030600.516 m				
Clothoïde 26	Paramètre	-115 572	89 047	4+815.486	578137 181	4030465 146
Droite 11	Gisement	109.45gr	68 745	4+904.533	578223 180	4030443 427
Clothoïde 27	Paramètre	99 953	49 953	4+973.278	578291 168	4030433 255
Arc 17	Rayon	200.000 m	35 419	5+023.231	578340 802	4030427 930
	Centre X	578345.526 m				
	Centre Y	4030627.874 m				
Clothoïde 28	Paramètre	-99 953	49 953	5+058.650	578376 099	4030430 224
Droite 12	Gisement	82.28gr	183 005	5+108.603	578424 626	4030441 931

Arc 18	Rayon	120.000 m	61 838	5+291.608	578600 587	4030492 216
	Centre X	578567.615 m				
	Centre Y	4030607.597 m				
Clothoïde 29	Paramètre	-49 310	20 262	5+353.446	578653 166	4030523 449
Clothoïde 30	Paramètre	-49 310	20 262	5+373.708	578666 535	4030538 665
Arc 19	Rayon	-120.000 m	176 702	5+393.970	578679 905	4030553 882
	Centre X	578765.456 m				
	Centre Y	4030469.734 m				
Clothoïde 31	Paramètre	33 013	9 082	5+570.672	578840 804	4030563 130
Clothoïde 32	Paramètre	33 013	7 268	5+579.754	578847 725	4030557 251
Arc 20	Rayon	149.954 m	62 784	5+587.021	578853 243	4030552 522
	Centre X	578948.978 m				
	Centre Y	4030667.939 m				
Droite 13	Gisement	117.43gr	109 355	5+649.805	578908 437	4030523 569
Arc 21	Rayon	-900.000 m	79 111	5+759.161	579013 720	4030494 004
	Centre X	578770.395 m				
	Centre Y	4029627.520 m				
Droite 14	Gisement	123.02gr	44 427	5+838.272	579088 847	4030469 297
Arc 22	Rayon	-1200.000 m	234 250	5+882.699	579130 400	4030453 577
	Centre X	578705.797 m				
	Centre Y	4029331.208 m				
Droite 15	Gisement	135.45gr	182 208	6+116.948	579340 042	4030349 900
Clothoïde 33	Paramètre	98 859	81 443	6+299.156	579494 720	4030253 597
Arc 23	Rayon	120.000 m	11 194	6+380.599	579567 895	4030218 800
	Centre X	579593.794 m				
	Centre Y	4030335.972 m				
Clothoïde 34	Paramètre	-98 859	81 443	6+391.793	579578 922	4030216 897
Droite 16	Gisement	86.31gr	527 889	6+473.236	579659 527	4030225 155
Arc 24	Rayon	-900.000 m	212 371	7+001.125	580175 251	4030337 830
	Centre X	580367.351 m				
	Centre Y	4029458.570 m				
Droite 17	Gisement	101.33gr	491 917	7+213.496	580386 131	4030358 374
Clothoïde 35	Paramètre	-187 748	117 498	7+705.413	580877 941	4030348 109
Arc 25	Rayon	-300.000 m	377 208	7+822.911	580994 804	4030338 020
	Centre X	580930.302 m				
	Centre Y	4030045.036 m				
Clothoïde 36	Paramètre	187 748	117 498	8+200.119	581228 900	4030074 012
Droite 18	Gisement	206.31gr	108 044	8+317.616	581224 931	4029956 781
Arc 26	Rayon	-900.000 m	130 234	8+425.660	581214 243	4029849 267
	Centre X	580318.658 m				
	Centre Y	4029938.304 m				
Droite 19	Gisement	215.52gr	166 862	8+555.895	581192 043	4029721 054
Arc 27	Rayon	1200.000 m	67 565	8+722.757	581151 765	4029559 126
	Centre X	582316.279 m				
	Centre Y	4029269.460 m				
Droite 20	Gisement	211.94gr	55 250	8+790.322	581137 309	4029493 135
Arc 28	Rayon	20000.000 m	319 032	8+845.572	581127 011	4029438 853
	Centre X	600776.505 m				
	Centre Y	4025710.934 m				
Droite 21	Gisement	210.92gr	42 241	9+164.605	581070 047	4029124 951
Arc 29	Rayon	-15600.000 m	267 758	9+206.846	581062 836	4029083 330

	Centre X	565691.799 m				
	Centre Y	4031746.262 m				
Droite 22	Gisement	212.01gr	809 864	9+474.604	581014 868	4028819 907
Arc 30	Rayon	300.000 m	54 100	10+284.469	580862 948	4028024 419
	Centre X	581157.622 m				
	Centre Y	4027968.143 m				
Droite 23	Gisement	200.53gr	66 728	10+338.569	580857 633	4027970 654
				10+405.297	580857 074	4027903 928
Longueur totale de l'axe 10405.297 mètre(s)						

Annexe 3 : PROFIL EN LONG

Profil En Long Projet

Nom du dessin	RN05 28.05.2023
Nom de l'axe	RN05 – AX-Ded-RN05
Table associée	ARP R60 2x2 voies
Date du listing	14/06/2023 à 04:17:48

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Cubique 1			1104 701	0+000.000	347 020
Pente 1	Pente	1.90 %	3 521	1+104.701	370 157
Parabole 1	Rayon	-1800.000 m	43 429	1+108.222	370 224
	Sommet Absc.	1+142.479 m			
	Sommet Alt.	370.550 m			
Pente 2	Pente	-0.51 %	96 688	1+151.651	370 527
Cubique 2	Rayon	= 1676.462 m	31 362	1+248.339	370 034
	Sommet Absc.	1+254.150 m			
	Sommet Alt.	370.021 m			
	Rayon	= -1676.462 m			
	Sommet Absc.	1+266.508 m			
	Sommet Alt.	370.036 m			
Cubique 3	Rayon	= 4105.619 m	250 000	1+279.701	369 947
	Sommet Absc.	1+342.182 m			
	Sommet Alt.	369.474 m			
Cubique 4			179 162	1+529.701	372 587
Pente 3	Pente	6.28 %	3 589	1+708.863	381 483
Parabole 2	Rayon	-7000.000 m	72 574	1+712.452	381 708
	Sommet Absc.	2+152.234 m			
	Sommet Alt.	395.523 m			
Pente 4	Pente	5.25 %	8 396	1+785.026	385 891
Parabole 3	Rayon	10000.000 m	125 417	1+793.422	386 332
	Sommet Absc.	1+268.839 m			
	Sommet Alt.	372.572 m			
Pente 5	Pente	6.50 %	0 371	1+918.839	393 697
Parabole 4	Rayon	-6400.000 m	84 963	1+919.209	393 721
	Sommet Absc.	2+335.209 m			
	Sommet Alt.	407.241 m			
Pente 6	Pente	5.17 %	65 664	2+004.172	398 680
Parabole 5	Rayon	150000.000 m	316 287	2+069.836	402 077
	Sommet Absc.	-5+-688.837 m			
	Sommet Alt.	201.420 m			
Pente 7	Pente	5.38 %	42 262	2+386.123	418 770
Parabole 6	Rayon	25000.000 m	150 601	2+428.386	421 045
	Sommet Absc.	1+082.559 m			
	Sommet Alt.	384.820 m			
Pente 8	Pente	5.99 %	40 688	2+578.987	429 606
Parabole 7	Rayon	50000.000 m	304 412	2+619.675	432 041
	Sommet Absc.	0+-373.181 m			
	Sommet Alt.	342.469 m			
Pente 9	Pente	6.59 %	4 097	2+924.087	451 189
Parabole 8	Rayon	100000.000 m	28 143	2+928.184	451 459

	Sommet Absc.	-3+-666.352 m			
	Sommet Alt.	234.020 m			
Pente 10	Pente	6.62 %	39 702	2+956.327	453 319
Parabole 9	Rayon	-30000.000 m	94 038	2+996.029	455 949
	Sommet Absc.	4+982.833 m			
	Sommet Alt.	521.738 m			
Pente 11	Pente	6.31 %	31 649	3+090.067	462 029
Parabole 10	Rayon	-6000.000 m	183 348	3+121.716	464 026
	Sommet Absc.	3+500.270 m			
	Sommet Alt.	475.968 m			
Pente 12	Pente	3.25 %	152 201	3+305.065	472 792
Parabole 11	Rayon	-6000.000 m	55 589	3+457.265	477 744
	Sommet Absc.	3+652.470 m			
	Sommet Alt.	480.919 m			
Pente 13	Pente	2.33 %	91 264	3+512.854	479 295
Parabole 12	Rayon	6000.000 m	170 366	3+604.118	481 419
	Sommet Absc.	3+464.502 m			
	Sommet Alt.	479.794 m			
Pente 14	Pente	5.17 %	67 021	3+774.484	487 802
Parabole 13	Rayon	6000.000 m	94 654	3+841.505	491 264
	Sommet Absc.	3+531.522 m			
	Sommet Alt.	483.257 m			
Pente 15	Pente	6.74 %	72 547	3+936.158	496 901
Parabole 14	Rayon	-6000.000 m	55 885	4+008.705	501 794
	Sommet Absc.	4+413.341 m			
	Sommet Alt.	515.438 m			
Pente 16	Pente	5.81 %	61 248	4+064.590	505 302
Parabole 15	Rayon	-6000.000 m	262 172	4+125.838	508 862
	Sommet Absc.	4+474.589 m			
	Sommet Alt.	518.998 m			
Pente 17	Pente	1.44 %	3 072	4+388.010	518 373
Parabole 16	Rayon	13000.000 m	228 781	4+391.082	518 417
	Sommet Absc.	4+203.495 m			
	Sommet Alt.	517.064 m			
Pente 18	Pente	3.20 %	7 916	4+619.863	523 732
Parabole 17	Rayon	15000.000 m	169 547	4+627.780	523 985
	Sommet Absc.	4+147.355 m			
	Sommet Alt.	516.292 m			
Pente 19	Pente	4.33 %	21 860	4+797.327	530 374
Parabole 18	Rayon	130000.000 m	994 101	4+819.187	531 321
	Sommet Absc.	0+-813.909 m			
	Sommet Alt.	409.276 m			
Pente 20	Pente	5.10 %	3 338	5+813.289	578 198
Parabole 19	Rayon	-20000.000 m	523 266	5+816.627	578 368
	Sommet Absc.	6+836.196 m			
	Sommet Alt.	604.356 m			
Cubique 5			89 808	6+339.893	598 198
Cubique 6	Rayon	= -2230.029 m	2225 000	6+429.701	600 106
	Sommet Absc.	6+582.997 m			
	Sommet Alt.	602.257 m			
	Rayon	= 8000.756 m			

	Sommet Absc.	7+065.877 m			
	Sommet Alt.	597.403 m			
	Rayon	= -10263.312 m			
	Sommet Absc.	7+083.702 m			
	Sommet Alt.	597.409 m			
	Rayon	= 7387.106 m			
	Sommet Absc.	7+536.173 m			
	Sommet Alt.	591.589 m			
	Rayon	= -5662.489 m			
	Sommet Absc.	7+693.694 m			
	Sommet Alt.	592.429 m			
	Rayon	= 9488.954 m			
	Sommet Absc.	8+121.778 m			
	Sommet Alt.	590.515 m			
	Rayon	= -9488.954 m			
	Sommet Absc.	8+141.883 m			
	Sommet Alt.	590.522 m			
	Rayon	= 6697.575 m			
	Sommet Absc.	8+209.990 m			
	Sommet Alt.	590.315 m			
	Rayon	= -6697.575 m			
	Sommet Absc.	8+221.843 m			
	Sommet Alt.	590.318 m			
	Rayon	= 1045.397 m			
	Sommet Absc.	8+354.364 m			
	Sommet Alt.	589.427 m			
	Rayon	= -1734.193 m			
	Sommet Absc.	8+392.831 m			
	Sommet Alt.	589.637 m			
Cubique 7			159 640	8+654.701	582 015
Pente 21	Pente	-1.84 %	129 203	8+814.341	577 811
Parabole 20	Rayon	20000.000 m	104 401	8+943.544	575 440
	Sommet Absc.	9+310.552 m			
	Sommet Alt.	572.073 m			
Pente 22	Pente	-1.31 %	122 421	9+047.945	573 797
Parabole 21	Rayon	-54913.504 m	468 670	9+170.366	572 189
	Sommet Absc.	8+449.332 m			
	Sommet Alt.	576.923 m			
Pente 23	Pente	-2.17 %	9 655	9+639.036	564 036
Parabole 22	Rayon	20000.000 m	162 020	9+648.691	563 826
	Sommet Absc.	10+081.992 m			
	Sommet Alt.	559.133 m			
Pente 24	Pente	-1.36 %	2 551	9+810.711	560 973
Parabole 23	Rayon	-130000.000 m	432 877	9+813.262	560 938
	Sommet Absc.	8+049.936 m			
	Sommet Alt.	572.897 m			
Pente 25	Pente	-1.69 %	138 858	10+246.140	554 346
				10+384.998	552 000
Longueur totale de l'axe 10384.998 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 10391.530 mètre(s)					

Annexe 4 : Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Nom du dessin RN05 28.05.2023
Nom de l'axe RN05 – AX-Ded-RN05
Table associée ARP R60 2x2 voies
Date du listing 14/06/2023 à 04:17:48

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	0+000.000	12 500	35 56	0 00	444 5	0 0	444 5	0 0
P02	0+025.000	25 000	30 46	0 04	759 3	1 2	1203 8	1 2
P03	0+050.000	25 000	24 80	2 49	616 9	58 4	1820 7	59 6
P04	0+075.000	25 000	32 31	0 00	807 8	0 0	2628 5	59 6
P05	0+100.000	25 000	160 24	0 00	3930 0	0 0	6558 5	59 6
P06	0+125.000	25 000	136 89	0 87	3340 7	20 5	9899 2	80 2
P07	0+150.000	25 000	40 97	0 00	1020 4	0 0	10919 6	80 2
P08	0+175.000	25 000	62 39	0 00	1548 3	0 0	12467 9	80 2
P09	0+200.000	25 000	46 58	0 00	1156 9	0 0	13624 8	80 2
P10	0+225.000	25 000	35 09	0 00	874 6	0 0	14499 4	80 2
P11	0+250.000	25 000	29 23	0 00	730 1	0 0	15229 5	80 2
P12	0+275.000	25 000	38 86	0 12	968 3	3 0	16197 8	83 2
P13	0+300.000	25 000	26 91	0 11	672 7	2 8	16870 6	86 0
P14	0+325.000	25 000	19 77	0 28	494 3	7 1	17364 9	93 1
P15	0+350.000	25 000	34 01	3 54	850 3	88 4	18215 2	181 5
P16	0+375.000	25 000	28 99	5 38	724 9	134 5	18940 1	316 0
P17	0+400.000	25 000	18 13	10 09	453 3	252 3	19393 4	568 3
P18	0+425.000	25 000	19 82	9 48	495 5	237 0	19888 9	805 3
P19	0+450.000	25 000	37 58	0 88	939 5	21 9	20828 4	827 2
P20	0+475.000	25 000	38 75	0 13	968 8	3 3	21797 2	830 5
P21	0+500.000	25 000	25 27	0 05	631 7	1 3	22428 9	831 8
P22	0+525.000	25 000	35 03	0 04	875 7	0 9	23304 6	832 8
P23	0+550.000	25 000	79 46	3 79	1986 6	94 7	25291 2	927 4
P24	0+575.000	25 000	71 85	0 14	1795 3	3 5	27086 5	930 9
P25	0+600.000	25 000	28 64	0 13	715 9	3 3	27802 4	934 2
P26	0+625.000	25 000	28 72	0 00	717 7	0 0	28520 1	934 2
P27	0+650.000	25 000	39 50	0 00	984 6	0 0	29504 6	934 2
P28	0+675.000	25 000	31 03	0 11	770 3	2 9	30274 9	937 1
P29	0+700.000	25 000	46 63	0 00	1157 2	0 0	31432 1	937 1
P30	0+725.000	25 000	15 48	5 02	386 0	127 8	31818 2	1064 9
P31	0+750.000	25 000	17 22	6 94	428 4	176 7	32246 5	1241 6
P32	0+775.000	25 000	18 90	2 33	470 4	59 4	32716 9	1301 0
P33	0+800.000	25 000	17 85	0 06	444 4	1 4	33161 3	1302 4
P34	0+825.000	25 000	8 68	0 10	216 9	2 6	33378 2	1305 0
P35	0+850.000	25 000	17 16	2 96	429 3	75 4	33807 5	1380 3
P36	0+875.000	25 000	17 09	2 48	427 8	62 9	34235 3	1443 2
P37	0+900.000	25 000	19 52	2 51	487 5	63 6	34722 8	1506 8
P38	0+925.000	25 000	41 53	5 72	1033 9	144 4	35756 7	1651 2
P39	0+950.000	25 000	39 42	11 67	982 5	293 5	36739 2	1944 7
P40	0+975.000	25 000	31 02	6 31	774 9	158 1	37514 1	2102 8

P41	1+000.000	25 000	31 10	6 40	777 5	159 9	38291 6	2262 7
P42	1+025.000	25 000	30 29	4 08	757 2	102 0	39048 8	2364 8
P43	1+050.000	25 000	31 85	0 91	796 3	22 8	39845 0	2387 6
P44	1+075.000	25 000	36 09	7 14	902 3	178 6	40747 3	2566 2
P45	1+100.000	25 000	30 38	0 06	759 5	1 6	41506 8	2567 8
P46	1+125.000	25 000	47 30	0 11	1182 6	2 8	42689 4	2570 6
P47	1+150.000	25 000	90 52	0 00	2278 3	0 0	44967 7	2570 6
P48	1+175.000	25 000	147 68	0 00	3780 7	0 0	48748 5	2570 6
P49	1+200.000	25 000	152 11	0 00	3907 6	0 0	52656 0	2570 6
P50	1+225.000	25 000	150 88	0 00	3889 0	0 0	56545 1	2570 6
P51	1+250.000	25 000	97 13	0 00	2513 2	0 0	59058 3	2570 6
P52	1+275.000	25 000	48 24	0 01	1210 0	0 3	60268 3	2570 8
P53	1+300.000	25 000	38 50	0 00	961 9	0 0	61230 3	2570 8
P54	1+325.000	25 000	37 98	0 00	950 6	0 0	62180 9	2570 8
P55	1+350.000	25 000	28 17	0 70	705 1	17 4	62885 9	2588 2
P56	1+375.000	25 000	21 18	8 06	529 4	201 6	63415 4	2789 7
P57	1+400.000	25 000	15 35	14 96	383 7	374 1	63799 0	3163 8
P58	1+425.000	25 000	15 15	13 77	378 8	344 3	64177 8	3508 1
P59	1+450.000	24 135	17 16	20 41	414 2	492 5	64592 0	4000 6
P59-1	1+473.270	12 500	10 08	8 46	126 0	105 7	64718 0	4106 3
P60	1+475.000	13 365	0 19	10 80	2 6	144 3	64720 6	4250 6
P61	1+500.000	20 195	0 00	107 54	0 0	0 0	64720 6	4250 6
P61-1	1+515.390	12 500	0 91	25 94	0 0	0 0	64720 6	4250 6
P62	1+525.000	17 305	5 36	37 19	92 7	643 5	64813 3	4894 1
P63	1+550.000	25 000	4 69	51 15	117 3	1278 7	64930 6	6172 8
P64	1+575.000	25 000	5 22	17 66	130 6	441 6	65061 2	6614 4
P65	1+600.000	25 000	7 81	0 23	195 3	5 7	65256 5	6620 1
P66	1+625.000	25 000	11 87	0 16	296 8	3 9	65553 3	6624 0
P67	1+649.000	25 000	29 31	0 00	737 1	0 0	66290 3	6624 0
P68	1+675.000	25 000	3 65	12 83	92 4	325 9	66382 7	6949 9
P69	1+700.000	25 000	68 88	0 52	1747 4	12 4	68130 2	6962 3
P70	1+725.000	25 000	36 76	1 17	939 6	27 5	69069 8	6989 8
P71	1+750.000	25 000	30 84	0 12	781 6	2 7	69851 5	6992 5
P72	1+775.000	25 000	99 62	0 00	2549 8	0 0	72401 3	6992 5
P73	1+800.000	25 000	833 83	0 00	24147 5	0 0	96548 8	6992 5
P74	1+825.000	25 000	1255 60	0 00	34091 9	0 0	130640 7	6992 5
P75	1+850.000	25 000	1303 42	0 00	34052 2	0 0	164692 9	6992 5
P76	1+875.000	25 000	1350 01	0 00	34604 8	0 0	199297 7	6992 5
P77	1+900.000	25 000	1439 77	0 00	36141 9	0 0	235439 6	6992 5
P78	1+924.000	25 000	1366 05	0 00	34061 6	0 0	269501 2	6992 5
P79	1+949.000	25 000	1074 72	0 00	27010 1	0 0	296511 2	6992 5
P80	1+975.000	25 000	538 87	0 00	13558 4	0 0	310069 6	6992 5
P81	2+000.000	25 000	687 46	1 88	16481 9	52 4	326551 5	7044 8
P82	2+025.000	25 000	1095 60	0 00	26078 7	0 0	352630 2	7044 8
P83	2+050.000	25 000	1502 33	0 00	36098 4	0 0	388728 6	7044 8
P84	2+075.000	25 000	1701 16	0 00	40920 0	0 0	429648 6	7044 8
P85	2+100.000	25 000	1689 33	0 00	40891 4	0 0	470540 1	7044 8
P86	2+125.000	25 000	1655 68	0 00	40803 0	0 0	511343 1	7044 8
P87	2+150.000	25 000	1481 19	0 00	36992 1	0 0	548335 1	7044 8
P88	2+175.000	25 000	941 62	0 00	23540 6	0 0	571875 7	7044 8

P89	2+200.000	25 000	262 09	0 00	6552 3	0 0	578428 1	7044 8
P90	2+225.000	25 000	58 46	9 03	1461 6	225 7	579889 7	7270 6
P91	2+250.000	25 000	5 09	88 87	127 2	2221 6	580016 8	9492 2
P92	2+275.000	25 000	2 37	203 36	59 2	5084 1	580076 1	14576 3
P93	2+300.000	25 000	2 00	368 37	50 0	9209 2	580126 1	23785 5
P94	2+325.000	25 000	5 07	486 43	126 8	12160 8	580252 9	35946 3
P95	2+350.000	25 000	3 69	412 97	92 2	10324 3	580345 1	46270 6
P96	2+375.000	25 000	11 26	258 36	281 6	6459 0	580626 6	52729 6
P97	2+400.000	25 000	4 82	66 57	120 4	1664 3	580747 0	54393 9
P98	2+425.000	25 000	114 11	0 00	2849 4	0 0	583596 4	54393 9
P99	2+450.000	25 000	461 93	0 00	11208 8	0 0	594805 3	54393 9
P100	2+474.000	25 000	652 59	0 00	15389 7	0 0	610195 0	54393 9
P101	2+500.000	25 000	694 94	0 00	15838 0	0 0	626033 0	54393 9
P102	2+525.000	25 000	642 69	0 00	14637 3	0 0	640670 2	54393 9
P103	2+550.000	25 000	481 94	0 00	11714 9	0 0	652385 1	54393 9
P104	2+575.000	25 000	485 69	0 00	12439 1	0 0	664824 2	54393 9
P105	2+600.000	25 000	647 16	0 00	16508 3	0 0	681332 5	54393 9
P106	2+625.000	25 000	885 46	0 00	22261 6	0 0	703594 1	54393 9
P107	2+650.000	25 000	1105 94	0 00	27648 6	0 0	731242 7	54393 9
P108	2+675.000	25 000	1253 36	0 00	31334 1	0 0	762576 8	54393 9
P109	2+700.000	25 000	1199 38	0 00	29984 4	0 0	792561 2	54393 9
P110	2+725.000	25 000	849 79	0 00	21244 7	0 0	813805 9	54393 9
P111	2+750.000	25 000	442 06	0 00	11051 6	0 0	824857 4	54393 9
P112	2+775.000	25 000	377 17	0 00	9429 2	0 0	834286 7	54393 9
P113	2+800.000	25 000	248 27	0 12	6206 8	2 9	840493 5	54396 8
P114	2+825.000	25 000	85 28	0 94	2132 1	23 4	842625 5	54420 2
P115	2+850.000	25 000	138 14	1 45	3453 5	36 1	846079 1	54456 3
P116	2+875.000	25 000	268 19	0 05	6704 8	1 3	852783 8	54457 6
P117	2+900.000	25 000	148 76	0 10	3719 0	2 6	856502 8	54460 2
P118	2+925.000	25 000	19 49	24 64	487 2	616 0	856990 1	55076 2
P119	2+950.000	25 000	46 10	2 67	1151 0	66 8	858141 1	55143 0
P120	2+975.000	25 000	10 11	25 50	250 8	642 9	858391 9	55786 0
P121	3+000.000	25 000	2 13	68 83	53 0	1728 3	858444 9	57514 3
P122	3+025.000	25 000	1 47	118 33	36 3	2967 6	858481 2	60481 8
P123	3+050.000	25 000	4 21	94 99	105 1	2388 5	858586 3	62870 4
P124	3+075.000	25 000	49 46	39 26	1220 8	993 4	859807 2	63863 8
P125	3+100.000	25 000	93 49	8 31	2308 6	210 7	862115 8	64074 5
P126	3+125.000	25 000	137 49	1 83	3417 1	46 1	865532 9	64120 7
P127	3+150.000	25 000	204 58	0 19	5131 7	4 7	870664 6	64125 4
P128	3+175.000	25 000	223 10	0 00	5626 4	0 0	876291 0	64125 4
P129	3+199.000	25 000	167 95	0 09	4260 3	2 2	880551 3	64127 6
P130	3+224.000	25 000	92 85	3 22	2369 6	78 4	882920 9	64206 0
P131	3+250.000	25 000	2 38	93 19	61 2	2269 4	882982 0	66475 4
P132	3+275.000	25 000	2 19	171 75	56 9	4203 3	883038 9	70678 6
P133	3+300.000	25 000	2 05	231 53	52 8	5686 4	883091 7	76365 0
P134	3+325.000	25 000	1 69	309 33	43 4	7609 7	883135 1	83974 7
P135	3+350.000	25 000	2 38	373 96	60 6	9246 1	883195 7	93220 8
P136	3+375.000	25 000	0 93	182 50	23 5	4554 4	883219 2	97775 2
P137	3+400.000	25 000	4 26	184 05	106 4	4608 8	883325 5	102384 0
P138	3+425.000	25 000	4 46	163 56	111 5	4098 8	883437 0	106482 8

P139	3+449.000	25 000	17 99	0 29	449 8	7 3	883886 7	106490 1
P140	3+475.000	25 000	112 30	0 00	2802 6	0 0	886689 4	106490 1
P141	3+500.000	25 000	105 83	0 18	2596 3	4 7	889285 6	106494 8
P142	3+525.000	25 000	122 41	0 59	2993 5	14 1	892279 2	106508 9
P143	3+550.000	25 000	118 71	2 47	2907 0	64 1	895186 2	106572 9
P144	3+575.000	25 000	75 92	1 79	1858 8	46 4	897045 0	106619 4
P145	3+600.000	25 000	137 10	0 93	3349 6	24 1	900394 6	106643 5
P146	3+625.000	25 000	236 16	0 20	5719 3	5 1	906113 9	106648 6
P147	3+650.000	25 000	227 07	0 00	5459 0	0 0	911572 9	106648 6
P148	3+675.000	25 000	186 73	0 00	4487 4	0 0	916060 4	106648 6
P149	3+700.000	25 000	129 11	0 07	3146 6	1 8	919207 0	106650 4
P150	3+725.000	25 000	89 49	0 00	2218 3	0 0	921425 3	106650 4
P151	3+749.000	25 000	70 04	0 00	1771 6	0 0	923196 9	106650 4
P152	3+774.000	25 000	35 79	0 13	909 8	3 0	924106 7	106653 4
P153	3+800.000	25 000	8 54	0 31	215 6	7 6	924322 3	106661 0
P154	3+825.000	25 000	2 34	4 37	59 3	109 1	924381 6	106770 1
P155	3+850.000	25 000	25 40	14 87	645 2	368 2	925026 8	107138 3
P156	3+875.000	25 000	2 15	36 62	53 7	915 4	925080 5	108053 8
P157	3+900.000	25 000	1 70	41 74	42 6	1043 6	925123 1	109097 4
P158	3+925.000	25 000	1 30	71 81	32 5	1794 0	925155 6	110891 4
P159	3+949.000	25 000	1 65	98 41	42 4	2454 2	925198 0	113345 6
P160	3+975.000	25 000	1 65	126 20	43 8	3138 6	925241 7	116484 2
P161	4+000.000	25 000	3 20	110 43	83 5	2663 0	925325 2	119147 1
P162	4+025.000	25 000	79 79	51 83	2017 5	1280 0	927342 7	120427 1
P163	4+050.000	25 000	176 00	10 38	4168 9	270 3	931511 6	120697 4
P164	4+075.000	25 000	193 82	2 90	4574 9	75 9	936086 4	120773 3
P165	4+100.000	25 000	133 11	36 91	3153 2	971 6	939239 6	121744 9
P166	4+125.000	25 000	2 89	129 56	71 7	3328 2	939311 3	125073 2
P167	4+150.000	25 000	14 16	144 14	370 8	3689 0	939682 1	128762 1
P168	4+175.000	25 000	9 58	144 25	234 4	3696 8	939916 5	132459 0
P169	4+200.000	25 000	49 61	106 24	1177 5	2749 7	941094 0	135208 7
P170	4+225.000	25 000	133 86	41 66	3297 3	1079 7	944391 3	136288 4
P171	4+250.000	25 000	198 20	22 99	4955 8	580 9	949347 2	136869 3
P172	4+274.000	22 565	23 06	93 05	526 4	2082 4	949873 5	138951 8
P172-1	4+295.130	12 500	3 81	258 27	44 1	3124 8	949917 6	142076 5
P173	4+299.000	14 935	4 68	324 09	64 6	4604 3	949982 2	146680 9
P174	4+324.000	25 000	2 96	529 83	71 6	12429 2	950053 8	159110 1
P175	4+350.000	25 000	9 77	178 93	279 8	4474 9	950333 6	163585 0
P176	4+375.000	25 000	1 38	124 33	38 8	2994 2	950372 4	166579 1
P177	4+400.000	25 000	1 34	92 70	34 8	2266 8	950407 2	168845 9
P178	4+425.000	25 000	2 49	67 45	61 3	1703 4	950468 5	170549 3
P179	4+449.000	25 000	6 89	85 51	161 8	2302 3	950630 3	172851 6
P180	4+475.000	25 000	14 09	52 37	327 1	1411 6	950957 4	174263 2
P181	4+500.000	25 000	42 25	35 13	984 8	955 8	951942 2	175219 0
P182	4+525.000	25 000	25 58	44 79	587 2	1189 6	952529 4	176408 6
P183	4+550.000	25 000	2 55	45 46	60 1	1188 6	952589 5	177597 3
P184	4+575.000	25 000	1 17	100 64	27 0	2608 2	952616 5	180205 5
P185	4+600.000	25 000	1 24	35 67	30 2	906 9	952646 7	181112 4
P186	4+625.000	25 000	11 45	15 57	283 5	391 4	952930 2	181503 8
P187	4+650.000	25 000	75 92	7 42	1897 7	185 4	954827 9	181689 2

P188	4+674.000	25 000	142 85	0 05	3600 5	1 2	958428 3	181690 4
P189	4+700.000	25 000	65 19	1 78	1673 1	44 1	960101 4	181734 5
P190	4+724.000	25 000	17 41	32 18	462 1	744 4	960563 5	182478 9
P191	4+750.000	25 000	13 02	20 44	355 6	476 9	960919 1	182955 8
P192	4+775.000	25 000	71 49	1 05	1912 2	26 0	962831 3	182981 8
P193	4+800.000	25 000	79 91	0 15	2151 7	3 4	964983 0	182985 2
P194	4+825.000	25 000	40 63	6 19	1100 7	141 7	966083 6	183126 9
P195	4+850.000	25 000	1 50	43 41	39 5	1012 3	966123 1	184139 2
P196	4+875.000	25 000	138 06	1 36	3543 3	34 1	969666 4	184173 3
P197	4+899.000	25 000	95 89	2 35	2404 0	58 5	972070 4	184231 8
P198	4+925.000	25 000	141 77	0 90	3544 3	22 5	975614 7	184254 2
P199	4+950.000	25 000	138 20	2 35	3455 0	58 6	979069 7	184312 9
P200	4+975.000	25 000	36 46	15 18	915 1	378 6	979984 8	184691 5
P201	4+999.000	25 000	9 78	27 58	251 4	678 6	980236 2	185370 0
P202	5+025.000	25 000	14 19	48 34	374 3	1167 3	980610 5	186537 3
P203	5+050.000	25 000	3 23	124 44	87 2	3005 4	980697 7	189542 7
P204	5+075.000	25 000	1 08	151 21	28 7	3733 6	980726 4	193276 3
P205	5+100.000	25 000	3 41	95 41	86 0	2377 9	980812 4	195654 2
P206	5+125.000	25 000	183 85	19 88	4596 3	497 1	985408 8	196151 3
P207	5+150.000	25 000	858 77	0 37	21469 2	9 3	1006878 0	196160 5
P208	5+175.000	25 000	1149 41	0 44	28735 2	11 0	1035613 1	196171 5
P209	5+200.000	25 000	996 99	0 40	24924 7	10 0	1060537 8	196181 5
P210	5+225.000	25 000	780 11	0 47	19502 7	11 8	1080040 5	196193 3
P211	5+250.000	25 000	544 26	0 50	13606 5	12 5	1093647 0	196205 8
P212	5+275.000	25 000	256 17	0 37	6404 2	9 3	1100051 2	196215 1
P213	5+300.000	25 000	18 59	7 91	498 5	194 6	1100549 7	196409 7
P214	5+325.000	25 000	2 61	51 74	74 3	1328 1	1100624 0	197737 8
P215	5+350.000	25 000	22 42	2 19	601 7	55 1	1101225 7	197792 9
P216	5+375.000	25 000	29 10	5 64	723 9	141 5	1101949 7	197934 4
P217	5+400.000	25 000	79 17	10 17	1845 7	274 5	1103795 4	198208 9
P218	5+425.000	25 000	162 21	6 69	3758 3	182 0	1107553 7	198390 9
P219	5+450.000	25 000	86 77	17 60	1959 5	468 2	1109513 2	198859 1
P220	5+475.000	25 000	45 57	21 80	1033 1	576 7	1110546 3	199435 8
P221	5+500.000	25 000	135 77	0 37	3171 8	8 0	1113718 1	199443 8
P222	5+525.000	25 000	261 86	0 26	6179 8	4 7	1119897 8	199448 5
P223	5+550.000	25 000	271 01	0 26	6295 3	4 6	1126193 2	199453 1
P224	5+575.000	25 000	112 26	0 31	2709 2	7 2	1128902 4	199460 3
P225	5+600.000	25 000	71 86	0 25	1908 8	7 2	1130811 2	199467 4
P226	5+625.000	25 000	13 24	0 36	345 0	9 4	1131156 3	199476 9
P227	5+650.000	25 000	10 34	0 12	256 3	3 0	1131412 6	199479 9
P228	5+675.000	25 000	85 41	0 26	2135 1	6 5	1133547 7	199486 4
P229	5+700.000	25 000	298 53	0 28	7463 3	7 0	1141011 0	199493 3
P230	5+725.000	25 000	470 50	0 38	11762 5	9 6	1152773 5	199502 9
P231	5+750.000	25 000	293 58	0 28	7331 1	7 0	1160104 7	199510 0
P232	5+775.000	25 000	62 81	0 28	1558 9	6 8	1161663 5	199516 8
P233	5+800.000	25 000	43 14	0 29	1069 2	7 2	1162732 8	199523 9
P234	5+825.000	25 000	56 94	0 26	1412 7	6 3	1164145 5	199530 3
P235	5+850.000	25 000	105 40	0 28	2634 3	7 1	1166779 8	199537 3
P236	5+875.000	25 000	108 23	0 27	2703 3	6 8	1169483 1	199544 2
P237	5+900.000	25 000	21 63	0 33	537 3	8 2	1170020 4	199552 3

P238	5+925.000	25 000	2 19	31 47	55 1	799 0	1170075 5	200351 3
P239	5+950.000	25 000	5 42	3 53	134 8	88 3	1170210 3	200439 7
P240	5+975.000	25 000	27 88	4 62	694 0	116 4	1170904 3	200556 1
P241	6+000.000	25 000	150 31	0 30	3751 7	7 4	1174656 0	200563 5
P242	6+025.000	25 000	185 93	0 29	4638 7	7 0	1179294 7	200570 5
P243	6+050.000	25 000	210 10	0 27	5227 4	6 6	1184522 0	200577 1
P244	6+075.000	25 000	225 81	0 27	5611 9	6 6	1190134 0	200583 7
P245	6+100.000	25 000	178 55	0 30	4435 2	7 4	1194569 2	200591 1
P246	6+125.000	25 000	98 56	13 46	2460 5	337 2	1197029 7	200928 3
P247	6+150.000	25 000	58 58	43 11	1464 4	1077 9	1198494 1	202006 1
P248	6+175.000	25 000	39 10	57 24	977 5	1431 0	1199471 6	203437 2
P249	6+200.000	25 000	32 04	52 12	801 0	1303 1	1200272 6	204740 2
P250	6+225.000	25 000	22 28	52 53	557 0	1313 2	1200829 7	206053 4
P251	6+250.000	25 000	15 99	52 36	399 7	1309 1	1201229 4	207362 5
P252	6+275.000	25 000	5 49	53 00	137 2	1325 0	1201366 6	208687 5
P253	6+299.000	25 000	5 12	85 73	128 6	2144 7	1201495 2	210832 2
P254	6+324.000	25 000	2 21	32 27	55 1	807 6	1201550 3	211639 8
P255	6+349.000	25 000	1 52	26 83	37 4	684 2	1201587 7	212324 0
P256	6+375.000	25 000	1 62	46 94	40 0	1230 7	1201627 8	213554 7
P257	6+400.000	25 000	5 25	14 80	125 1	394 0	1201752 8	213948 7
P258	6+425.000	25 000	6 60	14 59	160 0	380 5	1201912 8	214329 2
P259	6+450.000	25 000	12 55	7 84	309 0	200 6	1202221 8	214529 7
P260	6+475.000	25 000	19 68	0 51	491 6	12 8	1202713 3	214542 6
P261	6+500.000	25 000	18 68	0 04	467 1	1 0	1203180 4	214543 5
P262	6+525.000	25 000	31 17	0 12	779 2	2 9	1203959 7	214546 4
P263	6+550.000	25 000	28 17	0 12	704 3	3 1	1204664 0	214549 5
P264	6+575.000	25 000	27 05	0 11	676 2	2 7	1205340 2	214552 2
P265	6+600.000	25 000	34 39	0 00	859 7	0 0	1206199 9	214552 2
P266	6+625.000	25 000	37 46	0 00	936 5	0 0	1207136 4	214552 2
P267	6+650.000	25 000	37 04	0 00	926 0	0 0	1208062 4	214552 2
P268	6+675.000	25 000	40 03	0 13	1000 8	3 4	1209063 2	214555 6
P269	6+700.000	25 000	37 92	0 10	947 9	2 5	1210011 1	214558 0
P270	6+725.000	25 000	33 83	1 05	845 7	26 3	1210856 8	214584 4
P271	6+750.000	25 000	10 81	2 63	270 3	65 8	1211127 1	214650 2
P272	6+775.000	25 000	17 67	0 12	441 8	2 9	1211568 9	214653 1
P273	6+800.000	25 000	41 39	0 11	1034 8	2 8	1212603 7	214655 9
P274	6+825.000	25 000	51 31	0 00	1282 8	0 0	1213886 5	214655 9
P275	6+850.000	25 000	50 46	0 00	1261 5	0 0	1215148 0	214655 9
P276	6+875.000	25 000	48 30	0 00	1207 6	0 0	1216355 6	214655 9
P277	6+900.000	25 000	42 95	0 00	1073 6	0 0	1217429 2	214655 9
P278	6+925.000	25 000	37 58	0 08	939 6	2 0	1218368 8	214657 9
P279	6+950.000	25 000	28 78	0 06	719 6	1 5	1219088 4	214659 4
P280	6+975.000	25 000	26 84	3 26	670 9	81 5	1219759 3	214740 9
P281	7+000.000	25 000	27 24	4 44	680 4	111 5	1220439 7	214852 3
P282	7+025.000	25 000	26 40	2 10	658 7	53 0	1221098 4	214905 3
P283	7+050.000	25 000	37 05	0 00	926 3	0 0	1222024 7	214905 3
P284	7+075.000	25 000	44 22	0 00	1108 0	0 0	1223132 7	214905 3
P285	7+100.000	25 000	51 42	0 00	1284 3	0 0	1224417 0	214905 3
P286	7+125.000	25 000	55 36	0 00	1380 5	0 0	1225797 6	214905 3
P287	7+150.000	25 000	51 06	0 00	1274 8	0 0	1227072 4	214905 3

P288	7+175.000	25 000	50 92	0 00	1272 3	0 0	1228344 7	214905 3
P289	7+200.000	25 000	43 23	0 00	1081 1	0 0	1229425 8	214905 3
P290	7+225.000	25 000	39 86	0 00	996 5	0 0	1230422 3	214905 3
P291	7+250.000	25 000	44 88	0 00	1122 1	0 0	1231544 4	214905 3
P292	7+275.000	25 000	46 92	0 00	1173 0	0 0	1232717 4	214905 3
P293	7+300.000	25 000	35 14	0 08	878 4	1 9	1233595 8	214907 2
P294	7+325.000	25 000	31 91	0 00	797 8	0 0	1234393 6	214907 2
P295	7+350.000	25 000	31 23	0 13	780 8	3 2	1235174 4	214910 4
P296	7+375.000	25 000	25 08	0 47	627 1	11 6	1235801 5	214922 1
P297	7+400.000	25 000	25 57	5 37	639 2	134 2	1236440 7	215056 3
P298	7+425.000	25 000	26 42	11 76	660 5	294 0	1237101 3	215350 3
P299	7+450.000	25 000	24 42	7 31	610 5	182 7	1237711 8	215533 0
P300	7+475.000	25 000	39 32	0 10	983 0	2 5	1238694 7	215535 6
P301	7+500.000	25 000	51 46	0 00	1286 5	0 0	1239981 2	215535 6
P302	7+525.000	25 000	41 35	0 00	1033 7	0 0	1241014 9	215535 6
P303	7+550.000	25 000	48 92	0 00	1223 0	0 0	1242237 9	215535 6
P304	7+575.000	25 000	53 78	0 00	1344 6	0 0	1243582 4	215535 6
P305	7+600.000	25 000	58 62	0 00	1465 4	0 0	1245047 9	215535 6
P306	7+625.000	25 000	42 56	0 00	1064 0	0 0	1246111 9	215535 6
P307	7+650.000	25 000	39 69	0 00	992 3	0 0	1247104 2	215535 6
P308	7+675.000	25 000	40 65	0 00	1016 4	0 0	1248120 5	215535 6
P309	7+700.000	25 000	40 54	0 00	1013 4	0 0	1249134 0	215535 6
P310	7+724.000	25 000	37 97	0 00	949 4	0 0	1250083 4	215535 6
P311	7+750.000	25 000	26 66	3 22	670 3	79 6	1250753 7	215615 1
P312	7+775.000	25 000	17 22	16 89	435 5	414 1	1251189 2	216029 2
P313	7+800.000	25 000	23 78	31 94	602 9	775 5	1251792 1	216804 7
P314	7+825.000	25 000	17 86	57 78	455 7	1396 1	1252247 8	218200 8
P315	7+850.000	25 000	18 73	43 02	477 1	1039 7	1252724 9	219240 5
P316	7+875.000	25 000	21 00	23 47	535 5	569 2	1253260 4	219809 8
P317	7+900.000	25 000	25 71	0 04	649 8	0 9	1253910 2	219810 6
P318	7+925.000	25 000	52 01	0 00	1293 3	0 0	1255203 5	219810 6
P319	7+950.000	25 000	75 58	0 00	1864 0	0 0	1257067 5	219810 6
P320	7+975.000	25 000	94 06	0 00	2307 4	0 0	1259374 9	219810 6
P321	8+000.000	25 000	110 42	0 00	2698 0	0 0	1262072 9	219810 6
P322	8+025.000	25 000	112 76	0 00	2749 8	0 0	1264822 7	219810 6
P323	8+050.000	25 000	105 78	0 00	2582 6	0 0	1267405 3	219810 6
P324	8+075.000	25 000	84 56	0 00	2072 7	0 0	1269478 0	219810 6
P325	8+100.000	25 000	91 01	0 00	2240 6	0 0	1271718 6	219810 6
P326	8+125.000	25 000	66 63	0 00	1643 6	0 0	1273362 2	219810 6
P327	8+150.000	25 000	51 01	0 00	1265 5	0 0	1274627 7	219810 6
P328	8+175.000	25 000	33 21	0 00	832 8	0 0	1275460 5	219810 6
P329	8+200.000	25 000	26 47	0 07	668 3	1 7	1276128 8	219812 3
P330	8+225.000	25 000	22 83	7 76	577 3	189 1	1276706 0	220001 4
P331	8+250.000	25 000	22 91	12 12	577 8	297 1	1277283 8	220298 5
P332	8+275.000	25 000	31 90	7 30	800 7	179 6	1278084 5	220478 1
P333	8+300.000	25 000	32 80	10 08	819 9	251 1	1278904 4	220729 2
P334	8+325.000	25 000	24 76	13 63	619 1	340 6	1279523 5	221069 9
P335	8+350.000	25 000	26 65	23 42	666 2	585 6	1280189 7	221655 4
P336	8+375.000	25 000	25 94	1 50	648 6	37 6	1280838 3	221693 0
P337	8+400.000	25 000	30 85	0 16	771 4	3 9	1281609 6	221696 9

P338	8+425.000	25 000	34 98	0 00	873 9	0 0	1282483 5	221696 9
P339	8+450.000	25 000	40 58	0 00	1014 4	0 0	1283497 9	221696 9
P340	8+475.000	25 000	45 69	0 00	1142 4	0 0	1284640 3	221696 9
P341	8+500.000	25 000	54 10	0 00	1353 0	0 0	1285993 2	221696 9
P342	8+525.000	25 000	52 15	0 00	1303 5	0 0	1287296 7	221696 9
P343	8+550.000	25 000	42 23	0 00	1054 7	0 0	1288351 4	221696 9
P344	8+575.000	25 000	51 49	0 00	1287 2	0 0	1289638 6	221696 9
P345	8+600.000	25 000	55 74	0 00	1393 4	0 0	1291032 0	221696 9
P346	8+625.000	25 000	52 45	0 00	1311 1	0 0	1292343 1	221696 9
P347	8+650.000	25 000	45 40	0 00	1135 0	0 0	1293478 1	221696 9
P348	8+675.000	25 000	39 44	0 00	985 9	0 0	1294464 0	221696 9
P349	8+700.000	25 000	37 06	0 00	926 6	0 0	1295390 6	221696 9
P350	8+725.000	25 000	38 17	0 00	954 4	0 0	1296345 0	221696 9
P351	8+750.000	25 000	34 54	0 00	864 1	0 0	1297209 1	221696 9
P352	8+775.000	25 000	31 87	0 00	797 0	0 0	1298006 1	221696 9
P353	8+800.000	25 000	29 42	0 00	735 5	0 0	1298741 6	221696 9
P354	8+825.000	25 000	29 13	0 00	728 1	0 0	1299469 7	221696 9
P355	8+850.000	25 000	29 46	0 00	736 5	0 0	1300206 2	221696 9
P356	8+875.000	25 000	28 43	0 00	710 7	0 0	1300916 9	221696 9
P357	8+900.000	25 000	29 38	0 00	734 5	0 0	1301651 3	221696 9
P358	8+925.000	25 000	29 60	0 00	739 9	0 0	1302391 2	221696 9
P359	8+950.000	25 000	30 26	0 00	756 4	0 0	1303147 7	221696 9
P360	8+975.000	25 000	31 24	0 00	781 1	0 0	1303928 8	221696 9
P361	9+000.000	25 000	30 57	0 00	764 3	0 0	1304693 0	221696 9
P362	9+025.000	25 000	29 31	0 00	732 7	0 0	1305425 8	221696 9
P363	9+050.000	25 000	26 45	0 00	661 3	0 0	1306087 1	221696 9
P364	9+075.000	25 000	22 47	0 11	561 9	2 8	1306648 9	221699 7
P365	9+100.000	25 000	20 00	0 11	500 1	2 8	1307149 0	221702 6
P366	9+125.000	25 000	17 43	0 11	435 7	2 8	1307584 7	221705 4
P367	9+150.000	25 000	18 55	0 23	463 7	5 7	1308048 4	221711 1
P368	9+175.000	25 000	20 65	0 11	516 3	2 9	1308564 7	221713 9
P369	9+200.000	25 000	22 79	0 11	569 7	2 8	1309134 4	221716 7
P370	9+225.000	25 000	20 50	0 11	512 5	2 8	1309646 9	221719 5
P371	9+250.000	25 000	22 78	0 00	569 6	0 0	1310216 5	221719 5
P372	9+275.000	25 000	25 25	0 00	631 3	0 0	1310847 8	221719 6
P373	9+300.000	25 000	25 93	0 00	648 4	0 0	1311496 1	221719 6
P374	9+325.000	25 000	26 82	0 00	670 4	0 0	1312166 5	221719 6
P375	9+350.000	25 000	29 01	0 00	725 2	0 0	1312891 7	221719 6
P376	9+375.000	25 000	29 16	0 00	729 0	0 0	1313620 7	221719 6
P377	9+400.000	25 000	29 12	0 00	727 9	0 0	1314348 6	221719 6
P378	9+425.000	25 000	30 25	0 00	756 2	0 0	1315104 8	221719 6
P379	9+450.000	25 000	30 94	0 00	773 4	0 0	1315878 2	221719 6
P380	9+475.000	25 000	30 81	0 00	770 3	0 0	1316648 5	221719 6
P381	9+500.000	25 000	30 64	0 00	766 0	0 0	1317414 5	221719 6
P382	9+525.000	25 000	29 71	0 06	742 7	1 5	1318157 2	221721 0
P383	9+550.000	25 000	30 44	0 00	761 1	0 0	1318918 3	221721 0
P384	9+575.000	25 000	32 83	0 00	820 8	0 0	1319739 1	221721 0
P385	9+600.000	25 000	33 26	0 00	831 5	0 0	1320570 6	221721 0
P386	9+625.000	25 000	30 33	0 11	758 2	2 8	1321328 8	221723 8
P387	9+650.000	25 000	30 04	0 11	751 0	2 8	1322079 8	221726 6

P388	9+675.000	25 000	26 21	0 07	655 4	1 7	1322735 2	221728 3
P389	9+700.000	25 000	26 22	0 00	655 6	0 0	1323390 7	221728 3
P390	9+725.000	25 000	28 12	0 00	703 0	0 0	1324093 7	221728 3
P391	9+750.000	25 000	27 29	0 00	682 3	0 0	1324776 0	221728 3
P392	9+775.000	25 000	29 07	0 00	726 6	0 0	1325502 6	221728 3
P393	9+800.000	25 000	28 40	0 00	709 9	0 0	1326212 5	221728 3
P394	9+825.000	25 000	25 83	0 00	645 7	0 0	1326858 2	221728 3
P395	9+850.000	25 000	24 49	0 00	612 4	0 0	1327470 6	221728 3
P396	9+875.000	25 000	25 64	0 06	641 0	1 5	1328111 6	221729 8
P397	9+900.000	25 000	25 59	0 00	639 7	0 0	1328751 3	221729 8
P398	9+925.000	25 000	26 19	0 00	654 7	0 0	1329406 0	221729 8
P399	9+950.000	25 000	27 13	0 00	678 3	0 0	1330084 3	221729 8
P400	9+975.000	25 000	29 58	0 00	739 6	0 0	1330823 8	221729 8
P401	10+000.000	25 000	27 40	0 00	684 9	0 0	1331508 7	221729 8
P402	10+025.000	25 000	27 53	0 00	688 4	0 0	1332197 1	221729 8
P403	10+050.000	25 000	25 44	0 00	636 0	0 0	1332833 1	221729 8
P404	10+075.000	25 000	29 31	0 00	732 8	0 0	1333565 8	221729 8
P405	10+100.000	25 000	26 58	0 00	664 4	0 0	1334230 3	221729 8
P406	10+125.000	25 000	23 51	0 00	587 8	0 0	1334818 1	221729 8
P407	10+150.000	25 000	26 68	0 00	667 0	0 0	1335485 1	221729 8
P408	10+175.000	25 000	26 27	0 00	656 7	0 0	1336141 8	221729 8
P409	10+200.000	25 000	29 60	0 00	739 9	0 0	1336881 7	221729 8
P410	10+225.000	25 000	30 53	0 00	763 4	0 0	1337645 0	221729 8
P411	10+250.000	25 000	29 89	0 00	747 2	0 0	1338392 2	221729 8
P412	10+275.000	25 000	28 91	0 00	722 6	0 0	1339114 8	221729 8
P413	10+300.000	25 000	31 34	0 00	781 0	0 0	1339895 8	221729 8
P414	10+325.000	25 000	35 24	0 00	880 0	0 0	1340775 8	221729 8
P415	10+350.000	25 000	33 47	0 00	836 9	0 0	1341612 7	221729 8
P416	10+375.000	25 000	37 46	0 00	839 0	0 0	1342451 7	221729 8
P417	10+400.000	15 148	0 00	0 00	0 0	0 0	1342451 7	221729 8
P418	10+405.297	2 648	0 00	0 00	0 0	0 0	1342451 7	221729 8