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

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

ETUDE DE LA ROCADE AUTOROUTIERE DES HAUTS PLATEAUX TRONÇON TIARET DU PK 0+000 AU PK 10+150 AVEC CONCEPTION D'UN ECHANGEUR

Présenté par :

- ARAB Abderrahmane
- GUETTAF Omar

Encadré par :

- S.LAIB
- Y.BERRICHE

Promotion 2024/2025

© ENSTP-FJ - Garidi - Vieux Kouba


بسم الله الرحمن الرحيم

Dédicace

Je dédie ce travail, fruit de plusieurs années d'efforts et de persévérance, à mes chers parents, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices silencieux et leur soutien constant.

À mes frères et sœurs, qui ont su m'encourager, m'inspirer et me donner la force d'avancer, même dans les moments les plus difficiles.
À toute ma famille, pour leur présence chaleureuse, leur bienveillance et leurs prières.
Je pense également à mes amis proches, en particulier Baghdadi mohamed, Ouled Terki et Arab, adel, haroun, youcef.mohamed

GUETTAF OMAR

Dédicace

À ceux qui ont toujours cru en moi, même lorsque le chemin semblait incertain…
Je dédie ce modeste travail à mes parents bien-aimés, piliers de ma vie, dont les prières, l'amour et les sacrifices m'ont porté jusqu'ici. Que ce travail soit le reflet de toute ma reconnaissance.
À mes frères, à ma petite sœur, et aux deux anges de notre famille, Samy et Yasser, pour leur patience, leur soutien discret, leur tendresse et leurs mots d'encouragement dans les moments de doute.
À toute ma famille, pour leur amour, leur bienveillance et leur foi inébranlable en mon avenir.
Je n'oublie pas mes amis, qui m'ont accompagné avec humour et générosité tout au long de ce parcours.
À chacun de vous, cette réussite vous appartient aussi.

ARAB. A

Remerciements

Avant toute chose, nous tenons à exprimer notre plus profonde gratitude envers Monsieur **LAIB Salaheddine** et Monsieur **BERRICHE Yacine**, encadrants de ce projet de fin d'études, pour leur accompagnement, leurs conseils précieux, leur disponibilité constante et leur encadrement bienveillant tout au long de ce travail. Leur expertise et leurs remarques pertinentes ont grandement contribué à l'avancement et à la qualité de notre projet.

Nous remercions également Madame **MAHIAOUI Mahdia Yasmina**, chef du Département, pour son soutien, sa rigueur et son engagement envers la formation des étudiants.

Nos remerciements vont également à l'ensemble des enseignants de l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics, qui nous ont transmis avec dévouement les savoirs nécessaires à notre parcours académique. Nous associons à ces remerciements tout le personnel administratif et technique de l'école, ainsi que l'équipe du département pour leur assistance quotidienne et leur engagement.

Nous tenons également à remercier le jury qui prendra le temps d'examiner et d'évaluer notre travail, avec toute la rigueur scientifique et académique nécessaire.

Enfin, nous remercions chaleureusement nos anciens enseignants de l'École Supérieure des Sciences Appliquées d'Alger (ESSA), qui ont jeté les bases de notre formation d'ingénieurs et nous ont permis de développer notre rigueur scientifique et notre passion pour le domaine.

À toutes et à tous, merci.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى تقديم دراسة في مرحلة ما قبل المشروع التفصيلي لمشروع الطريق السيار الدائري للهضاب العليا وبالضبط للجزء الغربي منه الذي يمتد على طول 305 كلم، ويربط بين العريشة وتيارت. ويشمل هذا الجزء على وجه الخصوص, المقطع الرابط بين تيارت وسعيدة، الذي يبلغ طوله 120 كيلومتراً، ويبدأ من شمال بلدية مدريسة (ولاية تيارت)، مباشرة بعد المحول الذي يربط مقطع الجزء الأوسط من الطريق الدائري بالطريق الولائي رقم 02 (CW 02).

وقد شملت الدراسة مقطعاً طوله 10.150 كيلومتراً، من النقطة الكيلومترية 00+000 إلى 10+150 مع تصميم محول مروري مزدوج (بدوّارين) عند النقطة الكيلومترية 09+125 تم اقتراحه من قبل الشركة الجزائرية لدراسات البنى التحتية (SAETI)

بدأ العمل بعرض عام للمشروع من أجل تحديد موقعه بدقة وإبراز أهميته وفوائده، تلاه إجراء دراسة لحركة المرور من أجل تحديد عدد الممرات المطلوبة وسنة التشبع، ثم تم تنفيذ دراسة هندسية باستخدام برنامج .Autopiste كما تم إجراء دراسات جيوتقنية وهيدروليكية، وتصميم المحول المروري، بالإضافة إلى دراسة الإشارات المرورية، وتحليل الأثر البيئي الذي قد يحدثه هذا المشروع الطرقي. وفي النهاية، تم إعداد كشف كمي وتقديري للأشغال، قبل الختم بخلاصة عامة.

الكلمات المفتاحية: الطريق السيار الهضاب العليا، حركة المرور، الدراسة الهندسية، الدراسة الجيوتقنية، المحول المروري.

Résumé

L’objectif de ce travail est de présenter l’étude en Avant-Projet détaillée du projet de la rocade autoroutière des Hauts Plateaux de Le lot Ouest qui a une longueur de 305 km, relie El Aricha à Tiaret. Il comprend notamment la section Tiaret – Saïda, longue de 120 km, dont le point de départ se situe au nord de la commune de Medrissa (wilaya de Tiaret), juste après l’échangeur qui connecte le tronçon du lot Centre de la rocade au CW 02.

L’étude a porté sur un linéaire de 10,150 km, allant du PK 00+000 au PK 10+150, avec la conception d’un échangeur à double giratoire situé au PK 09+125. Ce dernier a été proposé par la Société Algérienne d’Études d’Infrastructures (SAETI).

Le travail a débuté par une présentation générale du projet afin de mieux le situer et de mettre en évidence son importance et ses avantages. Il a ensuite été suivi par une étude de trafic pour déterminer le nombre de voix nécessaires ainsi que l’année de saturation, puis une étude géométrique à l’aide du logiciel Autopiste. Des études géotechnique et hydraulique ont également été réalisées, accompagnées de la conception de l’échangeur, de la signalisation, ainsi que d’une analyse d’impact environnemental du projet autoroutier. Enfin, un devis quantitatif et estimatif a été établi, avant de conclure par une synthèse générale.

Mots-clés : Autoroute des hauts plateaux, trafic, étude géométrique, étude géotechnique, échangeur.

Abstract

The objective of this work is to present the detailed preliminary study (Avant-Projet Détaillé) of the Highway Bypass Project of the High Plateaus. The western section of this project, which is 305 km long, connects El Aricha to Tiaret. It specifically includes the Tiaret–Saïda section, which is 120 km long and begins north of the commune of Medrissa (Tiaret Province), just after the interchange that connects the central section of the bypass to the provincial road CW 02.

The study focused on a 10.150 km stretch, from PK 00+000 to PK 10+150, with the design of a double roundabout interchange located at PK 09+125. This was proposed by the Algerian Infrastructure Study Company (SAETI).

The work began with a general presentation of the project to better understand its location, importance, and advantages. This was followed by a traffic study to determine the required number of lanes and the saturation year, a geometric study using the Autopiste software, as well as geotechnical and hydraulic studies. The project also included the design of the interchange, road signage, and an environmental impact assessment. Finally, a quantitative and cost estimate was prepared, followed by a general conclusion.

Key words: Highway, Hydraulic study, traffic, geometric study, geotechnical study, roundabout.

Sommaire

Introduction Générale 1
Chapitre I : Présentation du projet 2
I.1. Introduction : 3
I.2. Présentation De La Wilaya De Tiaret : 3
I.3. Présentation du projet : 5
I.4. Caractéristiques de notre projet : 6
I.5. Objectif du projet : 6
I.6. Rappel d'étude APS et APD : 7
Chapitre II : Etude de Trafic 8
II.1. Introduction : 9
II.2. Analyse de trafic : 9
II.2.1. Comptage : 9
- Comptage automatique : 9
- Comptage manuel : 9

II.2.2. Connaissance des flux (Enquêtes) : 9
II.3. Différents types de trafic : 10
II.4. Calcul de la capacité : 10
II.5. Unité UVP : 10
II.6. Catégorie de la route : 10
II.7. Procédure de détermination de la capacité de la route (Nombre de voies) : 11
II.8. Etude du milieu physique : 13
II.9. Calcul de nombre de voies : 14
II.10. Application du projet : 14
II.10.1. Nombre de voies : 14
II.10.2. L'année de saturation : 16
II.11. Conclusion : 16
Chapitre III : Etude de géométrie 17
III.1. Tracé en Plan : 18
III.1.1. Introduction : 18
III.1.2. Description de la variante retenue : 18
III.1.3. Règles à respecter dans notre tracé : 19
III.1.4. Les éléments de tracé en plan : 19
III.1.5. Paramètres géométriques de conception du tracé : 19
III.1.6. Les raccordements progressifs : 20
III.1.7. Enchainement des éléments du tracé en plan : 20
III.1.8. Exemple de calcul manuel de l'axe en plan : 20

III.2. Profil en long : 23
III.2.1. Introduction : 23
III.2.2. Les Caractéristiques de Profil en long : 23
III.2.3. Règles à respecter dans le tracé du profil en long : 24
III.2.4. Coordination du tracé en plan et du profil en long : 25
III.2.5. Les éléments géométriques du profil en long : 25
III.3. Profil en travers : 27
III.3.1. Introduction : 27
III.3.2. Type de profil en travers : 27
III.3.3. Les éléments du profil en travers : 28
III.3.4. Pentes transversales : 29
III.3.5. Les éléments de profil en travers de notre projet : 30
Chapitre IV : Etude géotechnique 32
IV.1. Introduction : 33
IV.2. Objectif de l'étude géotechnique : 33
IV.3. Géomorphologique de la zone d'étude : 33
IV.4. Situation topographique de la zone d'étude : 33
IV.5. Contexte géologique régional de Tiaret : 34
IV.6. Travaux d'investigation : 35
IV.6.1. Essais in-situ : 35
IV.6.2. Essai au laboratoire : 35
IV.7. Interprétation des résultats de la compagne d'investigation géotechnique : 37
IV.7.1. Les Essais in-situ : 37
IV.7.2. Résultats des essais au laboratoire : 37
IV.8. Classification des sols : 38
IV.8.1. Classification GTR : 38
IV.9. Résultats de classification : 40
IV.9.1. Résultats de la classification GTR : 40
IV.9.2. Résultats de la classification LCPC : 40
IV.10. Conditions d'utilisation des matériaux en remblais : 40
IV.11. Les zones d'emprunt et dépôt : 41
IV.12. Conclusion : 42
Chapitre V : Dimensionnement de corps de chaussée 43
V.1. Introduction : 44
V.2. Définition et rôle du corps de chaussée : 44
V.3. Les paramètres de dimensionnement d'une chaussée : 44
V.4. Méthode rationnelle : 44

V.5. Hypothèses de dimensionnement : 45
V.6. Méthodologie de dimensionnement : 46
V.7. Détermination de la classe de portance de sol-support de chaussée : 48
V.8. Calcul des déformations admissibles : 49
V.9. Application numérique : 51
V.10. Conclusion : 52
Chapitre VI : Assainissement 54
VI.1. Introduction : 55
VI.3. Caractéristiques physiques des bassins versant : 56
VI.4. Etude hydraulique : 56
VI.4.1. Calcul des débits de crue des bassins versant de superficie inférieure à 200 km^2 : 56
Résultats de calcul de débit de notre projet : 61
VI.5. Dimensionnement des ouvrages hydrauliques : 61
VI.5.1. Calcul du débit de saturation : 61
VI.5.2. Dimensionnement des buses : 61
VI.5.3 Dimensionnement des dalots : 62
VI.5. Dimensionnement des ouvrages longitudinal Le drainage de la chaussée relit sur deux ouvrages d'assainissement : 64
Formule de Manning Strickler : 64
VI.5.2. Calcul du débit de saturation : 66
Calcul du périmètre mouillé : 66
VI.6. Dimensionnement des caniveaux du TPC : 67
Chapitre VII : Terrassement et Cubatures 68
VII.1. Introduction : 69
VII.2. Description de la méthode retenue : 69
VII.3. Résultat de calcul : 69
Chapitre VIII : Echangeur 71
VIII.1. Introduction : 72
VIII.3. Éléments constitutifs d'un échangeur : 72
VIII.4. Types d'échangeur : 72
VIII.5. Choix du type d'échangeur : 73
VIII.6. Caractéristiques géométriques des bretelles : 74
VIII.7. Enchaînement des éléments du tracé en plan : 74
VIII.8. Raccordements progressifs : 75
VIII.9. Zones d'accélération et de décélération : 75
VIII.10. Profile en long d'une brettelle : 77
VIII.11. Profil en travers d'une brettelle : 77
VIII.12. Pente transversale d'une bretelle : 77

Chapitre IX : Ouvrage d'art 78
IX.1. Introduction : 79
IX.2. Types courants d'ouvrages d'art : 79
IX.3. Choix du type d'ouvrage : 80
Chapitre X : Signalisation 82
X.1. Introduction : 83
X.2. Objectifs de la signalisation routière : 83
X.3. Principes fondamentaux d'une signalisation efficace : 83
X.4. Règles de conception de la signalisation : 83
X.5. Types de signalisation : 84
Chapitre XI : Etude d'impact sur l'environnement 87
XI.1. Introduction : 88
XI.2. Objectifs D'une étude d'impact sur l'environnement : 88
XI.3. Sources d'impact : 88
XI.4. Identification et évaluation des impacts du projet : 90
XI.5. Mesures d'atténuation et de compensation des impacts sur l'environnement : 94
XI.5.1. Mesure prévue durant la période de construction : 94
XI.5.2. Mesures Prévues Durant La Période D'exploitation : 95
XI.6. Impacts positifs direct et indirect : 95
XI.7. Conclusion : 96
Chapitre XII : Devis estimatif 98
Conclusion Générale 100
Annexe 102

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Coefficient d'équivalence.....12

Tableau II.2 : Coefficient K 1 12

Tableau II.3 : Coefficient K 2.....12

Tableau II.4 : Valeur de la capacité théorique.....13

Tableau III.1 : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (ICTAAL).....19

Tableau III.2 : Les données de l'axe à calculer.....21

Tableau III.3 : Valeurs limites des paramètres du profil en long (ICTAAL).....23

Tableau III.4 : Description géométrique du tracé en plan.....26

Tableau III.5 : Dimensions des éléments du profil en travers type.....31

Tableau IV.1 : Essaies in-situ……...35

Tableau IV.2 : les types d'essais au laboratoire……..36

Tableau IV.3 : Résultats des puits de reconnaissance……37

Tableau IV.4 : Résultats des essais physiques relatifs aux puits de reconnaissance……38

Tableau IV.5 : Résultats des essais mécaniques relatifs aux puits de reconnaissance…….38

Tableau IV.6 : Résultats de la classification GTR……..40

Tableau IV.7 : Résultats de la classification LCPC……40

Tableau IV.8 : Conditions d'utilisation des matériaux en remblais……..41

Tableau V.1 : valeur de coefficient d'agressivité……48

Tableau V.2 : Classe de portance à longue terme de sol support……...48

Tableau V.3 : Sur classement avec couche de forme en matériaux non traités……49

Tableau V.4 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux……...51

Tableau V.5 : Risques adoptés pour le réseau RP1……51

Tableau V.6 : Calcul des déformations……...52

Tableau VI.1 : Caractéristiques physiques des bassins versants……..56

Tableau VI.2 : Coefficient C1……..57

Tableau VI.3 : Coefficient C2……..57

Tableau VI.4 : Coefficient C3……..57

Tableau VI.5 : Valeurs du paramètre « a » pour les différentes fréquences…….58

Tableau VI .6 : Les résultats des calculs des débits……61

Tableau VI.7: Tableau récapitulatif des dimensions des dalots et buses……..64

Tableau VIII.1 : Valeurs limites des rayons du tracé en plan……74

Tableau VIII.2 : Les valeurs limites des paramètres du profil en long…….77

Tableau VIII.3 : Profil en travers des bretelles……..77

Tableau IX.1 : Ouvrage d'art au niveau des routes existantes……..81

Tableau X.1 : Les caractéristiques des lignes de marquage longitudinales…….85

Tableau X.2 : Les caractéristiques des lignes discontinues……...85

Tableau XI.1 : Intersection du projet avec les réseaux divers……...93

Liste des figures

Figure I.1 : Plan synoptique Autoroute des Hauts Plateaux…….03

Figure I.2 : la carte des réseaux routiers de la wilaya de Tiaret……04

Figure I.3: Carte de zonage sismique de l'Algérie…….04

Figure I.4 : Extrait de la carte des principaux axes routiers et autoroutiers de l'Algérie à l'horizon 2025……..05

Figure I.5 : Courbe d'élévation du tracé de la rocade section Tiaret – Saida sur 120Km...05

Figure I.6: Début et fin de notre projet……...06

Figure II.1 : Carte hypsométrique de la zone d'étude……...14

Figure III.1 : Tracé en plan par logiciel Covadis……...18

Figure III.2 : Schéma illustratif d'un rayon……...20

Figure III.3 : Exemple de configuration à exclure dans une forte pente……..25

Figure III.4 : Eléments constitutives du profil en travers en section courante……27

Figure III.5 : Zone de sécurité en déblai…….29

Figure III.6 : les éléments constitutifs du profil en travers type……...31

Figure IV.1 : Reliefs de la ville Tiaret……..34

Figure IV.2 : Carte géologique de Tiaret……34

Figure IV.3 : Abaque de la classification GTR……...39

Figure IV.4 : Diagramme de CASAGRANDE……...39

Figure V.1 : Schéma de dimensionnement des chaussées neuves……..45

Figure V.2 : Diagramme de classification du Traffic…….47

Figure V.3 : Choix de dimensionnement avec fascicule 3……..49

Figure V.4 : Calcul fait par logiciel Alizé-LCPC……52

Figure VI.1 : Des stations pluviométriques par rapport au tracé…….58

Figure VIII.1 : Différentes types d'échangeur……...73

Figure VIII.2 : Dispositif de sortie de l'autoroute……..76

Figure VIII.3 : Dispositif d'entrée sur l'autoroute……76

Figure VII.4: Echangeur a giratoire double……..77

Figure X.1 : Les lignes longitudinales…….85

Les mots abrégés

PK : point kilométrique.

RN : route nationale.

ICTAAL : Instruction Conditions Technique Aménagement.

TJMA : Trafic Moyen Journalier Annuel.

Teff : Trafic Effectif.

TPC : terre-plein central.

BAU : Bande d'Arrêt d'Urgence.

BDG : Bande Dérasée Gauche.

CBR: California-Bearing-Ratio.

PL: Poids lourds

TPL : Trafic Poids Lourds.

BB : Béton bitumineux.

GB : Grave Bitume.

GNT : Grave Non Traité.

TE : Trafic Equivalent.

TCE : Trafic Cumulé Equivalent.

RP1 : Réseau Principal 1.

CAM : Coefficient d'Agressivité Moyen.

Introduction Générale :

En Algérie, les projets d'infrastructures routières jouent un rôle fondamental dans le développement économique, l'intégration territoriale et l'amélioration de la mobilité. Parmi les projets phares lancés par l'État figure la rocade autoroutière **des Hauts Plateaux**, conçue pour relier les wilayas de l'intérieur du pays d'est en ouest, en parallèle de l'autoroute Est-Ouest. Ce projet structurant vise à désengorger les grands axes, à améliorer l'accessibilité des régions enclavées, et à favoriser la dynamique économique à l'échelle nationale Le tracé global de cette rocade traverse plusieurs wilayas du sud des Hauts Plateaux, sur plus de 1000 kilomètres, et est divisé en plusieurs lots **Le lot Ouest**, **long de 305 km**, relie **El Aricha à Tiaret**, en passant par plusieurs zones rurales à fort potentiel. Au sein de ce lot, on retrouve la **section Tiaret – Saïda**, longue **de 120 km**, dont le point de départ se situe au nord de la commune de **Medrissa**.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent Projet de Fin d'Études, qui porte sur l'étude de la section **Tiaret – Saïda**, d'une longueur de 120 km, et plus précisément sur le tronçon initial allant du **PK00+000 au PK10+152**. L'étude comprend également la conception d'un échangeur autoroutier, destiné à assurer la connexion entre la future rocade et le réseau routier existant.

Ce travail sera organisé en plusieurs chapitres allant de l'analyse du site et des données de base, jusqu'à la proposition de solutions techniques détaillées. Il mettra en évidence les choix réalisés, les calculs effectués, ainsi que les plans et schémas nécessaires à la compréhension du projet.

Chapitre I :
Présentation du projet

I.1. Introduction :

Le projet de la **Rocade Autoroutière des Hauts Plateaux (RAHP)** constitue l'un des axes majeurs du réseau autoroutier national. Ce tracé stratégique traverse plusieurs wilayas du sud des Hauts Plateaux, à savoir : **Tlemcen, Saïda, Tiaret, Médéa, M'sila, Batna, Oum El Bouaghi, khenchla et Tébessa.**

La longueur totale de cette rocade est estimée à **1 020 kilomètres** reparti comme suit :

- Lot Ouest : Tiaret – El Aricha……. 305 Km.
- Lot Centre: Tiaret – Medea – M'Sila- Batna …… 495 Km.
- Lot Est : Batna - Khenchela – Tébessa……220 Km.

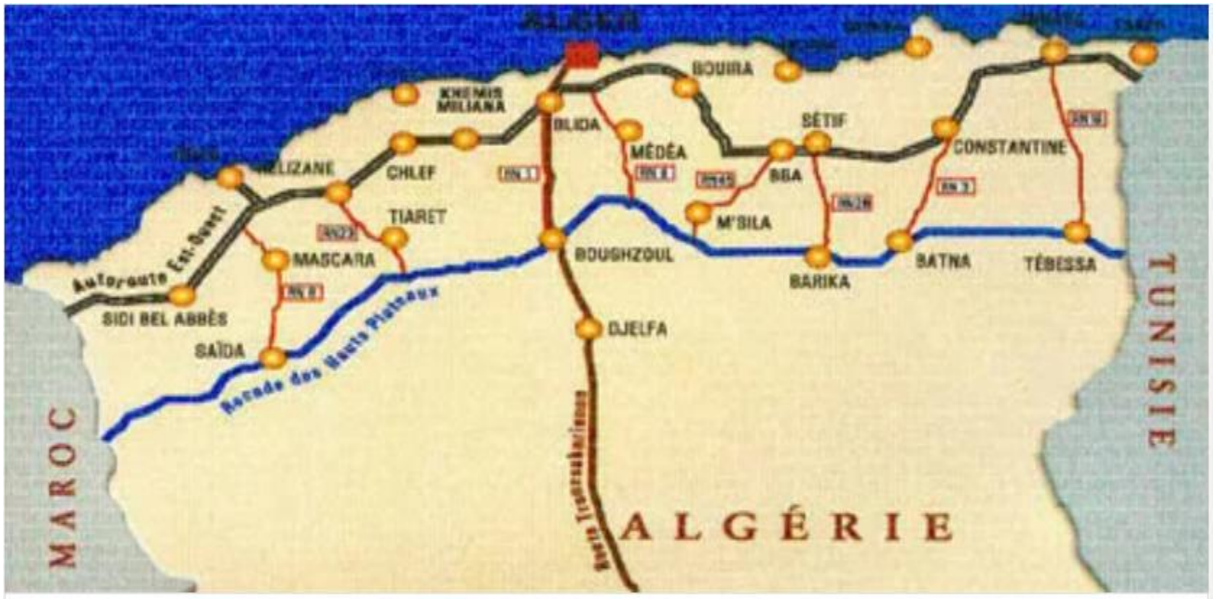


Figure I.1 : Plan synoptique Autoroute des Hauts Plateaux.

I.2. Présentation De La Wilaya De Tiaret :

- Situation géographique et administrative :

Tiaret est une ville importante vu sa situation géographique. Elle est limitée par les wilayas suivantes : au Nord par Relizane et Tissemsilt, à l'Est par Djelfa, au sud par Laghouat et El bayedh et à l'Ouest par Saida et Mascara ; Le découpage administratif de la wilaya de Tiaret ainsi que sa superficie et sa population se présente comme suit : Tiaret s'étend sur 23452 Km^2 et regroupe 14 Daïras déclinées en 42 communes avec une population estimée 819002 habitants. Tiaret est à 340 Km de la capitale Alger.

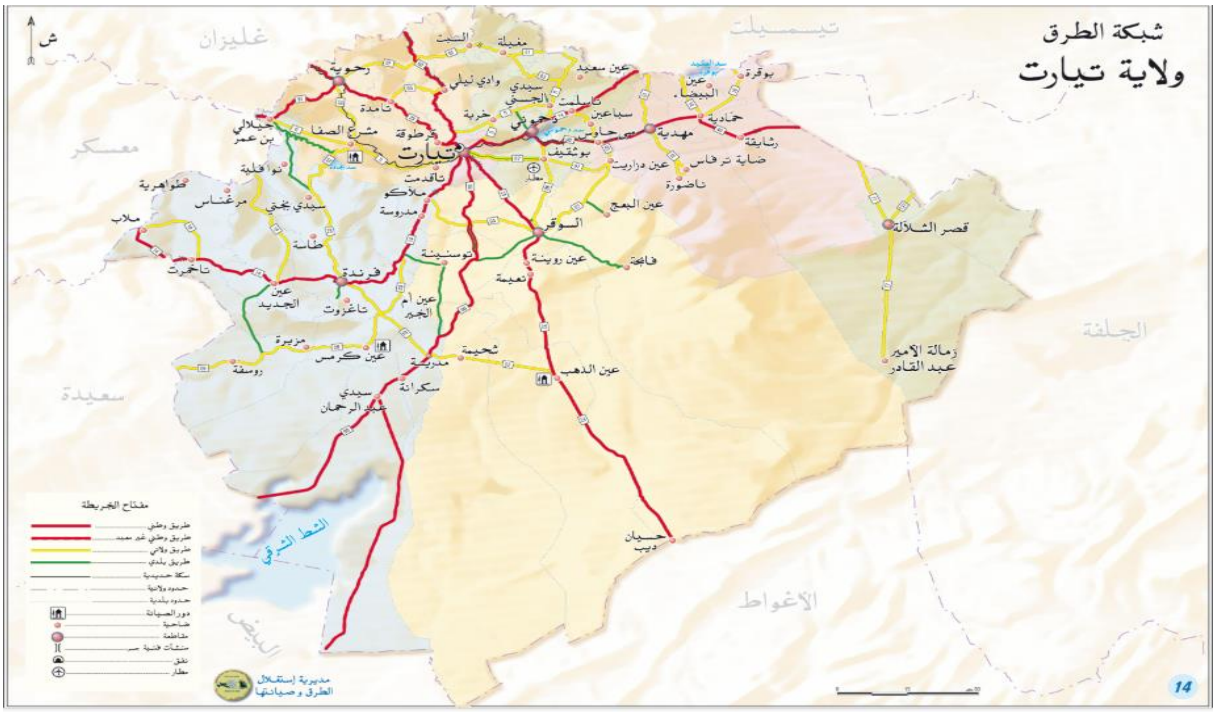


Figure I.2 : la carte des réseaux routiers de la wilaya de Tiaret.

- Risque sismique :

La région de Tiaret est a priori peu concernée par les risques sismiques. Les cartes montrent que la région a été touchée, de septembre 1973 à juillet 2006, par un nombre très restreint de séismes, d'amplitude faible à modérée. Cependant cet aléa ne peut y être considéré comme tout à fait négligeable, en raison de la proximité de la partie Nord de la wilaya avec celle des wilayas à aléa sismique notable. D'après le RPA 99 version 2003, la région de Tiaret est située dans la zone de faible sismicité (Zone I).

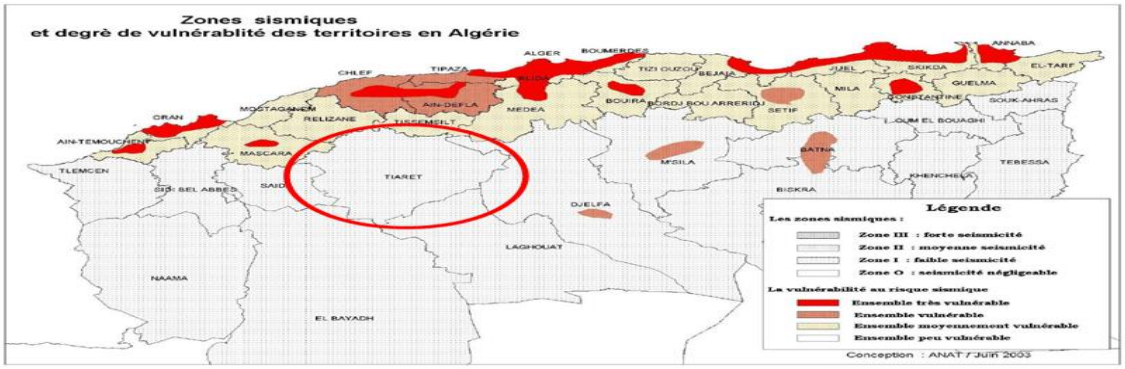


Figure I.3: Carte de zonage sismique de l'Algérie

I.3. Présentation du projet :

Le tracé de la section prioritaire reliant Tiaret à Saida sur 120km, prend son origine au nord-ouest de la ville de Medrissa juste après le raccordement du CW 02 avec le lot centre du projet de la rocade des hauts plateaux. Il se développe sur le plateau de Medrissa il passe par le nord de Ain Kermes et de Djebilet Rosfa entre les monts de Djebel Bouguedra et Djebel El Mallegue, change de direction vers le sud-ouest pour contourner la localité de Maamora et continue vers le sud en traversant des terrains de parcours et de pacages ensuite il remonte vers khelfallah, passe par Tafraoua et aboutit à l'intersection avec la RN06 dans la wilaya de Saida.



Figure I.4 : Extrait de la carte des principaux axes routiers et autoroutiers de l'Algérie à l'horizon 2025.

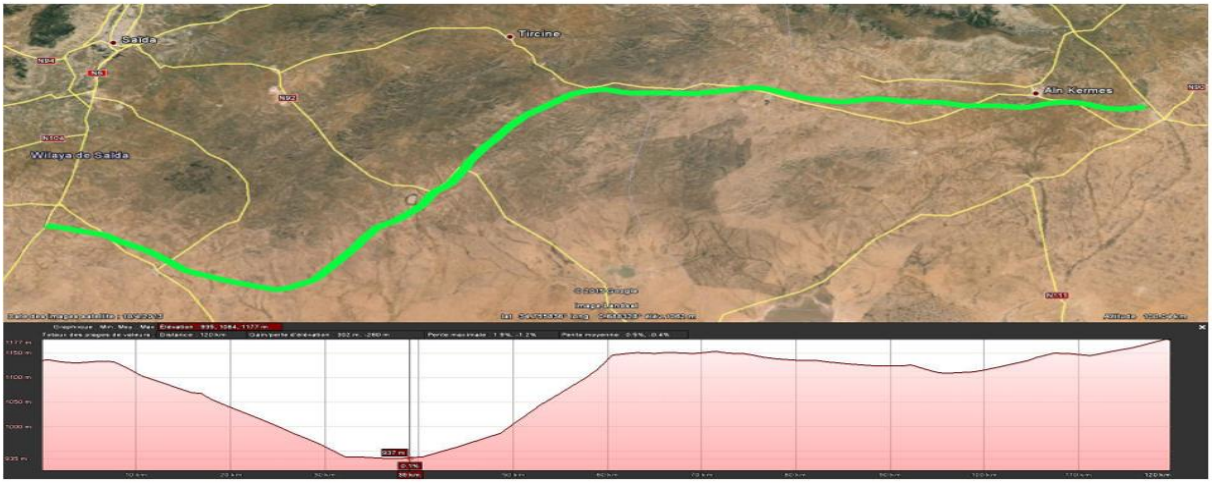


Figure I.5 : Courbe d'élévation du tracé de la rocade section Tiaret – Saida sur 120Km.

Le projet objet de notre mémoire de fin d'études fait partie du lot ouest de la rocade autoroutière des hauts plateaux « RAHP », et se situe du PK 00+000 au PK 10+152 à wilaya de Tiaret.

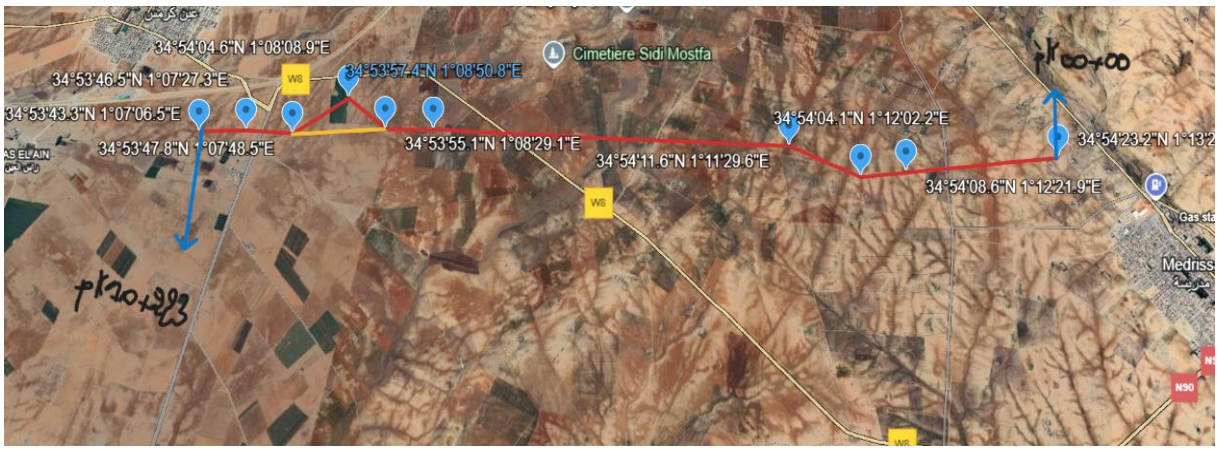


Figure I.6: Début et fin de notre projet.

I.4. Caractéristiques de notre projet :

Notre projet est une liaison autoroutière. Donc on utilise l'ICTAAL 2015 (Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison).

- Catégorie de l'autoroute :

Compte tenu du relief modérées la catégorie d'autoroute sera « L1 » selon l'ICTAAL 2015.

- Vitesse de référence :

Selon l'ICTAAL 2015 et pour une catégorie « L1 » de l'autoroute, la vitesse maximale autorisée est de 130 km/h.

I.5. Objectif du projet :

Le projet de la future rocade autoroutière des Hauts Plateaux, a pour objectif de relier les frontières Algéro–Marocaine à l'ouest aux frontières Algéro-Tunisienne à l'est. Il s'étend dans la frange des hauts plateaux parallèlement à l'autoroute Est-Ouest qui borde le littoral sur 1200 Km. D'une longueur de 1020 Km, le projet sera conçu en 2x2 voies élargissable en 2x3 voies, reliant la wilaya de Tlemcen à la wilaya de Tébessa via les wilayas de : Sidi Bel Abbés, Saida, Tiaret, Djelfa, Ain oussara, Bou sâada, M'sila, Biskra, Batna, Oum El Bouaghi, et Khenchela.

Ce projet aura des retombées multiples sur le pays, qui connaîtra avec cette réalisation, un rééquilibrage de l'occupation des sols, vue que plus de 70% de la population vit sur la bande littorale

du pays, le nouveau projet permettra d'atténuer cette pression en attirant une bonne partie de la population vers cette zone intermédiaire. Il aura pour objectif de :

- Promouvoir le développement durable du territoire par un système de transport articulé.
- Dynamiser l'aménagement du territoire avec une réorientation vers une meilleure occupation spatiale des wilayas des Hauts-Plateaux et du Sud.
- Assurer une meilleure accessibilité aux villes des hauts plateaux.
- Répondre à la demande de trafic et aux besoins en matière de transport et décongestionner les routes de la région.
- Créer et valoriser les richesses locales.
- Augmenter la sécurité des transports.
- Augmenter le gain de temps pour les usagers.
- Contribuer à un aménagement équilibré et rationnel du territoire.
- Créer un nouvel espace socio-économique rentable et attractif pour l'investissement, que ce soit au niveau commercial, industriel ou touristique.
- Créer un emploi important pendant les phases de travaux et d'exploitation.

La présente étude est consacrée, au lot ouest du projet de la rocade autoroutière des hauts plateaux dans sa première section, qui relie Tiaret à Saida sur 120Kms.

I.6. Rappel d'étude APS et APD :

L'Avant-Projet Sommaire (APS) a pour principal objectif de définir les valeurs des paramètres dimensionnels du projet, afin de permettre une estimation fiable de son coût. Il sert également à présenter aux décideurs une proposition technique, en exposant les principes retenus ainsi que l'architecture générale envisagée pour répondre à la problématique posée. L'APS constitue ainsi un élément essentiel du dossier de faisabilité.

À l'issue de l'analyse multicritère, une seule variante sera retenue pour poursuivre avec la phase de l'Avant-Projet Définitif (APD), dans notre nous avons choisi directement notre variante car à l'issue de l'analyse des différentes options, il a été constaté que notre tracé intersecte la Route Nationale n°90 en deux points distincts. Les autres variantes étudiées présentaient des tracés plus étendus, entraînant ainsi un coût économique plus élevé, sans pour autant offrir d'avantages techniques significatifs.
En conséquence, une seule variante a été retenue, car elle s'est avérée être la plus pertinente, aussi bien du point de vue économique que fonctionnel.

Chapitre II : Etude de Trafic

II.1. Introduction :

Pour un bon dimensionnement de la chaussée, une étude d'infrastructure routière est obligatoire ; il s'agit de l'étude du trafic, qui est une évaluation et une analyse précise du volume de circulation supporté. La résolution de ce problème consiste à déterminer la largeur des voies et leur nombre, d'après le trafic prévisible à l'horizon. L'étude de trafic représente une approche essentielle dans la conception des réseaux routiers Cette conception repose, pour partie « stratégie et planification » sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, elle est nécessaire pour :

- Apprécier la valeur économique des projets routiers
- Estimer les coûts d'entretien du réseau routier, qui sont en fonction du volume de circulation

II.2. Analyse de trafic :

Plusieurs méthodes permettant l'analyse du trafic, ces méthodes peuvent être classées en deux catégories **:**

II.2.1. Comptage :

Correspondent à la mesure du nombre de véhicules et la composition du trafic routier. C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage.

- **Comptage automatique :**

Les comptages automatiques se divisent en deux catégories : permanents et temporaires. Les comptages permanents sont effectués en des points stratégiques du réseau routier, sélectionnés pour leur représentativité sur les axes les plus fréquentés, tels que les autoroutes, les routes nationales et les chemins de wilaya à forte circulation.

- **Comptage manuel :**

Ils sont effectués par des agents chargés d'analyser la composition du trafic afin de compléter les données fournies par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent ainsi de déterminer la part des poids lourds et des transports en commun dans la circulation**.**

II.2.2. Connaissance des flux (Enquêtes) :

Il est souvent préférable d'enrichir les données issues des comptages en intégrant des informations sur la nature du trafic et l'orientation des flux. Selon les besoins, différentes méthodes peuvent être utilisées. Lorsqu'une enquête est menée sur l'ensemble des accès d'une zone dé-

finie, qu'il s'agisse d'une agglomération, d'une ville ou d'un quartier, on parle d'enquête cordon. Cette approche permet notamment de différencier les flux de transit de ceux liés aux échanges locaux.

Pour cette étude nous avons exploité les résultats obtenus à partir de comptage effectué par le service concerné du SAETI d'Alger au niveau de la RN 90.

II.3. Différents types de trafic :

On distingue quatre types de trafic :

- **Trafic normal :** C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans tenir compte de l'impact généré par le nouveau projet**.**
- **Trafic induit :** désigne le volume de trafic supplémentaire généré par la création ou l'amélioration d'une infrastructure de transport.
- **Trafic total :** C'est la somme du trafic induit et du trafic dévié**.**
- **Trafic dévié :** désigne les changements de flux de circulation résultant de deux principaux facteurs, l'apparition de nouveaux déplacements et l'augmentation de l'activité économique.

II.4. Calcule de la capacité :

La capacité représente le nombre maximal de véhicules pouvant circuler par heure dans une ou deux directions sur une route donnée, durant une période déterminée. Elle est généralement exprimée en taux horaire et dépend de :

- Des conditions du trafic.
- Des conditions météorologiques.
- Le type d'usagers habitués.

II.5. Unité UVP :

L'UVP est une unité normalisée qui permet de comparer différents types de véhicules en fonction de leur impact sur la circulation. Par exemple, les camions, les bus et les véhicules lourds occupent plus d'espace et ralentissent le trafic comparé aux voitures particulières. Ainsi, chaque type de véhicule est converti en équivalent "véhicule particulier" pour faciliter les calculs et la gestion du trafic.

II.6. Catégorie de la route :

Selon le B40 (norme technique d'aménagement des routes Algériennes) les routes sont classées en cinq catégories fonctionnelles, correspondant aux finalités économiques et administratives. Les cinq catégories de la route sont :

Catégorie 1 : liaison entre les grands centres économique et industrie lourd.

Catégorie 2 : liaison entre les centres d'industrie de transformation et d'industrie légères.

Catégorie 3 : liaison entre des chefs-lieux de wilaya et de daïra non desservis par le réseau de CAT 1 et CAT 2.

Catégorie 4 : liaison des centres de vie non reliés au réseau de Cat 1-2-3.

Catégorie 5 : routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

Dans le cas de notre projet, après analyse des données, il s'avère que la catégorie de notre projet est Cat 1.

II.7. Procédure de détermination de la capacité de la route (Nombre de voies) :

- **Trafic moyen journalier (TJMA) Horizon :**

Le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est donné par la formule suivant :

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

Avec :

- $\mathbf{TJMA_h}$ **:** le trafic à l'année horizon.
- $\mathbf{TJMA_0}$ **:** le trafic à l'année de référence.
- **n :** Nombre d'année.
- $\boldsymbol{\tau}$ **:** : taux d'accroissement du trafic (%).

- **Trafic effectif :**

C'est le trafic traduit en unité de véhicule particulier (U.V.P) en fonction de type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir les poids lourds (P.L) en (U.V.P).

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$\mathbf{Teff} = [(\mathbf{1} - \mathbf{z}) + \mathbf{p}.\mathbf{z}] \times \mathbf{TJMA_h}$$

Avec :

- **Teff :** trafic effectif à l'année horizon en (uvp/j).
- **p :** : pourcentage de poids lourd (%).

- **z :** Coefficient d'équivalence Pour le poids lourd il dépend de la nature de la route (Nombre de voies et de l'environnement).

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

Tableau II.1 : Coefficient d'équivalence.

- **Débit de pointe horaire normal :**

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

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

Avec :

- $\mathbf{T_{eff}}$ **:** trafic effectif
- **Q :** débit de pointe horaire exprimé en uvp/h
- **n :** nombre d'heure (en général n =8 heures)

- **Débit horaire admissible :**

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

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

- $\boldsymbol{K_1}$ **:** coefficient lié à l'environnement.
- $\boldsymbol{K_2}$ **:** coefficient de réduction de capacité.
- $\boldsymbol{C_{th}}$ **:** capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Environnement	E1	E2	E3
K_1	**0.75**	**0.85**	**0.9 à 0.95**

Tableau II.2 : Coefficient K_1.

Catégorie de la route					
Environnement	**01**	**02**	**03**	**04**	**05**
E1	**1.00**	**1.00**	**1.00**	**1.00**	**1.00**

E2	**0.99**	**0.99**	**0.99**	**0.98**	**0.98**
E3	**0.91**	**0.95**	**0.97**	**0.96**	**0.96**

Tableau II.3 : Coefficient K_2.

Capacité théorique (uvp /h)	
Route à 2 voie de 3.5	**1500 à 2000**
Route à 3voie de 3.5	**2400 à 3200**
Route à chaussée séparée	**1500 à 1800**

Tableau II.4 : Valeur de la capacité théorique.

II.8. Etude du milieu physique :

Une zone de plateaux, elle concerne la région de Maamora et Khelfallah au sud, et Ain Kermes et Medrissa au nord elle se distingue par une altitude qui varie entre 900 et 1300m elle englobe les terrains agricoles à caractère céréalier. Les plateaux ondulés sont incisés par une série d'Oueds. Ils constituent un véritable espace de transition entre la montagne et la steppe. A1000 mètres d'altitude, ce vaste plateau était à l'origine un lieu de passage des pasteurs-nomades faisant la transhumance entre le sud et le nord. Il est aujourd'hui une véritable aire de sédentarisation de nombreuses populations nomades et montagnardes qui cultivent désormais céréales et fourrages et qui élèvent d'importants troupeaux de moutons. (Terras, 2011).

Pour notre tronçon le relief est plat avec altitude qui varie entre 900 et 1300m (Moyenne) donc le type d'environnement est E_2.

Les trois types d'environnement e distingués dans B.20 comme suit :

Sinuosité / Relief	Faible	Moyenne	Forte
Plat	E1	E2	
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux		E3	E3

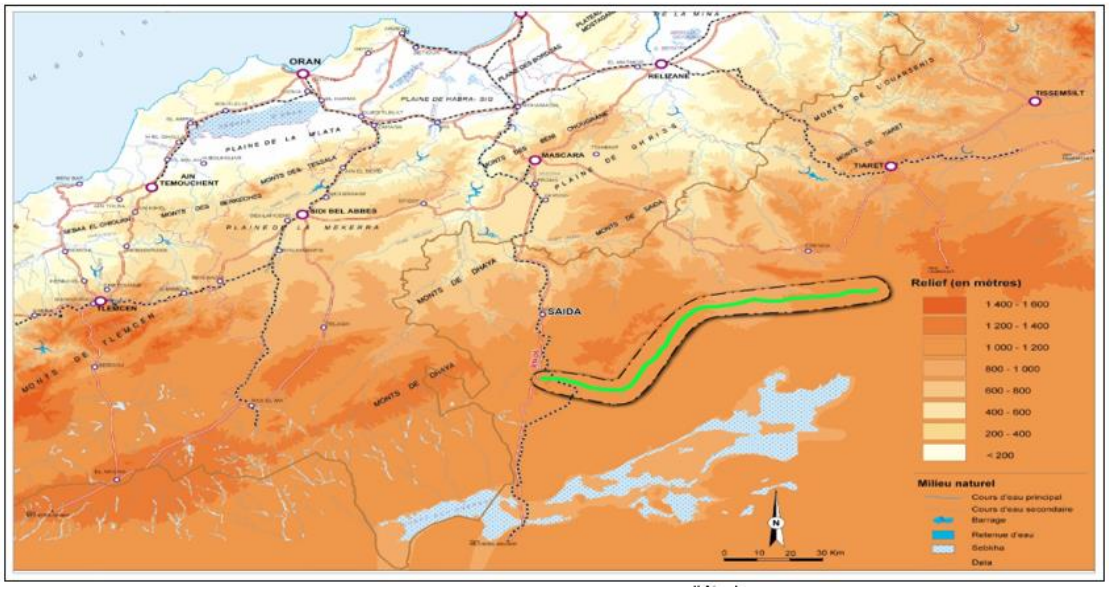


Figure II.1 : Carte hypsométrique de la zone d'étude.

II.9. Calcul de nombre de voies :

- **Cas d'une chaussée bidirectionnelle** : on compare Q a et Q_{adm} on opte pour le profil auquel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à Q

$$Q_{adm} < Q$$

- **Cas d'une chaussée unidirectionnelle** : Le nombre de voies par chaussée est le nombre entier le plus proche du rapport

II.10. Application du projet :

Selon les résultats des comptages et des prévisions, effectués par le service spécialisé **SAETI** :

- Le trafic journalier moyen annuel ($TJMA_{2018} = 5243$ v/j).
- Année de mise en service : 2029.
- L'environnement : E2, catégorie C1.
- Le percentage des poids lourds : Z= 22%.
- Taux de croissance annuelle de trafic : τ = 3,5%.
- La durée de vie : 20 ans.

II.10.1. Nombre de voies :

- Le trafic journalier moyen annuel à l'année de mise en service :

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

$$TJMA_{2029} = TJMA_{2018}(1+\tau)^n$$

$$TJMA_{2029} = 5243 \times (1+0.035)^{11}$$

$$TJMA_{2029} = 7655 \text{ v/j/sens}$$

- Le trafic journalier moyen annuel à la fin de vie du projet *:*

$$\mathbf{TJMA_{2049} = TJMA_{2029} \times (1+\tau)^{20}}$$

$$TJMA_{2049} = 7655 \times (1+0.035)^{20}$$

$$TJMA_{2049} = 15232 \text{ v/j/sens}$$

- Le trafic effectif :

C'est le trafic exprimé en unité de véhicule particulier uvp/j :

$$\mathbf{Teff = [(1-z) + p.z] \times TJMA_h}$$

Avec : P = 6 (La fonction de la rocade des hauts plateaux dans le réseau d'infrastructure routière impose la catégorie d'autoroute L1)

$$Teff_{2029} = 16076 \text{ uvp/j}$$

$$Teff_{2049} = 31988 \text{ uvp/j}$$

- Le débit de pointe horaire normale :

$$\mathbf{Q = \frac{1}{n} \times Teff_{2029}}$$

Q = uvp/h

$$Q = \frac{1}{n} \times Teff_{2049}$$

Q = 3999 uvp/h

- Débit admissible :

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

Avec :

Catégorie C_1 …...K_2= 0,99

Environnement E_2…... K_1= 0,85

En section courante, le nombre de voies par sens varie de deux à quatre. Le débit horaire de la voie la plus chargée ne doit pas dépasser le débit de saturation, estimé à 1800

uvp/h, sauf éventuellement dans le cas d'un trafic de pointe occasionnel ou particulièrement saisonnier, si cela conduit à l'économie d'une voie supplémentaire peu utilisée entre-temps.

$$C_{th} = 1800 \text{uvp/h}$$

$$Q_{adm} = 0{,}99 \times 0{,}85 \times 1800$$

$$Q_{adm} = 1515 \text{ uvp/h}$$

- Le nombre de voie :

$$\mathbf{N = S \times \frac{Q}{Q_{adm}}}$$

N= 1,74

On prend que N=2 voie/sens.

II.10.2. L'année de saturation :

$$\text{Teff}_{2029} = 16076 \text{ uvp/j}$$

$$Q_{\text{prévisible2029}} = 2010 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{adm} = 1515 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm} = 6060 \text{ uvp/h}$$

Donc : $$\mathbf{N = \frac{\ln \frac{Q_{saturation}}{Q_{prévisible\ 2029}}}{\ln(1+\tau)}}$$

N = 32 ans

Donc notre liaison autoroutière sera saturée après 32 ans de service soit en 2061.

II.11. Conclusion :

D'après l'étude du trafic de notre autoroute, on constate qu'elle est unidirectionnelle à chaussées séparées de 2 voies par sens 2x2 voies d'où notre route sera saturée 32 ans après la mise en service, donc son année de saturation est estimée en 2061.

Chapitre III : Etude de géométrie

III.1. Tracé en Plan :

III.1.1. Introduction :

Le tracé en plan d'une route représente sa configuration horizontale vue de dessus. Il se compose d'une série de segments rectilignes reliés par des courbes de transition appelées raccordements. Ce tracé est obtenu par la projection des points caractéristiques de la route sur un plan horizontal dans un repère topographique. Il permet de définir avec précision la géométrie du parcours routier. Son élaboration vise à garantir la sécurité des usagers ainsi qu'un bon niveau de confort de conduite, tout en s'adaptant aux contraintes du terrain et de l'environnement.

Lors de l'élaboration de notre projet routier, la première étape a consisté à rechercher le couloir optimal pour l'implantation de la route sur le site concerné. Après analyse, il est apparu que notre tracé recoupe la Route Nationale 90 à deux endroits distincts. Les autres variantes envisagées présentaient des tracés plus longs, engendrant un coût économique plus élevé sans apporter de bénéfices techniques notables. Par conséquent, une seule variante a été retenue, car elle s'est révélée la plus cohérente et la plus justifiée tant sur le plan économique que fonctionnel.

III.1.2. Description de la variante retenue :

Le tracé de la rocade prend son origine le nord de la ville de Medrissa dans la wilaya de Tiaret, notre tracé traverse des terrains plats à vocation agricole, dans son chemin il rencontre plusieurs contraintes et obstacles à savoir la conduite d'eau potable située à 225 m du début du projet, puis un gazoduc au PK 4+714 en évitant la localité de Bled Aicha El Khadem. Il continu jusqu'au sud de Ain El Kermes en empruntant un chemin parallèle à celui de la voie ferrée, il traverse la RN 90 à deux reprises au PK 6+450 et au PK 8+050 et le gazoduc de Ain El Kermes au PK 6+675 où les terrains sont peu vallonnés.

Remarque : Le Tracé en plan a été fait avec le logiciel Covadis 'Autopiste'

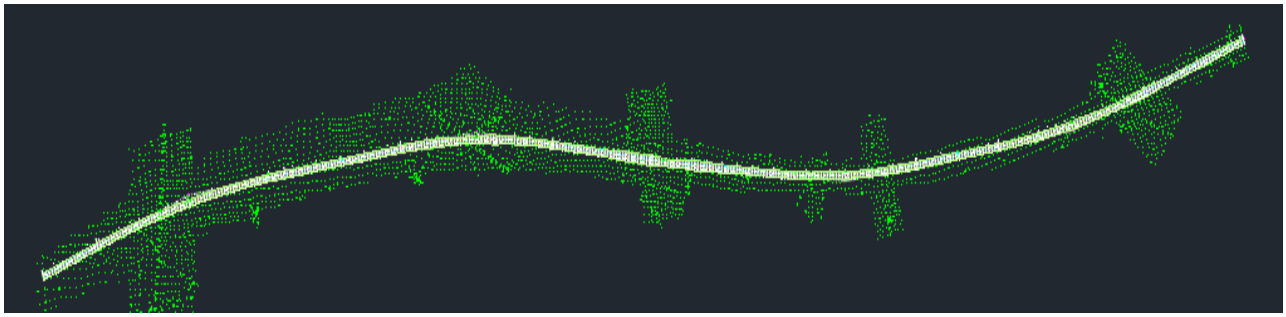


Figure III.1 : Tracé en plan par logiciel Covadis.

III.1.3. Règles à respecter dans notre tracé :

- Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles.
- Adapter au maximum le terrain naturel.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- Se raccorder sur les réseaux existants.
- S'inscrire dans le couloir choisi.
- Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.

III.1.4. Les éléments de tracé en plan :

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

III.1.5. Paramètres géométriques de conception du tracé :

Pour la conception géométrique on a utilisé les normes de l'ICTAAL « Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagements des Autoroutes de Liaisons » La catégorie choisie est L1, adaptée aux régions de plaine ou légèrement vallonnées où les contraintes de relief sont modérées. Elle permet une vitesse maximale autorisée de 130 km/h.

Les paramètres utilisés sont résumés dans le tableau suivant pour une catégorie L1

Catégorie		L1
Rayon minimal	$R_m(m)$	600
Rayon minimal non déversé	$R_{nd}(m)$	1000
Rayon minimal sans courbe de transition	$R_{\text{souhaitable}}(m)$	1500

Tableau III.1 : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (ICTAAL).

D'après ICTAAL, Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des grands rayons et l'emploi de rayons supérieurs ou égaux à $1{,}5R_{nd}(m)$ est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité.

Pour notre projet On notera que les rayons employés sont supérieurs ou égaux au rayon minimal sans courbe de transition (1,5Rnd=1500m).

III.1.6. Les raccordements progressifs :

Les courbes de rayon inférieur à **1,5** $\boldsymbol{R_{nd}(m)}$sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïdes) et Leur longueur est au moins égale à la plus grande des deux valeurs $\left\{\mathbf{14}\ |\Delta\boldsymbol{\delta}|\ \mathbf{Et}\ \frac{\boldsymbol{R}}{\mathbf{9}}\right\}$

Où **R** note le rayon de courbure (en m), et **Δδ** la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés on a :

$$|\Delta\boldsymbol{\delta}|=|\boldsymbol{\delta 1}-\boldsymbol{\delta 0}|$$

$\boldsymbol{\delta 1}$ **:** représente la pente transversale initiale.

$\boldsymbol{\delta 0}$ **:** le divers de la courbe.

III.1.7. Enchainement des éléments du tracé en plan :

Les courbes circulaires de rayon modéré (inférieur à 1,5 fois le rayon de non-déversement – Rnd) ne peuvent être utilisées que sous certaines conditions d'enchaînement du tracé en plan :

- **Transition progressive :** Ces courbes doivent être introduites progressivement sur une distance comprise entre 500 et 1 000 mètres, à l'aide de courbes de rayon plus important. Dans ce cas, deux courbes successives doivent respecter la relation suivante : $\mathbf{R_1 \leq 1{,}5 \times R_2}$ où $\mathbf{R_1}$ est le rayon de la première courbe rencontrée et $\mathbf{R_2}$ (inférieur à 1,5 Rnd) celui de la suivante. Cette règle est impérative dans les zones à risque, notamment après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire de repos ou dans les secteurs fréquemment exposés au verglas.
- **Alignement intermédiaire :** Deux courbes successives doivent être séparées par une section droite d'au moins **200 mètres**, sauf dans le cas de deux courbes de sens opposé, où un raccordement progressif peut être utilisé.

III.1.8. Exemple de calcul manuel de l'axe en plan :

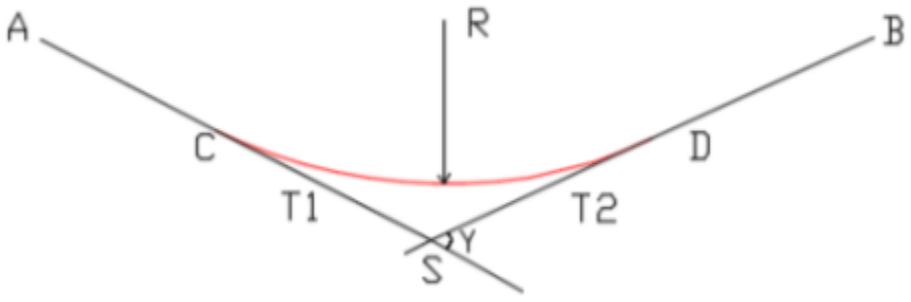


Figure III.2 : Schéma illustratif d'un rayon

Sommet	X(m)	Y(m)	Gisement(gr)	R(m)	$V(km/m)$
A (x, y)	**335051.49**	**3863508.32**	**290.56**	**6500**	**130**
S (x, y)	**336349.68**	**3863702.18**	/		
B (x, y)	**337760.45**	**3864201.40**	**278.34**		

Tableau III.2 : Les données de l'axe à calculer.

On a R=6500 ≥1.5R_{nd} =1.5×1000=1500 le calcul se fait pour un rayon sans clothoïde.

- **Calcul des gisements :**

$$\Delta X_{AS} = X_S\text{-}X_A = 1298.19\text{m}$$

$$\Delta Y_{AS} = Y_S\text{-}Y_A = 193.86\text{m}$$

$$G_A^S = 200\text{-}\tanh^{-1}\frac{|\Delta X_{AS}|}{|\Delta Y_{AS}|} = 200\text{-}90.608 = 109.392\text{gr}$$

$$G_S^A = 200+109.392 = 300.392\text{gr}$$

$$\Delta X_{BS} = X_S\text{-}X_B = -1410.77\text{m}$$

$$\Delta Y_{BS} = Y_S\text{-}Y_B = -499.22\text{m}$$

$$G_B^S = 400\text{-}\tanh^{-1}\frac{|\Delta X_{BS}|}{|\Delta Y_{BS}|} = 321.613\text{gr}$$

$$G_S^B = 200\text{-}321.613 = 121.613\text{gr}$$

- **Calcul des angles :**

$$\gamma = \left|\boldsymbol{G_A^S - G_S^B}\right| = 12.221\text{gr}$$

- **Calcul de la tangente :**

$$T = \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right)\times R = \tan\left(\frac{12.2}{2}\right)\times 6500 = 1262.215\text{m}$$

- **Calcul de la longueur d'arc :**

$$L = R\times\frac{\Pi}{200}\times\gamma = 1247.153\text{m}$$

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

$$\mathbf{C}=\begin{cases}\boldsymbol{X_C = X_S - T\times\sin G_A^S = 335701.004m}\\ \boldsymbol{Y_C = Y_S - T\times\cos G_A^S = 3863886.063m}\end{cases}$$

$$\mathbf{D}=\begin{cases} \boldsymbol{X_D = X_S - T \times \sin G_S^B = 336939.01m} \\ \boldsymbol{Y_D = Y_S - T \times \cos G_S^B = 3863910.84m} \end{cases}$$

À la fin de calcul manuel, On a constaté que les résultats sont compatibles avec ceux obtenus à partir du logiciel.

III.2. Profil en long :

III.2.1. Introduction :

Le profil en long d'une autoroute correspond à une coupe verticale réalisée selon l'axe de la voie, puis développée et représentée graphiquement à une échelle déterminée. Cette représentation, volontairement déformée afin d'en faciliter la lecture, permet de visualiser les pentes longitudinales (ou déclivités), ainsi que les raccordements verticaux, et on distingue :

- Les raccordements convexes, qui assurent le confort de conduite et la visibilité en alignement vertical.
- Les raccordements concaves, qui jouent un rôle essentiel pour la visibilité nocturne, notamment sur les routes non éclairées.

Selon les recommandations de l'ICTAAL, la ligne de référence du profil en long dépend de la nature du terre-plein central (TPC) :

Si le TPC est revêtu (par exemple en béton ou enrobé), la ligne de référence est tracée au centre du TPC, c'est-à-dire à l'axe de la plateforme.

Si le TPC n'est pas revêtu (terre, végétation, etc.), il peut être irrégulier et donc difficile à utiliser comme référence. Dans ce cas, on adopte comme ligne de référence le bord gauche de la chaussée (dans le sens de la circulation), soit le point situé le plus proche du TPC mais directement sur la chaussée. Cette méthode offre une meilleure précision pour les levés topographiques et les calculs de terrassement.

III.2.2. Les Caractéristiques de Profil en long :

- **Valeurs limites :**

Les paramètres du profil en long doivent respecter les valeurs limites données dans le tableau :

Catégorie	**L1**
Déclivité maximale (%)	**5%**
Déclivité minimale (%)	**0.5%**
Rayon minimal en angle saillant	**12500 m**
Rayon minimal en angle rentrant	**4200 m**

Tableau III.3 : Valeurs limites des paramètres du profil en long (ICTAAL).

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

- **Déclivité :**

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (Puissance des véhicules en rampe). Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait la ligne rouge du profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

- **Déclivité minimum :**

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « en palier » sont si possible à éviter, pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales.la pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante. Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux. (Selon ICTAAL).

- **Déclivité maximum :**

Du point de vue technique, la déclivité maximale dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée (ce phénomène concerne tous les véhicules), ainsi de la réduction des vitesses qu'elle provoque ou les camions (poids lourds) sont déterminants car la plupart des véhicules légers ont une grande de puissance. Donc Il est conseillé d'éviter les pentes supérieures à 5% (Selon ICTAAL).

III.2.3. Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

- Les déclivités maximale et minimale ainsi que les rayons minimaux en angle saillant et en angle rentrant.
- Rechercher un équilibre entre les volumes de déblais et les volumes de remblais
- Introduire franchement une forte pente en évitant les pentes augmentant progressivement.
- Eviter les hauteurs excessives de remblai (difficulté de stabilisation).
- Éviter d'introduire des points singuliers (échangeurs, aires, courbes de rayon inférieur à Rnd…) dans la déclivité et dans les quelques hectomètres qui la suivent.
- Ne pas intercaler dans une forte pente (supérieure à 4 %) une pente plus modérée comme cette figure :

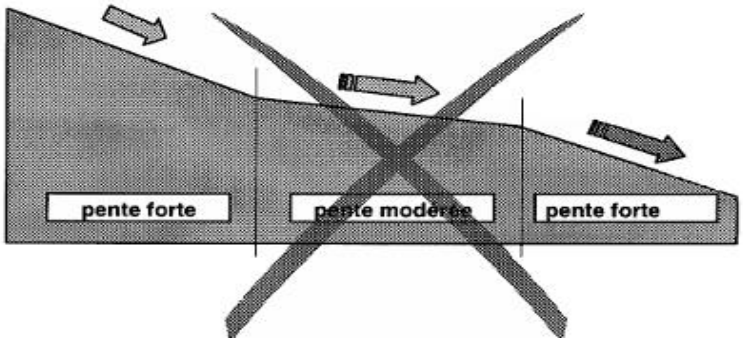


Figure III.3 : Exemple de configuration à exclure dans une forte pente.

III.2.4. Coordination du tracé en plan et du profil en long :

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, le respect des règles de visibilité et, autant que possible, un certain confort visuel ; ces objectifs incitent à :

- Associer un profil en long concave à un grand dégagement latéral
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition $\boldsymbol{R}_{\text{vertical}} \geq 6\boldsymbol{R}_{\text{horizontal}}$ Pour éviter un défaut d'inflexion
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de surcoût sensible ; lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

III.2.5. Les éléments géométriques du profil en long :

PK	Elément	Valeur
PK00+003-PK00+600	**Pente**	**0.61%**
PK00+600-PK00+649	**Raccordement parabolique**	**-12500m**
PK00+649-PK01+174	**Pente**	**0.67%**
PK01+174-PK01+182	**Raccordement parabolique**	**4200m**
PK01+182-PK01+713	**Pente**	**0.68%**
PK01+713-PK01+878	**Raccordement parabolique**	**-12500m**
PK01+878-PK02+694	**Pente**	**0.51%**
PK02+694-PK02+742	**Raccordement parabolique**	**4200m**
PK02+742-PK03+048	**Pente**	**0.52%**
PK03+048-PK03+201	**Raccordement parabolique**	**-12500m**

PK03+201-PK03+995	Pente	0.70%
PK03+995-PK04+048	Raccordement parabolique	4200m
PK04+048-PK04+570	Pente	0.56%
PK04+570-PK04+891	Raccordement parabolique	-12500m
PK04+891-PK05+095	Pente	2.01%
PK05+095-PK05+202	Raccordement parabolique	4200m
PK05+202-PK06+041	Pente	0.54%
PK06+041-PK06+055	Raccordement parabolique	4200m
PK06+055-PK06+454	Pente	0.87%
PK06+454-PK06+745	Raccordement parabolique	-12500m
PK06+745-PK07+136	Pente	1.45%
PK07+136-PK07+213	Raccordement parabolique	12500m
PK07+213-PK07+594	Pente	2.07%
PK07+594-PK07+705	Raccordement parabolique	4200m
PK07+705-PK07+936	Pente	0.57%
PK07+936-PK08+124	Raccordement parabolique	-12500m
PK08+124-PK08+566	Pente	0.94%
PK08+566-PK08+583	Raccordement parabolique	4200m
PK08+583-PK09+504	Pente	0.54%
PK09+504-PK09+517	Raccordement parabolique	-12500m
PK09+517-PK10+152	Pente	0.65%

Tableau III.4 : Description géométrique du tracé en long.

III.3. Profil en travers :

III.3.1. Introduction :

L'ICTAAL a défini le profil en travers type comme suit :

Le profil en travers représente une coupe verticale perpendiculaire à l'axe de la route projetée, dans le cadre d'un projet routier, un grand nombre de profils en travers sont généralement dessinés, à fin d'éviter de répéter les mêmes dimensions sur chacun d'eux, on commence par établir un profil en travers type, qui regroupe l'ensemble des informations nécessaires.

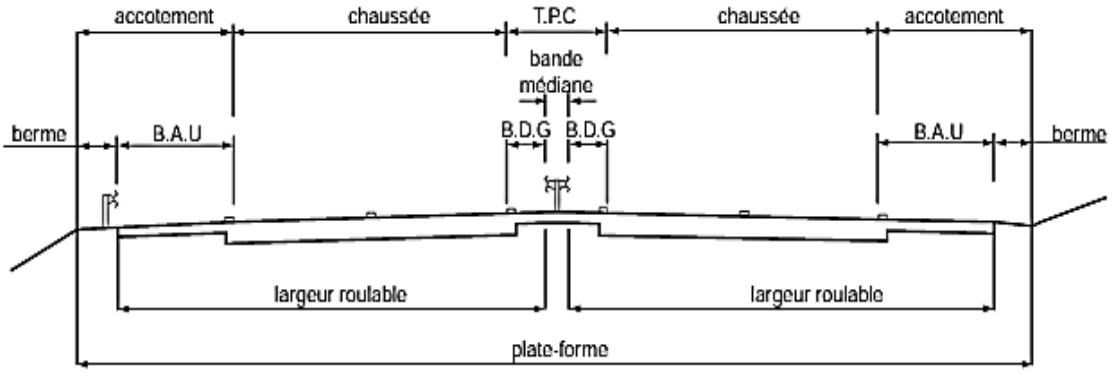


Figure III.4 : Eléments constitutives du profil en travers en section courante.

III.3.2. Type de profil en travers :

Il existe deux types de profils en travers :

- **Profil en travers type :**

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes et définie avant de considérer la topographie du terrain. C'est le modèle de base que les ingénieurs vont répéter et adapter tout au long du tracé, en fonction du terrain réel.

- **Profil en travers courant :**

Il s'agit d'un profil réel à une position donnée sur le terrain et le long de l'axe de la route, Il est dessiné à intervalle régulier (ex : tous les 20 m ou 25 m) ou à chaque changement significatif de terrain ou d'ouvrage Il représente le terrain naturel, le terrassement (déblai/remblai), les niveaux projetés et les éléments routiers (voirie, fossés…),Il est basé sur le profil en travers type, mais ajusté selon la topographie locale pour Montrer les dimensions réelles de la route à chaque point clé du tracé.

III.3.3. Les éléments du profil en travers :

- **Chaussée :**

Chaque chaussée comporte de 2*2 voies de circulation larges de 3,50 m.

- **Terre-Plein Central (T.P.C) :**

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

- **Bande dérasée de gauche (B.D.G.) :**

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

- **Bande médiane :**

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux) et, le cas échéant, des piles d'ouvrages et des aménagements paysagers. Sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés, Si elle est inférieure ou égale à 3 m, elle est stabilisée et revêtue pour en faciliter l'entretien. Sinon, elle peut être engazonnée et plantée d'arbustes, à moins que sa largeur et la topographie du site ne permettent la conservation du terrain naturel et de la végétation existante ; dans ce cas, une berme de 1,00 m est maintenue en bordure de la B.D.G.

- **Accotement :**

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

- **Zone de sécurité :**

La largeur de la zone de sécurité est, à compter du bord de la chaussée, de 10 m pour la catégorie L1. En déblai, la zone de sécurité ne s'étend pas au-delà d'une hauteur de 3 m.

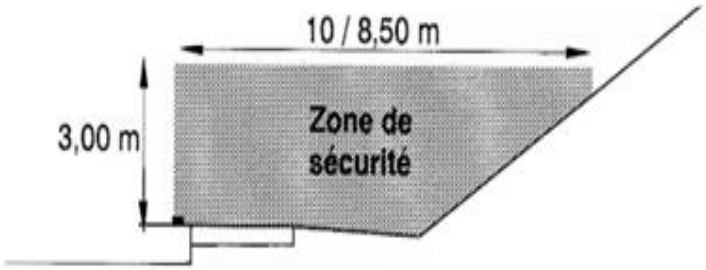


Figure III.5 : Zone de sécurité en déblai.

- **La bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) :**

La B.A.U. facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire, l'évitement d'un obstacle sur la chaussée, l'intervention des services de secours, d'entretien et d'exploitation. 22 Chapitre 4 : Profil en travers Elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée d'une surlargeur de chaussée qui porte le marquage en rive, puis d'une partie dégagée de tout obstacle, revêtue et apte à accueillir un véhicule lourd en stationnement. Aucune dénivellation ne doit exister entre la chaussée et la B.A.U. Sa largeur est de 2,50 m, ou de 3,00 m lorsque le trafic poids lourd excède 2 000 v/j (deux sens confondus)

- **La berme :**

Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements : barrières de sécurité, signalisation verticale… Sa largeur qui dépend surtout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place est de 1,00 m minimum ; mais elle peut être intégrée à un dispositif d'assainissement dont la pente ne dépasse pas 25 %.

III.3.4. Pentes transversales :

Les courbes de rayon inférieur à Rnd sont déversées vers l'intérieur de la courbe on a :

- **En alignement et en courbe non déversée :**

La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur, La pente d'une B.A.U. , est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la surlargeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4 % pour des raisons techniques, Les pentes des B.D.G. et du versant en toit d'un T.P.C. revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente, La berme extérieure présente une pente transversale de 8 % qui peut être portée jusqu'à 25 % dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

- **En courbe déversée :**

La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de 1/R, entre 2,5 % pour Rnd et 7 % pour Rm, La pente de la B.A.U. intérieure à la courbe est la même que celle de la

chaussée adjacente. La pente de la B.A.U. extérieure reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 % ; au-delà, elle est de sens opposé au dévers et égale à 1,5 %, hormis la surlargeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée.

III.3.5. Les éléments de profil en travers de notre projet :

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale (m)
Voie de circulation 2×2	**3.5**	**4**	**14**
Terre- plein central(T.P.C)			
• Bande dérasée de gauche (B.D.G)	**1**	**2**	**2**
• Bande médiane (B.M)	**9**	**1**	**9**
Accotement			
• Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U).	**2.5**	**2**	**5**
• La berme.	**1**	**2**	**2**
Totale 32			
Zone de sécurité à l'extérieur des voies de circulation	**10**	**2**	**20**
Dévers en section droite et en courbe non déversée			
Chaussée	2,5 % vers l'extérieur		
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	Identique à celle de la chaussée		
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	**4 %** vers l'extérieur		
Berme extérieure	8 % vers l'extérieur		
Dévers en courbe déversée			
Chaussée	7 % (maximum) pour Rm		

Bande dérasée de gauche (B.D.G)	Identique à celle de la chaussée.
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	Dans le cas où le devers de dépasse pas 4%, il est identique à celui de la chaussée. Au-delà de 4%, il est de sens opposé et est égal à 1,5%

Tableau III.5 : Dimensions des éléments du profil en travers type.

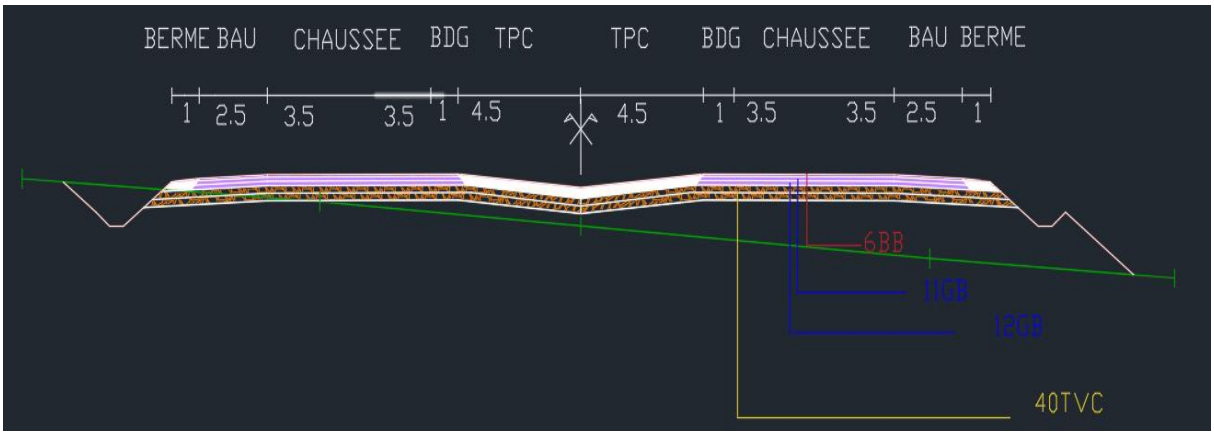


Figure III.6 : les éléments constitutifs du profil en travers type

Chapitre IV :
Etude géotechnique

IV.1. Introduction :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des sols et des roches, servant d'assise pour la chaussée. Elle analyse les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre soumises à des efforts extérieurs et intérieurs. L'objectif de cette étude est de localiser les différentes couches du sol et de fournir les caractéristiques mécaniques et physiques de chaque couche. L'exécution d'un projet routier nécessite une connaissance approfondie des terrains traversés. La géotechnique englobe les applications de la mécanique des sols, de la mécanique des roches et de la géologie de l'ingénieur. La mécanique des sols, en particulier, étudie le comportement des sols en termes de résistance et de déformabilité. Grâce à des essais en laboratoire et in-situ de plus en plus perfectionnés, la mécanique des sols fournit aux constructeurs les données nécessaires pour dimensionner les chaussées et garantir leur stabilité en fonction des sols sur lesquels elles reposent ou avec lesquels elles sont construites, comme les remblais.

IV.2. Objectif de l'étude géotechnique :

Les objectifs principaux de l'étude géotechnique dans le cadre du projet Lot Route sont les suivants :

- Identifier la nature et la distribution des différents types de sols.
- Déterminer les propriétés et les comportements des matériaux présents.
- Classifier les matériaux du sol selon le GTR (Guide des Techniques de Réalisation).
- Évaluer la faisabilité de réutiliser les déblais comme remblais dans la construction.

IV.3. Géomorphologique de la zone d'étude :

Une zone de plateaux, elle concerne la région, Ain Kermes et Medrissa au nord elle se distingue par une altitude qui varie entre 900 et 1300m elle englobe les terrains agricoles à caractère céréalier. Les plateaux ondulés sont incisés par une série d'Oueds.

IV.4. Situation topographique de la zone d'étude :

La zone 3 : représente les extensions de la ville après l'Independence, les pentes varient de 5 à 1 %, avec des zones inondables par endroit, cette partie est urbanisée à 70 % l'écoulement rejoint en majorité Nahr OUSSEL.

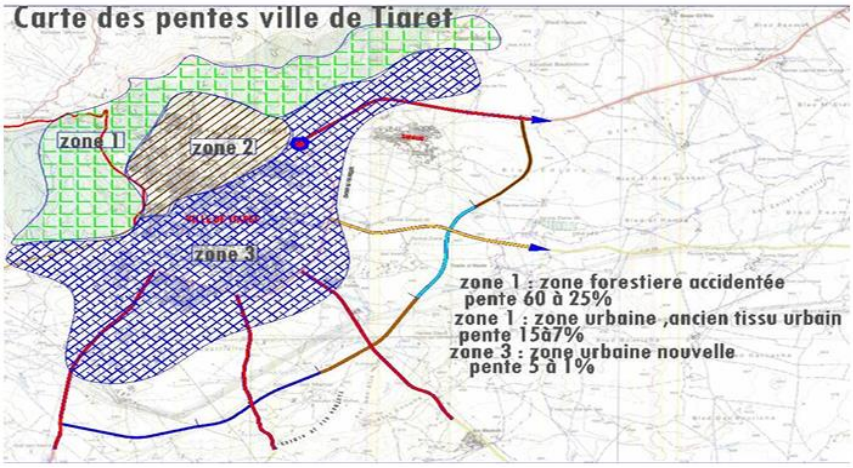


Figure IV.1 : Reliefs de la ville Tiaret.

IV.5. Contexte géologique régional de Tiaret :

La région de Tiaret est une zone de transition entre l'Atlas tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud. La partie nord de la région se rapporte au système montagneux du domaine tellien, les parties centrales et sud de la wilaya s'associent au domaine plissé des Hauts Plateaux. Dans la partie prospectée, le Miocène est représenté essentiellement par des marnes et des argiles carbonatées ou sableuse et par des bancs gréseux. Le Pliocène couvre une grande partie du territoire étudié, il est matérialisé essentiellement par des limons sableux, des conglomérats, des argiles et des grès. Le Quaternaire est largement répondu dans les vallées alluviales et les plaines. Il est représenté par des sables, des dépôts de pentes, des sables argileux et des galets. Sur le plan tectonique, la région de Tiaret fait partie des Hauts Plateaux Oranais. Les dépôts sont autochtones, faiblement tectonisés. Les structures tectoniques sont les horsts et grabens de faible amplitude. Les dépôts jurassiques et crétacés forment généralement des plis à grand rayon de courbure.

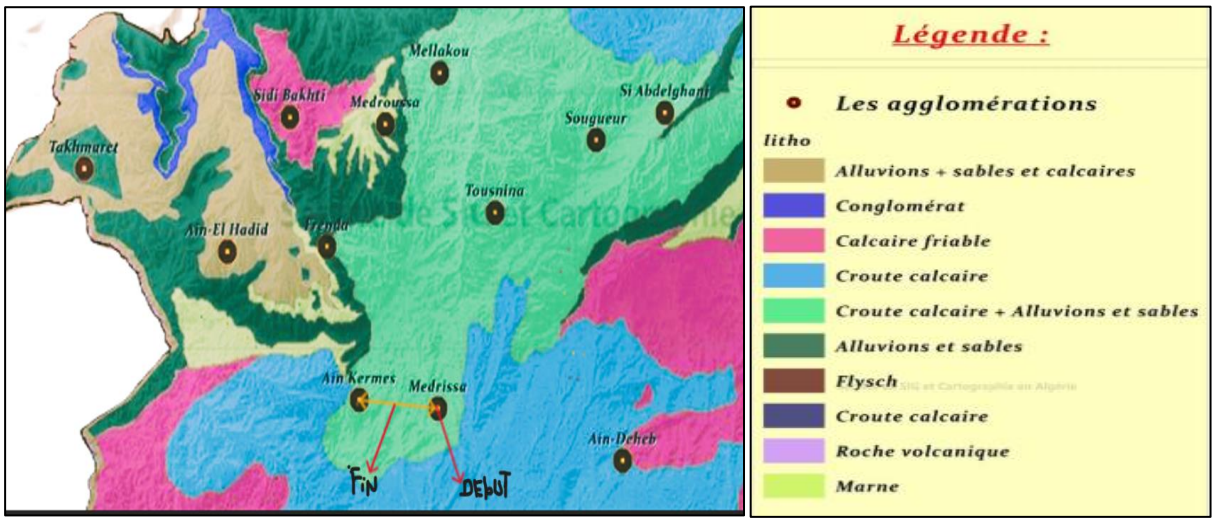


Figure IV.2 : Carte géologique de Tiaret.

IV.6. Travaux d'investigation :

Les investigations géologiques servent à analyser la composition du sous-sol et à caractériser les formations rocheuses. Elles jouent un rôle clé dans l'évaluation des terrains, la prospection des ressources naturelles et la prévention des risques géotechniques.

IV.6.1. Essais in-situ :

L'ensemble des essais in-situ prévus pour le lot route sont résumé dans les tableaux ci-dessous :

N^o	Désignation	Norme
1	Puits de reconnaissance	XP P 94-011
2	Sondage carotté	XP P 94-202

Tableau IV.1 : Essaies in-situ

- **Puits de reconnaissance :**

Les puits de reconnaissance ont été effectués sur 38 endroits (17) zones de déblai, 21 zones de remblai) dans les buts suivants :

- Identifier les couches de sol localisées le long du tracé de la future autoroute.
- Examiner la possibilité de réutiliser les matériaux de déblai.
- Fournir les données de base pour la conception du corps de chaussée.

- **Sondages carottés :**

Les sondages carottés ont été réalisés pour :

- Déterminer les Caractéristiques physiques et mécaniques des sols au-dessous du tracé projeté.
- D'étudier La stabilité des talus de déblai et de remblai.

Note : Aucun sondage carotté n'a été réalisé dans le pk00+000 au pk10+150

IV.6.2. Essai au laboratoire :

Essais	Description	Objectifs
Essais Physiques	Analyse granulométrique (Tamisage à sec)	Déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.
	Teneur en eau naturelle	Détermination de la teneur en eau d'un matériau

	Limites d'Atterberg	Détermination de l'argilosité d'un sol
	Masse volumique des particules solides d'un sol	Détermination de la masse volumique moyenne des particules solides de sol
	Masse volumique sèche	Détermination de la masse volumique sèche d'un élément de roche
	Détermination de la valeur de bleu d'un sol (vbs)	Déterminer la quantité de particules argileuses présentes dans l'échantillon
Essais mécaniques	Essai Proctor	Déterminer la masse volumique sèche d'un matériau et sa teneur en eau correspondante
	Indice CBR après immersion	D'évaluer la capacité portante d'un sol
	Essai œdométrique	Etudier la consolidation d'un échantillon de sol
	Essai de cisaillement	Connaître les paramètres de résistance au cisaillement rectiligne (cohésion et angle de frottement interne) d'un matériau
	Essai de compression simple	Mesurer la résistance à la compression simple de carottes prélevées des sondages

Tableau IV.2 : les types d'essais au laboratoire.

IV.7. Interprétation des résultats de la compagne d'investigation géotechnique :

IV.7.1. Les Essais in-situ :

- **Puits de reconnaissance :**

N^o	P.K	Profondeur(m)	Description	Déblai/ Remblai
PUD-01	0+475	0.30	Calcaire grisâtre dur	Déblai
PUD-02	1+050	0.30	Calcaire grisâtre dur	Déblai
PUD-03	1+825	0.30	Calcaire grisâtre dur	Déblai
PUD-04	3+058	1.30	Marne beige sableuse	Remblai
PUD-05	3+450	3.00	Marne verdâtre	Déblai
PUD-06	5+450	1.00	Encroûtement calcaire	Remblai
PUD-07	5+950	1.90	Marne blanchâtre	Remblai
PUD-08	6+550	0.55	Encroûtement calcaire	Déblai
PUD-09	7+450	1.10	Argile limoneuse brunâtre	Remblai
PUD-10	8+275	1.80	Sable rougeâtre	Déblai
PUD-11	8+811	/	Calcaire grisâtre dur	Remblai
PUD-12	10+500	1.00	Dalle calcaire massive	Remblai

Tableau IV.3 : Résultats des puits de reconnaissance

IV.7.2. Résultats des essais au laboratoire :

- **Résultats des essais physiques :**

Les résultats des essais effectués sur les échantillons issus des puits de reconnaissance sont consignés dans les tableaux ci-après :

N°	P.K	Pro-fon-deur (m)	WN (%)	Limites d'Atter-berg			Hu-mide (Kpa)	Sèche (Kpa)	vbs	Analyse granulométrique		
				WL (%)	WP (%)	IP				dmax	2mm%	0.08mm%
PT-04	3+058	1.30	19.3	49.2	28.0	21.2	1.76	1.47	1.17	25	71	42
PT-05	3+450	3.00	20.1	49.6	28.6	21.0	/	/	0.21	25	62	42
PT-06	5+450	1.00	11.1	31.6	18.7	12.9	/	/	0.15	40	48	18

PT-07	5+950	1.9	13.1	30.8	18.7	12.1	/	/	0.16	15	72	47
PT-09	7+450	1.1	18.3	42.3	21.8	20.5	1.70	1.52	1.29	7	97	47
PT-10	8+275	1.8	9.3	32.9	19.7	13.2	/	/	1.29	60	41	22

Tableau IV.4 : Résultats des essais physiques relatifs aux puits de reconnaissance

- **Résultats des essais mécaniques :**

  Les caractéristiques mécaniques des échantillons issus des puits de reconnaissance sont les suivantes :

PUITS N°	P. K	Profondeur(m)	γ_{max}	W_{opt}	CBR	Portance	Déblai/Remblai
PT-01	0+475	0.30	/	/	/	/	Déblai
PT-02	1+050	0.30	/	/	/	/	Déblai
PT-03	1+825	0.15	/	/	/	/	Déblai
PT-04	3+058	1.50	2.00	10.40	15.00	S_2	Remblai
PT-05	3+450	3.00	1.75	17.50	6.40	S_3	Déblai
PT-06	5+450	1.00	/	/	/	/	Remblai
PT-07	5+950	1.90	/	/	/	/	Remblai
PT-08	6+550	0.55	/	/	/	/	Déblai
PT-09	7+450	1.10	/	/	/	/	Remblai
PT-10	8+275	1.80	1.85	15.10	37.9	S_1	Déblai
PT-11	8+811	0.60	/	/	/	/	Remblai
PT-12	10+500	/	/	/	/	/	Remblai

Tableau IV.5 : Résultats des essais mécaniques relatifs aux puits de reconnaissance

IV.8. Classification des sols :

IV.8.1. Classification GTR :

Selon la technique de réalisation des remblais (GTR-SETRA/LCPC Fascicule I et II), les paramètres retenus pour la classification des sols se rangent en deux catégories :

- **Paramètre de nature :**
  - La granulométrie
- **Paramètre d'état :**
  - Etat très humide (th).

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

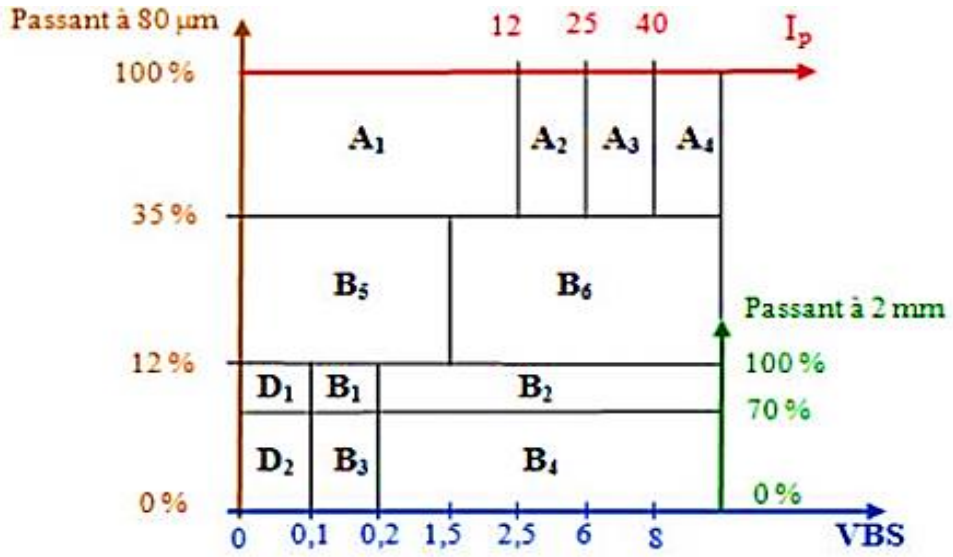


Figure IV.3 : Abaque de la classification GTR.

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

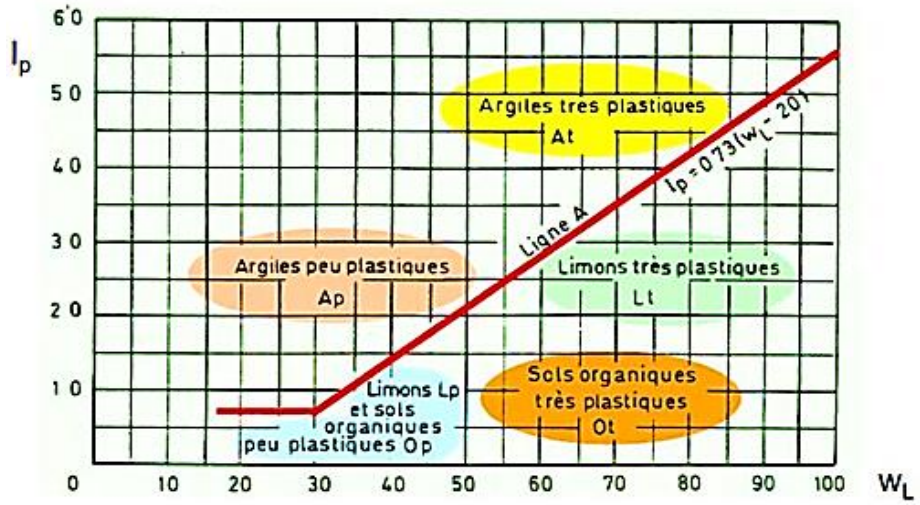


Figure IV.4 : Diagramme de CASAGRANDE.

IV.9. Résultats de classification :

IV.9.1. Résultats de la classification GTR :

Les résultats de la classification GTR effectuée sur les échantillons des puits de reconnaissance sont les suivants :

PUITS N°	PK	Profondeur	Classification GTR	Nature
PT-04	3+058	1.30	A_2th	Sables fins argileux
PT-05	3+450	3.00	A_2h	Sables fins argileux
PT-06	5+450	1.00	B_5th	Sables et graves très silteux
PT-07	5+950	1.90	A_2m	Sables fins argileux
PT-09	7+450	1.10	A_2h	Sables fins argileux
PT-10	8+275	1.80	B_5s	Sables et graves très silteux

Tableau IV.6 : Résultats de la classification GTR.

IV.9.2. Résultats de la classification LCPC :

Selon les résultats des essais de laboratoire effectués sur les échantillons prélevés des puits de reconnaissance, les sols sont classés d'après la classification LCPC :

PUITS N°	PK	Profondeur	Classification LCPC	Nature
PT-04	3+058	1.30	Ap	Argile peu plastique
PT-05	3+450	3.00	Ap	Argile peu plastique
PT-06	5+450	1	Ap	Argile peu plastique
PT-07	5+950	1.90	Ap	Argile peu plastique
PT-09	7+450	1.10	Ap	Argile peu plastique
PT-10	8+275	1.80	Ap	Argile peu plastique

Tableau IV.7 : Résultats de la classification LCPC.

IV.10. Conditions d'utilisation des matériaux en remblais :

Sur la base de la classification GTR, et à partir des résultats des sondages carottés ainsi que des puits de reconnaissance, une analyse a été menée afin d'évaluer la possibilité de réutiliser les matériaux à déblayer en remblais.

Toutefois, cette possibilité reste conditionnée par les conditions météorologiques et l'état hydrique des sols au moment de l'exécution des travaux, pouvant ainsi nécessiter des adaptations en fonction de la situation rencontrée sur le terrain.

Le tableau ci-dessous présente toutes les possibilités de réutilisation des sols :

Puits	Classe GTR	Possibilités de réutilisation
PT-04	A_2th	Sols normalement inutilisables en l'état.
PT-05	A_2h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible.
PT-06	B_5th	Sols normalement inutilisables en l'état en raison de leur portance quasi-nulle.
PT-07	A_2m	Ces sols ne posent pas de problème de réutilisation en remblai sauf par pluie forte ou moyenne.
PT-09	A_2h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible.
PT-10	B_5s	Ces sols sont très difficiles à compacter, du fait de leur faible teneur en eau.

Tableau IV.8 : Conditions d'utilisation des matériaux en remblais.

IV.11. Les zones d'emprunt et dépôt :

Nous prévoyons d'utiliser pour les remblais soit des déblais réutilisables issus du chantier, soit des matériaux extraits de zones d'emprunt situées à proximité.

Lorsque certains déblais sont impropres à la réutilisation ou excédentaires, nous envisageons de les compacter dans des zones spécifiquement sélectionnées à cet effet. Cette approche permet d'éviter la création de décharges sauvages susceptibles de porter atteinte à l'environnement.

Par ailleurs, nous avons repéré des matériaux intéressants à l'intérieur et aux abords des lits d'oueds, tels que des alluvions et des conglomérats calcaires (TVO), qui présentent des caractéristiques favorables pour les travaux de remblaiement.

Afin d'identifier les meilleures sources de matériaux disponibles dans la région, nous avons étudié les résultats des analyses effectuées par le CTTP et le LTPO dans les wilayas de Tiaret. Cette étude a mis en évidence plusieurs gisements exploitables ainsi que des carrières, qu'elles soient en activité ou non, et dont les matériaux répondent aux exigences de notre projet on a :

- Ouled Ain Djilali (Djebel Lekhder située à environ 2,5 km du carrefour Ain Kermes-Rosfa).
- Carrière Ex-Emacots à Ain Kermes.
- Carrière de calcaireà Nesnissa située au bord de la route Ain Kermes –Madna.
- Carrière de marbre (Kafjdid) située entre Medrissa et Ain Kermes.
- Carrière de tuf (Sidi Abd Rahmane) à Ain Kermes sur la RN 90.
- Carrière de tuf à Medrissa sur la RN90.
- Carrière de tuf à Djebilet Rosfa juste au bord du CW 09.
- Carrière de tuf à Ain Dehem au carrefour entre le CW 02 et le CW 09.

Ainsi, lors des opérations de terrassement, il est indispensable de prendre en compte le drainage de la nappe avant d'entreprendre les travaux d'excavation afin de prévenir l'instabilité des talus. Il convient également de protéger l'ensemble des talus de déblais contre les infiltrations d'eau, susceptibles de provoquer des glissements ou des éboulements, en utilisant des géotextiles drainants.

IV.12. Conclusion :

D'après les résultats de l'investigation géotechnique on peut constater que la grande partie de notre sol est constitué des sables fins argileux et graves très silteux. Concernant les matériaux réutilisables, le taux de réutilisation est fait selon les résultats des sondages et essais géotechniques, et la gestion des zones d'emprunt et des zones de dépôt est un aspect fondamental des travaux de terrassement et de construction. Une exploitation responsable et bien planifiée des matériaux permet de réduire les impacts environnementaux tout en optimisant l'utilisation des ressources disponibles pour les projets. Cependant, il est essentiel de prendre en compte les impacts sur le paysage, les écosystèmes, et de gérer le transport des matériaux pour minimiser les nuisances et les risques associés.

Chapitre V :
Dimensionnement de corps de chaussée

V.1. Introduction :

Le dimensionnement du corps de chaussée est une étape clé dans la conception d'une infrastructure routière, garantissant sa durabilité, sa performance et la sécurité des usagers. Il doit prendre en compte des paramètres essentiels tels que le trafic projeté, les conditions environnementales, la nature des sols et les matériaux disponibles. Ce chapitre présente la démarche méthodologique adoptée pour définir la structure de chaussée adaptée à la liaison autoroutière entre El Aricha-Tiaret, conformément aux normes nationales et aux guides techniques en vigueur.

V.2. Définition et rôle du corps de chaussée :

Le corps de chaussée est l'ensemble des couches qui composent la structure portante de la route, située au-dessus du terrain naturel ou d'une éventuelle couche de forme. Il comprend généralement, du bas vers le haut :

- La couche de fondation, qui assure la répartition des charges et sert d'assise aux couches supérieures.
- La couche de base, qui supporte directement la circulation et répartit les charges vers les couches inférieures.
- La couche de surface, assurant la portance finale, l'adhérence, le confort de roulement et la résistance à l'usure.

La structure du corps de chaussée doit être dimensionnée de façon à résister à l'ensemble des sollicitations mécaniques pendant toute la durée de vie prévue de l'ouvrage, tout en garantissant la sécurité, la stabilité, et le confort des usagers.

V.3. Les paramètres de dimensionnement d'une chaussée :

- Le trafic.
- Les conditions climatiques et environnementaux.
- Les matériaux utilisés.
- Le sol support de la chaussée.

V.4. Méthode rationnelle :

Ces méthodes reposent sur une bonne connaissance du sol, des matériaux utilisés et du trafic prévu. Elles s'appuient sur des modèles mathématiques avancés permettant d'estimer les contraintes, les déformations et les déplacements à différents niveaux.

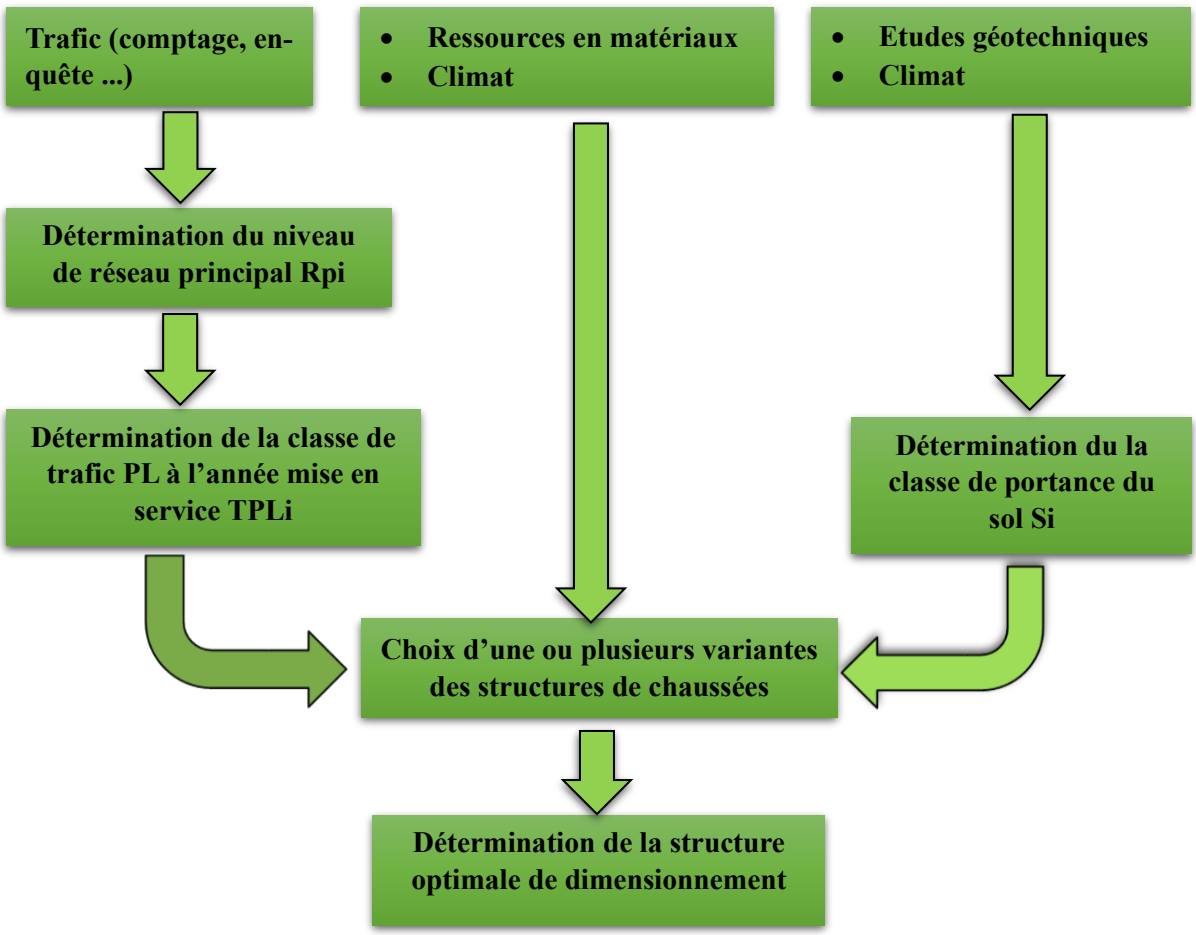


Figure V.1 : Schéma de dimensionnement des chaussées neuves,

V.5. Hypothèses de dimensionnement :

Pour déterminer la structure optimale de la chaussée, les hypothèses suivantes ont été considérées :

- Une durée de vie de 20 ans.
- Un trafic croissant, dominé par les poids lourds (PL > 95%).
- Une catégorie de plateforme PFi ≥ 3, sur la base des résultats des essais CBR.
- Une zone climatique de type humide à très humide, imposant une vigilance particulière vis-à-vis de l'humidité résiduelle des couches inférieures.
- L'environnement de type E2, selon la classification ICTAAL (zones rurales à relief modéré).

- Une configuration de type autoroutier avec un trafic estimé à plus de 30464 UVP/jour à l'horizon 2049.

V.6. Méthodologie de dimensionnement :

- **Détermination de la classe de trafic TPLi :**

Données du projet :

- Le trafic journalier moyen annuel {l'année 2018, TJMA2018= 10486v/j}.
- Année de mise en service : 2029.
- L'environnement : E2, catégorie C1.
- Le pourcentage des poids lourds : Z = 22%.
- Taux de croissance annuelle de trafic : $\tau = 3.5\%$.
- La durée de vie : 20ans.

Note : Dans le cadre du dimensionnement de la chaussée, le projet utilise un **taux d'accroissement annuel du trafic (τ) de 3.5%**, tandis que le **Catalogue CTTP** (Tableau des Structures) suppose un taux standard de **4%**. Pour garantir la conformité avec les normes tout en reflétant les spécificités du projet, une **interpolation** est nécessaire pour ajuster les paramètres de dimensionnement.

$$TJMA_{2029}=\frac{TJMA2049}{(1+0.04)^{20}}$$

$$TJMA_{2029}=\mathbf{7043}\ \text{v/j/sens}$$

On a :

$$TPL_{2029} = TJMA_{2029} * Z$$

$$TPL_{2029} = 7043 * 0.22$$

$$TPL_{2029} = \mathbf{1550\ PL/J/sens/vpc}$$

Pour une chaussée unidirectionnelle à 2 voies, nous avons 90% du trafic poids lourds sur la voie lente de droite Donc : $\mathbf{TPL_{2029} = 1550 * 0.9 = 1395 PL/J/sens/vpc}$

On a un réseau principal numéro 1 (RP1), d'après le fascicule 01 du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves : On a 1395 appartient [600-1500] alors : La classe de trafic est TPL5 .

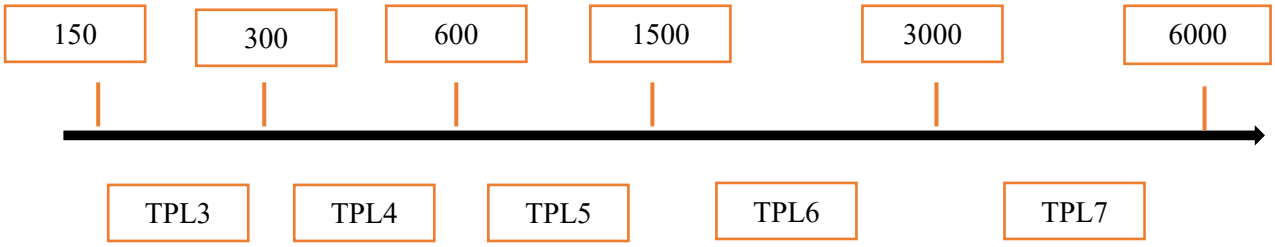


Figure V.2 : Diagramme de classification du Traffic.

- **Le trafic cumulé des poids lourds TCi :**

Le TCi est le trafic cumulé de PL sur la période considérée de dimensionnement (durée de vie), il est donné par la formule suivante :

$$TCi = TPLi \times \frac{(1+\mathrm{i})^n - 1}{i} \times 365$$

Tel que : (n=20 ans) et (i : taux d'accroissement i=3.5%)

$$TCi = 1395 \times \frac{(1+0.035)^{20} - 1}{0.035} \times 365$$

$$TCi = 14.4O \times 10^6$$

- **Le trafic équivalent cumulé :**

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

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

Tel que : A : coefficient d'agressivité des poids lourds Ce coefficient est donné dans le tableau suivant selon réseau principal et type de matériaux.

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

Tableau V.1 : valeur de coefficient d'agressivité.

Pour notre projet on a RP1 et Chaussée à matériaux traités au bitume donc A=0.6

$$TCEi = 1395 \times \frac{(1+0.035)^{20}-1}{0.035} \times 365 \times 0.6$$

TCE=8.64× 10^6PL /J/SENS

V.7. Détermination de la classe de portance de sol-support de chaussée :

Classe de portance du sol pour le dimensionnement : E(***MPA***)=**5**×***ICBR***

Classes de portance (Si)	S4	S3	S2	S1	S0
Modules (MPa)	15	25	50	125	200

Tableau V.2 : Classe de portance à longue terme de sol support.

Pour notre cas, on a un CBR=6.4 alors E=32 MPA, donc on dispose d'un sol de portance S3 Amélioration de la portance du sol support Afin d'améliorer la capacité portante d'un sol, on utilise des couches de forme. Le Centre Technique des Travaux Publics (CTTP) a mené des recherches sur la variation de l'Indice CBR (California Bearing Ratio) en fonction de différentes épaisseurs de couches de forme, du mode de mise en place (nombre de couches) et de la nature des matériaux utilisés (les plus couramment utilisés en Algérie). Pour la réalisation de la CF. Le tableau donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser :

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

Tableau V.3 : Sur classement avec couche de forme en matériaux non traités.

Structure du corps de la chaussée : Nous sommes dans le réseau principal RP1, la zone climatique II, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement 3.5%, portance de sol S2 et une classe de trafic TPL5. Et Matériaux Traités au Bitume (MTB) avec toutes ces données, le catalogue Algérien (fascicule 3) nous propose la structure Suivante :

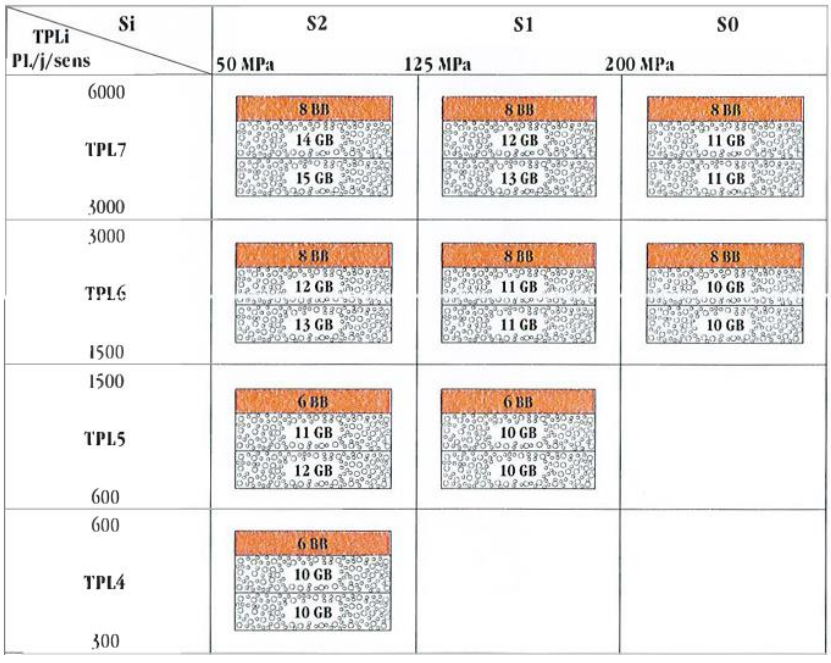


Figure V.3 : Choix de dimensionnement avec fascicule 3.

D'après la fiche structure, on choisit **6 BB+11 GB+ 12GB**

Avec une couche de forme de 40 cm de TVC en deux couches.

V.8. Calcul des déformations admissibles :

Calcule de la déformation admissible sur le sol support ξz,ad à partir les études sur des chaussées algériennes on a la relation empirique suivante :

$$\varepsilon_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} \times (8{,}64 \times 10^{6})^{-0.235}$$

$$\varepsilon z, ad = 504.014 \times 10^{-6}$$

La déformation admissible en traction notée $\xi t, adm$, à la base des couches bitumineuses, notamment la grave-bitume (GB), est évaluée à partir de la formule empirique suivante, qui permet de vérifier la résistance à la fatigue de la structure sous les sollicitations répétées du trafic.

$$\xi t, adm = \xi 6(10°C, 25Hz) \times kne \times k\theta \times kr \times kc$$

- KΘ : facteur lie à la température, kΘ $=\frac{\sqrt{\mathrm{E(10C°)}}}{\mathrm{E(\theta eq)}}$.
- E(10°C) : Module complexe de matériau bitumineux à 10°C.
- E(θeq) : Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalent.
- Kne : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- Kne = $\left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b$.
- Kr : facteur lié au risque et aux dispersions Kr $=10^{-\mathrm{tb}\delta}$.
- δ : f (dispersion), δ $=\sqrt{SN^2 + \frac{\mathrm{C}}{b} Sh^2}$.
- SN : dispersion sur la loi de fatigue.
- Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm).
- C : coefficient égal à 0.02.
- t : fractile de la loi normale, en fonction du risque adopté (r%).
- Kc: facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées.
- $\boldsymbol{\xi 6}$ (10°,25Hz): déformation limite détenue au bout de 106 cycles avec une Probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz.

V.9. Application numérique :

Matériau (MTB)	E(30°C,10Hz) (MPa)	E(25°C,10Hz) (MPa)	E(20°C,10Hz) (MPa)	B(10°C,10Hz) (MPa)	ε_6(10°C,25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (cm)	υ	κc 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

Tableau V.4 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux.

- $\varepsilon_6(10℃, 25Hz) = 100$
- Kne = $\left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b$; -1/b=6.84, b =-0.146 → Kne =$\left(\frac{8.64\times10^6}{10^6}\right)^{-0.1462}$ alors Kne =0.73
- Θeq=20°C, E (20 C°,10Hz) = 7000Mpa et E (10 C°,10Hz) =12500Mpa
- kθ = $\sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1{,}33$
- Kr =$10^{-tb\delta}$ sachant que t = -1.282 avec r = 10%

Classe de trafic (TPL) (PL/J/sens)	IPL3	IPL4	IPL5	IPL6	TPL7
GB/GB, GB/GNT...	20	15	10	5	2
GL/GL	15	10	5	2	2
BGg/GC	12	10	5	2	2

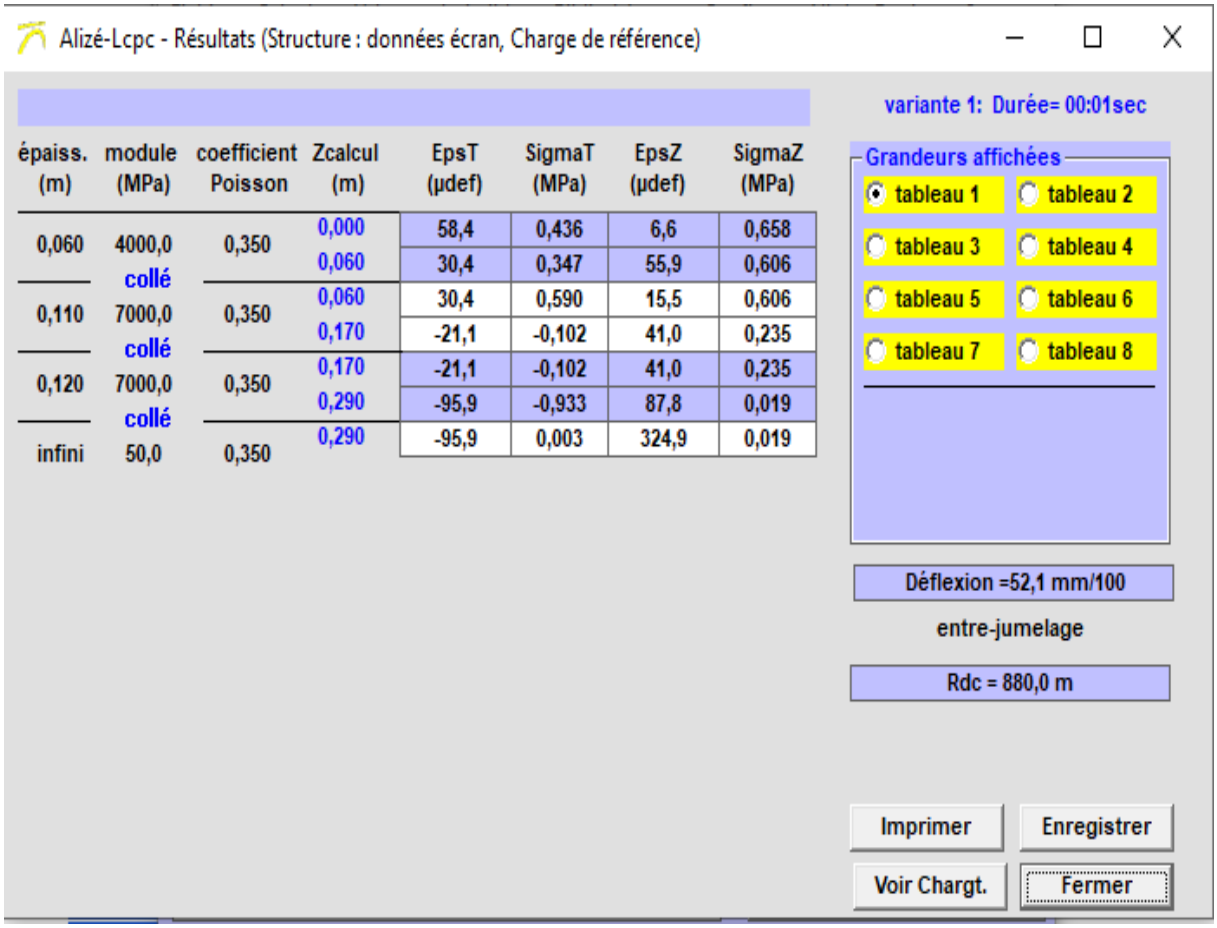
Tableau V.5 : Risques adoptés pour le réseau RP1.

- δ =$\sqrt{SN^2 + \frac{C}{b} Sh^2}$ = δ =$\sqrt{0.41^2 + \frac{0.02}{-0.146} 3^2}$ =0.62
- Kr=$10^{-1.282\times0.146\times0.62}$ =0.765
- Kc=1.3

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10℃, 25Hz) \times kne \times k\theta \times kr \times kc = 100 \times 10^{-6} \times 0{,}73 \times 1{,}33 \times 0{,}765 \times 1{,}3$$

$$\varepsilon_{t,adm} = 96{,}56 \times 10^{-6} def$$

Vérification des résultats de calcul par Alize-LCPC, Le logiciel ALIZE-LCPC est le programme de référence utilise pour les calculs de dimensionnement des chaussées. Donc à l'aide d'Alizé LCPC, on vérifie que :



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	58,4	0,436	6,6	0,658
	collé		0,060	30,4	0,347	55,9	0,606
0,110	7000,0	0,350	0,060	30,4	0,590	15,5	0,606
	collé		0,170	-21,1	-0,102	41,0	0,235
0,120	7000,0	0,350	0,170	-21,1	-0,102	41,0	0,235
	collé		0,290	-95,9	-0,933	87,8	0,019
infini	50,0	0,350	0,290	-95,9	0,003	324,9	0,019

Figure V.4 : Calcul fait par logiciel Alizé-LCPC.

ε	Déformation calculée	Déformation admissible
ε_z Sol support	324,9	504.014
ε_t	95.9	96.56

Tableau V.6 : Calcul des déformations.

$$\varepsilon_{z\text{calculée}} < \varepsilon_{z\text{admissible}}$$

$$\varepsilon_{t\text{calculée}} < \varepsilon_{t\text{admissible}}$$

V.10. Conclusion :

Dans le cadre de ce projet, la méthode du catalogue national de dimensionnement des chaussées neuves a été adoptée. Cette approche, rigoureusement fondée sur les lois de comportement des matériaux, intègre les paramètres liés au trafic, au climat, aux caractéristiques des matériaux ainsi qu'aux normes en vigueur en Algérie.

L'analyse mécanique de la structure a permis de vérifier les déformations aux points critiques, notamment à la base des enrobés bitumineux (ε_t) et au sommet du sol support (εz). Les résultats obtenus confirment que les déformations restent inférieures aux seuils admissibles $\left(\boldsymbol{\varepsilon_t < \varepsilon_{t,adm}\ et\ \varepsilon_z < \varepsilon_{z,adm}}\right)$ garantissant ainsi la conformité et la pérennité de la structure.

Par conséquent, la structure de chaussée retenue est validée. Elle se compose de **6BB+11GB+12GB**, reposant sur une **couche de forme en TVC de 40 cm**, dimensionnée pour s'adapter à un sol de portance très faible à moyennement faible.

Chapitre VI : Assainissement

VI.1. Introduction :

L'assainissement routier est un élément fondamental dans la conception et la réalisation d'une route. Il permet de bien gérer les eaux (pluie, ruissellement, infiltrations) afin d'assurer la durabilité de l'infrastructure et la sécurité des usagers.

Dans le cas du projet de l'autoroute des Hauts Plateaux Tiaret, qui traverse une zone à relief varié avec des oueds et des pentes, il est très important d'avoir un système d'assainissement bien étudié. Sans cela, on risque d'avoir des inondations, des dégradations de la chaussée, ou même des glissements de terrain.

Le rôle du système d'assainissement est de :

- Collecter les eaux de pluie tombant sur la chaussée, les accotements et les talus.
- Évacuer ces eaux de façon contrôlée vers des exutoires (ravins, oueds, fossés naturels).
- Rétablir les écoulements naturels perturbés par la construction de la route (comme les lits d'oueds ou les drainages existants).

Pour cela, on utilise des ouvrages linéaires (fossés, caniveaux, collecteurs) et des ouvrages ponctuels (dalots, buses, regards, têtes de ponts). Tous ces ouvrages doivent être conçus pour fonctionner par gravité, c'est-à-dire de l'amont vers l'aval, sans recourir à des systèmes de pompage.

Une étude d'assainissement mal faite peut entraîner.

- Des affouillements (érosion sous la route).
- L'instabilité des remblais ou des talus.
- Des dommages au niveau du corps de chaussée (perte de portance, ornières).
- Et surtout des risques pour la sécurité routière.

Dans notre projet, l'étude d'assainissement vise donc à :

- Assurer la bonne évacuation des eaux pour protéger la structure de la route.
- Prévoir les ouvrages de franchissement des oueds et cours d'eau, selon des débits correspondant à des périodes de retour de 10, 50 et 100 ans.
- Limiter les impacts sur l'environnement, en évitant les rejets incontrôlés.
- Et garantir une circulation fluide et sécurisée, même en cas de fortes pluies.

VI.2. **Délimitation des bassins versants :**

La délimitation des bassins versants a été réalisée à partir d'une carte topographique au 1/20 000, en s'appuyant sur les talwegs et les lignes de crête. Les caractéristiques physiques analysées comprennent :

- Superficie (S) : surface délimitée par le contour du bassin.
- Longueur du cours d'eau principal (L).
- Altitudes maximale (Hmax) et minimale (Hmin).
- Indice de pente (P) : Calculé par $P = \frac{\text{Hmax}-\text{Hmin}}{\text{L}}$.

VI.3. Caractéristiques physiques des bassins versant :

Désignation	PK	Surface du B.V (Km^2)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	Longueur du talweg (Km)	Pente moyenne (%)
Ecoulement 1	0+825	1,771	1132	1122	2,533	0,4
Ecoulement 2	1+400	0,286	1127	1125	0,260	0,8
Ecoulement 3	2+450	1,074	1136	1129,45	1,613	0,41
Ecoulement 4	2+750	1,068	1136	1130,43	0,792	0,7
Ecoulement 5	3+775	2,501	1136	1121	2,353	0,64
Ecoulement 6	5+025	3,370	1153	1113	4,076	1
Ecoulement 7	5+200	23,753	1235	1113,005	11,721	1,04
Ecoulement 8	7+600	4,9167	1159	1109,09	3,987	1,2

Tableau VI.1 : Caractéristiques physiques des bassins versants.

VI.4. Etude hydraulique :

VI.4.1. Calcul des débits de crue des bassins versant de superficie inférieure à 200 km^2 :

Après l'analyse la méthode rationnelle pour l'estimation des débits de pointe de crue, on a opté pour l'application (suivant les données disponibles).

La méthode rationnelle permet un grand contrôle sur les résultats obtenus, vu que les variables utilisées ont une signification physique bien définie.

La méthode rationnelle se traduit par l'équation suivante :

$$\mathbf{Q_p = 0,278 \times C_r \times i \times A}$$

- $\mathbf{Q_p}$: débit de point de drue (m^3/s).

- **i**: intensité de précipitation pour le temps de concentration du bassin versant et la récurrence souhaitée (mm/h).
- **A** : aire du bassin versant qui contribue pour la section objet d'étude (km^2).
- $\mathbf{C_r}$: coefficient de ruissellement.

VI.4.2. Choix du coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement est estimé par la méthode préconisée de KENESSEY qui est la somme de trois (03) coefficients partiels :

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

Pente	**C1**		
≤ 3,5 %	0,01	0,03	0,05
Entre 3,5 et 11 %	0,06	0,08	0,10
Entre 11 et 35 %	0,12	0,16	0,20
> à 35 %	0,22	0,26	0,30

Tableau VI.2 : Coefficient C1.

Nature du sol	**C2**		
Imperméable	0,22	0,26	0,30
Peu perméable	0,10	0,15	0,20
Perméable	0,06	0,08	0,10
Très perméable	0,03	0,04	0,05

Tableau VI.3 : Coefficient C2.

Couverture végétale	**C3**		
Rocheux	0,22	0,26	0,30
Prairie	0,17	0,21	0,25
Labours champs	0,07	0,11	0,15
Forêt et territoire sableux	0,03	0,04	0,05

Tableau VI.4 : Coefficient C3.

VI.4.3. Courbes I.D.F :

Pour les pluies de courtes durées l'usage des courbes IDF est utilisé pour déterminer l'intensité de la pluie de projet relative aux bassins versant, afin de calculer les débits de crues.

La relation intensité - durée - fréquence est de forme : $i(t, T) = a / T^b$.

i(t, T): intensité de la pluie en mm/h.

T : période de retour en années.

t : durée de la pluie en heures.

a et b coefficients régionaux ou coefficients de Montana Dans notre cas nous allons utiliser les courbes IDF disponibles et acquises auprès de l'ANRH de la station de Tiaret numéro de code (012908) tel que : $i(t,T) = a / T^{0.78}$

Coefficient de montana : **b = 0,78**

Période de retours	10	50	100
a	23,9	32,2	35,8

Tableau VI.5 : Valeurs du paramètre « a » pour les différentes fréquences

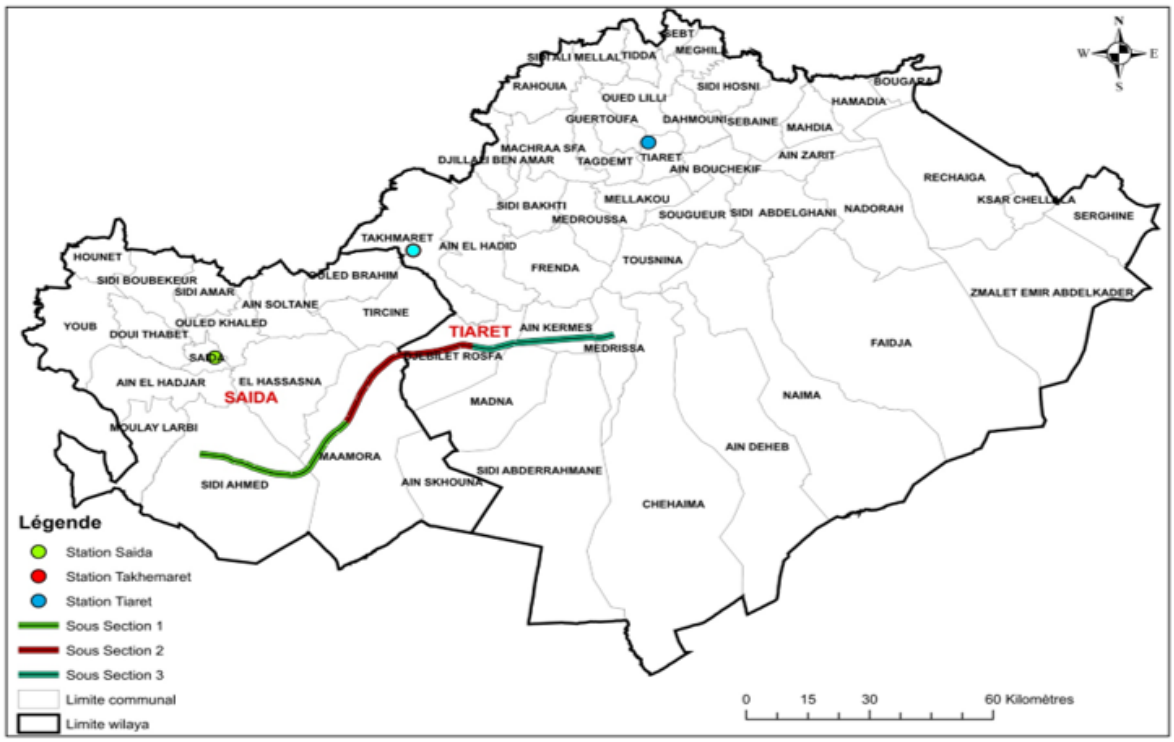


Figure VI.1 : Des stations pluviométriques par rapport au tracé.

VI.4.4. Détermination du temps de concentration :

L'utilisation de la méthode rationnelle pour le calcul des débits de crue suppose la connaissance des caractéristiques géométriques et du temps de concentration de chaque bassin versant.

Pour déterminer le débit maximal à envisager pour un ouvrage avec une période de retour donnée, il a convenu de considérer l'averse la plus défavorable qui puisse alimenter le bassin d'apport avec la même période de retour. On admet généralement qu'il s'agit de l'averse de durée égale au temps de concentration du bassin versant.

Suivant la superficie du bassin versant, nous utilisons les formules de détermination du temps de concentration ci-dessous.

- **Superficie inférieure à 5 Km² :**

Le temps de concentration est calculé à l'aide de la formule de **VENTURA**.

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{I}}$$

Tc : Temps de concentration en (heures).

A : Superficie du bassin versant en (Km²).

I : Pente moyenne du thalweg principal en (m/m).

- **Superficie comprise entre 5 et 25 Km² :**

Le temps de concentration est calculé à l'aide de la formule de **PASSINI**.

$$Tc = 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{I}}$$

Tc : Temps de concentration en (heures).

A : Superficie du bassin versant en (Km²).

L : Longueur du thalweg en (Km).

I : Pente moyenne du thalweg principal en (m/m).

- **Superficie comprise entre 25 et 200 Km² :**

Le temps de concentration est calculé à l'aide de la formule de **GIANDOTTI**.

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

Tc : Temps de concentration en (heures).

A : Superficie du bassin versant en (Km²).

L : Longueur du thalweg en (Km).

H_{moy} : Hauteur moyenne du thalweg en (m).

- **Application Numérique :**

- **Temps De Concentration :**

Cr=C1+C2+C3=0.2

La formule de VENTURA lorsque A < 5 km² :

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{I}} \quad Et \quad Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{1,771}{0,004}}$$

$$Tc = 2,67h$$

- **Intensité de pluie de 10 ans :**

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

$$I(t.T) = 23,9 * 2,67^{-0,78} \quad I(t.T) = 11,11mm/h$$

- **Intensité de pluie de 50 ans :**

$$I(t.T) = 32,2 * 2,67^{-0.78} \quad I(t.T) = 23,75mm/h$$

- **Intensité de pluie de 100 ans :**

$$I(t.T) = 35,8 * 2,67^{-0.78} \quad I(t.T) = 26,4mm/h$$

- **Débit de point 10 ans :**

$$Q_p = 0.278.C_r.i.A$$

$$Q_p = 0.278.0.2.\ 11,11.\ 1,771$$

$$Q_p = 1,09\ m^3/s$$

- **Débit de point 50 ans :**

$Q_p = 0.278.0.2.\ 23,57.\ 1,771$ $Q_p = 2,34\ m^3/s$

- **Débit de point 100 ans :**

$Q_p = 0.278.0.2.\ 26,4.\ 1,771$ $Q_p = 2,60\ m^3/s$

Résultats de calcul de débit de notre projet :

BV	AIRE (km^2)	Coefficient de ruissellement	tc (min)	I10 (mm/h)	I50 (mm/h)	I100 (mm/h)	Q10 (m^3/s)	Q50 (m^3/s)	Q100 (m^3/s)
1	1,77	0,20	2,67	11,11	23,75	26,40	1,09	2,34	2,60
2	0,29	0,20	0,76	29,60	35,06	38,98	0,47	0,56	0,62
3	1,07	0,20	2,06	13,60	25,74	28,61	0,81	1,54	1,71
4	1,07	0,20	1,57	16,81	28,00	31,13	1,00	1,66	1,85
5	2,50	0,20	2,51	11,66	24,21	26,91	1,62	3,37	3,74
6	3,37	0,20	2,33	12,36	24,77	27,54	2,32	4,64	5,16
7	23,75	0,20	6,90	5,30	17,69	19,67	7,00	23,37	25,98
8	4,92	0,20	2,57	11,45	24,03	26,72	3,13	6,57	7,30

Tableau VI.6: Les résultats des calculs des débits

VI.5. Dimensionnement des ouvrages hydrauliques :

VI.5.1. Calcul du débit de saturation :

Les ouvrages hydrauliques doivent faire transiter des débits donnés dans les conditions satisfaisantes : auto curage, vitesse maximale.

Le calcul des débits de saturation des ouvrages hydrauliques se fait par la formule de MANNING STRICKLER.

$$\mathbf{Q = K \times S \times Rh^{2/3} \times I^{1/2}}$$

- S_m : section mouillée en (m^2).
- Rh : rayon Hydraulique en (m).

$$Rh = \frac{S_m}{P_m}$$

- P_m : périmètre mouillé en (m).
- I : pente moyenne de l'oued.
- K : coefficient de rugosité de Strickler :
  - 70 pour les dalots.
  - 80 pour les buses.

VI.5.2. Dimensionnement des buses :

Pour BV1 :

- Sm: surface mouillée tel que : $Sm = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$.
- Rh : rayon hydraulique tel que : Rh = Sm/ Pm = $(\frac{\pi D2}{4}) \times \frac{1}{\pi D} = \frac{D}{4} = \frac{R}{2}$.

$$\mathbf{Q_a = Q_s = K \times S \times Rh^{2/3} \times I^{1/2}}$$

$$R = (\frac{Qa}{k \times \pi \times 0{,}5^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}})^{\frac{3}{8}}$$

$$R = (\frac{1{,}09}{80\pi 0{,}5^{\frac{2}{3}} 0{,}01^{\frac{1}{2}}})^{\frac{3}{8}}$$

$$R = 0{,}37m$$

D=2×R=734,36mm

Alors on prend une buse de D=1000 mm.

VI.5.3. Dimensionnement des dalots :

• Périmètre mouillé : Pm = 2×0.8×h+L.

• Section mouillée : Sm = 0.8×h×L.

• Rayon hydraulique : Rh = $\frac{Sm}{Pm} = \frac{0.8 \times h \times L}{0.8 \times h + L}$.

• Pente longitudinale de l'ouvrage i.

$$\mathbf{Qs = Kst \times S \times Rh^{2/3} \times I^{1/2}}$$

$$Qs = kst \times 0{,}8h \times L \times I^{1/2} (\frac{0{,}8h \times L}{1{,}6h + L})^{2/3}$$

- Kst= 70
- L=2 m
- I=1,5 %
- Qa=6,57 m^3/s

En égalant le débit d'apport au débit en section pleine et en fixant la largeur B, la hauteur H est déterminée par un calcul itératif.

$$Qa = 6{,}57 \leq Qs = 70\ 0{,}8h.\ 2.\ 0{,}015^{1/2} (\frac{0{,}8h.2}{1{,}6h+2})^{2/3}$$

$$\mathbf{h = 2m}$$

• Vérification de la condition pour assurer un écoulement fluvial :

$hcr = \sqrt[3]{\frac{Qs}{gb^2}} = \sqrt[3]{\frac{6{,}57^2}{9{,}8*2^2}} = 1{,}03m < 2m$ Condition Vérifiée

- **Condition d'auto-curage :**

Débit Plein Section :

$$Qs = kst\ S\ Rh^{2/3} I^{1/2}$$

$$Vps = \frac{Qps}{S} = \frac{8 < 0\ \pi\ 0{,}5^2\ 0{,}25^{2/3} 0{,}01^{1/2}}{\pi\ 0{,}5^2}$$

$$Vps = 3{,}17\ m^2/s$$

$$Rq = \frac{Qa}{Qps} = \frac{1{,}09}{2{,}49} = 0{,}437 \Rightarrow Rv = 0{,}9624$$

$$V = Rv * Vps = 0{,}962 * 3{,}17$$

$$\boldsymbol{V = 3{,}049 m^2/s \leq 4 m^2/s}$$ **Vérifié**

V≥0,6 pour Q= 0.1 Qps :

Rq=0,1 Donc $V = Rv * Vps = 0{,}64 * 3{,}17 = 2{,}028 m^2/s \geq 0{,}6 m^2/s$ Vérifié

V≥0,3 pour Q= 0.01 Qps :

Rq=0,01 Donc $V = Rv * Vps = 0{,}32 * 3{,}17 = 1{,}014 m^2/s \geq 0{,}3 m^2/s$ Vérifié

PK	Type d'ouvrage	Dimension
0+825	Buse	**1500**
1+400	Buse	**1200**
2+450	Buse	**1500**
2+750	Buse	**1500**
3+775	Dalot	**2x2**
5+025	Dalot	**2x2**
5+200	Dalot	**2x (3x2)**
7+600	**Dalot**	**2x2**

Tableau VI.7. Tableau récapitulatif des dimensions des dalots et buse.

VI.5. Dimensionnement des ouvrages longitudinaux le drainage de la chaussée relit sur deux ouvrages d'assainissement :

- Deux faussée situer aux cotes de la chausse.
- Un système de drainage dans le TPC au milieu de la chausse.

Formule de Manning Strickler :

$$\mathbf{Qs = Kst \times S \times Rh^{2/3} \times I^{1/2}}$$

La surface mouillée : Sm=(b+z.h) ×h.

Pente du talus z =1/n.

Le périmètre mouillé : Pm = b + 2h√1 + z.

Le rayon hydraulique : Rh = Sm /Pm.

Avec : z la pente des berges.

L=597m P=-2% Z=9m (CAS DEFAVORABLE).

On a surfaces des sous bassins versants :

- La surface de (la chaussée + BDG) : A_c = 8× 597= 4776 m^2 = 0.004776 Km^2 .
- La surface de la BAU : A_{bau} = 2.5 × 597= 1492,5 m^2 = 0.001492 Km^2 .
- La surface de la Berme : A_b= 1× 597= 597 m^2 =0.000597 Km^2 .

- La surface du talus : A_t = 9 × 597= 5373 $m2$ = 0.005373 Km^2 .

VI.5.1. Le débit d'apport Qa :

On a : Chaussé P = 2.5 %, Accotement P = 4 %, talus P = 66.67 %.

Pour la chaussée :

$$\mathrm{Tc} = 0.127 \times \sqrt{\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{I}}}$$

$$\mathrm{Tc} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.004776}{0,025}} = 0{,}056\mathrm{h}$$

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

$$I(\mathrm{t.T}) = 23{,}9\,.\,0{,}056^{-0{,}78} = 226{,}366\ \mathrm{mm/h}$$

$$Q_p = 0.278.C_r.i.A$$

$$Q_p = 0.278.\ 0{,}95.\ 226{,}366\ *0.004776$$

Q_p =0,286 m^3/s

- Pour la BAU:

$$\mathrm{Tc} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.001492}{0,04}} = 0{,}0245\mathrm{h}$$

$$I(\mathrm{t.T}) = 23{,}9\,.\,0{,}0245^{-0{,}78} = 430{,}987\mathrm{mm/h}$$

$$Q_p = 0.278.C_r.i.A$$

$$Q_p = 0.278.\ 0{,}4.\ 430{,}987*0.001492$$

Q_p =0,0715 m^3/s

- LA BERME :

$$\mathrm{Tc} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.000597}{0,08}} = 0{,}011\mathrm{h}$$

$$I(\mathrm{t.T}) = 23{,}9\,.\,0{,}011^{-0{,}78} = 805{,}6\mathrm{mm/h}$$

$$Q_p = 0.278.C_r.i.A$$

$$Q_p = 0.278.\ 0{,}4.\ 805{,}6*0.000597$$

$$\mathbf{Q_p = 0{,}053\ m^3/s}$$

- LE TALUS :

$$\mathrm{Tc} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.005373}{0{,}67}} = 0{,}011\mathrm{h}$$

$$\mathrm{I(t.T)} = 23{,}9\ .\ 0{,}011^{-0{,}78} = 805{,}6\mathrm{mm/h}$$

$$Q_p = 0.278.C_r.i.A$$

$$Q_p = 0.278.\ 0{,}3.805{,}6*0.005373$$

$$\mathbf{Q_p = 0{,}361\ m^3/s}$$

Q=0,286 +0,0715 +0,053 +0,361 =0,7715 m^3/s

VI.5.2. Calcul du débit de saturation :

$$\mathbf{Qa = Qs = S_m \times K_s \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}}$$

K_s : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 70 (au béton coulé sur place)

On procède par calcul itératif, on pose b=0.5m, et α=45° donc m=1 En égalisant le débit d'apport et débit de saturation, et suite à un calcul itératif :

Calcul du périmètre mouillé :

• Périmètre mouillé : $Pm = b+2h\sqrt{1+n}$.

• Section mouillée : Sm = h.(b+n.h).

• Rayon hydraulique : $Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{h(b+nh)}{b+2h\sqrt{1+n}}$.

$$Qs = Kst\ Sm\ Rh^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

$$Qs = Kst\ \mathrm{h.(b+n.h)}\left(\frac{h(b+nh)}{b+2h\sqrt{1+n}}\right)^{2/3} I^{\frac{1}{2}}$$

$$Qa = \mathbf{0{,}7715} = 70\ \mathrm{h.(0{,}5+1.h)}\left(\frac{h(0{,}5+1h)}{0{,}5+2h\sqrt{1+1}}\right)^{2/3} 0{,}02^{\frac{1}{2}}$$

b=0,5m h=0,5m

VI.6. Dimensionnement des caniveaux du TPC :

Cas défavorable de pk6+575 à pk7+600.

A=9*1025=9225m²

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.009225}{0,08}} = 0,043h$$

$$I(t.T) = 23,9 \,.\, 0,043^{-0,78} = 278,160 mm/h$$

$$Q_p = 0.278.C_r.i.A$$

$$Q_p = 0.278.\ 0,4.278,160*0.009225$$

$$\mathbf{Q_p = 0,285\ m^3/s}$$

$$Qs = Kst\ Sm\ Rh^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

On prend b=0,3 m

$$Qs = Kst\ h.(b + n.h)\left(\frac{h(b+nh)}{b+2h\sqrt{1+n}}\right)^{2/3} I^{\frac{1}{2}}$$

$$Qa = \mathbf{0,285} = 70\ h.(0,5 + 1.h)\left(\frac{h(0,5+1h)}{0,5+2h\sqrt{1+1}}\right)^{2/3} 0,02^{\frac{1}{2}}$$

On obtient : **b=0,3m h=0,5m**

Chapitre VII : Terrassement et Cubatures

VII.1. Introduction :

Dans tout projet autoroutier, l'adaptation du tracé routier au terrain naturel nécessite des travaux de terrassement conséquents. Ces travaux consistent à modifier la morphologie initiale du sol afin de créer un support stable et conforme aux exigences techniques de la plateforme routière.

Le terrassement englobe l'extraction des matériaux (déblais), leur transport, ainsi que leur mise en œuvre (remblais). Le but est de configurer le terrain pour que la surface atteigne une altitude définie, appelée ligne rouge, en cohérence avec le profil en long et les profils en travers du projet.

La cubature est l'opération qui permet de quantifier les volumes de déblais et de remblais, étape essentielle pour :

- Optimiser les mouvements de terre.
- Limiter les coûts de transport et d'emprunt.
- Garantir l'équilibre entre déblais et remblais.
- Établir un métré précis des quantités de travaux.

Pour estimer les volumes de terrassement (déblais et remblais), nous avons utilisé la méthode de la moyenne des aires, qui reste la plus simple à mettre en œuvre, surtout avec l'aide du logiciel Covadis. Elle donne des résultats assez fiables, bien qu'un peu majorés, donc on applique en général une sécurité de 10 %.

Le calcul consiste à prendre les surfaces des profils en travers, puis à estimer le volume entre eux avec une formule basée sur leur distance. Cela nous permet de déterminer la quantité de terre à excaver ou à remblayer sur l'ensemble du tracé.

VII.2. Description de la méthode retenue :

Les volumes sont calculés à l'aide de s élément suivant : Surfaces de remblai ou de déblai obtenues par le profil en travers et Distances entre profil en travers indiquées sur le profil en long, En utilisant la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs :

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

- Hm : distance entre deux profils.
- S_{moy} : surface limitée à mi- distances des profils.
- S1 : surface de profil en travers P1.
- S2 : surface de profil en travers P2.

VII.3. Résultat de calcul :

Le volume total des remblais est de : **376422.5 m^3**

Le volume total des déblais est de : **319259.1 m^3**

Note : le calcul des cubatures de notre projet a été effectué à l'aide de logiciel AUTOPISTE, et les résultats complets de calcul sont joints en annexe.

Chapitre VIII : Echangeur

VIII.1. Introduction :

Un échangeur est une infrastructure routière permettant d'assurer la connexion entre plusieurs voies de circulation, tout en garantissant la fluidité et la sécurité du trafic. Son implantation nécessite une étude rigoureuse prenant en compte plusieurs paramètres, notamment l'intensité du trafic, la localisation géographique et la topographie du site. Il est impératif d'éviter de placer un échangeur sur des sections présentant de fortes pentes ou des dévers excessifs.

On distingue plusieurs types d'échangeurs selon leur fonction :

- **Nœud** : relie deux voies rapides (autoroutes ou voies express).
- **Diffuseur** : connecte une voie rapide à un réseau routier secondaire ou urbain.
- **Mixte** : combine les fonctions des deux précédents, avec notamment le raccordement de deux autoroutes tout en assurant des connexions locales.

VIII.2. Rôle de l'échangeur :

L'échangeur joue un rôle essentiel dans l'organisation du trafic. Ses principales fonctions sont les suivantes :

- Assurer la continuité du réseau autoroutier.
- Desservir plusieurs directions de manière hiérarchisée.
- Distribuer les flux de circulation en limitant les conflits et en optimisant les itinéraires.
- Faciliter les déplacements des usagers dans des conditions sûres et confortables.
- Éviter les interruptions de trafic liées aux arrêts et reprises intempestifs.
- Réduire les risques d'accidents en supprimant les croisements à niveau.

VIII.3. Éléments constitutifs d'un échangeur :

Quelle que soit sa forme ou son importance, un échangeur est généralement composé de trois éléments principaux :

- **L'ouvrage d'art (pont ou passage supérieur)** : permet de franchir les voies sans croisement à niveau.
- **Les carrefours plans** : dans le cas de raccordements sur des routes ordinaires.
- **Les bretelles** : voies de liaison entre les routes principales et les voies secondaires.

VIII.4. Types d'échangeur :

On distingue deux grandes catégories d'échangeurs, selon le type de voies connectées :

- **Échangeurs majeurs** (Autoroute ↔ Autoroute) : Trèfle complet, Bifurcation en Y, Autres formes complexes
- **Échangeurs mineurs** (Autoroute ↔ Route) : Losange, Demi-trèfle, Trompette

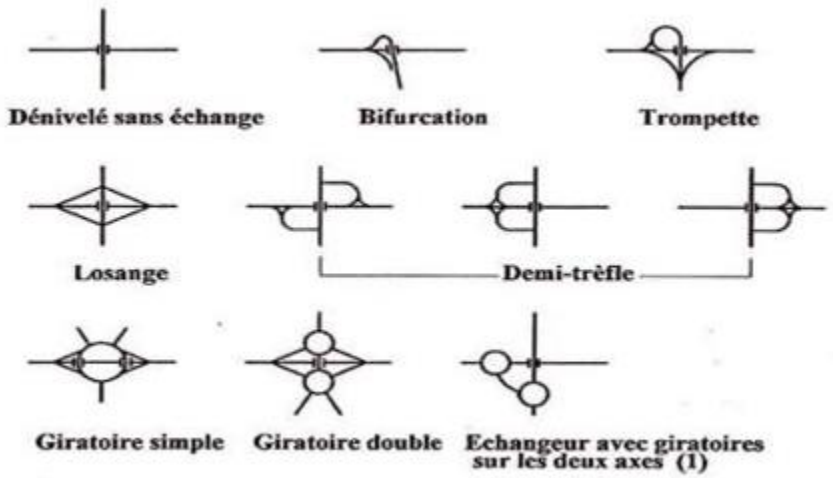


Figure VIII.1 : Différentes types d'échangeur

On a :

- **Trèfle complet** : C'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise et justifié par un trafic important équilibré. Pour des raccordements à quatre branches.
- **Bifurcation** : Pour les raccordements à trois branches : la boucle qui présente le trafic à dévier se détache par la droite de l'axe principal pour rejoindre l'axe à emprunter Ce type comporte un ouvrage biais.
- **Echangeur de trompette** : Comporte un alignement droit commun à toutes les bretelles, boucle (d'entrée ou de sortie), diagonales (d'entrée ou de sortie). Ce type d'échangeur représente la typologie la plus répandue sur les autoroutes, assure les échanges entre la voie principale et la voie transversale.
- **Losange** : Il est composé de quatre diagonales unidirectionnelles symétrique assure une distribution symétrique de trafic d'échanges.
- **Demi – trèfle** : La configuration en demi – trèfle à quatre (04) branches se présente comme le cas du type losange mais avec une différence majeure, qui est une distribution des trafics d'échange nettement dissymétrique.

VIII.5. Choix du type d'échangeur :

Le choix du type d'échangeur pour notre projet repose sur plusieurs paramètres essentiels :

- **Type de route à raccorder** : L'échangeur envisagé permet la liaison entre l'autoroute des Hauts Plateaux (2x2 voies, grande vitesse) et la Route Nationale RN 90, classée comme une voie d'importance secondaire. Ce raccordement justifie le choix d'un échangeur de type mineur.
- **Distribution du trafic** : L'échangeur distribue le trafic dans quatre directions (Tiaret, Saïda, Chlef, El Bayadh).
- **Vitesse sur les bretelles :**

  La vitesse maximale sur l'autoroute est de 130 km/h.

  La vitesse sur la RN 90 est de 90 km/h.

  La vitesse sur l'échangeur est :

  Sur la boucle 40km/h.

  Sur la brettèle 60km/h.

Donc, l'échangeur qui répond à tous ces critères est l'échangeur avec giratoire double.

VIII.6. Caractéristiques géométriques des bretelles :

Les valeurs limites des rayons à utiliser pour le tracé des bretelles d'après le guide SETRA des échangeurs (complément de l'ICTAAL2015) sont les suivantes :

Rayon	Voie de sortie	Voie de boucle
Rayon minimal	40 (7%) et 100 (le premier rayon rencontré)	40 (7%)
Rayon minimal non déversé	300	/
Rayon maximal dans la boucle	/	60
Dévers entre Rnd et Rm	d= (675/R) +0,25 entre 300 et 100	/

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

VIII.7. Enchaînement des éléments du tracé en plan :

L'agencement des courbes dans le tracé en plan doit garantir confort, sécurité et continuité visuelle pour l'usager. À cet effet, les règles suivantes sont à respecter :

- **Boucles** : Une boucle doit être constituée d'un arc circulaire unique, encadré de chaque côté par des arcs de clothoïdes, permettant une transition progressive.
- **Courbes de sens contraire** : Lorsque deux courbes se succèdent en sens inverse, elles doivent vérifier la condition suivante :

$$R_1 \leq 2R_2$$

Où R_1 et R_2 sont respectivement les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrée.

- **Courbes de même sens** : Si deux courbes successives sont de même sens, elles doivent être séparées par un alignement droit dont la longueur est au minimum égale à **3** fois la distance de visibilité (3s), hors zone de clothoïdes.

VIII.8. Raccordements progressifs :

Le raccordement entre différents éléments du tracé doit se faire de manière fluide et progressive, selon les règles suivantes :

- Toute courbe circulaire doit être encadrée par deux arcs de clothoïde symétriques.
- La longueur minimale de chaque clothoïde est définie comme étant la plus grande des deux valeurs suivantes : $6R^{0,4}$ et $7|\Delta\delta|$
  - R : rayon de la courbe (en mètres) ;
  - $\Delta\delta$: différence de pente transversale entre les deux éléments (en %).
- Il est déconseillé de dépasser ces longueurs minimales, car cela peut nuire à la perception de la courbure par les conducteurs.

VIII.9. Zones d'accélération et de décélération :

La connexion entre les bretelles et les voies principales (autoroutes) nécessite des dispositifs spécifiques pour assurer les changements de vitesse dans des conditions sûres :

- **Zone de décélération :**

Utilisée pour les sorties, en particulier dans les diffuseurs à une seule voie (cas le plus fréquent) :

- **Section de manœuvre** : biseau accolé à l'autoroute, d'une longueur de 150 m, allant jusqu'à ce que la largeur du musoir de divergence atteigne 1 m.
- **Section de décélération** : permet de passer de la vitesse conventionnelle (généralement 60 km/h pour un rayon de bretelle < 120 m) à la vitesse de la première courbe, avec une décélération constante de 1,5 m/s².

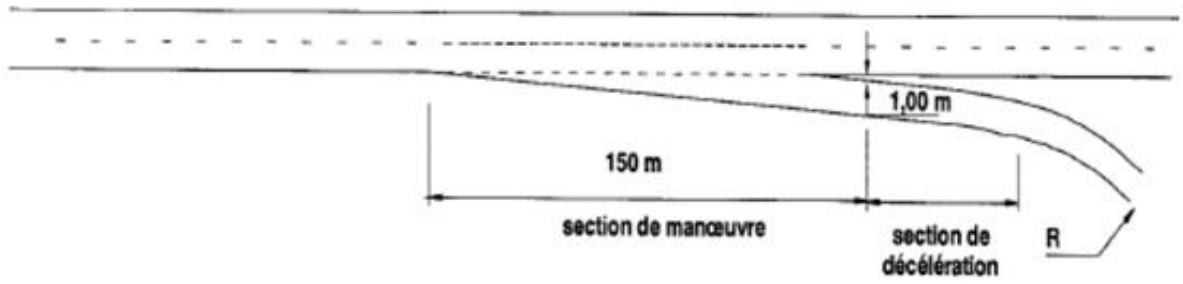


Figure VIII.2 : Dispositif de sortie de l'autoroute.

- **Zone d'accélération (Insertion sur l'autoroute) :**

Le dispositif d'entrée sur l'autoroute se compose des éléments suivants :

- **Section d'accélération :**

  Située en amont de l'entrée, cette section présente une inclinaison (obliquité) de **3 à 5 %** par rapport à l'axe de l'autoroute.

  Sa longueur est déterminée en fonction du rayon de la dernière courbe de la bretelle, et doit permettre au véhicule d'atteindre une vitesse conventionnelle de 55 km/h au point où la largeur de voie atteint E=1,00 m, en considérant une accélération constante de 1 m/s^2.

- **Section de manœuvre :**

  Elle est située en continuité de la section d'accélération, en parallèle avec la chaussée principale.

  Elle a une longueur de 200 mètres et une largeur de 3,50 mètres, permettant aux véhicules de s'insérer en toute sécurité dans le flux de circulation.

- **Biseau d'insertion** :

  Il constitue la transition entre la bretelle et la chaussée principale, avec une longueur standard de 75 mètres, assurant un raccordement progressif.

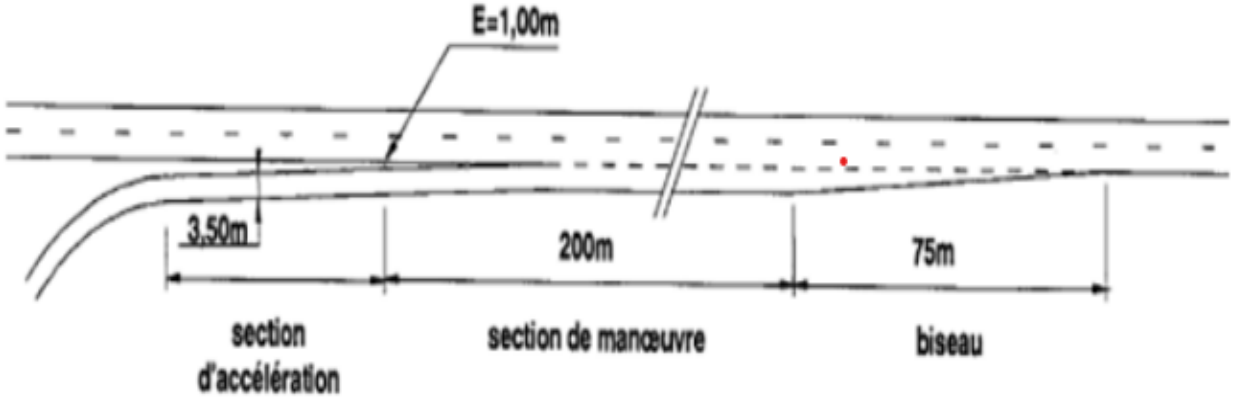


Figure VIII.3 : Dispositif d'entrée sur l'autoroute.

VIII.10. Profil en long d'une bretelle :

Déclivité Maximale	**6%**
Rayon minimal en angle saillant	**1500**
Rayon minimal en angle rentrant	**800**

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

VIII.11. Profil en travers d'une bretelle :

Chaussée	**3.5 m**
Bande dérasée de droite	**1 m**
Bande dérasée de gauche	**0.5 m**
Une Berme	**1 m**

Tableau VIII.3 : Profil en travers des bretelles.

VIII.12. Pente transversale d'une bretelle :

Les bandes dérasées présentent la même pente transversale que la voie adjacente. Hors des courbes en dévers, la pente transversale du versant est fixée à 2,5 %, orientée vers la droite. Dans les courbes déversées, cette pente évolue de manière linéaire en fonction de l'inverse du rayon de courbure (1/R), passant de 2,5 % pour un rayon de 300 m (rayon normal de déversement) à 7 % pour un rayon de 100 m. Pour tout rayon inférieur à 100 m, la pente reste constante à 7 %.

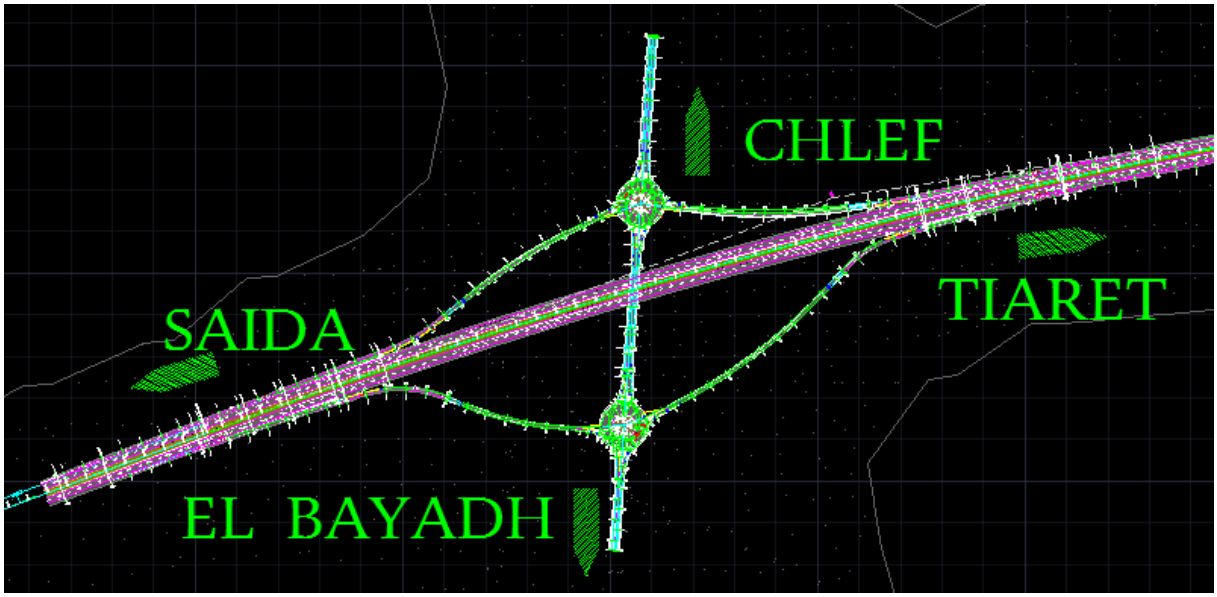


Figure VIII.4 : Echangeur a giratoire double.

Chapitre IX : Ouvrage d'art

IX.1. Introduction :

Dans le cadre du développement et de la modernisation des infrastructures de transport, la construction d'ouvrages d'art s'avère indispensable pour assurer la continuité des voies de circulation face aux obstacles naturels ou artificiels tels que les oueds, les ravins, les voies ferrées ou les routes existantes. Un ouvrage d'art est défini comme toute structure permettant le franchissement d'un obstacle sans interruption du trafic. Ces ouvrages revêtent une importance majeure dans les projets routiers et autoroutiers, car ils garantissent non seulement la fluidité de la circulation, mais également la sécurité et la durabilité du réseau.

La conception d'un ouvrage d'art exige une réflexion approfondie prenant en compte de nombreux facteurs, notamment la topographie, la nature du sol, les charges à supporter, les contraintes géométriques, les conditions d'exécution, les coûts, ainsi que les exigences en matière d'entretien à long terme. Ainsi, le choix du type de structure à adopter repose sur un équilibre entre performance technique, faisabilité constructive et optimisation économique.

IX.2. Types courants d'ouvrages d'art :

Dans les projets routiers, plusieurs types de ponts sont couramment envisagés, chacun présentant des caractéristiques spécifiques adaptées à différentes situations :

- **Le pont à poutres en béton armé (BA) :**

Ce type de pont utilise des poutres longitudinales en béton armé disposées sur des appuis et solidarisées par un hourdis. Il est adapté aux portées modérées et se distingue par sa simplicité structurelle.

- **Avantages** :
  - Bonne résistance à la compression.
  - Coût de construction modéré.
  - Facilité d'exécution avec des coffrages standards.
  - Faibles besoins en entretien comparé aux ponts métalliques.
- **Inconvénients** :
  - Portée limitée (souvent inférieure à 20 mètres).
  - Sensibilité aux tassements différentiels.
  - Main-d'œuvre qualifiée requise pour les coffrages complexes.

- **Le pont à poutres en béton précontraint :**

Ce système repose sur l'utilisation de câbles tendus pour comprimer le béton, augmentant ainsi sa résistance à la traction. Il permet de franchir des portées plus importantes tout en réduisant le nombre d'appuis.

- **Avantages** :
  - Grande portée (jusqu'à 50 m et plus).
  - Moins de joints, donc meilleure durabilité et confort de circulation.
  - Possibilité de préfabrication, ce qui accélère l'exécution.
  - Optimisation de la section de béton, limitant les fissures.
- **Inconvénients** :
  - Exécution plus complexe nécessitant une main-d'œuvre spécialisée ;
  - Nécessité d'un béton performant, souvent à jeunes âges ;
  - Matériel de tension coûteux ;
  - Étapes de mise en tension strictes à respecter avant décoffrage.

➢ **Le pont mixte acier-béton :**

Cette solution combine des poutres métalliques avec une dalle en béton. Elle est généralement utilisée pour les très grandes portées et dans les zones difficiles d'accès.

- **Avantages** :
  - Structure plus légère.
  - Montage rapide.
  - Grande capacité de franchissement.
  - Facilité d'adaptation aux géométries complexes.
- **Inconvénients** :
  - Coût élevé des matériaux métalliques.
  - Entretien régulier indispensable pour prévenir la corrosion.
  - Risque de déversement des poutres métalliques.
  - Surveillance constante requise.

IX.3. Choix du type d'ouvrage :

Après une étude comparative des différentes solutions envisageables, le pont à poutres en béton précontraint a été retenu comme la solution la plus adaptée pour les franchissements prévus dans ce projet. Ce choix s'appuie sur plusieurs critères techniques et économiques : la possibilité de franchir de longues portées sans multiplication des appuis, la facilité de préfabrication, la réduction des délais de construction, ainsi qu'une meilleure durabilité dans le temps. Bien que nécessitant une main-d'œuvre qualifiée et un matériel spécifique, cette solution permet une exécution maîtrisée, tout en optimisant les coûts sur l'ensemble du cycle de vie de l'ouvrage.

PONT	PK	Longueur	Largeur	Gabarit
Passage supérieure au niveau de l'échangeur	9+125	35	32	5.25
Passage supérieure au niveau de RN 90	6+525	35	32	5.25
Passage inférieure DALLOT 4*4	3+675	40	4	4
Passage inférieure DALLOT 4*4	1+175	40	4	4

Tableau IX.1 : Ouvrage d'art au niveau des routes existantes.

Chapitre X : Signalisation

X.1. Introduction :

Dans le cadre des projets autoroutiers, la signalisation routière représente un élément fondamental pour garantir la sécurité et la fluidité du trafic. Elle constitue le principal outil de communication entre l'infrastructure et les usagers. Son rôle est de transmettre les informations essentielles, d'alerter sur les dangers potentiels, et de rappeler les règles de circulation, tout en accompagnant le conducteur dans sa prise de décision.

Une signalisation efficace doit être visible, compréhensible, homogène et cohérente avec le tracé et les conditions de circulation.

X.2. Objectifs de la signalisation routière :

La signalisation routière vise à :

- Assurer la sécurité des usagers en réduisant les risques d'accident.
- Faciliter la circulation et améliorer la fluidité du trafic.
- Rappeler les règles du code de la route et les prescriptions spécifiques.
- Fournir des informations utiles concernant l'usage et l'environnement de la route.

X.3. Principes fondamentaux d'une signalisation efficace :

Pour être performante, la signalisation doit respecter les principes suivants :

- **Uniformité** : usage exclusif de signaux réglementaires.
- **Homogénéité** : mêmes signaux pour des situations similaires.
- **Lisibilité** : clarté du message transmis au conducteur.
- **Visibilité** : bonne perception de jour comme de nuit, par tous les temps.
- **Simplicité** : éviter la surabondance de signaux pour ne pas saturer l'attention.
- **Cohérence** : adaptation aux caractéristiques géométriques de la route.
- **Concentration** : regroupement des signaux complémentaires sur un même support.

X.4. Règles de conception de la signalisation :

La conception de la signalisation sur autoroute doit répondre aux critères suivants :

- Adéquation entre la géométrie du tracé et les signaux implantés.
- Harmonisation entre la signalisation verticale (panneaux) et horizontale (marquage au sol).
- Éviter toute confusion avec des éléments publicitaires ou non réglementaires.

- Veiller à une implantation judicieuse assurant anticipation et réaction rapide des conducteurs.

X.5. Types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

1). Signalisation horizontale :

La signalisation horizontale a pour objectif de délimiter les différentes zones de la chaussée, en précisant les voies réservées à chaque sens de circulation ou à des usages spécifiques. Dans le but de renforcer la sécurité routière, il est prévu de mettre en place un marquage au sol. Ce marquage sera réalisé à l'aide de bandes blanches rétroréfléchissantes, continues ou discontinues, appliquées en enduit à chaud, conformément aux largeurs et modulations définies dans l'étude.

❖ **Les lignes longitudinales :**

La signalisation horizontale comprend différents types de marquages, parmi lesquels :

- **Les lignes continues :** elles sont utilisées pour signaler les sections de route où le dépassement est interdit, notamment en raison d'une visibilité insuffisante ou de conditions de circulation particulières.
- **Les lignes discontinues :** ce sont des marquages longitudinaux blancs, servant à séparer les voies de circulation. Elles sont utilisées aussi bien sur les routes à sens unique que sur les routes à double sens lorsque le dépassement est autorisé. Ces lignes peuvent être de type T1, T2 ou T3, correspondant respectivement à une ligne d'avertissement, une ligne de rive, ou d'autres types de séparation selon la réglementation en vigueur.

Note : La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » qui est égale à 7.5 cm pour le cas de notre projet.

Modulation	Désignation des marques	Largeur (m)
Continue	Délimitation de terre-plein central	3U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U
T2	Délimitation des voies de 5U décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5U

	Ligne de rive de chaussée	3U
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U
T'3	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	3U
T4	Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence	3U

Tableau X.1 : Les caractéristiques des lignes de marquage longitudinales

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport plein/vide
T1 T'1	3.00 1.50	10.00 5.00	1/3
T 2 T'2	3.00 0.50	3.5 0.50	1
T 3 T'3	3.00 20.00	1.33 6.00	3
T 4	0	13.00	3

Tableau X.2 : Les caractéristiques des lignes discontinues

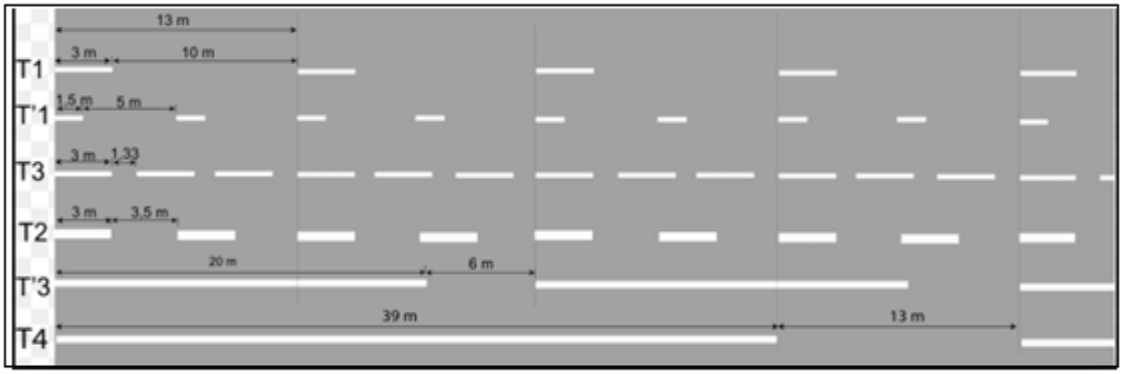


Figure X.1 : Les lignes longitudinales

❖ **Les lignes transversales :**

- Ligne continue « STOP »
- Ligne discontinue « CEDER LE PASSAGE », d'effet des feux de signalisation, et de guidage en intersection.

2). Signalisation verticale :

Dans ce projet, la signalisation verticale, à l'exclusion de celle relative à l'indication et à la direction, porte essentiellement sur les panneaux réglementaires de prescription et d'obligation. Ces dispositifs, de forme triangulaire ou circulaire, ont pour fonction d'avertir les usagers des

limitations de vitesse, des virages prononcés, des pentes raides ou de la présence de zones dangereuses nécessitant une attention particulière, Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme on a :

- **Signaux d'interdiction :**



- **Signaux de danger :**



- **Signaux d'intersection et priorité :**



- **Signaux de direction :**



Chapitre XI :
Etude d'impact sur l'environnement

XI.1. Introduction :

Le terme « environnement » désigne l'ensemble des éléments naturels, artificiels, biologiques, sociaux et culturels qui entourent et influencent la vie humaine. À l'ère des préoccupations croissantes liées au changement climatique, à la perte de biodiversité et à la pollution, la notion d'environnement prend aujourd'hui une dimension mondiale et prioritaire. Dans ce contexte, l'étude environnementale s'impose comme une démarche scientifique et technique pluridisciplinaire, visant à anticiper, analyser et atténuer les effets d'un projet sur les composantes sensibles de l'environnement. La construction d'un aménagement routier constitue une opération complexe, souvent perçue comme susceptible d'avoir des impacts négatifs sur l'environnement. Pour cette raison, il est essentiel de conduire une analyse rigoureuse des impacts environnementaux, afin de décrire de manière précise les effets de chaque action sur les différentes composantes environnementales. Ces impacts sont généralement évalués selon deux grandes phases du projet La phase de chantier, où les perturbations sont souvent temporaires mais intenses, La phase de mise en service de l'infrastructure, où les effets peuvent être durables.

XI.2. Objectifs D'une étude d'impact sur l'environnement :

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

- Choisir l'option la plus durable et la moins dommageable pour l'environnement.
- Identifier et évaluer l'importance des impacts appréhendés du projet sur le milieu physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage
- Prévoir des **mesures correctives ou compensatoires** pour limiter ou compenser les impacts négatifs.

XI.3. Sources d'impact :

Dans le cadre du projet, les principaux impacts surviendront principalement pendant les phases de construction et d'exploitation donc on a :

1. Impact en phase de chantier :

Le lancement des travaux de chantier devra être précédé d'une mobilisation de moyens de réalisation pour l'aménagement des pistes d'accès et la construction de base de vie pour le campement des ouvriers et les installations nécessaire au lancement des travaux, Le chantier sera

installé à proximité du projet afin de permettre l'approvisionnement de tout le projet et la mobilité des moyens, Le choix de l'emplacement des sites de chantier, nécessite une attention particulière, il doit également tenir compte de sa réutilisation future, Ces sites doivent être situés de telle sorte qu'ils permettront l'accès aisé :

- Aux routes principales
- Aux sites de construction
- Aux infrastructures existantes

Les sites de chantier doivent être choisis selon la topographie et la qualité du sol, à savoir des surfaces planes, et des sols résistants, L'ouverture des sites comprendra :

- Création d'une base de vie.
- Installation du chantier avec bureaux pour l'administration.
- Installation de laboratoire de chantier.
- Installation de l'atelier de maintenance.
- Aménagement des pistes d'accès.
- Zones d'emprunts, carrières.
- Livraison et installation des équipements (station d'enrobage, centrale à béton).

Les phases des travaux de chantier se dérouleront de la manière suivante :

- Dégagement des emprises.
- Débroussaillage, abattage et arrachage.
- Démolition d'ouvrages existants.
- Décapages des sols.
- Ouvertures des sites d'emprunts, de carrières.
- Terrassements (déblais, remblais).
- Revêtement.

2. Impacts en phase d'exploitation :

La présente partie est consacrée à l'étude des impacts potentiels de l'autoroute sur les ressources de la région, le projet peut-être à l'origine de :

- La pollution de l'air issue des gaz d'échappement du trafic de véhicules.
- La pollution chronique des eaux superficielles par les eaux pluviales en provenance de l'autoroute ainsi que l'impact sur les captages d'eau souterraines.
- Les nuisances sonores.

- La défiguration du paysage.
- L'impact sur l'agriculture.
- L'impact sur l'habitat.
- L'impact sur la faune.

XI.4. Identification et évaluation des impacts du projet :

La présente section contient l'analyse des impacts du projet sur les composantes des milieux physique, naturel et humain.

1. Milieu physique :

Pendant les travaux de chantier, les risques de pollution des cours d'eau (Oued Medrissa, et les différentes Chaabets interceptés par le tracé) ainsi que les puits et les forages se trouvant à proximité du tracé seront générés par :

- Les engins de travaux publics.
- Les centrales de fabrication.
- Les zones de stockage des matériaux.

Les opérations d'extraction et de transport des matériaux dans le cas d'exploitation de zones d'emprunts éloignées de l'emprise de tracé, Les risques de pollutions sur chantier sont très préoccupants, en particulier sur les nappes souterraines. Ces pollutions dues aux déversements des produits chimiques utilisés lors des activités de chantier (ciments, bitumes, peintures…etc.), Ces impacts causés par accidents ou par déversement, ne s'agissent pas que des déchets liquides mais aussi des déchets solides, domestiques, en provenance des bureaux et base de vie. En plus des déchets qui résultent de la maintenance et du nettoyage de l'équipement de construction, (huiles usagées, filtres, batteries, liquides de refroidissements). Leurs fuites accidentelles ou leurs stockages peuvent présenter un réel danger, Pendant le chantier la pollution peut affecter également altérer les puits proches du tracé autoroutier.

- **Eau Souterraines :**

  Les réserves d'eaux souterraines sont importantes dans la région d'étude, la reconnaissance du site a permis de détecter la présence des captages d'eaux souterraines (puits) à proximité immédiate de l'autoroute, La région d'étude est considérée comme très vulnérable à la contamination d'un épanchement chimique et au ruissellement contaminé provenant de l'autoroute, Une grande partie du trafic routier sera détournée vers la nou-

velle autoroute ce qui augmentera le taux de contamination des ressources en eaux souterraines, étant donné que cette dernière est à proximité de plusieurs puits et points de captages.

L'importance de cette menace dépend de :

La nature des substances en question ;

La vitesse de transmission des polluants du point de déversement jusqu'à la nappe d'eau et du temps de "stockage" avant I 'extraction de celle-ci.

La nature des substances déversées dépend de ses caractéristiques physiques (qu'il soit solide, liquide, soluble, insoluble, toxique, etc.).

- **Pollution du sol :**

  La pollution du sol risque d'apparaître essentiellement à proximité des centrales d'enrobage et peut-être le résultat de fuite des équipements ou des déversements accidentels. Ce cas peut se produire lors de transport des produits chimiques d'un site à autre comme : l'asphalte, le bitume et autres produits à base de pétrole.

- **Pollution atmosphérique :**

  La pollution occasionnée par les véhicules automobiles résulte du fait que la combustion de l'essence ou du gasoil, donc d'un mélange air- hydrocarbure qui n'est pas toujours optimisée. Cela est dû aux arrêts et démarrages répétés, au réglage de carburation, à l'entretien des véhicules, Cette mauvaise combustion entraîne l'émission d'oxyde de carbone (avec une plus forte émission pour les moteurs à essence) et d'hydrocarbures. De plus, l'azote contenu dans l'air et qui transite dans les moteurs sans participer à la combustion conduit à la formation d'oxyde d'azote NOx, L'air est aussi pollué par les additifs des huiles et des carburants (Plomb), les produits provenant de la chaussée et des pneumatiques…etc. Tous ces produits présentent pour l'environnement et en particulier pour la santé humaine, une certaine toxicité et imposent aujourd'hui le contrôle de cette pollution.

2. Milieu Humain :

- **Le Foncier :**

  La réalisation de la rocade autoroutière comporte l'acquisition des terrains, qui a pour effet de mettre fin à l'utilisation actuelle ou future des espaces concernés. Cette acquisition se fait par expropriation et D'après l'enquête parcellaire, qui a été réalisé par les topographes sur l'emprise du projet, la superficie totale est estimée à environ 580 ha. Le statut juridique des terres agricoles relève du domaine privé avec 143 parcelles, ainsi que

du domaine public avec 132 parcelles : 119 EAI et 13 EAC, et enfin 40 parcelles du domaine étatique, Le passage au niveau des terres privées aura un impact lors de l'expropriation. Cette procédure aura un effet psychologique sur les personnes expropriées qui est perçu comme déracinement. L'importance de l'impact dépend de la vocation des sols, leur utilisation et leur fonction

- **Sonore :**

  Les nuisances sonores en phase de chantier sont liées à :

  - L'extraction et le concassage des matériaux au niveau des carrières.
  - Le bruit émis par les tirs d'explosifs utilisés pour les zones rocheuses.
  - La circulation des engins approvisionnant le chantier.
  - Les gros terrassements (Bulldozers et autres engins).
  - Les diverses étapes dans l'exécution des travaux, depuis le dégagement des emprises jusqu'aux revêtements.

  Les engins utilisés pour les travaux de chantier pouvant générés une nuisance sonore sont les suivants :

  - Les camions approvisionnant les différents chantiers
  - Les Bulldozers, les chargeurs, les Dumpers et les Niveleuses
  - Les rouleaux compacteurs
  - Les pelles mécaniques pour l'excavation
  - Brises roches ou tirs d'explosif.

  À l'état neuf les niveaux sonores ne dépassent pas certains seuils :

  - Engins d'une puissance de 200 à 300 Cv : 83dB à 7m
  - Engin d'une puissance inférieur à 200Cv : 80dB à 7m.

- **Perturbation Des Réseaux D'énergie :**

  Les impacts du projet sur les réseaux divers concernent essentiellement : les gazoducs (gazoduc Sidi Abderrahmane Ø 8, gazoduc Ain Kermes Ø 8), les conduites d'eau potable et assainissement, les câbles téléphoniques (fibres optique et L.G.D), et les lignes électriques de haute tension de 220kv et 60kv ,L'endommagement des lignes électriques (moyenne et basse tension) induit à des coupures de courant et engendre des coûts de réparation et des retards dans le travail qui peut perturber localement la distribution de l'électricité pour les riverains, L'endommagent des conduites d'eau potable, entraîne des pénuries d'eau qui peuvent s'allonger sur plusieurs jours, accusés surtout

par le retard dans le travail, avec un risque de pollution éventuelle. Et enfin l'endommagement des câbles téléphoniques entraîne les coupures de communications qui portent parfois sur de très longues distances tel est le cas pour les lignes de grandes distances (L.G.D), Le tableau suivant présente la liste des intersections du projet avec les réseaux divers :

Réseaux	Localisation	Gravité de l'impact
Lignes électriques moyenne tension	3+570, 9+770,	Coupure du courant et préjudices portées aux populations. cout de réparation et retard dans le travail.
Gazoduc Sid Abderahmane Ǿ 8"; Gazoduc Ain Kermes Ǿ 8"	4+700 4+800	Coupures, induisant à une perte de production à l'échelle nationale.
Réseaux d'alimentation en eau potable	0+225	Coupure d'eau à grande échelle portée au public. Couts de réparation et retard dans le travail

Tableau XI.1 : Intersection du projet avec les réseaux divers.

3. Milieu Naturel :

- **L'agriculture :**

  Cette infrastructure autoroutière induit à un certain nombre de changements dans les pratiques agricoles (modification de l'utilisation du sol, remembrement…etc.), Les perturbations peuvent être directes (suppression des terrains agricoles) ou indirectes par la modification des facteurs de production (sol, eau, climat).

Les impacts engendrés se manifestent de plusieurs manières :

Effets de substitution : il s'agit de cet effet de la substitution d'une superficie agricole par l'emprise de l'ouvrage.

Effet de coupure : le passage d'une infrastructure sur les terrains agricole entraîne une destruction du parcellaire. Ainsi les parcelles seront soit rognées ou disparaitront complètement, ou bien elles seront fractionnées en deux ou trois parties, ce qui engendrera

des difficultés d'exploitation, et dans le cas de non rétablissement des cheminements ca conduira à des allongements de parcours.

- **La faune :**

  La réalisation de la pénétrante, a un impact significatif sur le passage de la faune, étant donné que cette dernière agit en tant que barrière et empêche les déplacements des animaux pour leurs approvisionnements, elle évite aussi la desserte des villes, les retrouvailles des spécimens pour la reproduction, et rend difficile la recherche de nouveau refuge.

XI.5. Mesures d'atténuation et de compensation des impacts sur l'environnement :

Cette section présente les mesures d'atténuation et de compensation proposées dans le cadre du projet. Elle regroupe un ensemble d'actions recommandées visant à favoriser une meilleure intégration du projet dans son environnement récepteur, tout en réduisant au minimum les impacts négatifs potentiels à court, moyen et long terme.

XI.5.1. Mesure prévue durant la période de construction :

- **Mesures relatives à la Pollution des eaux :**

D'implanter les dispositifs adéquats de prévention contre la pollution provenant de la chaussée au regard :

- Des caractéristiques géométriques du projet (fortes pentes, courbes prononcées de la concentration et nature des substances.
- Du système de drainage.
- De I 'implantation longitudinale du projet par rapport à la nappe.

- **Mesures relatives aux pollutions des sols :**
  - Délimitation claire des zones de travail pour éviter le passage inutile des engins sur des sols non concernés.
  - Utilisation de tapis de protection, plaques de roulage ou gravier compacté dans les zones de circulation temporaire.
  - Identification préalable des types de sols à excaver.
- **Mesures relatives à la pollution de l'air :**
  - Interdiction des pratiques polluantes.
  - Entretien régulier des engins et véhicules.
- **Mesures relatives à la faune :**
  - Si possible, effectuer les travaux en dehors des périodes de reproduction.

- Protection et préservation des espaces par la réalisation de passage à faune aux endroits adéquats.

➢ **Mesures relatives à agriculture :**

- Éviter le compactage des sols agricoles en limitant la circulation des engins lourds à l'extérieur des zones autorisées.
- Communication avec les agriculteurs locaux

XI.5.2. Mesures Prévues Durant La Période D'exploitation :

➢ **Mesures relatives aux Pollution du sol :**

- Mise en œuvre d'un suivi régulier de l'état des sols à proximité des zones sensibles ou à fort trafic.
- Tous les produits potentiellement polluants (huiles, sels de déneigement, produits d'entretien, carburants) devront être stockés dans des contenants sécurisés, sur des surfaces étanches, avec dispositifs de rétention.

➢ **Mesures relatives à la pollution de l'air :**

- Mise en œuvre de **barrières végétales ou pare-poussières** aux abords du site pour protéger les zones habitées.
- Réalisation de **mesures périodiques de la qualité de l'air ambiant**, en particulier dans les zones à proximité des installations les plus actives ou sensibles.

➢ **Mesures relatives à la faune :**

- Mettre en place des panneaux de signalisation aux endroits adéquats pour la faune.

➢ **Mesures relatives à agriculture :**

- Interdire toute **extension non planifiée des emprises** pouvant empiéter sur les terres cultivables.
- Prévenir tout **ruissellement chargé de polluants** (hydrocarbures, produits d'entretien, sels de déneigement) vers les zones agricoles

XI.6. Impacts positifs direct et indirect :

➢ **Impacts positifs direct :**

Après avoir étudié les effets négatifs sur l'environnement, il convient de mentionner que la rocade des hauts plateaux peut avoir des effets positifs. En effet en détournant une partie de trafic des routes nationales vers l'autoroute et grâce à ces meilleures ca-

ractéristiques techniques, elle diminue le nombre d'accidents ce qui implique l'amélioration de la sécurité routière, Le projet de la rocade, va contribuer à améliorer les conditions de circulation notamment la réduction des nuisances sonores et de la pollution de l'air, du fait du report d'une partie du trafic vers l'autoroute, en plus le tracé est conçu d'une manière à éviter les espaces urbanisés.

- **Impacts positifs indirects :**
  - Sur les activités socio-économiques et le développement régional. En effet, la réalisation du projet aura un effet bénéfique sur les entreprises dès lors qu'il y aura un élargissement significatif de l'offre de biens et service de ses aires de marché potentielles grâce à une meilleure accessibilité via l'autoroute.
  - La création de nouveaux emplois : L'augmentation d'activités par la création d'emplois temporaires (du fait de la construction du projet autoroutier au profit de la main d'œuvre locale) et permanents (pour les besoins d'exploitation de l'autoroute).
  - Le développement du tourisme suite aux connexions des secteurs touristiques importants, dont l'impact sera globalement positif et fort, en améliorant la desserte.
  - L'accessibilité aux sites touristiques par l'autoroute, et le soutien de l'artisanat local qui trouvera un marché auprès des touristes. Il est important de noter que l'intensification de ces impacts positifs passe par la mise en œuvre d'un certain nombre d'actions dont la mise en place (à titre d'exemple) de panneaux touristiques le long de l'itinéraire, afin d'informer les usagers de l'autoroute sur l'intérêt patrimonial des territoires traversés.

XI.7. Conclusion :

La protection de l'environnement vise à réduire les effets négatifs des activités humaines sur la nature. Elle consiste à identifier les comportements et interventions qui perturbent l'équilibre écologique, au point de mettre en danger les générations actuelles et futures, puis à mettre en place des mesures correctrices. Cette démarche est à la fois **scientifique**, car elle repose sur des connaissances encore en développement, et **citoyenne**, puisqu'elle implique des choix responsables ayant un coût immédiat et des répercussions à long terme.

Chapitre XII : Devis Estimatif

N°	DESIGNATIONS DES TRAVAUX	U	Prix Unitaire (H.T) Dinars	Quantité	Montant (DA)
1	**Installation et logistique du chantier**				
1.1	installation et rempliment du chantier	F	53 800 000,00	1,00	53 800 000,00
1.2	etude d'éxecution	F	15 000 000,00	1,00	15 000 000,00
TOTAL	**Installation et logistique du chantier**				**68 800 000,00**
2	**Libération de l'emprise**				
2.1	Déplacement de poteaux électrique MT	U	1 500 000,00	4,00	6 000 000,00
2.2	Déplacement réseau gaz	ML	5 300,00	50,00	265 000,00
TOTAL	**Libération de l'emprise**				**6 265 000,00**
3	**Terrassement**				
3.1	Décapage de terre végétale ép=20 cm,	m2	300,00	487212,00	146 163 600
3.2	Déblais en terrain meuble mise en dépôt,	m3	370,00	191 555,40	70 875 498,00
3.3	Déblai meuble mis en remblai	m3	700,00	127 703,60	89 392 520,00
3.4	Remblai d'emprunt	m3	850,00	248 718,40	211 410 640
TOTAL	**Terrassement**				**517 842 258**
4	**Construction du corps de chaussée**				
4.1	Couche de forme TVC	m3	2 000,00	128 593,00	257 186 000
4.2	mise en oeuvre de GB2	m3	12 000,00	45 976,00	551 712 000
4.3	Une couche d'imprégnation	m2	100,00	152 000,00	15 200 000,00
4.4	Une couche d'accrochage	m2	90,00	152 000,00	13 680 000,00
4.5	mise en oeuvre de BB	m3	17 000,00	11 634,00	232 680 000
TOTAL					**1 035 556 000**
5	**OUVRAGE D'ART**				
5.1	Passage Supérieure	U	300 000000.00	1,00	300 000 000
5.2	Passage Inferieure	m3	150 000,00	528,00	79 200 000,00
TOTAL	**Construction du corps de chaussée**				**379 200 000**
6	**Assainissement et Drainage**				
6.1	f.T.M.O des Buses Ø 1200 135 A	ML	35 000,00	50,00	1 750 000,00
6.2	f.T.M.O des Buses Ø 1500 135 A	ML	40 000,00	164,00	6 560 000,00

6.3	Construction d'un fossé bétonné trapézoïdal (b=50cm, h=50cm, m=150cm)	ML	4 500,00	20 250,00	91 125 000,00
6.4	DALOT 2*2	M³	50 000,00	416,88	20 844 000,00
6.5	DALOT 2*3	M³	50 000,00	354,24	17 712 000,00
6.6	Réalisation d'un caniveau au niveau du TPC en béton légèrement armé, dosé à 250 kg/m³,	ML	4 300,00	10 125,00	43 537 500,00
TOTAL	**Assainissement et Drainage**				**181 528 500**
7	**SIGNALISATION HORIZONTALE ET VERTICALE**				
7.1	Marquages longitudinaux discontinue	ML	150,00	8 000,00	1 200 000,00
7.2	Marquages longitudinaux continue	ML	150,00	20 250,00	3 037 500,00
7.3	Flèche de dierction	U	1 300,00	50,00	65 000,00
7.4	Fourniture et pose des panneaux de direction	U	10 000,00	70,00	700 000,00
TOTAL	**SIGNALISATION HORIZONTALE ET VERTICALE**				**5 002 500,00**
8	**DIVERS**				
8.1	Séparateur en béton DBA	ML	5 000,00	20 250,00	101 250 000
8.2	Bordures préfabriquées	ML	1 200,00	20 250,00	24 300 000,00
TOTAL					125 550 000
9	**ECHANGEUR**	U	FORFAIT	1,00	**1 300 000 000**
	DIVERS				
MONTANT HT	**3 456 868 258,00**				
MONTANT DE LA TVA (19%)	**656 804 969,00**				
MONTANT EN TTC	**4 113 673 227,00**				

Conclusion Générale

Le projet de fin d'études que nous avons réalisé constitue une étape clé dans notre parcours de formation. Il nous a permis de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises tout au long de notre cursus universitaire.

Ce travail a également été une opportunité de nous familiariser avec des outils et logiciels spécialisés, tels que le logiciel ***Autopiste*** intégrant le module de travail ICTAAL.

Dans le cadre du projet structurant des Routes et de la Rocade des Hauts Plateaux, initié par les autorités algériennes, nous avons mené l'étude d'une infrastructure autoroutière sur un linéaire de 10 km, allant du PK 00+000 au PK 10+150, avec la conception d'un échangeur au niveau de la RN90, précisément au PK 09+125.

Tout au long de cette étude, nous avons veillé à respecter rigoureusement les normes routières en vigueur, en accordant une attention particulière à la sécurité, au confort des usagers ainsi qu'à l'optimisation économique du projet.

En conclusion, ce projet a constitué pour nous une expérience enrichissante, nous permettant de relever un véritable défi et de franchir une étape déterminante vers l'intégration dans le monde professionnel.

Bibliographie et références

Cours :

- DERRICHE Zohra : Géotechnique routière, ENSTP, Alger.
- KARA : Routes, ENSTP, Alger.
- RAHMANI : Hydraulique appliquée, ENSTP, Alger.
- BERRICHE : Routes 2024 et Mécanique des sols, ENSTP, Alger.
- GOUMETTRE Ahmed : Manuel de projet de routes.

Documents et normes :

- ICTAAL (2000, 2015) : Instructions sur les conditions techniques d'aménagement des auto-routes de liaison ; guide des échangeurs.
- Aménagement des carrefours interurbains SETRA 1998.
- CTTP : Catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves, Ministère des Travaux Publics (2000, 2001).
- B40 : Normes techniques d'aménagement des routes, octobre 1977.
- SETRA : Guide des terrassements routiers (GTR), 1992 et 1994 ; Assainissement routier, guide technique, octobre 2006.
- GTR (Guide des Terrassement Routiers, Réalisation des remblais et des couches de formes).
- Signalisation routière arrêté et instruction interministériels du 15 Juillet 1974.

Logiciels utilisés :

- Covadis (version 2019)
- Alizé-LCPC
- Google Earth
- Microsoft Office (Word)

Sites web :

- Dspace Enstp

ANNEXE

Axe En Plan 'Axe'

Eléments caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	**Paramètres**		**Longueur**	**Abscisse**	**X**	**Y**
Droite 1	**Gisement**	**278.3478**	**870.959**	**0.000**	**337760.447**	**3864201.397**
Arc 1	**Rayon**	**-6500.000**	**1247.225**	**870.959**	**336939.379**	**3863910.852**
	Centre X	**334771.029**				
	Centre Y	**3870038.515**				
Droite 2	**Gisement**	**290.5633**	**687.054**	**2118.184**	**335731.005**	**3863609.795**
Arc 2	**Rayon**	**-5500.000**	**1187.967**	**2805.237**	**335051.486**	**3863508.325**
	Centre X	**334239.199**				
	Centre Y	**3868948.011**				
Droite 3	**Gisement**	**304.3139**	**805.441**	**3993.204**	**333866.787**	**3863460.634**
Arc 3	**Rayon**	**-5500.000**	**215.613**	**4798.645**	**333063.194**	**3863515.171**
	Centre X	**333435.606**				
	Centre Y	**3869002.549**				
Droite 4	**Gisement**	**306.8096**	**820.011**	**5014.258**	**332848.417**	**3863533.983**
Arc 4	**Rayon**	**5000.000**	**1260.165**	**5834.270**	**332033.092**	**3863621.529**
	Centre X	**331499.284**				
	Centre Y	**3858650.106**				
Droite 5	**Gisement**	**290.7647**	**972.777**	**7094.435**	**330776.488**	**3863597.586**
Arc 5	**Rayon**	**7500.000**	**1602.431**	**8067.212**	**329813.929**	**3863456.962**

	Centre X **Centre Y**	**330898.123** **3856035.741**				
Droite 6	**Gisement**	**277.1629**	**482.764**	**9669.643** **10152.407**	**328265.018** **327812.984**	**3863058.330** **3862888.841**
Longueur totale de l'axe 10152.407 mètres						

Profil En Long Projet

Axe : Axe

Table courante : ICTAAL L1

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	0.61 %	492.793	3.387	1120.676
Parabole 1	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	12500.000 m 420.055 m 1123.445 m	7.640	496.180	1123.677
Pente 2	Pente	0.67 %	694.862	503.820	1123.726
Parabole 2	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	4200.000 m 1170.537 m 1128.288 m	0.279	1198.682	1128.383
Pente 3	Pente	0.68 %	529.353	1198.961	1128.384

Parabole 3	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	-12500.000 m 1812.911 m 1132.253 m	148.045	1728.315	1131.967
Pente 4	Pente	-0.51 %	820.505	1876.360	1132.092
Parabole 4	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	4200.000 m 2718.183 m 1127.873 m	43.318	2696.864	1127.927
Pente 5	Pente	0.52 %	308.517	2740.182	1127.931
Parabole 5	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	-12500.000 m 3114.171 m 1129.718 m	152.514	3048.699	1129.547
Pente 6	Pente	-0.70 %	794.661	3201.213	1129.415
Parabole 6	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	4200.000 m 4025.119 m 1123.780 m	52.821	3995.873	1123.882
Pente 7	Pente	0.56 %	521.522	4048.694	1123.846
Parabole 7	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	-12500.000 m 4640.379 m 1126.970 m	321.770	4570.216	1126.773
Pente 8	Pente	-2.01 %	203.563	4891.985	1124.438

Parabole 8	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	4200.000 m 5180.088 m 1119.490 m	107.059	5095.548	1120.341
Pente 9	Pente	0.54 %	838.455	5202.607	1119.550
Parabole 9	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	4200.000 m 6018.543 m 1123.985 m	14.148	6041.062	1124.046
Pente 10	Pente	0.87 %	399.340	6055.210	1124.145
Parabole 10	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	-12500.000 m 6563.678 m 1128.108 m	290.900	6454.550	1127.632
Pente 11	Pente	-1.45 %	391.291	6745.450	1126.787
Parabole 11	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	-12500.000 m 6954.970 m 1122.418 m	76.517	7136.741	1121.097
Pente 12	Pente	-2.07 %	381.468	7213.259	1119.750
Parabole 12	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	4200.000 m 7681.512 m 1110.971 m	110.547	7594.727	1111.867
Pente 13	Pente	0.57 %	231.212	7705.273	1111.038

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Parabole 13	Rayon	-12500.000 m	187.651	7936.485	1112.346
	Sommet Absc.	8007.205 m			
	Sommet Alt.	1112.546 m			
Pente 14	Pente	-0.94 %	442.591	8124.136	1111.999
Parabole 14	Rayon	4200.000 m	16.545	8566.728	1107.859
	Sommet Absc.	8606.016 m			
	Sommet Alt.	1107.675 m			
Pente 15	Pente	-0.54 %	921.377	8583.272	1107.737
Parabole 15	Rayon	-12500.000 m	13.248	9504.650	1102.747
	Sommet Absc.	9436.959 m			
	Sommet Alt.	1102.931 m			
Pente 16	Pente	-0.65 %	634.510	9517.898	1102.668
				10152.407	1098.560
Longueur totale de l'axe 10149.020 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 10149.396 mètre(s)					

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Axe : Axe

Table courante : ICTAAL L1

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PK01	0.000	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
PK02	25.000	25.000	7.29	9.91	182.2	247.7	182.2	247.7
PK03	50.000	25.000	13.90	5.00	347.5	125.0	529.7	372.7
PK04	75.000	25.000	7.61	8.79	190.2	219.9	720.0	592.6
PK05	100.000	25.000	6.19	13.56	154.7	338.9	874.6	931.5
PK06	125.000	25.000	5.08	20.50	126.9	512.4	1001.6	1443.9
PK07	150.000	25.000	3.99	18.12	99.7	452.9	1101.3	1896.8
PK08	175.000	25.000	4.13	5.05	103.2	126.2	1204.4	2023.0
PK09	200.000	25.000	33.21	0.06	830.2	1.5	2034.7	2024.5
PK10	225.000	25.000	84.27	0.06	2106.8	1.5	4141.5	2026.0
PK11	250.000	25.000	139.21	0.06	3480.1	1.5	7621.6	2027.5
PK12	275.000	25.000	188.40	0.06	4710.0	1.5	12331.6	2029.0
PK13	300.000	25.000	203.86	0.06	5096.4	1.5	17428.0	2030.4
PK14	325.000	25.000	214.65	0.06	5366.2	1.4	22794.2	2031.9
PK15	350.000	25.000	202.57	0.06	5064.3	1.4	27858.5	2033.3
PK16	375.000	25.000	170.35	0.06	4258.7	1.5	32117.2	2034.8
PK17	400.000	25.000	135.00	0.06	3374.9	1.5	35492.1	2036.2
PK18	425.000	25.000	110.66	0.06	2766.4	1.5	38258.5	2037.7
PK19	450.000	25.000	80.73	0.06	2018.2	1.5	40276.7	2039.1

PK20	475.000	25.000	48.93	0.06	1223.3	1.5	41500.0	2040.6
PK21	500.000	25.000	27.88	0.06	696.9	1.5	42197.0	2042.2
PK22	525.000	25.000	46.93	0.06	1173.1	1.5	43370.1	2043.7
PK23	550.000	25.000	66.15	0.06	1653.9	1.5	45024.0	2045.2
PK24	575.000	25.000	86.68	0.06	2166.9	1.5	47190.8	2046.6
PK25	600.000	25.000	97.37	0.06	2434.1	1.5	49625.0	2048.1
PK26	625.000	25.000	92.79	0.06	2319.7	1.5	51944.7	2049.7
PK27	650.000	25.000	71.29	0.06	1782.1	1.5	53726.8	2051.2
PK28	675.000	25.000	36.75	0.06	918.8	1.5	54645.6	2052.7
PK29	700.000	25.000	15.06	0.06	376.6	1.5	55022.1	2054.2
PK30	725.000	25.000	8.55	3.76	213.8	94.1	55235.9	2148.2
PK31	750.000	25.000	0.00	34.38	0.0	859.6	55235.9	3007.8
PK32	775.000	25.000	0.00	80.64	0.0	2015.9	55235.9	5023.7
PK33	800.000	25.000	0.00	128.19	0.0	3204.8	55235.9	8228.5
PK34	825.000	25.000	0.00	164.56	0.0	4113.9	55235.9	12342.4
PK35	850.000	22.979	0.00	169.32	0.0	3890.9	55235.9	16233.3
PK36	870.959	12.500	0.00	168.90	0.0	2111.3	55235.9	18344.6
PK37	875.000	14.521	0.00	167.99	0.0	2439.5	55235.9	20784.1
PK38	900.000	25.000	0.00	160.80	0.0	4020.3	55235.9	24804.4
PK39	925.000	25.000	0.00	150.30	0.0	3757.9	55235.9	28562.3
PK40	950.000	25.000	0.00	141.40	0.0	3535.3	55235.9	32097.6
PK41	975.000	25.000	0.00	131.03	0.0	3276.0	55235.9	35373.6
PK42	1000.000	25.000	0.00	116.71	0.0	2917.8	55235.9	38291.4
PK43	1025.000	25.000	0.00	99.95	0.0	2499.0	55235.9	40790.4
PK44	1050.000	25.000	0.00	84.22	0.0	2106.2	55235.9	42896.6
PK45	1075.000	25.000	0.00	71.99	0.0	1800.3	55235.9	44696.8
PK46	1100.000	25.000	0.00	53.92	0.0	1348.3	55235.9	46045.2
PK47	1125.000	25.000	0.29	29.44	7.2	736.5	55243.1	46781.6
PK48	1150.000	25.000	4.18	9.21	104.2	230.7	55347.3	47012.3
PK49	1175.000	25.000	11.17	0.25	278.8	6.1	55626.1	47018.4
PK50	1200.000	25.000	20.58	0.06	514.4	1.5	56140.6	47019.9

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PK51	1225.000	25.000	9.56	0.06	238.9	1.5	56379.4	47021.4
PK52	1250.000	25.000	0.79	8.26	19.8	206.3	56399.3	47227.7
PK53	1275.000	25.000	0.00	32.29	0.0	807.2	56399.3	48035.0
PK54	1300.000	25.000	0.00	55.58	0.0	1389.4	56399.3	49424.3
PK55	1325.000	25.000	0.00	80.60	0.0	2015.0	56399.3	51439.3
PK56	1350.000	25.000	0.00	102.74	0.0	2568.5	56399.3	54007.8
PK57	1375.000	25.000	0.00	123.53	0.0	3088.5	56399.3	57096.3
PK58	1400.000	25.000	0.00	134.79	0.0	3369.9	56399.3	60466.2
PK59	1425.000	25.000	0.00	142.19	0.0	3555.0	56399.3	64021.2
PK60	1450.000	25.000	0.00	147.61	0.0	3690.5	56399.3	67711.7
PK61	1475.000	25.000	0.00	145.07	0.0	3627.3	56399.3	71339.0
PK62	1500.000	25.000	0.00	136.43	0.0	3411.5	56399.3	74750.5
PK63	1525.000	25.000	0.00	100.39	0.0	2510.3	56399.3	77260.9
PK64	1550.000	25.000	0.00	68.21	0.0	1705.5	56399.3	78966.3
PK65	1575.000	25.000	0.00	44.72	0.0	1118.4	56399.3	80084.7
PK66	1600.000	25.000	0.00	54.98	0.0	1375.2	56399.3	81459.9
PK67	1625.000	25.000	0.00	77.60	0.0	1940.6	56399.3	83400.5
PK68	1650.000	25.000	0.00	74.53	0.0	1863.4	56399.3	85263.9
PK69	1675.000	25.000	0.00	59.07	0.0	1476.7	56399.3	86740.6
PK70	1700.000	25.000	0.00	42.95	0.0	1073.6	56399.3	87814.2
PK71	1725.000	25.000	0.00	29.60	0.0	740.0	56399.3	88554.2
PK72	1750.000	25.000	0.00	36.27	0.0	906.9	56399.3	89461.1
PK73	1775.000	25.000	0.00	28.54	0.0	713.5	56399.3	90174.6
PK74	1800.000	25.000	0.00	23.76	0.0	594.1	56399.3	90768.7
PK75	1825.000	25.000	0.01	23.76	0.1	594.1	56399.4	91362.8
PK76	1850.000	25.000	0.00	25.42	0.0	635.5	56399.4	91998.3
PK77	1875.000	25.000	0.00	25.00	0.0	625.0	56399.4	92623.3
PK78	1900.000	25.000	0.05	18.93	1.3	473.3	56400.7	93096.6

PK79	1925.000	25.000	0.52	10.34	13.0	258.6	56413.7	93355.1
PK80	1950.000	25.000	1.78	3.31	44.6	82.7	56458.2	93437.8
PK81	1975.000	25.000	5.36	0.23	133.9	5.8	56592.1	93443.6
PK82	2000.000	25.000	7.92	0.06	198.0	1.5	56790.1	93445.1
PK83	2025.000	25.000	6.22	0.26	155.5	6.5	56945.5	93451.6
PK84	2050.000	25.000	11.02	0.06	275.5	1.5	57221.0	93453.1
PK85	2075.000	25.000	19.30	0.06	482.6	1.5	57703.6	93454.6
PK86	2100.000	21.592	30.83	0.06	665.6	1.3	58369.2	93455.9
PK87	2118.184	12.500	39.60	0.06	494.9	0.8	58864.2	93456.6
PK88	2125.000	15.908	42.71	0.06	679.4	1.0	59543.5	93457.6
PK89	2150.000	25.000	50.96	0.06	1274.1	1.5	60817.6	93459.1
PK90	2175.000	25.000	46.72	0.06	1167.9	1.5	61985.5	93460.6
PK91	2200.000	25.000	52.21	0.06	1305.4	1.5	63290.9	93462.1
PK92	2225.000	25.000	58.06	0.06	1451.6	1.5	64742.5	93463.6
PK93	2250.000	25.000	75.78	0.06	1894.4	1.5	66636.9	93465.0
PK94	2275.000	25.000	79.02	0.06	1975.4	1.5	68612.3	93466.5
PK95	2300.000	25.000	69.60	0.06	1740.0	1.5	70352.3	93468.0
PK96	2325.000	25.000	53.81	0.06	1345.3	1.5	71697.6	93469.6
PK97	2350.000	25.000	43.20	0.06	1080.1	1.5	72777.7	93471.1
PK98	2375.000	25.000	23.52	0.06	588.1	1.5	73365.9	93472.6
PK99	2400.000	25.000	8.93	0.06	223.2	1.5	73589.0	93474.1
PK100	2425.000	25.000	6.23	0.13	155.7	3.3	73744.7	93477.4
PK101	2450.000	25.000	14.84	0.06	370.9	1.5	74115.6	93478.9
PK102	2475.000	25.000	26.20	0.06	655.1	1.5	74770.7	93480.4
PK103	2500.000	25.000	45.95	0.06	1148.7	1.5	75919.4	93481.9
PK104	2525.000	25.000	72.27	0.06	1806.7	1.5	77726.2	93483.4
PK105	2550.000	25.000	91.76	0.06	2294.1	1.5	80020.3	93484.9
PK106	2575.000	25.000	104.27	0.06	2606.7	1.5	82627.0	93486.4
PK107	2600.000	25.000	97.04	0.06	2426.1	1.5	85053.1	93487.9
PK108	2625.000	25.000	77.05	0.06	1926.2	1.5	86979.3	93489.4
PK109	2650.000	25.000	56.73	0.06	1418.2	1.5	88397.5	93490.9

PK110	2675.000	25.000	32.88	0.06	822.0	1.5	89219.4	93492.4
PK111	2700.000	25.000	24.82	0.06	620.4	1.5	89839.8	93493.9

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PK112	2725.000	25.000	18.51	0.06	462.7	1.5	90302.5	93495.4
PK113	2750.000	25.000	8.80	0.09	220.0	2.1	90522.5	93497.5
PK114	2775.000	25.000	6.76	0.76	169.1	19.0	90691.6	93516.5
PK115	2800.000	15.119	7.84	0.55	118.5	8.4	90810.2	93524.9
PK116	2805.237	12.500	8.82	0.46	110.1	5.8	90920.3	93530.7
PK117	2825.000	22.381	15.96	0.06	356.7	1.4	91277.0	93532.0
PK118	2850.000	25.000	26.59	0.06	664.3	1.5	91941.3	93533.5
PK119	2875.000	25.000	41.31	0.06	1032.4	1.5	92973.7	93535.0
PK120	2900.000	25.000	66.04	0.06	1650.6	1.5	94624.3	93536.5
PK121	2925.000	25.000	83.99	0.06	2099.5	1.5	96723.8	93538.0
PK122	2950.000	25.000	91.97	0.06	2298.9	1.5	99022.7	93539.5
PK123	2975.000	25.000	95.23	0.06	2380.3	1.5	101403.1	93541.0
PK124	3000.000	25.000	87.11	0.06	2177.3	1.5	103580.3	93542.4
PK125	3025.000	25.000	74.93	0.06	1872.9	1.5	105453.3	93543.9
PK126	3050.000	25.000	59.71	0.06	1492.6	1.5	106945.8	93545.4
PK127	3075.000	25.000	39.12	0.06	977.9	1.5	107923.7	93546.9
PK128	3100.000	25.000	11.46	0.06	286.5	1.5	108210.2	93548.4
PK129	3125.000	25.000	0.47	9.32	11.8	232.7	108222.0	93781.1
PK130	3150.000	25.000	0.00	36.00	0.0	899.8	108222.0	94680.9
PK131	3175.000	25.000	0.00	64.02	0.0	1600.4	108222.0	96281.3
PK132	3200.000	25.000	0.00	76.51	0.0	1912.9	108222.0	98194.2
PK133	3225.000	25.000	0.00	82.80	0.0	2070.1	108222.0	100264.2
PK134	3250.000	25.000	0.00	79.80	0.0	1995.1	108222.0	102259.4
PK135	3275.000	25.000	0.00	65.50	0.0	1637.8	108222.0	103897.1
PK136	3300.000	25.000	0.00	44.29	0.0	1107.4	108222.0	105004.5
PK137	3325.000	25.000	0.00	30.10	0.0	752.8	108222.0	105757.3

PK138	3350.000	25.000	0.04	26.37	1.0	659.6	108223.0	106416.9
PK139	3375.000	25.000	0.05	24.37	1.1	609.4	108224.1	107026.3
PK140	3400.000	25.000	0.21	17.83	5.3	445.8	108229.4	107472.1
PK141	3425.000	25.000	1.08	7.25	27.0	181.3	108256.4	107653.4
PK142	3450.000	25.000	5.87	0.32	146.7	8.0	108403.1	107661.4
PK143	3475.000	25.000	22.74	0.06	568.3	1.5	108971.4	107662.9
PK144	3500.000	25.000	29.44	0.06	735.5	1.5	109706.9	107664.5
PK145	3525.000	25.000	25.86	0.06	646.1	1.5	110353.0	107666.0
PK146	3550.000	25.000	31.75	0.06	793.1	1.5	111146.1	107667.5
PK147	3575.000	25.000	21.00	0.06	524.4	1.5	111670.5	107669.1
PK148	3600.000	25.000	24.99	0.06	624.0	1.5	112294.6	107670.6
PK149	3625.000	25.000	43.76	0.06	1093.2	1.5	113387.7	107672.1
PK150	3650.000	25.000	55.63	0.06	1389.9	1.5	114777.6	107673.6
PK151	3675.000	25.000	9.44	2.23	235.6	55.8	115013.2	107729.4
PK152	3700.000	25.000	0.00	47.40	0.0	1185.5	115013.2	108914.9
PK153	3725.000	25.000	0.00	97.30	0.0	2433.0	115013.2	111347.9
PK154	3750.000	25.000	0.00	130.53	0.0	3263.5	115013.2	114611.4
PK155	3775.000	25.000	0.00	136.13	0.0	3403.4	115013.2	118014.7
PK156	3800.000	25.000	0.00	107.67	0.0	2691.9	115013.2	120706.6
PK157	3825.000	25.000	0.00	74.68	0.0	1867.1	115013.2	122573.7
PK158	3850.000	25.000	0.00	52.39	0.0	1309.8	115013.2	123883.5
PK159	3875.000	25.000	0.00	36.12	0.0	902.9	115013.2	124786.4
PK160	3900.000	25.000	3.13	1.10	78.2	27.5	115091.4	124813.9
PK161	3925.000	25.000	39.10	0.06	977.3	1.5	116068.7	124815.3
PK162	3950.000	25.000	65.62	0.06	1639.9	1.4	117708.6	124816.8
PK163	3975.000	21.602	56.91	0.06	1228.8	1.3	118937.4	124818.1
PK164	3993.204	12.500	38.21	0.06	477.3	0.8	119414.7	124818.8
PK165	4000.000	15.898	29.59	0.06	470.5	1.0	119885.2	124819.8
PK166	4025.000	25.000	21.75	0.06	543.6	1.5	120428.8	124821.3
PK167	4050.000	25.000	31.49	0.06	787.2	1.5	121216.1	124822.8
PK168	4075.000	25.000	25.00	0.06	624.9	1.5	121841.0	124824.3

PK169	4100.000	25.000	21.20	0.06	529.9	1.5	122370.9	124825.8
PK170	4125.000	25.000	19.06	0.06	476.5	1.5	122847.4	124827.2
PK171	4150.000	25.000	18.59	0.06	464.7	1.5	123312.1	124828.7
PK172	4175.000	25.000	20.79	0.06	519.6	1.5	123831.8	124830.2

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PK173	4200.000	25.000	25.90	0.06	647.5	1.5	124479.2	124831.7
PK174	4225.000	25.000	32.08	0.06	802.0	1.5	125281.2	124833.2
PK175	4250.000	25.000	31.01	0.06	775.3	1.5	126056.6	124834.7
PK176	4275.000	25.000	40.95	0.06	1023.8	1.5	127080.4	124836.2
PK177	4300.000	25.000	56.06	0.06	1401.6	1.4	128482.0	124837.6
PK178	4325.000	25.000	38.86	0.06	971.5	1.5	129453.5	124839.2
PK179	4350.000	25.000	50.33	0.06	1258.3	1.5	130711.9	124840.7
PK180	4375.000	25.000	64.03	0.06	1600.8	1.5	132312.7	124842.2
PK181	4400.000	25.000	79.38	0.06	1984.5	1.5	134297.1	124843.7
PK182	4425.000	25.000	114.81	0.06	2870.2	1.5	137167.4	124845.2
PK183	4450.000	25.000	153.76	0.06	3843.9	1.5	141011.3	124846.7
PK184	4475.000	25.000	185.18	0.06	4629.5	1.5	145640.8	124848.2
PK185	4500.000	25.000	190.46	0.06	4761.6	1.5	150402.4	124849.7
PK186	4525.000	25.000	197.91	0.06	4947.8	1.5	155350.2	124851.2
PK187	4550.000	25.000	205.46	0.06	5136.4	1.5	160486.6	124852.7
PK188	4575.000	25.000	227.22	0.06	5680.6	1.5	166167.2	124854.2
PK189	4600.000	25.000	266.37	0.06	6659.2	1.5	172826.3	124855.7
PK190	4625.000	25.000	310.18	0.06	7754.6	1.5	180581.0	124857.2
PK191	4650.000	25.000	308.60	0.06	7715.1	1.5	188296.0	124858.6
PK192	4675.000	25.000	246.43	0.06	6160.6	1.5	194456.7	124860.1
PK193	4700.000	25.000	154.33	0.06	3858.2	1.5	198314.8	124861.7
PK194	4725.000	25.000	64.10	0.06	1602.5	1.5	199917.3	124863.2
PK195	4750.000	25.000	7.80	3.18	195.0	79.6	200112.3	124942.7
PK196	4775.000	24.323	0.28	39.30	6.8	955.8	200119.1	125898.5
PK197	4798.645	12.500	0.00	66.95	0.0	836.8	200119.1	126735.4
PK198	4800.000	13.177	0.00	64.90	0.0	854.4	200119.1	127589.7
PK199	4825.000	25.000	6.03	20.18	151.1	503.3	200270.2	128093.1
PK200	4850.000	25.000	26.63	7.67	666.9	191.2	200937.2	128284.3
PK201	4875.000	25.000	28.35	9.46	710.1	235.9	201647.3	128520.2

PK202	4900.000	25.000	4.78	33.98	119.9	847.8	201767.2	129368.0
PK203	4925.000	25.000	0.00	99.36	0.0	2481.9	201767.2	131849.9
PK204	4950.000	25.000	0.00	189.57	0.0	4736.6	201767.2	136586.5
PK205	4975.000	25.000	0.00	275.99	0.0	6897.2	201767.2	143483.7
PK206	5000.000	19.629	0.00	336.91	0.0	6611.9	201767.2	150095.6
PK207	5014.258	12.500	0.00	365.60	0.0	4569.8	201767.2	154665.4
PK208	5025.000	17.871	0.00	369.87	0.0	6610.0	201767.2	161275.4
PK209	5050.000	25.000	0.00	353.14	0.0	8828.4	201767.2	170103.8
PK210	5075.000	25.000	0.00	332.62	0.0	8315.5	201767.2	178419.2
PK211	5100.000	25.000	0.00	310.62	0.0	7765.4	201767.2	186184.7
PK212	5125.000	25.000	0.00	289.96	0.0	7249.1	201767.2	193433.7
PK213	5150.000	25.000	0.00	287.35	0.0	7183.8	201767.2	200617.6
PK214	5175.000	25.000	0.00	289.79	0.0	7244.7	201767.2	207862.2
PK215	5200.000	25.000	0.00	281.84	0.0	7046.0	201767.2	214908.3
PK216	5225.000	25.000	0.00	284.64	0.0	7116.1	201767.2	222024.4
PK217	5250.000	25.000	0.00	252.34	0.0	6308.5	201767.2	228332.8
PK218	5275.000	25.000	0.00	193.48	0.0	4837.1	201767.2	233169.9
PK219	5300.000	25.000	0.00	167.64	0.0	4190.9	201767.2	237360.8
PK220	5325.000	25.000	0.00	145.13	0.0	3628.3	201767.2	240989.1
PK221	5350.000	25.000	0.00	120.57	0.0	3014.2	201767.2	244003.3
PK222	5375.000	25.000	0.00	93.02	0.0	2325.4	201767.2	246328.7
PK223	5400.000	25.000	0.00	63.14	0.0	1578.5	201767.2	247907.2
PK224	5425.000	25.000	0.00	29.57	0.0	739.2	201767.2	248646.4
PK225	5450.000	25.000	5.91	0.54	147.7	13.5	201914.9	248659.9
PK226	5475.000	25.000	26.40	0.06	660.0	1.5	202574.9	248661.4
PK227	5500.000	25.000	35.46	0.06	886.5	1.5	203461.4	248662.9
PK228	5525.000	25.000	37.49	0.06	937.1	1.5	204398.5	248664.4
PK229	5550.000	25.000	30.03	0.06	750.7	1.5	205149.3	248665.9
PK230	5575.000	25.000	23.65	0.06	591.2	1.5	205740.5	248667.4
PK231	5600.000	25.000	22.02	0.06	550.6	1.5	206291.1	248668.9
PK232	5625.000	25.000	24.73	0.06	618.2	1.5	206909.3	248670.4

PK233	5650.000	25.000	21.50	0.06	537.5	1.5	207446.7	248671.9

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PK234	5675.000	25.000	13.45	0.06	336.1	1.5	207782.9	248673.4
PK235	5700.000	25.000	2.68	2.02	66.9	50.4	207849.8	248723.8
PK236	5725.000	25.000	0.57	10.15	14.4	253.7	207864.2	248977.5
PK237	5750.000	25.000	0.29	16.07	7.3	401.9	207871.4	249379.4
PK238	5775.000	25.000	0.40	13.12	10.0	328.0	207881.4	249707.3
PK239	5800.000	25.000	0.55	10.68	13.9	266.9	207895.3	249974.2
PK240	5825.000	17.135	0.60	13.93	10.3	238.6	207905.6	250212.9
PK241	5834.270	12.500	0.53	15.82	6.7	197.6	207912.3	250410.5
PK242	5850.000	20.365	0.32	20.40	6.5	415.3	207918.8	250825.8
PK243	5875.000	25.000	0.09	27.06	2.3	676.1	207921.1	251501.9
PK244	5900.000	25.000	0.06	28.27	1.6	706.4	207922.7	252208.3
PK245	5925.000	25.000	0.07	30.30	1.7	756.9	207924.4	252965.2
PK246	5950.000	25.000	0.15	25.04	3.8	625.6	207928.2	253590.9
PK247	5975.000	25.000	0.21	23.23	5.2	580.3	207933.4	254171.2
PK248	6000.000	25.000	0.12	25.24	3.1	630.6	207936.5	254801.8
PK249	6025.000	25.000	0.01	29.99	0.2	749.3	207936.7	255551.1
PK250	6050.000	25.000	0.00	39.89	0.0	996.9	207936.7	256548.0
PK251	6075.000	25.000	0.00	67.36	0.0	1683.5	207936.7	258231.5
PK252	6100.000	25.000	0.00	86.50	0.0	2161.9	207936.7	260393.4
PK253	6125.000	25.000	0.00	101.43	0.0	2535.3	207936.7	262928.7
PK254	6150.000	25.000	0.00	114.46	0.0	2860.9	207936.7	265789.6
PK255	6175.000	25.000	0.00	125.31	0.0	3132.2	207936.7	268921.8
PK256	6200.000	25.000	0.00	141.93	0.0	3547.9	207936.7	272469.8
PK257	6225.000	25.000	0.00	167.77	0.0	4194.1	207936.7	276663.8
PK258	6250.000	25.000	0.00	196.31	0.0	4907.6	207936.7	281571.4

PK259	6275.000	25.000	0.00	240.89	0.0	6022.0	207936.7	287593.4
PK260	6300.000	25.000	0.00	278.17	0.0	6953.4	207936.7	294546.8
PK261	6325.000	25.000	0.00	283.66	0.0	7091.0	207936.7	301637.8
PK262	6350.000	25.000	0.00	264.95	0.0	6624.1	207936.7	308262.0
PK263	6375.000	25.000	0.00	209.19	0.0	5229.7	207936.7	313491.7
PK264	6400.000	25.000	0.00	170.05	0.0	4251.4	207936.7	317743.1
PK265	6425.000	25.000	0.00	141.55	0.0	3538.9	207936.7	321282.0
PK266	6450.000	25.000	0.00	111.18	0.0	2779.8	207936.7	324061.9
PK267	6475.000	25.000	0.00	95.43	0.0	2385.6	207936.7	326447.5
PK268	6500.000	25.000	0.00	71.57	0.0	1789.5	207936.7	328237.0
PK269	6525.000	25.000	0.00	48.53	0.0	1213.6	207936.7	329450.6
PK270	6550.000	25.000	0.51	16.56	12.7	414.7	207949.4	329865.2
PK271	6575.000	25.000	19.41	0.06	485.1	1.5	208434.5	329866.7
PK272	6600.000	25.000	51.08	0.06	1276.4	1.4	209710.9	329868.2
PK273	6625.000	25.000	77.60	0.06	1939.4	1.4	211650.3	329869.6
PK274	6650.000	25.000	97.77	0.06	2444.3	1.5	214094.5	329871.1
PK275	6675.000	25.000	118.05	0.06	2950.8	1.5	217045.3	329872.6
PK276	6700.000	25.000	134.60	0.06	3365.0	1.5	220410.3	329874.1
PK277	6725.000	25.000	148.88	0.06	3721.6	1.5	224131.9	329875.6
PK278	6750.000	25.000	155.34	0.06	3882.8	1.5	228014.7	329877.1
PK279	6775.000	25.000	163.63	0.06	4089.9	1.5	232104.6	329878.6
PK280	6800.000	25.000	173.76	0.06	4343.1	1.5	236447.7	329880.1
PK281	6825.000	25.000	168.14	0.06	4202.0	1.5	240649.7	329881.5
PK282	6850.000	25.000	146.26	0.06	3654.8	1.5	244304.5	329883.0
PK283	6875.000	25.000	141.02	0.06	3524.6	1.5	247829.1	329884.5
PK284	6900.000	25.000	140.84	0.06	3520.1	1.5	251349.2	329886.0
PK285	6925.000	25.000	124.53	0.06	3112.0	1.5	254461.2	329887.5
PK286	6950.000	25.000	100.46	0.06	2510.4	1.5	256971.7	329889.0
PK287	6975.000	25.000	77.37	0.06	1933.1	1.5	258904.8	329890.5
PK288	7000.000	25.000	55.01	0.06	1374.1	1.5	260278.9	329892.1
PK289	7025.000	25.000	40.90	0.06	1021.4	1.6	261300.3	329893.6

PK290	7050.000	25.000	49.93	0.06	1247.2	1.6	262547.5	329895.2
PK291	7075.000	22.217	58.92	0.06	1308.0	1.4	263855.5	329896.6
PK292	7094.435	12.500	57.99	0.06	724.5	0.8	264580.0	329897.3
PK293	7100.000	15.283	56.33	0.06	860.8	0.9	265440.9	329898.3
PK294	7125.000	25.000	48.08	0.06	1202.1	1.5	266643.0	329899.8

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PK295	7150.000	25.000	37.76	0.06	944.1	1.5	267587.1	329901.3
PK296	7175.000	25.000	29.67	0.06	741.8	1.5	268328.8	329902.9
PK297	7200.000	25.000	21.16	0.06	529.0	1.5	268857.8	329904.4
PK298	7225.000	25.000	13.86	0.48	346.6	11.9	269204.4	329916.3
PK299	7250.000	25.000	9.66	1.97	241.5	49.1	269446.0	329965.4
PK300	7275.000	25.000	7.37	4.54	184.3	113.6	269630.3	330079.0
PK301	7300.000	25.000	4.87	7.53	121.7	188.4	269752.0	330267.4
PK302	7325.000	25.000	2.24	9.44	56.1	235.9	269808.1	330503.3
PK303	7350.000	25.000	1.48	11.06	37.0	276.5	269845.0	330779.7
PK304	7375.000	25.000	3.83	2.31	95.7	57.8	269940.8	330837.5
PK305	7400.000	25.000	12.42	0.06	310.5	1.5	270251.3	330839.1
PK306	7425.000	25.000	6.04	0.28	151.0	7.0	270402.3	330846.0
PK307	7450.000	25.000	2.26	4.19	56.5	104.8	270458.8	330950.8
PK308	7475.000	25.000	0.69	10.60	17.2	264.9	270476.0	331215.8
PK309	7500.000	25.000	0.16	20.77	4.0	519.2	270480.0	331734.9
PK310	7525.000	25.000	0.00	33.59	0.0	839.8	270480.0	332574.7
PK311	7550.000	25.000	0.03	24.08	0.8	602.0	270480.8	333176.7
PK312	7575.000	25.000	0.10	19.08	2.5	477.0	270483.4	333653.8
PK313	7600.000	25.000	0.42	11.91	10.6	297.7	270494.0	333951.4
PK314	7625.000	25.000	2.22	2.38	55.4	59.4	270549.3	334010.8
PK315	7650.000	25.000	9.40	0.06	235.0	1.5	270784.3	334012.3
PK316	7675.000	25.000	13.88	0.06	347.0	1.5	271131.3	334013.8
PK317	7700.000	25.000	5.91	0.07	147.9	1.7	271279.2	334015.5
PK318	7725.000	25.000	1.58	4.23	39.6	105.6	271318.8	334121.1
PK319	7750.000	25.000	0.70	8.35	17.5	208.8	271336.2	334329.9
PK320	7775.000	25.000	0.16	21.34	4.0	533.5	271340.2	334863.4
PK321	7800.000	25.000	0.00	34.06	0.0	851.4	271340.2	335714.8

PK322	7825.000	25.000	0.00	44.24	0.0	1106.1	271340.2	336820.9
PK323	7850.000	25.000	0.00	52.12	0.0	1302.9	271340.2	338123.8
PK324	7875.000	25.000	0.00	58.96	0.0	1473.9	271340.2	339597.7
PK325	7900.000	25.000	0.00	54.65	0.0	1366.1	271340.2	340963.8
PK326	7925.000	25.000	0.00	57.10	0.0	1427.5	271340.2	342391.4
PK327	7950.000	25.000	0.00	53.99	0.0	1349.8	271340.2	343741.2
PK328	7975.000	25.000	0.00	50.14	0.0	1253.4	271340.2	344994.6
PK329	8000.000	25.000	0.00	51.29	0.0	1282.3	271340.2	346276.9
PK330	8025.000	25.000	0.00	58.21	0.0	1455.2	271340.2	347732.2
PK331	8050.000	21.106	0.00	78.69	0.0	1660.8	271340.2	349393.0
PK332	8067.212	12.500	0.00	94.31	0.0	1178.8	271340.2	350571.8
PK333	8075.000	16.394	0.00	102.02	0.0	1672.6	271340.2	352244.4
PK334	8100.000	25.000	0.00	126.56	0.0	3164.1	271340.2	355408.5
PK335	8125.000	25.000	0.00	121.33	0.0	3032.9	271340.2	358441.4
PK336	8150.000	25.000	0.00	95.06	0.0	2376.1	271340.2	360817.5
PK337	8175.000	25.000	0.00	76.15	0.0	1903.7	271340.2	362721.2
PK338	8200.000	25.000	0.00	56.77	0.0	1419.1	271340.2	364140.3
PK339	8225.000	25.000	0.00	52.26	0.0	1306.3	271340.2	365446.7
PK340	8250.000	25.000	0.00	56.10	0.0	1402.5	271340.2	366849.1
PK341	8275.000	25.000	0.00	60.87	0.0	1521.6	271340.2	368370.8
PK342	8300.000	25.000	0.00	66.55	0.0	1663.6	271340.2	370034.4
PK343	8325.000	25.000	0.00	61.61	0.0	1540.1	271340.2	371574.5
PK344	8350.000	25.000	0.00	41.71	0.0	1042.6	271340.2	372617.1
PK345	8375.000	25.000	0.00	28.46	0.0	711.5	271340.2	373328.5
PK346	8400.000	25.000	0.04	22.33	1.1	558.3	271341.3	373886.8
PK347	8425.000	25.000	0.42	13.30	10.6	332.5	271351.9	374219.3
PK348	8450.000	25.000	1.07	6.49	26.7	162.2	271378.6	374381.5
PK349	8475.000	25.000	3.43	1.11	85.7	27.8	271464.3	374409.3
PK350	8500.000	25.000	6.75	0.06	168.8	1.5	271633.1	374410.8
PK351	8525.000	25.000	6.62	0.06	165.5	1.5	271798.6	374412.3
PK352	8550.000	25.000	11.23	0.06	280.9	1.5	272079.4	374413.8

PK353	8575.000	25.000	18.31	0.06	457.9	1.5	272537.3	374415.3
PK354	8600.000	25.000	23.19	0.06	579.9	1.5	273117.2	374416.8
PK355	8625.000	25.000	32.82	0.06	820.7	1.5	273937.9	374418.3

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PK356	8650.000	25.000	39.67	0.06	991.8	1.5	274929.7	374419.8
PK357	8675.000	25.000	43.08	0.06	1077.1	1.5	276006.8	374421.3
PK358	8700.000	25.000	39.50	0.06	987.7	1.5	276994.5	374422.8
PK359	8725.000	25.000	37.44	0.06	936.0	1.5	277930.5	374424.3
PK360	8750.000	25.000	33.31	0.06	832.7	1.5	278763.3	374425.8
PK361	8775.000	25.000	31.49	0.06	787.4	1.5	279550.6	374427.3
PK362	8800.000	25.000	28.70	0.06	717.6	1.5	280268.3	374428.8
PK363	8825.000	25.000	29.24	0.06	731.2	1.5	280999.4	374430.3
PK364	8850.000	25.000	34.50	0.06	862.8	1.5	281862.2	374431.8
PK365	8875.000	25.000	42.22	0.06	1055.6	1.5	282917.8	374433.3
PK366	8900.000	25.000	39.07	0.06	976.8	1.5	283894.6	374434.8
PK367	8925.000	25.000	30.54	0.06	763.5	1.5	284658.1	374436.3
PK368	8950.000	25.000	26.19	0.06	654.8	1.5	285312.9	374437.8
PK369	8975.000	25.000	39.72	0.06	993.1	1.5	286306.0	374439.3
PK370	9000.000	25.000	54.14	0.06	1353.7	1.5	287659.8	374440.8
PK371	9025.000	25.000	62.13	0.06	1553.2	1.5	289213.0	374442.3
PK372	9050.000	25.000	63.05	0.06	1576.2	1.5	290789.2	374443.8
PK373	9075.000	25.000	60.01	0.06	1500.3	1.5	292289.5	374445.3
PK374	9100.000	25.000	66.06	0.06	1651.7	1.5	293941.1	374446.8
PK375	9125.000	25.000	74.92	0.06	1873.1	1.5	295814.3	374448.3
PK376	9150.000	25.000	73.05	0.06	1826.4	1.5	297640.7	374449.8
PK377	9175.000	25.000	62.32	0.06	1558.1	1.5	299198.8	374451.2
PK378	9200.000	25.000	50.43	0.06	1261.0	1.5	300459.7	374452.7
PK379	9225.000	25.000	44.74	0.06	1118.9	1.5	301578.6	374454.2
PK380	9250.000	25.000	49.20	0.06	1230.3	1.5	302808.9	374455.7
PK381	9275.000	25.000	53.75	0.06	1344.0	1.5	304152.9	374457.2
PK382	9300.000	25.000	55.84	0.06	1396.0	1.5	305548.8	374458.7
PK383	9325.000	25.000	48.92	0.06	1222.9	1.5	306771.7	374460.2

PK384	9350.000	25.000	40.50	0.06	1012.5	1.5	307784.2	374461.7
PK385	9375.000	25.000	41.79	0.06	1044.8	1.5	308829.1	374463.3
PK386	9400.000	25.000	42.17	0.06	1054.4	1.5	309883.4	374464.8
PK387	9425.000	25.000	40.61	0.06	1015.3	1.5	310898.7	374466.3
PK388	9450.000	25.000	34.42	0.06	860.6	1.5	311759.3	374467.8
PK389	9475.000	25.000	26.42	0.06	660.6	1.5	312420.0	374469.3
PK390	9500.000	25.000	23.97	0.06	599.2	1.5	313019.2	374470.8
PK391	9525.000	25.000	24.62	0.06	615.6	1.5	313634.8	374472.3
PK392	9550.000	25.000	25.13	0.06	628.4	1.5	314263.2	374473.7
PK393	9575.000	25.000	20.26	0.06	506.6	1.5	314769.8	374475.2
PK394	9600.000	25.000	18.94	0.06	473.5	1.5	315243.3	374476.7
PK395	9625.000	25.000	17.39	0.06	434.8	1.5	315678.2	374478.3
PK396	9650.000	22.322	20.62	0.06	460.1	1.4	316138.3	374479.6
PK397	9669.643	12.500	16.86	0.06	210.8	0.8	316349.1	374480.4
PK398	9675.000	15.178	15.47	0.06	234.8	0.9	316583.9	374481.3
PK399	9700.000	25.000	14.96	0.06	374.0	1.5	316957.9	374482.8
PK400	9725.000	25.000	15.88	0.06	396.9	1.5	317354.8	374484.3
PK401	9750.000	25.000	17.06	0.06	426.5	1.5	317781.3	374485.8
PK402	9775.000	25.000	14.21	0.06	355.2	1.5	318136.5	374487.3
PK403	9800.000	25.000	6.72	0.07	168.0	1.9	318304.5	374489.1
PK404	9825.000	25.000	3.69	1.32	92.1	33.0	318396.6	374522.1
PK405	9850.000	25.000	4.33	0.97	108.1	24.2	318504.8	374546.3
PK406	9875.000	25.000	2.76	1.95	69.1	48.8	318573.9	374595.1
PK407	9900.000	25.000	1.72	4.31	42.9	107.8	318616.8	374702.9
PK408	9925.000	25.000	1.05	7.37	26.2	184.1	318643.0	374887.1
PK409	9950.000	25.000	0.92	7.27	23.1	181.7	318666.1	375068.8
PK410	9975.000	25.000	0.56	11.39	14.0	284.7	318680.2	375353.5
PK411	10000.000	25.000	0.43	12.00	10.7	300.0	318690.8	375653.5
PK412	10025.000	25.000	0.52	10.07	13.0	251.8	318703.9	375905.3
PK413	10050.000	25.000	0.88	7.82	21.9	195.5	318725.7	376100.8
PK414	10075.000	25.000	1.44	7.04	36.0	176.0	318761.8	376276.8

PK415	10100.000	25.000	2.65	4.74	66.2	118.4	318828.0	376395.3
PK416	10125.000	25.000	6.43	1.05	160.6	26.3	318988.6	376421.6

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PK417	10150.000	13.704	18.13	0.06	248.4	0.8	319237.0	376422.4
PK418	10152.407	1.204	18.34	0.06	22.1	0.1	319259.1	376422.5

Axe En Plan

Axe : Axe Branche 1

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	108.78gr	27.000	0.000	328786.724	3863333.779
Arc 1	Rayon	887.183 m	223.382	27.000	328813.467	3863330.066
	Centre X	328935.482 m				
	Centre Y	3864208.818 m				
Droite 2	Gisement	92.75gr	39.476	250.382	329036.244	3863327.376
				289.858	329075.465	3863331.859
Longueur totale de l'axe 289.858 mètre(s)						

Axe En Plan

Axe : Axe Entrée 1

Table courante : ICTAAL Branche-Bretelle 1 voie 90

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	**Paramètres**		**Longueur**	**Abscisse**	**X**	**Y**
Clothoïde 1	**Paramètre**	**-81.722**	**44.523**	**0.000**	**328553.487**	**3863198.15**
Arc 1	**Rayon**	**-150.000 m**	**5.124**	**44.523**	**328517.811**	**3863171.59**
	Centre X	**328440.553 m**				
	Centre Y	**3863300.169**				
Clothoïde 2	**Paramètre**	**81.722**	**44.523**	**49.647**	**328513.375**	**3863169.03**
Arc 2	**Rayon**	**7512.500 m**	**140.121**	**94.171**	**328472.545**	**3863151.38**
	Centre X	**331108.432 m**				
	Centre Y	**3856116.489**				
Droite 1	**Gisement**	**275.95gr**	**8.338**	**234.291**	**328341.799**	**3863101.00**
Droite 2	**Gisement**	**275.87gr**	**25.771**	**242.629**	**328334.048**	**3863097.92**
Arc 3	**Rayon**	**7512.500 m**	**52.772**	**268.401**	**328310.107**	**3863088.38**
	Centre X	**330898.123 m**				
	Centre Y	**3856035.741**				
Droite 3	**Gisement**	**277.16gr**	**188.136**	**321.172**	**328260.629**	**3863070.03**
				509.308	**328084.469**	**3863003.98**
Longueur totale de l'axe 509.308 mètre(s)						

Axe En Plan

Axe : Axe Entrée 2

Table courante : ICTAAL Branche-Bretelle 1 voie 90

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Arc 1	Rayon	-150.000 m	62.788	0.000	329029.028	3863253.40
	Centre X	329140.259 m				
	Centre Y	3863152.766				
Clothoïde 1	Paramètre	81.722	44.523	62.788	329079.536	3863289.92
Droite 1	Gisement	82.92gr	10.000	107.311	329121.788	3863303.82
Arc 2	Rayon	-7487.500 m	140.005	117.311	329131.431	3863306.47
	Centre X	331116.818 m				
	Centre Y	3856086.998				
Droite 2	Gisement	84.14gr	8.336	257.316	329266.763	3863342.33
Droite 3	Gisement	84.23gr	24.366	265.653	329274.842	3863344.39
Arc 3	Rayon	-7487.500 m	242.311	290.019	329298.465	3863350.36
	Centre X	330898.123 m				
	Centre Y	3856035.741				
				532.330	329535.977	3863398.29
Longueur totale de l'axe 532.330 mètre(s)						

Axe En Plan

Axe : Axe Sortie 1

Table courante : ICTAAL Branche-Bretelle 1 voie 90

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Arc 1	Rayon	7512.500 m	115.908	0.000	329404.563	3863398.27
	Centre X	330898.123 m				
	Centre Y	3856035.741				
Droite 1	Gisement	288.02gr	25.771	115.908	329291.151	3863374.35
Droite 2	Gisement	287.93gr	8.338	141.679	329265.835	3863369.53
Arc 2	Rayon	7512.500 m	140.121	150.017	329257.646	3863367.96
	Centre X	330677.367 m				
	Centre Y	3855990.836				
Droite 3	Gisement	286.71gr	10.000	290.138	329120.305	3863340.20
Clothoïde 1	Paramètre	-81.722	44.523	300.138	329110.522	3863338.13
Arc 3	Rayon	-150.000 m	4.951	344.661	329066.606	3863331.07
	Centre X	329057.557 m				
	Centre Y	3863480.802				

	349.612	329061.660	3863330.85
Longueur totale de l'axe 349.612 mètre(s)			

Axe En Plan

Axe : Axe Sortie 2

Table courante : ICTAAL Branche-Bretelle 1 voie 90

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	77.16gr	116.667	0.000	328147.903	3863001.06
Droite 2	Gisement	79.07gr	13.102	116.667	328257.143	3863042.02
Droite 3	Gisement	79.12gr	11.908	129.769	328269.544	3863046.25
Droite 4	Gisement	79.21gr	8.336	141.677	328280.818	3863050.09
Arc 1	Rayon	-7487.500 m	140.005	150.013	328288.713	3863052.76
	Centre X	330686.775 m				
	Centre Y	3855959.676				
Droite 5	Gisement	80.44gr	10.000	290.018	328421.755	3863096.36
Clothoïde 1	Paramètre	-81.722	44.523	300.018	328431.286	3863099.39
Arc 2	Rayon	-150.000 m	82.699	344.542	328474.295	3863110.73

	Centre X 328498.032 m Centre Y 3862962.623			
		427.241	328555.395	3863101.22
Longueur totale de l'axe 427.241 mètre(s)				

Profil En Long Projet

Axe : Axe Sortie 1

Table courante : ICTAAL Branche-Bretelle 1 voie 90

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente -1.03 %	146.841	0.000	1108.187
Cercle 1	Rayon 3000.000 m Sommet Absc 177.793 m Sommet Alt. 1106.512 m	80.395	146.841	1106.672
Pente 2	Pente 1.65 %	5.193	227.236	1106.919
Cercle 2	Rayon -3000.000 Sommet Absc 281.871 m	87.457	232.428	1107.005

	Sommet Alt. 1107.412 m			
Pente 3	Pente -1.27 %	28.853	319.886	1107.172
			348.738	1106.806
Longueur totale de l'axe 348.738 mètre(s)				
Longueur développée totale de l'axe 348.755 mètre(s)				

Profil En Long Projet

Axe : Axe Sortie 2

Table courante : ICTAAL Branche-Bretelle 1 voie 90

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 0.76 %	427.241	0.000	1100.313
			427.241	1103.546
Longueur totale de l'axe 427.241 mètre(s)				
Longueur développée totale de l'axe 427.253 mètre(s)				

Profil En Long Projet

Axe : Axe Entrée 1

Table courante : ICTAAL Branche-Bretelle 1 voie 90

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente -0.84 %	509.308	0.000	1104.247
			509.308	1099.989
Longueur totale de l'axe 509.308 mètre(s)				
Longueur développée totale de l'axe 509.326 mètre(s)				

Profil En Long Projet

Axe : Axe Entrée 2P

Table courante : ICTAAL Branche-Bretelle 1 voie 90

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	**Pente / Rayon**	**Longueur**	**Abscisse**	**Altitude**
Pente 1	**Pente 0.68 %**	**211.547**	**0.000**	**1106.329**
Pente 2	**Pente -2.09 %**	**5.649**	**211.547**	**1107.763**
Cercle 1	**Rayon 7000.000 n** **Sommet Abs(363.114 m** **Sommet Alt. 1106.124 n**	**284.971**	**217.196**	**1107.645**
Pente 3	**Pente 1.99 %**	**29.658**	**502.167**	**1107.506**
			531.825	**1108.095**
Longueur totale de l'axe 531.825 mètre(s)				
Longueur développée totale de l'axe 531.856 mètre(s)				