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 : Matériaux & Structures

Thème

Étude en APD d'un tronçon autoroutier de la 3-ème Rocade d'Alger sur10Km du PK 40+000 au PK 50+000 avec conception d'un échangeur à wilaya de BLIDA

Présenté par :

CHIKER Abdelfateh

GUETTAR Sohaib

Encadré par :

Mr : BENBOUZID Mohammed Lakhdar

Promotion 2023/2024

© ENSTP-FJ - Garidi - Vieux Kouba

Remerciements

Nous souhaitons exprimer notre gratitude profonde pour la générosité et la bienveillance dont vous avez fait preuve à notre égard. Vous avez été présents à chaque fois que nous avons eu besoin de vous, et pour cela, vous méritez aujourd'hui nos plus sincères remerciements.

Nous tenons à manifester notre reconnaissance et notre dévouement sincère envers notre DIEU tout-puissant et miséricordieux, qui nous a dotés de volonté, de courage et de force pour mener à bien ce travail.

Un merci particulier s'adresse à nos familles pour leur soutien constant tout au long de nos études et leurs encouragements à chaque étape de notre parcours de vie.

Nos remerciements chaleureux vont également à notre directeur de mémoire, Monsieur BENBOUZID MOHAMMED, pour son aide et son encadrement tout au long de la préparation de ce mémoire.

Nous exprimons aussi notre gratitude envers tous les enseignants de l'ENSTP, qui nous ont enrichis de leurs connaissances et savoirs tout au long de notre cycle de formation et d'études.

Enfin, nous remercions toutes les personnes, de près ou de loin, qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire. Nous adressons également nos remerciements aux membres du jury, qui nous ont fait l'honneur de présider et d'évaluer ce modeste travail.

Dédicace

Je tiens à exprimer ma gratitude envers ALLAH, le Tout-Puissant, Clément et Miséricordieux, pour m'avoir aidé et motivé à réaliser ce modeste travail. Je remercie infiniment mes parents, qui m'ont soutenu et encouragé à atteindre ce stade de ma formation.

Je dédie ce travail avec une grande affection à mon père et à ma très chère mère, qui ont sacrifié tant de choses pour me voir grandir et réussir dans mon parcours éducatif. Ils ont toujours été à mes côtés dans les moments difficiles de ma vie.

À mon frère Ishak et à ma sœur, ainsi qu'à tous les proches de ma famille, sans exception.

À mes amis : Zaki, Ahmed, Amine, Djamel, Youcef, Mahi, Tayeb, Kader, Oussama, Fayssal, Sifo, Raouf.

À mon binôme : Sohaib.

À tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Enfin, à tous ceux qui me reconnaîtront.

CHIKER Abdelfateh

Dédicace

إلى عائلتي الحبيبة أمي وأبي وأخي عبد الصمد وأختاي وإلى أحبائي وأصدقائي الأعزاء (عائلة فوج النصر للكشافة الإسلامية ببو شراحيل وعائلة جيل الترجيح و النهضة بالقران الكريم بالمدية وعائلة الاتحاد العام الطلابي الحر بقاريدي) وأخص بالذكر أصدقائي يوسف ، مراد ، عقبة ، صلاح الدين رضا ، عبد الرؤوف ، امين ، البخاري ، فيصل ، عبد الرؤوف ، سيف الدين ، عبد اللطيف ، شعيب ، المهدي ، امين ، عبد القادر ، اقبال والى زميلي في المذكرة عبد الفتاح شيكر وإلى أساتذتي الكرام من الابتدائية الى الجامعة، أقدم لكم هذه المذكرة كتعبير عن فرحتي وامتناني لدعمكم وتشجيعكم الدائم. إنه لشرف عظيم أن أشارككم نجاحي وإنجازي في هذه الرحلة العلمية.

وفي هذه المناسبة السعيدة، نود أن نذكر إخوتنا في قطاع غزة بأن يُسهل الله أمورهم ويفرج كربهم، ويمن عليهم بالسلام والأمان. ندعو الله أن يحفظهم وينصرهم، وأن يمنحهم الصبر والقوة في مواجهة التحديات. اللهم ألهمهم الصبر والعزيمة، وارزقهم السلام والاستقرار، واجعل أيامهم أيام خير وسلام.

أسأل الله أن يتقبل هذا العمل منا ويجعله خالصًا لوجهه الكريم، وأن يجعله خطوة نحو خدمة وطننا العزيز وأمتنا الإسلامية. وأن يجعلنا من الذين يسعون في العلم والعمل لخدمة بلادهم وأمتهم.

شكرًا لكم جميعًا على دعمكم وتشجيعكم المستمر.

قطار صهيب

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE 1
I. CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE 4
I.1 INTRODUCTION 4
I.2 LES ENROBES BITUMINEUX 4
I.2.1 Définition des enrobes bitumineux : 4
I.2.2 Type des enrobés bitumineux : 4
I.2.3 Les enrobés à chaud : 4
I.2.4 Les enrobés à froid : 5
I.3 LES POLYMERES : 6
I.3.1 Procède de fabrication des polymères : 7
I.3.2 Les polymères dans les bitumes : 7
I.4 L'ADDITIF : 8
I.4.1 L'ADDITIF 1210A : 8
I.4.2 L'utilisation du L'Additif : 8
I.4.3 Processus d'ajout de L'Additif au le bitume : 9
II. CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET 11
II.1 INTRODUCTION : 11
II.2 Caractéristiques de la wilaya de Blida : 11
II.2.1 SUTIATION GEOGRAPHIQUE : 11
II.2.2 Relief : 12
II.2.3 CLIMAT : 13
II.2.4 Sismicité : 13
II.3 PRESENTATION DU PROJET : 13
II.3.1 Cadre de l'étude : 14
II.3.2 Objectifs du projet : 14
III. CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC 16
III.1 INTRODUCTION 16
III.2 ANALYSE DE TRAFIC 16
III.3 La procédure de détermination du nombre de voies 16
III.3.1 Calcul du (TJMA) : 16
III.3.2 Calcul des trafics effectifs : 16

III.3.3 Débit de point horaire normale : 17
III.3.4 Débit horaire admissible : 17
III.4 Application sur notre projet : 18
III.4.1 Les données de trafic : 18
III.4.2 Calcule de TJMA : 18
III.4.3 Calcul de trafic effectif : 19
III.4.4 Débit de pointe horaire normale : 19
III.4.5 Calcule de débit admissible : 19
III.4.6 Le nombre des voies : 19
III.4.7 Calcul de l'année de saturation : 20
III.5 Conclusion : 20
IV. CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE 22
IV.1 TRACE EN PLAN : 22
IV.1.1 INTRODUCTION 22
IV.1.2 Choix de catégorie : 22
IV.1.3 Les éléments de tracé en plan : 23
IV.1.4 Les courbes de raccordement 24
IV.1.5 Enchaînement des éléments du tracé en plan : 25
IV.1.6 Calcul manuel d'axe de tracé en plan : 25
IV.2 PROFILE EN LONG : 28
IV.2.1 Introduction : 28
IV.2.2 Règles et normes à respecter pour le tracé de profil en long : 28
IV.2.3 Coordination du tracé en plan et du profil en long : 28
IV.2.4 Les raccordements en profil en long : 29
IV.2.5 La déclivité : 30
IV.2.6 Normes géométrique adoptées : 30
IV.2.7 EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG : 31
IV.2.8 Conclusion : 32
IV.3 PROFIL EN TRAVERS : 32
IV.3.1 Introduction : 32
IV.3.2 Classification du profil en travers : 32
IV.3.3 Les éléments du profil en travers : 33
IV.3.4 Pentes transversales (d'après ICTAAL 2015) : 33
IV.3.5 Application au projet : 33

V. CHAPITRE V : ETUDE GEOTICHNIQUE 36
V.1 INTRODUCTION 36
V.1.1 Contexte topographique : 36
V.1.2 Contexte géologique et géotechnique : 36
V.1.3 LA RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE : 36
V.1.4 L'étude des archives et documents existants : 36
V.2 Présentation des essais : 37
V.2.1 Les essais in site : 37
V.2.2 Les essais au laboratoire : 37
V.3 RESULTATS DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES : 38
V.3.1 Résultats des reconnaissances in situ : 38
V.3.2 Résultats des essais de laboratoire : 39
V.4 Classification du sol support : 41
V.4.1 Classification GTR (NFP 11-300) 41
V.4.2 Classification LCPC : 42
V.4.3 CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLA 43
V.5 Conclusion 43
VI. CHAPITRES VI : DIMENSSIONEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE : 45
VI.1 INTRODUCTION 45
VI.2 METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSSIONEMENT DE CHAUSSEES NEUVES : 45
VI.2.1 LES DONNEES CLIMATIQUES : 45
VI.2.2 Réseau principal du projet : 46
VI.2.3 Classe de trafic (TPLi) : 46
VI.2.4 Trafic cumulé équivalent : 47
VI.2.5 Risque de calcule : 48
VI.2.6 Détermination de la portance de sol-support de chaussée : 48
VI.2.7 Amélioration de la portance du sol support : 48
VI.2.8 Choix des différentes couches constituantes de la chaussée : 49
VI.2.9 Vérification de la fatigue des structures et de la déformation du sol support : 50
VI.3 Résultats de la simulation : 52
VI.4 CONCLUSION : 54
VII. CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT 56
VII.1 INTRODUCTION 56
VII.2 ETUDE HYDROLOGIQUE 56

VII.3 Estimation des débits de crue Q_{max} 57
VII.4 Coefficient de ruissellement 57
VII.5 Caractéristiques principales des bassins versants : 58
VII.6 Estimation du temps de concentration 58
VII.7 DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE 60
VII.8 DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE DRAINAGE TRANSVERSAL 61
VII.8.1 Dimensionnement des buses : 61
VII.9 APPLICATION DANS NOTRE PROJET 62
VII.9.1 Dimensionnement des dalots 62
VII.10 VERIFICATION DES DALOTS ET BUSES CHOISIT : 63
VIII. CHAPITRES VIII : Cubature 66
VIII.1 INTRODUCTION : 66
VIII.2 Définition : 66
VIII.3 Méthodes de calcul des cubatures : 66
VIII.4 Formule de Mr SARRAUS : 67
VIII.5 Méthode de Gulden : 68
VIII.6 Méthode linéaire : 68
VIII.7 Calcul des cubatures de projet : 69
IX. CHAPITRE IX : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR 71
IX.1 INTRODUCTION 71
IX.2 Types d'échangeurs : 72
IX.2.1 Échangeur majeur 73
IX.2.2 Échangeur mineur 73
IX.3 Les composantes des échangeurs 73
IX.4 APPLICATION AU PROJET : 74
IX.4.1 Échangeur du 1 er Accès à la ville de BOUINAN (EC8) : 74
IX.5 Géométrie en plan des brettelles : 74
IX.5.1 Rayon : 74
IX.5.2 Raccordement Progressif : 74
IX.5.3 Profil en Long des Bretelles : 75
IX.5.4 Profil en Travers des Bretelles : 75
IX.5.5 Tracé en plan des boucles : 76
IX.6 Zones de Décélération et d'Accélération : 76
IX.6.1 Zone de Décélération : 76

IX.6.2 Zone d'Accélération : 77
IX.7 Rentré et la sortie d'autoroute : 77
IX.8 Visibilité : 78
IX.9 Vue en plan de l'échangeur : 79
X. CHAPITRE X : OUVRAGE D'ART : 81
X.1 INTRODUCTION 81
X.2 Choix de type de l'ouvrage : 81
X.3 Les paramètres qui interviennent dans le choix de types d'ouvrage : 81
X.4 Gabarit réservé : 81
X.5 Les voix de rétablissement : 81
X.5.1 Ces ouvrages concernent les voies express et impliquent : 81
X.5.2 Passages inférieurs : 82
X.6 Les ouvrages existant dans notre projet : 82
X.6.1 OA 01 échangeur : 82
X.6.2 L'ouvrage OA02 82
X.6.3 L'ouvrage OA03 82
XI. CHAPITRE XI : SIGNALISATION 84
XI.1 INTRODUCTION 84
XI.2 La signalisation horizontale 84
XI.3 Caractéristiques générales des marques 84
XI.3.1 Couleur des marques de chaussée 84
XI.3.2 Largeur des lignes 84
XI.3.3 Caractéristiques des lignes discontinues 85
XI.4 Dispositifs de retenue : 86
XI.5 Application au projet : 86
XI.5.1 Signalisation horizontale : 86
XI.5.2 Signalisation verticale 88
XI.5.3 Éclairage : 90
XII. CHAPITRE XII : Etude D'impact Sur L'environnement 92
XII.1 INTRODUCTION 92
XII.2 Cadre juridique : 92
XII.3 Les objectifs d'étude d'impact sur l'environnement : 92
XII.4 Etude d'impact sur l'environnement : 93
XII.4.1 Impact sur l'agriculture : 93

XII.4.2 Impact environnemental : 93
XII.4.3 Impact sur les habitants 94
XII.5 Conclusion : 95
XIII. CHAPITRES XIII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF : 97
XIV. Conclusion générale : 99
XV. Bibliographie :..... 100

ملخص

مشروعنا يتضمن دراسة تفصيلية لمقطع من الطريق الاجتنابي رقم 3 للجزائر العاصمة، يمتد من الحجر الكيلو متري 40+000 الى الحجر الكيلومتري رقم 50+000 على مدى 10 كم، مع تصميم مبادل الطرق عند المدخل الأول لمدينة بوينان .لانجاز هذا العمل المتواضع قمنا بإتباع مخطط عمل يبدأ بمقدمة عامة، دراسة حركة المرور، دراسة جيومترية، دراسة جيوتقنية، دراسة قنوات صرف المياه تصميم المحول، مقايسة تقديرية وخاتمة.

Résumé

Notre projet comprend une étude détaillée d'un tronçon de la 3eme rocade d'Alger, s'étendant du pk40+000 au pk50+000 sur une longueur de 10 km, avec la conception d'un échangeur au 1er accès de la ville Bouinan. Pour réaliser ce modeste travail, nous avons suivi un plan de travail qui commence par une introduction générale, une étude de trafic, une étude géométrique, une étude géotechnique, une étude d'assainissement, la conception d'échangeur, une mesure estimée et une conclusion.

Abstract

Our project summary includes a detailed study of a section of the 3rd ring road of Algiers, extending from pk40+000 to pk50+000 over a length of 10 km, with the design of an interchange at the 1st access of the town Bouinan. To carry out this modest work, we followed a work plan which begins with a general introduction, a traffic study, a geometric study, a geotechnical study, a sanitation study, the design of an interchange, an estimated measurement and a conclusion.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Préparation d'un enrobé à froid 6
Figure 2 :procède de fabrication de polymère 7
Figure 3:structure chimique de polymère 8
Figure 4 : Wilaya de Blida 12
Figure 5 : Relief de la wilaya de blida 12
Figure 6 : Relief de la wilaya de blida 13
Figure 7 : Les éléments de tracé en plan 23
Figure 8: paramètres de raccordement par arc 26
Figure 9 : schéma illustratif d'un rayon concave et convexe 29
Figure 10: paramètres de la parabole concave 31
Figure 11 : Eléments constitutifs du profil en travers 33
Figure 12 PROFIL EN TRAVERS TYPE 34
Figure 13 : Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie 46
Figure 14 : Les Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue 49
Figure 15 : Les Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue 50
Figure 16 : Les Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue 53
Figure 17 : Résultats de la simulation à l'aide du logiciel ALIZE-LCPC 53
Figure 18 : représentatif d'une buse 61
Figure 19 : Dimensions des dalots 62
Figure 20 : Les positions des sections dans un profil en long 67
Figure 21 : Section des profils d'un tracé routier 67
Figure 22 : les types des échangeurs 72
Figure 23 : Différents types des bretelles 73
Figure 24 : Dispositif de sortie de l'autoroute 77
Figure 25 : Dispositif d'entrée sur l'autoroute 77
Figure 26 : les lignes longitudinales 85
Figure 27 : les lignes de délimitation de voies dans le tracé 86
Figure 28 : Flèches de sélection 87
Figure 29 : flèche de rabattement 87
Figure 30 : schéma de marquage avec hachures 88

LISTE DES TABLEAUS

Tableau 1 Coefficient d'équivalence P (source B40) 17
Tableau 2 Coefficient k1 (source B40) 17
Tableau 3 Coefficient k2 (source B40) 18
Tableau 4 Coefficient Cth (source B40) 18
Tableau 5 Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (Source ICTAAL 2015) 23
Tableau 6 : Les données de l'axe à calculer 25
Tableau 7 : Valeurs limites des paramètres du profil en long 30
Tableau 8 les données du PL pour l'axe calculé Point X 31
Tableau 9 Essais au laboratoire 38
Tableau 10 Résultats des puits de reconnaissance 39
Tableau 11 Résultat de l'essai granulométrique 39
Tableau 12 limite d'Atterberg 40
Tableau 13 essai Proctor 40
Tableau 14 Essai CBR imbibé 40
Tableau 15 Résultats de la classification LCPC pour puits de reconnaissances 42
Tableau 16 Résultats de la classification LCPC pour puits de reconnaissances 42
Tableau 17 : CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI (GTR FASCICULE 2) 43
Tableau 18 : récapitulatif des caractéristiques des gîtes d'emprunt 43
Tableau 19 Choix de la température équivalente (Fascicule 2) 45
Tableau 20 Choix de type de réseau principale 46
Tableau 21 Classe TPLi pour RP1 (Fascicule n°1) 47
Tableau 22 Valeurs de coefficient d'agressivité (Fascicule n°2) 47
Tableau 23 : Risque adoptés pour le réseau RP1 (Fascicule n°2) 48
Tableau 24 Présentation des classes de portance des sols (Fascicule 1) 48
Tableau 25 Classes de terme du sol support (fascicule 2) 48
Tableau 26 : classement avec couche de forme en matériau non traité (fascicule 1) 49
Tableau 27 : Valeur de t en fonction de risque (CTTP, 2001) 51
Tableau 28 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux (CTTP, 2001) 51
Tableau 29 Caractéristiques principales des bassins versants 58
Tableau 30 Les valeurs des débits d'apport 60
Tableau 31 : dimensions des buses 62
Tableau 32 dimension des dalots 63
Tableau 33 : volume totale cumulé (déblai/ remblai) 69
Tableau 34 Valeurs limite des rayons du tracé en plan 74
Tableau 35 Valeurs limite de profil en long 75
Tableau 36 Valeurs limite de profil en travers 76
Tableau 37 : norme géométrique des boucles 76
Tableau 38 : principale distance de visibilité 78
Tableau 39 : Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées 85
Tableau 40 : Les caractéristiques des lignes discontinues 85

INTRODUCTION GENERALE

À la fin de chaque cycle de formation à l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics, les élèves ingénieurs doivent traiter un sujet de fin d'études. Ce travail a pour objectif principal de leur permettre de travailler sur un projet concret, facilitant ainsi leur intégration dans le monde professionnel. Il vise également à leur faire découvrir les missions et responsabilités d'un ingénieur d'État en travaux publics, tout en complétant les connaissances acquises durant leur formation.

Le projet en question porte sur la 3ème rocade d'Alger, un projet qui s'inscrit dans un programme plus large visant à réduire le trafic dans la région du Grand Alger. Ce programme inclut :

- La 2ème rocade reliant Zeralda à Boudouaou.
- La 3ème rocade reliant Cherchel à Tizi-Ouzou.
- La 4ème rocade reliant Khemis Miliana à Bordj Bou Arreridj.

Le travail est structuré en trois grandes parties :

1. Proposer des options en tenant compte des perspectives d'aménagement.
2. Choisir une option basée sur les critères suivants :
   - Sécurité, commodité et débit.
   - Économie (tant en termes d'utilisation que de réalisation).
   - Environnement (emprise au sol, impact environnemental).
3. Réaliser une Étude Avant-Projet Définitif (A.P.D.).

Le mémoire se compose de plusieurs chapitres détaillant les aspects de conception et de dimensionnement des ouvrages réalisés dans le cadre de ce projet.

CHAPITRE I

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I . CHAPI TRE RECHERCHE BIBLI OGRAPHI QUE

I . 1 I NTRODUCTI ON

La progression du volume de circulation routière ces dernières années a engendré d'importantes dégradations sur les voies, au point que les infrastructures routières ne tolèrent plus les charges qu'elles supportent actuellement en raison de la congestion des poids lourds et de l'excès de trafic, ce qui se traduit par des fissures visibles sur la chaussée.

I . 2 LES ENROBES BI TUMI NEUX

I . 2 . 1 Définition des enrobes bitumineux

Les enrobés bitumineux sont des matériaux thermosensibles à comportement viscoélastique, possédant des propriétés adhésives et cohésives. Ils sont principalement employés pour la construction et l'entretien des routes. Ces matériaux sont constitués essentiellement d'un liant hydrocarboné, dérivé du raffinage du pétrole (généralement du bitume pur ou modifié), et de diverses fractions minérales de tailles variées (filler, sable, gravillons).

Les enrobés bitumineux se composent principalement de granulats (comme le sable, le gravier ou les cailloux) et de bitume, ce dernier agissant comme un liant pour maintenir les granulats ensemble et créer une surface solide et durable.

Les matériaux routiers fabriqués à partir d'un liant bitumineux, constitués de granulats et de bitume, sont appelés enrobés bitumineux. Ils présentent des avantages tels que la résistance aux charges, l'imperméabilité et la facilité de réparation. Il existe différents types d'enrobés bitumineux, adaptés aux divers besoins et conditions.

I . 2 . 2 Type des enrobés bitumineux

Il existe plusieurs types d'enrobés bitumineux utilisés dans la construction routière, chacun ayant des caractéristiques et des applications spécifiques. Le choix du type d'enrobé dépendra des conditions d'utilisation.

On distingue principalement deux catégories d'enrobés bitumineux :

- Les enrobés à chaud
- Les enrobés à froid

I . 2 . 3 Les enrobés à chaud

Les enrobés à chaud sont l'un des types d'enrobés bitumineux les plus couramment utilisés dans la construction routière. Ils sont fabriqués en chauffant les matériaux à environ 180°C, et leur application se fait à une température d'environ 150°C pour former la couche de revêtement des infrastructures routières.

Les principaux types d'enrobés à chaud incluent :

- **Béton bitumineux**

Les bétons bitumineux sont riches en bitume et principalement utilisés pour les couches de roulement, c'est-à-dire les couches supérieures de la chaussée. Ils se classent en fonction de leur granulométrie et sont toujours posés sur une couche de base faite de matériaux

hydrocarbonés ou traités avec un liant hydraulique, ou sur une couche de liaison en enrobés pour les couches minces.

Les types de béton bitumineux comprennent :

- Béton bitumineux ultra mince (BBUM)
- Béton bitumineux très mince (BBTM)
- Béton bitumineux mince (BBM)
- Béton bitumineux semi-grenu (BBSG)
- Grave bitume

Les graves bitume ont une plus faible teneur en liant, généralement entre 3% et 4,5%, et sont destinés aux couches de fondation ou de base, d'une épaisseur de 8 à 14 cm (couche d'assise).

I.2Les enrobés à froid

Les enrobés à froid sont des types d'enrobés bitumineux qui se distinguent des enrobés à chaud par leur mélange et leur application à température ambiante, sans nécessiter de chauffage préalable. Ils sont souvent utilisés pour des travaux de réparation, de maintenance ou de revêtement temporaires.

¶ Enrobé froid

Les enrobés froids sont composés de granulats de faible granulométrie (0/4 ou 0/6 en général) avec une forte teneur en liant et en fines. Ils sont généralement utilisés de manière temporaire pour permettre la circulation de véhicules sur des voies en cours de travaux, ou pour reboucher des petites tranchées, des trous et des nids-de-poule sur des chaussées endommagées. Les enrobés à froid sont souvent employés pour des interventions d'urgence, des réparations temporaires ou des petites surfaces nécessitant une mise en œuvre rapide. Ils sont également utilisés au printemps, pendant la période de dégel, pour réparer les détériorations de la chaussée causées par le gel.

¶ Grave émulsion

La grave émulsion est un mélange de grave avec une faible proportion d'émulsion de bitume. Il existe aussi des enrobés bitumineux à froid destinés à la réalisation de couches de roulement. Ces enrobés hydrocarbonés à froid (non stockables) sont constitués de granulats entièrement recouverts de liant.



Figure 1 : Préparation d'un enrobé à froid

I.3 LES POLYMERES

Les polymères sont des macromolécules formées par la combinaison d'un grand nombre de molécules plus petites. Ils se caractérisent par une masse molaire très élevée.

Le monomère désigne la petite molécule à partir de laquelle la macromolécule est formée. La réaction de formation est appelée polymérisation.

Les polymères sont généralement classés en deux catégories :

- **Les polymères** : Ils sont obtenus par l'addition successives d'un grand nombre de molécules monomères. Si ces molécules monomères sont identiques, on obtient un homopolymère. En revanche, si les monomères sont différents (généralement deux), on obtient un copolymère.

- **Les polymères** : Ils résultent de la condensation d'un grand nombre de molécules, cette réaction s'accompagnant de l'élimination d'une petite molécule, généralement de l'eau.

La diversité des polymères est extrêmement vaste, offrant une large gamme de propriétés et d'applications.

I.3Proc¯de de fabrication des polym¯res

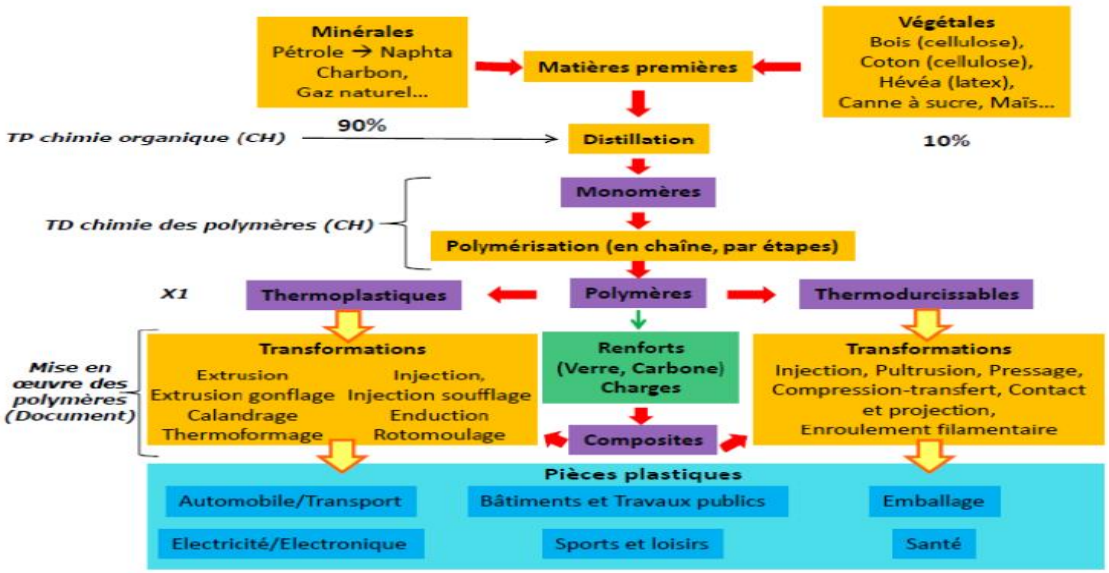


Figure 2 :procède de fabrication de polymère

I.3Les polym¯res :dans les bitumes

Les polymères représentent l'une des avancées majeures de la technologie du XXe siècle, avec une utilisation extrêmement diversifiée à tous les niveaux de la vie quotidienne.

Malgré les progrès significatifs réalisés au fil des années pour rendre les performances de l'asphalte plus contrôlées et relativement prévisibles, il reste toujours des possibilités d'amélioration.

Au cours des trois dernières décennies, les chercheurs se sont intéressés aux polymères, et cela a donné des résultats remarquables, avec des avantages généraux, notamment :

- Meilleure résistance à la déformation permanente (formation de sillons).
- Amélioration de la résistance à la traction et du module élastique de manière significative.
- Sensibilité à la température améliorée.
- Excellente résistance à la fatigue.
- Très bonne résistance à la propagation des fissures (fissuration réflective).
- Excellente adhérence des granulats (bonne résistance à l'arrachement).
- Prolongation de la durée de vie utile de la chaussée et amélioration du coût du cycle de vie.
- Aucune condition de manipulation et de stockage spéciales.Aucun équipement spécial requis lors de la production d'enrobés chauds, du transport ou de la pose.

I.4 Lô ADDI:TIF

L'Additif est un matériau polymère modifié, couramment utilisé dans la construction et l'industrie en raison de ses propriétés particulières. Il est souvent utilisé pour les applications nécessitant une grande résistance et durabilité, comme dans les systèmes d'étanchéité, les revêtements de sol, et les infrastructures routières.

I.4 Lô ADDITIF: 1210A

L'Additif 1210A est un matériau synthétique thermoplastique granulé, composé d'un mélange de copolymères polyéthylènes de haute qualité et de bitumes spéciaux (ECB). Le bitume pur est incorporé de manière homogène dans une matrice polymère.

Additif 1210A peut être mélangé avec des surfaces asphaltiques courantes telles que le béton bitumineux, le béton bitumineux à forte teneur en mortier ou l'asphalte coulé. Il peut être pré-mélangé avec du bitume (PmB) ou simplement ajouté au mélange lors de la production d'asphalte (PmA)

Considéré comme un produit moderne, il peut être utilisé dans différents types d'asphaltes spéciaux pour stabiliser diverses structures, renforçant ainsi la notion de qualité durable. Conformément aux exigences du dimensionnement informatisé futur des revêtements routiers, il sera également utilisé pour réduire l'épaisseur de la couche de base de couleur noir.

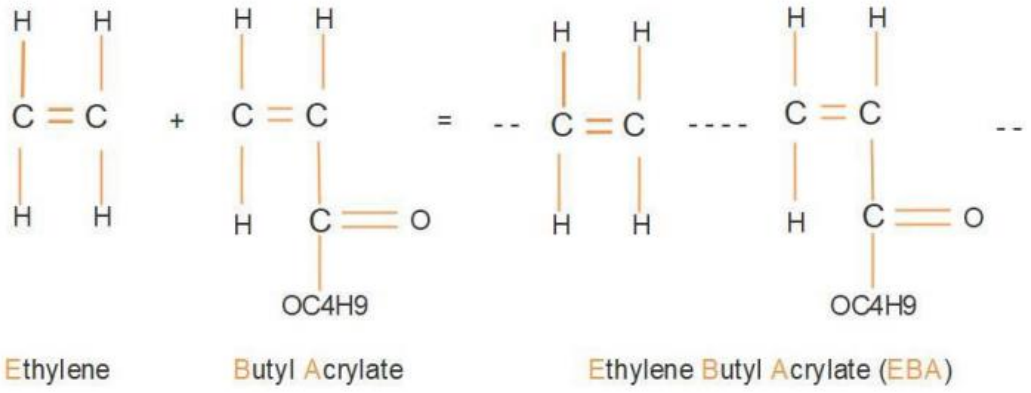


Figure 3:structure chimique de polymère

I.4 Lôutilisation de l'Additif :

L'Additif 1210A présente une stabilité thermique exceptionnelle. À des températures allant jusqu'à 300°C, il ne montre aucun signe de dégradation de la matrice polymère, offrant ainsi un soutien adéquat pour des périodes prolongées de production et de transport, même après des heures d'exposition à des températures élevées.

Lorsqu'il est ajouté directement au mélange d'asphalte pour la production de PmA, la quantité de granulés il est choisie en fonction du pourcentage désiré (entre 3,0 et 7,5 % par masse, en réduisant simultanément la proportion de bitume par rapport au poids du polymère ajouté). L'ajout peut être effectué avant ou après la distribution du liant.

Il est nécessaire de prolonger la durée du mélange de 10 à 15 secondes en fonction de la composition et de la taille du lot, en ajustant la température du mélange.

Pour produire le PmB (C), un mélange homogène de bitume ordinaire et de L'Additif 1210A est composé à des températures comprises entre 175 et 195°C. Même avec un agitateur à vis à faible vitesse de rotation, un mélange très poussé de Lucobit 1210A selon les normes PmB est détectable sous un microscope électronique. Le bitume incorporé à la matrice polymère garantit un mélange facile et rapide du polymère dans le bitume ou l'asphalte. Pour les mélanges avec de l'asphalte modifié au Lucobit 1210A, aucune autre exigence n'est nécessaire.

I.4 Processus L'Additif 1210A dans le bitume :

Le bitume est mélangé de manière homogène avec l'Additif 1210A à des températures comprises entre 165°C et 195°C, ce qui le rend prêt à l'emploi. Selon l'intensité du mélange, le temps nécessaire pour mélanger de grandes quantités (environ 20 tonnes) est d'environ 12 heures.

L'utilisation d'un mélangeur à cisaillement à grande vitesse permet de réduire le temps de mélange requis. La proportion de bitume déjà contenue dans l'Additif 1210A facilite grandement son incorporation dans le bitume.

Après l'ajout de l'Additif, une amélioration notable de la résistance à l'orniérage est observée, ce qui se traduit par une valeur très satisfaisante.

CHAPITRE II

PRESENTATION DU PROJET

II.CHAPITRE II:PRESENTATION DU PROJET

II.1.INTRODUCTION

Le projet de la troisième rocade d'Alger vise à créer une liaison autoroutière entre la ville de Sidi Rached (wilaya de Tipaza) et Tizi Ouzou (wilaya de Tizi Ouzou), en traversant les wilayas de Blida et Boumerdès sur une distance de 149 km.

Cette troisième rocade commencera à l'intersection de la route nationale 67 et de la pénétrante de Tipaza, au niveau de Sidi-Rached (PK 0+000), et se terminera à la jonction avec la pénétrante de Tizi-Ouzou et la route nationale 12 (PK 149+000).

L'objectif principal de la construction de la troisième rocade d'Alger est de désengorger la région d'Alger en détournant le trafic de transit qui utilise actuellement la première et la deuxième rocade d'Alger.

Ce projet est conçu pour favoriser le développement économique et social de la région ainsi que de l'ensemble du pays.

II.2.Caractéristiques de la wilaya de Blida

II.2.1.SITUATION GEOGRAPHIQUE

La wilaya de Blida se situe dans la partie nord du pays, dans la zone géographique du Tell central. Elle est limitée au nord par les wilayas de Tipaza et d'Alger, à l'ouest par la wilaya d'Ain Defla, au sud par la wilaya de Médéa et à l'est par les wilayas de Boumerdès et de Bouira. Faisant partie de la wilaya d'Alger à l'époque, Blida fut promue au rang de wilaya à partir du découpage administratif de 1974. En 1984 le territoire de Blida a fait l'objet d'une nouvelle délimitation, avec 29 communes qui se répartissent en douze daïras. À partir de juillet 1997, quatre communes (Sidi Moussa, Ouled Chebel, Birtouta et Tessala El Merdja) sont intégrées à la wilaya d'Alger. Ainsi la wilaya de Blida est passée de 29 à 25 communes se répartissant dans dix daïras. Du point de vue historique, la wilaya de Blida se situe en plein cœur de la Mitidja, et son histoire est liée à celle de la ville de Blida. La wilaya de Blida dispose de plusieurs sites touristiques, telle la station de ski de Chréa, les sources thermales de Hammam Mélouane, les gorges de la Chiffa et les gorges du ruisseau des singes. La wilaya de Blida s'étend sur une superficie de 1 479 km². Sa population, en 2008, est estimée à 989 820 habitants avec 669 personnes au km². L'histoire de la région de Blida est étroitement liée à celle de la ville de Blida. Cette dernière a connu un essor et une stabilité sous le règne des Turcs.

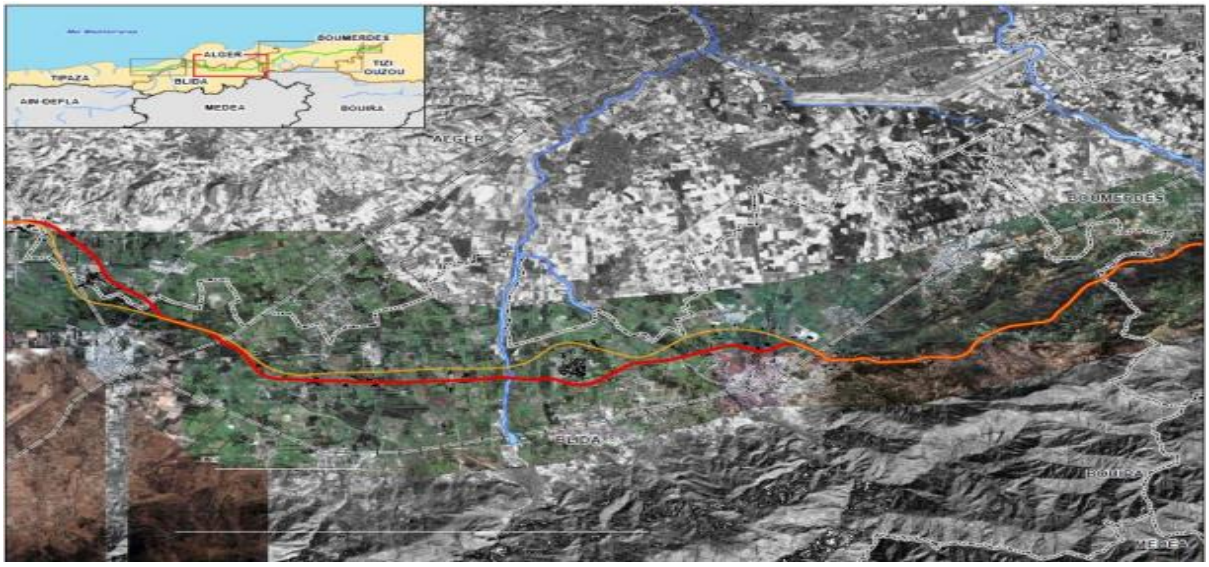


Figure 4 : Wilaya de Blida

I I . R e l i e f

La wilaya se compose principalement d'une importante plaine et d'une chaîne de montagnes au Sud :

- La plaine de la Mitidja, qui s'étend d'Ouest en Est est une zone agricole riche.
- La zone de l'Atlas blidéen et le piémont, la partie centrale de l'Atlas culmine à 1 600 mètres, les forêts de cèdres s'étendent sur ses montagnes. Le piémont dont d'altitude varie entre 200 et 600 mètres, présente des conditions favorables au développement agricole.

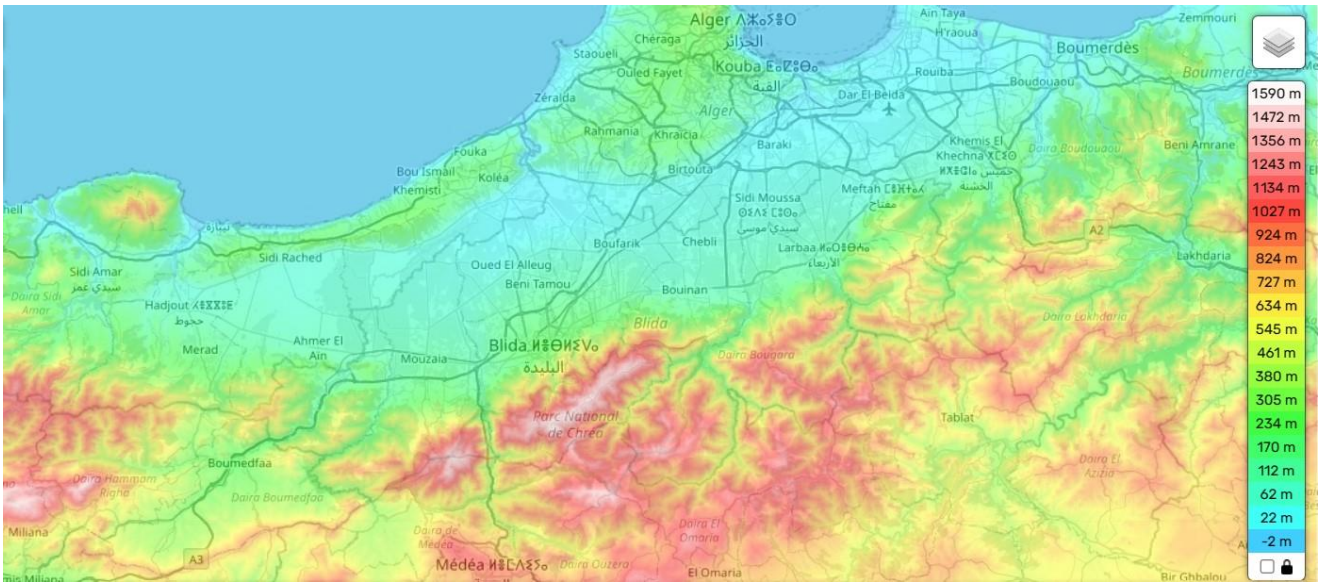


Figure 5 : Relief de la wilaya de blida

II.2CLIMAT

Le climat de Blida est chaud et tempéré. L'été, à Blida, les pluies sont moins importantes qu'elles ne le sont en hiver. Le climat est classé comme Csa selon Köppen et Geiger (Les températures hivernales sont généralement douces, rarement descendant en dessous de 0 °C). La température moyenne annuelle est de 17.1 °C à Blida. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 641 mm Les Blida sont dans l'hémisphère nord. Juin est le mois de début de l'été et Septembre est le mois de fin de l'été. Les mois d'été sont : Juin, Juillet, Aout, Septembre. Les mois les plus agréables pour faire un voyage sont Juin, Juillet, Aout, Septembre.

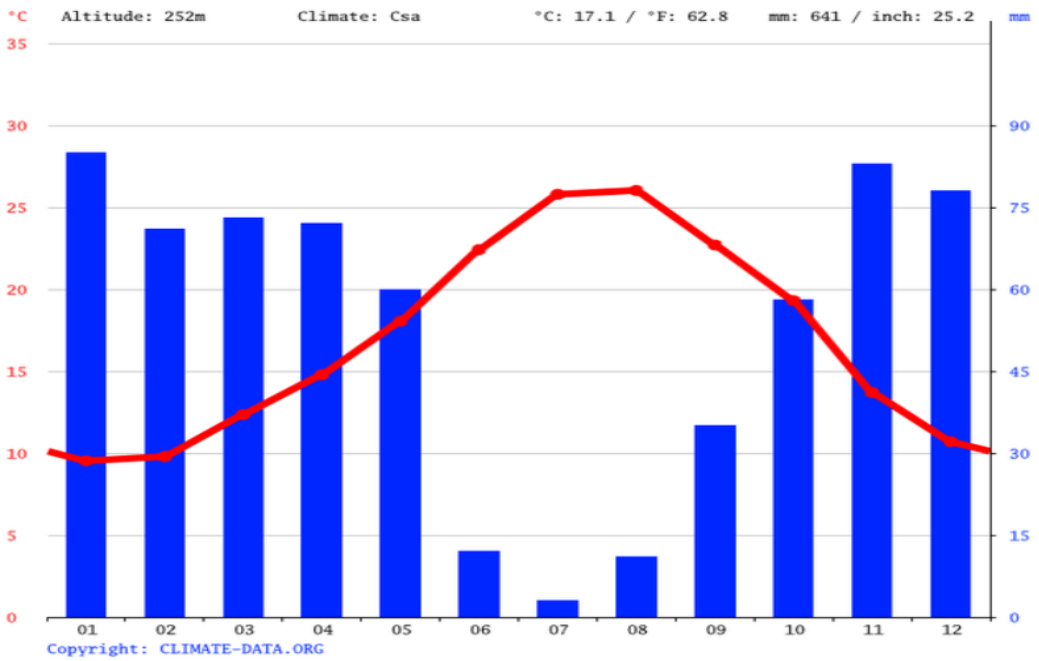


Figure 6 : Relief de la wilaya de blida

II.3Sismicité

La région de Blida, est classée en zone 3 dans le zonage sismique de l'Algérie (RPA, 1999, version 2003). C'est donc une zone à forte sismicité. Le séisme le plus fort enregistré de façon instrumentale dans la région de Blida est celui du 07 novembre 1959, avec une magnitude de 5,6.

II.3PRESENTATION DU PROJET

La troisième rocade est conçue en deux voies de chaque côté (2x2) et peut être élargie ultérieurement à trois voies de chaque côté (2x3), avec un terre-plein central (TPC) de 10 mètres. Les ouvrages d'art sont directement dimensionnés pour accueillir 2x3 voies.

Cette rocade relie Tipaza à Tizi Ouzou. Elle commence sur la pénétrante de Tipaza à l'Autoroute Est-Ouest et suit l'emprise de la RN67 sur 32 km. Le tracé entre dans la wilaya d'Alger sur 8 km, contournant par le nord la localité de Ben Chaabane parallèlement au CW112.

Dans la wilaya de Blida, le tracé intercepte l'Autoroute Est-Ouest au nord de Boufarik, passe au nord de Bouinan, Bougara et Larbaa, puis traverse un relief difficile jusqu'à la limite est de

Blida. Dans la wilaya de Boumerdès, il passe au sud de Khemis El Khechna, intercepte l'Autoroute Est-Ouest à 1,5 km au nord de Larbaatache et rejoint la deuxième rocade, qu'il suit sur 6,5 km. Il contourne ensuite par le sud la ville de Ben Merzouga, longe la RN 5 entre Tidjelabine et Thénia, et ensuite la RN 12 entre Si-Mustapha et Bordj-Menaïel, cohabitant avec divers réseaux de transport tels que des lignes électriques, des conduites de gaz, une route nationale et une voie ferrée.

Ce tracé permet d'éviter une solution plus complexe et coûteuse consistant à passer par le versant sud des montagnes. Il continue ensuite sur la RN 12 à 1 km du carrefour dénivelé existant à l'est de Bordj-Menaïel. Il emprunte le tracé de cette route (actuellement aménagée en 2x2 voies) sur 10 km, traverse Naciria, coupe la RN25 à 1 km au nord de Tadmait à la limite est de Boumerdès, puis continue dans la wilaya de Tizi Ouzou, traverse l'oued Sebaou et évolue parallèlement à la rive nord de celui-ci sur 8 km avant de le traverser une seconde fois. Enfin, il rejoint la RN 12 au niveau de l'échangeur au début de la pénétrante de Tizi Ouzou, qui relie la wilaya de Tizi Ouzou à l'Autoroute Est-Ouest.

II. Cadre de l'étude :

Notre projet consiste à faire une étude avant-projet détaillé (APD) d'un tronçon autoroutier de la rocade 3 sur 10 km du PK 40+000 jusqu'au PK 50+000 traverse la plaine de la Mitidja avec conception d'un échangeur au niveau du PK 48+000.

III. Objectifs du projet :

Les principaux objectifs de la réalisation de la troisième rocade sont :

- **Soulager la circulation :** Réduire la congestion dans la région d'Alger en détournant le trafic de transit actuellement empruntant les première et deuxième rocade.
- **Améliorer l'accès :** Faciliter l'accès aux zones d'activités économiques et touristiques, notamment pendant la saison estivale.
- **Réduire les accidents :** Diminuer le nombre d'accidents de la route en offrant une infrastructure plus sécurisée.
- **Assurer le confort et fluidité :** Offrir une meilleure qualité de temps de circulation et raccourcir les temps de trajet pour les usagers.
- **Optimiser le tracé :** Concevoir le meilleur tracé possible pour maximiser l'efficacité et minimiser l'impact environnemental.
- **Réduire les coûts :** Diminuer les coûts liés aux transports pour les usagers grâce à une infrastructure plus efficace.
- **Assurer le trafic sur la nouvelle tracé :** Garantir une circulation fluide et sécurisée sur la nouvelle rocade.
- **Améliorer la qualité des terrains :** Contribuer à l'amélioration des conditions de vie des habitants des zones traversées.

CHAPITRE III

ETUDE DE TRAFIC

III CHAPITRE ETUDE DE TRAFIC

III.INTRODUCTION

L'étude de trafic est cruciale pour évaluer l'impact économique et social des investissements dans les infrastructures routières et urbaines. Elle guide la planification en prévoyant les flux de circulation, ce qui aide à choisir les profils routiers, dimensionner les chaussées, estimer les coûts et orienter les stratégies d'entretien. En résumé, elle informe la conception et la gestion des réseaux routiers pour maximiser leur efficacité et durabilité.

III.ANALYSE DE TRAFIC

Pour saisir le volume et la composition du trafic à un endroit précis et à un moment donné, il est crucial de réaliser un comptage qui demande une coordination logistique adaptée. Pour obtenir ces données, plusieurs méthodes sont disponibles :

- L'analyse statistique globale.
- Le comptage direct sur les routes (manuel ou automatique).
- L'investigation directe sur le terrain de la circulation.
- Une enquête de circulation.

III.La procédure de détermination du nombre de

Pour décider du nombre de voies à mettre en place, il est crucial de connu le débit admissible et le trafic prévu pour l'année d'exploitation. Pour ce faire, il est essentiel d'évaluer le débit horaire pendant les heures de pointe prévues pour la vingtième année d'exploitation.

III.Calcul du (TJMA) :

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

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

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

III.Calcul des trafics effectifs :

Le calcul des trafics effectifs consiste à convertir le trafic en unités de véhicules particuliers (U.V.P), en fonction du type de route et de l'environnement. Des coefficients d'équivalence sont utilisés pour convertir les véhicules poids lourds en U.V.P. Le trafic effectif est ensuite déterminé à partir de cette relation :

$$T_{eff} = TJMA_h \cdot \left(\frac{Z}{100} \cdot P + \left(1 - \frac{Z}{100}\right)\right)$$

- Teff : trafic effectif à l'horizon en (UVP/J).
- Z : pourcentage de poids lourds (%).
- P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds

Le tableau ci-dessous offre une méthode pour déterminer le coefficient d'équivalence "P" pour les poids lourds, en tenant compte de l'environnement et des caractéristiques spécifiques de la nature route.

Environnem	E 1	E 2	E 3
Route caract®ris	2-3	4-6	8-16
Route ®tro	3-6	6-12	16-24

Tableau 1 Coefficient d'équivalence P (source B40)

Pour notre projet l'environnement est E2 (terrain vallonne) et le Route à bonne caractéristique donc **P = 4**

III D®bit de point horaire normale :

Le débit de pointe horaire normale représente une portion du trafic effectif prévu pour l'avenir, exprimé en unités de véhicules particuliers (UVP) et donné par la formule suivante :

1= ρ(Î) 4 ÅÆÆ

- Q : débit de pointe horaire.
- Teff : trafic effectif.
- 1/n =0.12 en général

III D®bit horaire admissible :

Le débit horaire maximal accepté par voie et donné par la formule suivante :

"E'H"H=ï ε 0 ε ⅂"A "I i

- K1 : coefficient lié à l'environnement.
- K2 : coefficient de réduction de capacité.
- Cth : capacité théorique.

Environne	E 1	E 2	E 3
K 1	0,75	0,85	O, 9 à 0, 95

Tableau 2 Coefficient k1 (source B40)

Cat ®gorie					
Environ	1	2	3	4	5
E1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E2	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E3	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96

Tableau 3 Coefficient k2 (source B40)

Nombre de voie	CapaTh®®rique (uvp/h
Route ¨ 2 voies de	1500 à 2000
Route ¨ 3 voies de	2400 à 3200
Route a 2 chauss®es	1500 à 1800

Tableau 4 Coefficient Cth (source B40)

III.Application sur notre projet

III.1.Hypothèses de calcul :

• Le trafic à l'année 2022 TJMA2022=9428 v/j

• Le taux d'accroissement annuel du trafic noté τ=2,93%

• La vitesse de base sur le tracé Vb=130km/h

• Le pourcentage de poids lourds Z=25%

• L'année de mise en service en 2029

• La durée de vie estimée de 20ans

• P=4 (Route à bonne caractéristique)

• K1=0.85 Environnement E2 (Terrain vallonné), K2=0.99 (Environnement E2, Catégorie C1)

III.2.Calcule de TJMA :

L'année de mise en service (2029), donc :

ñ ě Ë Ä= ñ ě Ë Ä0ε ُ ▪

"Y ù ü2 ð0 2=9Y ù ü20 21 ρ ف πħπ ς ω ُ=1 1 5 4 0 v / j

"Y ù ü2 ð0 4=9Y ù ü20 29 ρ ف πħπ ς ω · ُ=2 0 5 6 1 v / j

I I I . 1 . C a l c u l d e t r a f i c e f f e c t i f :

ñ"H˜H˜Hqī (:) 0+ :] 4 * - ! È

"Y Ω"2049 = [(1 − 0.25) + 0,25×4]. "Y ù ü2049=**3 5 9 8 2 u v p / j**

I I I . 2 . D ® b i t d e p o i n t e h o r a i r e n o r m a l e :

"E= (0/ Ï). ñ"H˜H˜H

ü2049 = 0.12 عي35982=**4 3 1 8 u v p / h**

I I I . 3 . C a l c u l e d e d ® b i t a d m i s s i b l e :

"E'H"H=ï ě 0 ě ˥'A "I ì

Cth=1800 uvp/h d'après le B40 pour une chaussée séparée

Qadm = 0.85 × 0.99 × 1800=**1 5 1 5 u v p / h**

I I I . 4 . N o m b r e d e s v o i e s :

Notre type de route est une section d'une autoroute à chaussée unidirectionnelle. Le nombre des voies par chaussée est alors le nombre le plus proche du rapport S×Q/ ╠ ╪ ■ Où S est un coefficient de dissymétrie (en général S=2/3) et ╠ ╪ ■ débit admissible par voie. Le nombre des voies N est :

"E= ṅ×"Ē"E'H"H ï ⇨ N= (2/3) ×4318/1515 = **1 , 9 à 2**

D o n c

n = 2 voies /sens

I I I . C a l c u l d e l ' a n n é e d e s a t u r a t i o n :

ñ ¨Hˆ¢Hˆ¢ó ó м Ь ½ú Ь t Ф ½ б Ф ¢Wa ! н л н ф

¨Yˆ2029 = [(1 − 0.25) + 0,25×4]. ¨Yù ù2029=**2 0 1 9 v / j**

ù2029 = 0.12 عي20195=**2 4 2 3 y / h**

ù2029 = (2/3) عي35982=**1 6 1 5 y / h**

Qsaturation = 2 × ¨EˆH¨Hش σ π σ π 5 6 0 7 *

D'où :

$$n = \frac{\ddot{I} + \ddot{E}\dot{I}\dot{H}\ddot{I}\ddot{I}\dot{I}\dot{H}\ddot{I}\,i\,\hat{I}\,\hat{I}}{\ddot{E}\dot{I}\,\varepsilon\,\dot{I}\,\star} = 21,77 \text{ ans}$$

I I I . C o n c l u s i o n

On Optera dans notre étude une autoroute de 2x2 voies et l'année de saturation sera en 2051.

CHAPITRE IV

ETUDE GEOMETRIQUE

IV. CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

IV.1 TRACE EN PLAN

IV.1.1 INTRODUCTION

Le tracé en plan correspond à la projection verticale d'une route sur un plan horizontal, comme une carte topographique, un plan de situation ou une image satellitaire. Cet axe de tracé se compose d'une série de courbes et de segments droits reliés par des raccordements successifs. La création de ce tracé suit certaines conditions spécifiques

Les règles de dimensionnement pour le tracé en plan et le profil en long sont conçus pour garantir la sécurité et le confort des utilisateurs.

Principes à respecter pour le tracé en plan

Voici les règles de conception appliquées dans notre projet, basées sur l'ICTAAL 2015 :

- Respecter les points de départ et d'arrivée.
- Éviter les sections rectilignes de grande longueur.
- Éviter la démolition de bâtiments (maisons, constructions et habitats).
- Éviter le passage sur des terres agricoles, notamment irriguées, ainsi que dans les zones forestières et d'arboriculture.
- Adapter le tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter des terrassements excessifs et inutiles, en suivant de préférence les courbes de niveau.
- Tenir compte des contraintes de réseaux (installations électriques, conduites de gaz, conduites principales d'assainissement et d'eau potable).
- Réduire les portées des ouvrages d'art au niveau des oueds en les traversant sur un plan perpendiculaire.
- Localiser en distance cumulée (PK) l'ensemble des points singuliers (croisement de routes, pistes, réseaux électriques, téléphoniques, hydrauliques, etc.).

IV.1.2 Choix de la catégorie

Les autoroutes ou sections d'autoroute sont classées en deux catégories distinctes, en fonction des caractéristiques de leur tracé en plan et de leur profil en long. Le choix de la catégorie dépend de l'environnement (relief, occupation du sol, etc.) dans lequel s'inscrit l'autoroute et doit être en adéquation avec la perception de l'usager. On distingue deux catégories :

- Catégorie L1 : Adaptée aux régions de plaine ou vallonnées où les contraintes de relief sont modérées.
- Catégorie L2 : Mieux adaptée aux zones de relief plus difficile, en tenant compte des impacts économiques et environnementaux associés.

Ces catégories, L1 et L2, correspondent respectivement à des vitesses maximales autorisées de 130 km/h et 110 km/h.

Notre projet se situe dans une région plaine, ce qui nous amène à choisir la catégorie L1.

IV.1 Les éléments de tracé en plan :

L'axe en plan est constitué d'une succession de :

- Alignements.
- Arc de cercle.
- Courbe de raccordement.

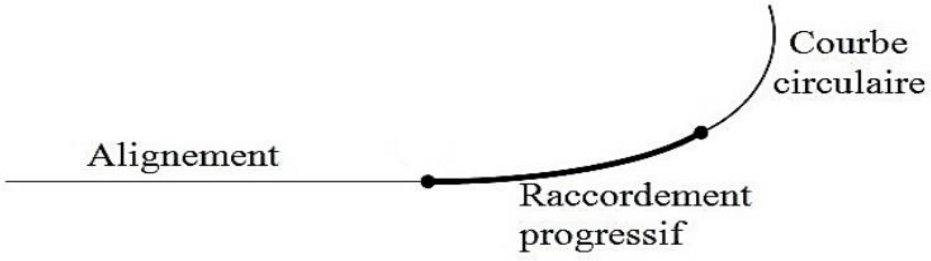


Figure 7 : Les éléments de tracé en plan

IV.1.1 Les alignements :

Bien que la ligne droite soit en principe l'élément géométrique le plus simple et le plus utilisé, son emploi dans le tracé des routes est limité. Cette limitation est due à la mauvaise adaptation de la route au paysage et à la monotonie de conduite qu'elle peut engendrer, ce qui peut augmenter le risque d'accidents.

IV.1.2 Arc de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- La stabilité des véhicules.
- L'inscription de véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- La visibilité dans les tranchées en courbe.

IV.1.3 Les rayons

La limitation des valeurs des rayons dépend de la stabilité des véhicules, de l'inscription de véhicules longs dans les courbes, et de la visibilité en courbe. Les rayons en plan doivent respecter les valeurs minimales, comme indiqué dans le tableau suivant :

Catégorie	L1	
Rayon minimal	Rm	600m
Rayon minimal d'devers	Rnd	1000m
Rayon minimal courbe de tr	1.5×Rnd	1500m

Tableau 5 Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (Source ICTAAL 2015)

- Remplacement des longs alignements droits : Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des courbes de grands rayons pour mieux intégrer la route dans le paysage et réduire la monotonie de la conduite.
- Utilisation de grands rayons : L'emploi de rayons supérieurs ou égaux à 1,5 fois le rayon minimal recommandé (1,5 Rnd) est souhaitable, dans la mesure où cela n'entraîne pas de surcoût significatif, afin d'améliorer le confort de conduite.
- Éviter les courbes au niveau des ouvrages d'art : Pour des raisons économiques, les courbes ont été évitées au niveau des ouvrages d'art.

IV. Les courbes de raccordement

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire nécessite l'utilisation de courbes progressives pour introduire le dévers et garantir la sécurité des usagers.

La clothoïde est la courbe de raccordement la plus couramment utilisée en raison de son accroissement progressif du rayon, facilitant une transition douce entre la ligne droite et la courbe circulaire. Elle permet également une introduction graduelle du dévers et de la courbure, respectant ainsi les exigences de stabilité et de confort dynamique. De plus, la clothoïde limite la variation de la sollicitation transversale des véhicules, assurant une conduite stable et confortable. En résumé, la clothoïde garantit une transition fluide et sécurisée entre les différents segments du tracé routier.

a- Rôle et nécessité des courbes de raccorde

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par les quatre condition conditions suivantes :

- Stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant

b- Options de courbes de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques disponibles qui répondent à la nécessité d'une variation continue de la courbure, nous avons identifié trois types de courbes :

- **Parabole** : Cette courbe est rarement utilisée en raison de son atteinte rapide au maximum de courbure (généralement utilisée dans les tracés ferroviaires).
- **Lemniscate** : Cette courbe est utilisée dans certains cas spécifiques de tracés routiers, notamment pour les problèmes de configuration en trèfle d'autoroute.
- **Courbes de raccordement** : Les courbes avec un rayon (cl
  inférieur à 1,5 fois le rayon minimal sont généralement introduites par des raccordements progressifs.

Leur longueur est au moins égale à la plus grande des deux valeurs : {14|Δδ| et R/9}.

Avec :

- R : rayon de courbure en (m).
- Δδ : la différence des pentes transversales (%) des éléments du tracé raccordés.

Tel que : |Δδ| = |δ1-δ0|

- δ0 : la pente transversale initiale : δ0= -2.5 %.
- δ1 : le dévers de la courbe δ1= 2.5%.

IV. Enchaînement des éléments du tracé en pla

Pour améliorer le tracé en plan, il est recommandé de substituer les longs segments droits par des courbes de rayon supérieur ou égal à 1,5 fois le rayon minimal, tout en maintenant les conditions de confort et les règles de visibilité.

- Pour deux courbes successives la première doit satisfaire à la condition « R1 ≤ 1,5R2 », où R1 représente le rayon de la première courbe rencontrée et « R2 < 1,5 fois le rayon minimal », celui de la seconde.
  Cette recommandation est particulièrement cruciale dans les sections à risque, telles que celles suivant une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire de repos ou dans une zone sujette au verglas.
- Il est préférable de séparer deux courbes consécutives par un segment droit d'au moins 200 mètres, à moins qu'il ne s'agisse de deux courbes de sens opposé reliées par des raccordements progressifs.

IV. Calcul manuel d'axe de tracé en plan :

ü Cas 01 : Rayon sans courbe de transition

Vb = 130 km	X (m)	Y (m)	R (m)
A (P1)	490518,18	4052500,0	1500
S (P2)	490664,71	4051701,9	1500
B (P3)	491823,99	4050506,5	1500

Tableau 6 : Les données de l'axe à calculer

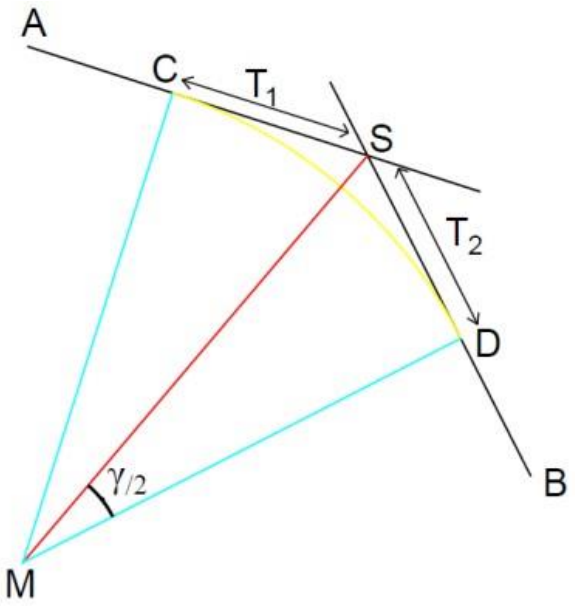


Figure 8: paramètres de raccordement par arc

Calcule des gisements

¶ Gisement AS :
α=arctg (Δ"Y Δx)=arctg (Δy Δx)
Δx+ ΔY+ : gisement AS= α
Δx+ ΔY- : gisement AS= 200-α
Δx- ΔY- : gisement AS= 200+α
Δx- ΔY+ : gisement AS= 400-α

Δx=490664,7157 – 490518,1870 =146,5287 >0

ΔY=4051701,9617 – 4052500,03= -798,0683<0

α=arctg (|ΔY| / Δx) =11,559 gr

Donc GA-S =200-11,559=188,441 gr ..... (1)

- **Gisement SB :**

Δx=491823,9959 – 490664,7157=1159,2802>0

ΔY=4051701,9617 - 4051701,9617 = -1195,4459<0

α=arctg (|ΔY| / Δx) =70,607 gr

GS-B=200-49,022=150,977 gr ..... (2)

¶ Calcule de l'angle

γ =| GAS- GSB |= | 188,44- 150,977 | γ= 37,462 gr

- Calcule des distances :

ö "¥شش ق ق ط ق ق=شش ر ت ه ر ص ط ط خ ق ه ر ف ط=811,40 m

"Ÿ ö=شش ق ق ط ق ق=شش ر ر ه ص ق ط ر ر د ت ت ط=1665,2391 m

- Calcule des tangentes :

T1 = T2 = T = R × tg (γ /2) = 1500 × tg (07,462/2) =454,531 m

- Calcule de la longueur de la courbe :

L = R × γ = 1700 × ($\frac{\text{١ ٥٢ ٤٠}}{\text{٠ ي ي}}$) =882,677 m

- Calcule des coordonn®es C et D :

Distance CS = T1 = T = 454,531 m

- Coordonn®es de point C : (fin de la tange

XC = Xs - T × sin (GA-S) =490664,7157- 454,531 × sin (119.721) = 490505,3168 m

YC = YS - T × cos (GA-S) =4051701,9617-454,531 × cos (119.721) =4052570,117 m

- Coordonn®es de p'iodi®nbtu tD d(ef ilna d2e®nleô atracngent c

XD = Xs - T × sin (GS-B) =490664,7157- 454,531 × sin (150,977) = 490981,1475 m

YD = YS - T × cos (GS-B) =4051701,9617-454,531 × cos (150,977) =4052335,606 m

Å Calcule des coordonn®es du centre du cercl

GC-M= GA-S+100 = 259,7 gr

XM = XC - R × sin (GC-M) = 490505,3168 + 1500 × sin (259,7) = 485587,5225m

YM = YC – R × cos (GC-M) = 4052570,117 + 1500 × cos (259,7) = 4051667,178 m

IV.PROFILE EN LONG :

IV.1Introduction

Le profil en long d'une route représente une trajectoire continue, dessinée à partir d'un tracé fictif. Il reflète ainsi les fluctuations d'altitude de l'axe de la route en fonction de sa distance le long de la courbe.

Ce dessin longitudinal est généralement constitué de segments rectilignes reliés par des courbes en forme de paraboles, servant de transitions verticales entre les portions droites (convexes et concaves).

Dans ce chapitre, nous abordons les directives et les standards à suivre pour concevoir le tracé longitudinal. Nous présentons également les résultats obtenus lors de cette élaboration.

IV.2Règles et normes à respecter pour le trac

Le tracé de la ligne rouge, représentant la ligne projetée retenue, doit répondre à des critères précis pour assurer confort, visibilité, sécurité et évacuation efficace des eaux pluviales.

- **Adaptation au terrain naturel** : Minimiser les volumes de terrassement excessif en suivant le relief existant autant que possible.
- **Respect des valeurs réglementaires** : Se conformer aux paramètres établis par la réglementation en vigueur.
- **Écoulement des eaux** : Appliquer une pente adéquate dans le profil en long, notamment dans les zones sans dévers, pour assurer un bon écoulement des eaux pluviales.
- **Équilibre des volumes** : Équilibrer les volumes de remblais et de déblais afin d'optimiser les mouvements de terre.
- **Coordination entre tracé en plan et profil en long** : Respecter certaines règles spécifiques, notamment :

  - Éviter les lignes brisées constituées de nombreux segments de pentes voisines. Les remplacer par un cercle unique ou une combinaison de cercles et d'arcs à courbures progressives de très grand rayon.
  - Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
  - Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage pour une meilleure intégration visuelle et fonctionnelle.

IV.3Coordination du tracé en plan et du profi

Pour qu'une route présente des caractéristiques satisfaisantes, il ne suffit pas que son tracé en plan et son profil en long, considérés isolément, respectent les règles qui leur sont propres. Il est également essentiel que le tracé en plan et le profil en long fassent l'objet d'une étude d'ensemble assurant leur coordination.

L'objectif principal de cette coordination est d'assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route, en termes de conditions de visibilité et, autant que possible, de confort visuel.

Règles à suivre pour éviter les défauts résultant d'une mauvaise coordination entre le tracé en plan et le profil en long :

- **Adaptation en cas de profil en long conve**

Augmenter le ripage du raccordement en introduisant une courbe en plan.

- **Coordination des courbes :**

Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe, faire coïncider autant que possible les raccordements du tracé en plan avec ceux du profil en long.

- **Respect des rayons**

Assurer que $R_{vertical} > R_{horizontal}$ pour éviter un défaut d'inflexion.

IV.2.4 raccordements en profil en long :
Il existe deux types de raccordements en profil en long :

- **Raccordement (angle saillant) convexes**

Leur conception doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Condition de confort : Assurer une transition douce pour les usagers de la route afin d'éviter les changements brusques d'inclinaison.
- Condition de visibilité : Garantir une visibilité suffisante pour permettre aux conducteurs de voir et d'anticiper les éventuels obstacles sur la route.

- **Raccordement (angle rentrant) concaves**

Dans un raccordement concave, les conditions de confort et de visibilité de jour ne sont pas déterminantes. Toutefois, il y a un problème de visibilité de nuit pour les routes non éclairées.

Il faut s'assurer que les phares des véhicules éclairent un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle à temps.

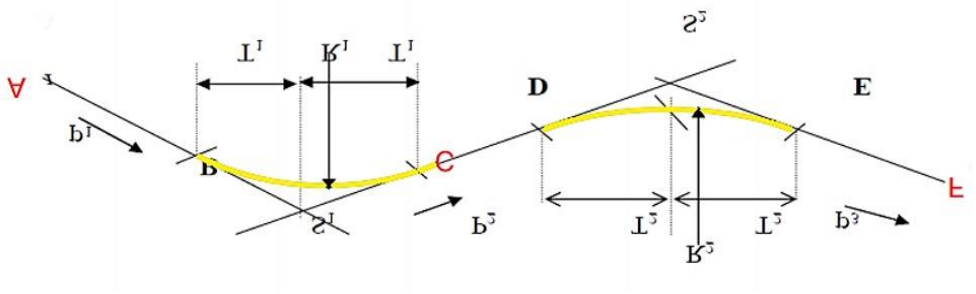


Figure 9 : schéma illustratif d'un rayon concave et convexe

IV.2.5 Déclivité :

La déclivité d'une route est définie comme la tangente de l'angle formé par la ligne rouge avec l'horizontale. Cette déclivité est également appelée pente dans le cas des descentes et rampe dans le cas des montées.

- **Déclivité minimale :**

La simple inclinaison transversale ne garantit pas un bon drainage des eaux de pluie. Ainsi, il est recommandé d'éviter les sections parfaitement horizontales (ou paliers) afin de permettre une évacuation latérale efficace des accumulations d'eau. Cela peut se réaliser grâce à des fossés ou des conduits présentant une pente suffisante pour un écoulement longitudinal adéquat.

Pente minimale : imin=0.5%, de préférence 1% (selon les recommandations de l'ICTTAL 2015)

- **Déclivité maximale :**

La détermination de la pente maximale dépend de plusieurs facteurs :

- Les conditions d'adhérence entre les pneus et la chaussée.
- La vitesse minimale des poids lourds.
- Les considérations économiques.
- Conformément aux directives de l'ICTTAL 2015 pour une route de catégorie L1, la pente maximale admissible est Imax=5%.

IV.2.6 Normes géométrique adoptées :

D'après L'ICTTAL 2015 on définit les suivants paramètres :

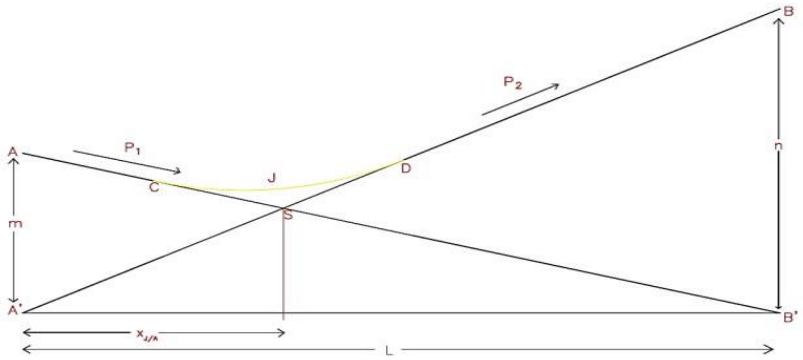
Paramètres	Valeurs
Vitesse de base VB	130
Déclivité max Imax	5
Déclivité min Imin (%)	0.5
Rayon minimal en an	12500
Rayon minimal en an	4200

Tableau 7 : Valeurs limites des paramètres du profil en long

IV. EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG :

• Cas d'un rayon concave :

Figure 10: paramètres de la parabole concave



Point	X	Z
A	-1,31	31,189
S	811,41	21,953
B	1465,05	28,954

Tableau 8 les données du PL pour l'axe calculé Point X

On a R=5000 m

- Calcul des pentes :

P1= $\frac{\text{ف ﻫ ف ب}}{\text{ب ﻫ ا ب}}$ => P1=-1,14%

P2= $\frac{\text{ت ف ﻫ ف}}{\text{ت ﻫ ا ف}}$ => P2=1,07%

- Calcul des tangents :

T= $\frac{\text{ث}}{\text{.}}$ × (| ũl | − | ũ2 |) = $\frac{\text{٣ ي ي ي}}{\text{.}}$(1,14× ρ ﻫ ط ρ ﻫ ع ρ ﻫ)=> T= 1,75 m

• Calcul de la flèche Bx :

Bx = $\frac{\text{ث ó}}{\text{.ع ث}}$ = $\frac{\text{٥ ٣ ó}}{\text{.ع ٣ ي ي ي}}$ => Bx = 3ع ρ ﻫ٢ m

• Calcul des coordonnées des points de tangentes :

XC = XS -T => XC = 809,66m

ZC = ZS - (T×|P1|) => ZC= 23,948m

XD= XS +T => XD = 813,16m

ZD= ZS +(T×|P2|) => ZD= 23,825m

• Calcul de la longueur de raccordement :

L=2×T => L=3,5 m

• Calcul des coordonnées du point J :

XJ/A= R×P1 = -57 m

ZJ/A= XJ/A×P1- $\frac{T^2}{2R}$= 64,655 m

XJ = XC+XJ/A ==> XJ = 752,66m

ZJ =ZC- ZJ/A ==> ZJ = -40,707m

IV.2 Conclusion

Lors de la conception de la ligne rouge, nous avons pris soin de respecter les hauteurs requises pour chaque ouvrage par rapport aux routes existantes, aux oueds, et aux pistes agricoles. De plus, nous avons scrupuleusement suivi les normes établies par l'ICTAAL pour le profil en long.

IV.3 PROFIL EN TRAVERS :

IV.3.1 Introduction :

Le profil en travers est la représentation en coupe de la route selon un plan perpendiculaire à son axe. Il détermine notamment toutes les dimensions et tous les détails constructifs, tels que les largeurs des voies, des chaussées et autres bandes, les pentes des surfaces et des talus, les dimensions des couches de la superstructure, ainsi que le système d'évacuation des eaux, entre autres.

IV.3.2 Classification du profil en travers :

Il existe deux types de profils :

- **Profil en** Ce profil comprend tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (remblai, déblai ou mixte).
- **Profil en t** Il s'agit d'une pièce de base destinée dans les projets à des distances régulières (10, 15, 20, 25m), utilisée pour calculer les cubatures.

IV.2. Les éléments du profil en travers :

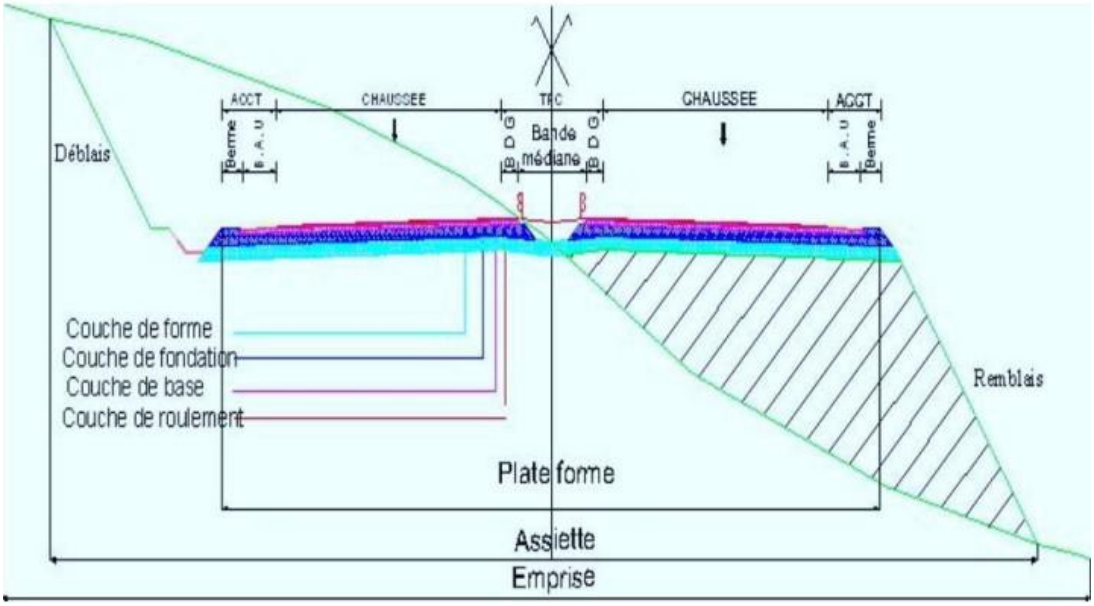


Figure 11 : Eléments constitutifs du profil en travers

IV.2.1. Pentes transversales (d'après ICTAAL 2015

Dans notre cas, tous les rayons de courbe sont supérieurs au rayon minimal pour les courbes déversées (toutes les courbes sont non déversées), ce qui nous donne les spécifications suivantes :

- La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur.
- La pente d'une B.A.U (Bande d'Arrêt d'Urgence) ou d'une B.D.D. (Bande Dérasée Dégagée) est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la largeur de la chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4% pour des raisons techniques.
- Les pentes des B.D.G. (Bandes Dégagées en Gazonnée) et du versant en toit d'un T.P.C. (Trottoir, Piste Cyclable) revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente.
- La berme extérieure présente une pente transversale de 8%, pouvant être portée jusqu'à 25% dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

IV.2.2. Application au projet :

D'après les normes de L'ICTAAL 2015, les éléments du profil en travers type de notre projet seront comme suit :

- Deux chaussées de deux (02) voies de 3.5m chacune
- Un terre-plein central de 10m avec :

Bande dérasé gauche BDG de 1m

Bande médiane de 1m

- Accotement de 4m avec :

Une Bande d'Arrêt d'urgence de 3m

Une berme 1m

- Pente de talus :

Remblais : 2H :1V

- Pente de la chaussée 2.5%
- Pente de terre-plein central :

Bande dérasé gauche BDG 2.5%

La largeur totale de notre plateforme de route et égale à 32m.

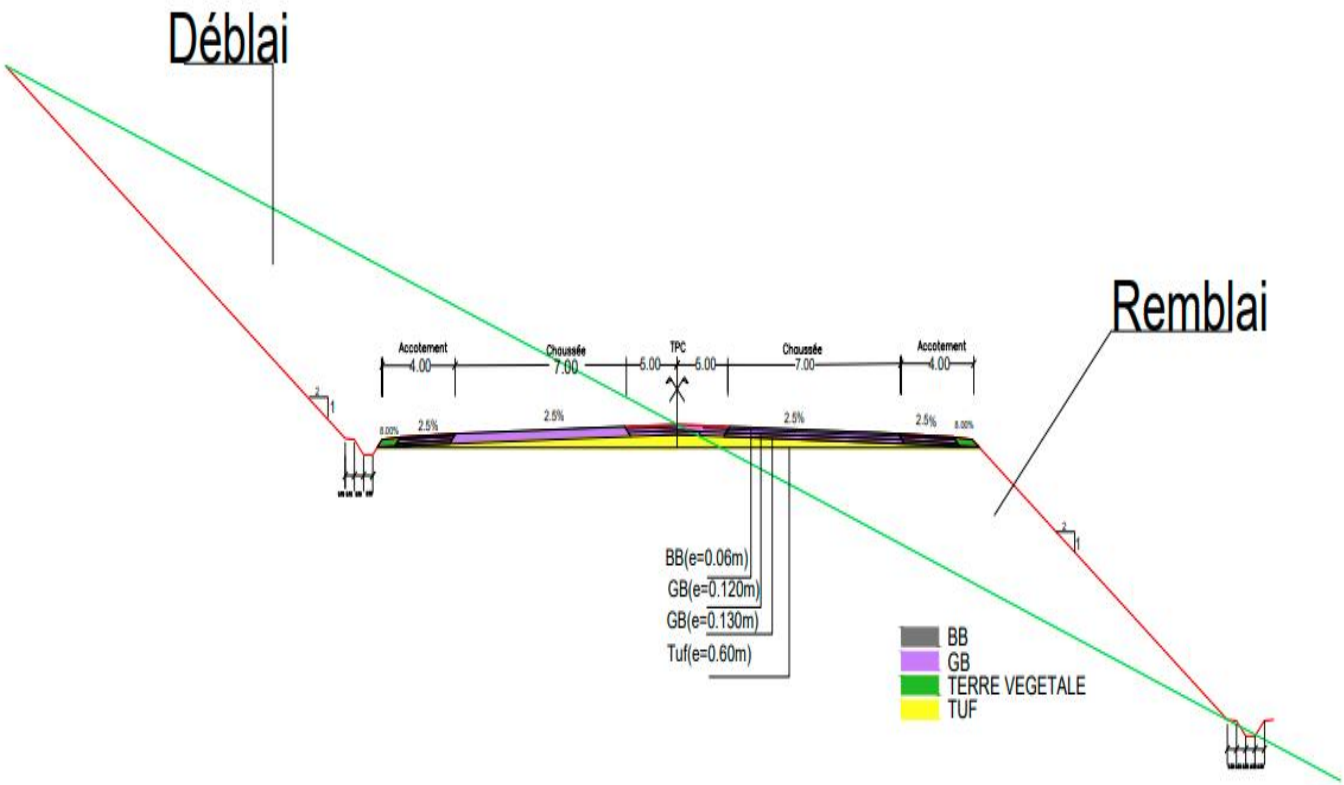


Figure 12 PROFIL EN TRAVERS TYPE

CHAPITRE V

ETUDE GEOTECHNIQUE

V. CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

V.1 INTRODUCTION

La géotechnique routière consiste à anticiper le comportement des sols ou des matériaux granulaires à travers des travaux de reconnaissance le long et autour de la zone concernée. Ces travaux ont pour objectif de définir la stratigraphie sur le tracé, de caractériser les propriétés géotechniques des matériaux rencontrés pour dimensionner le corps de la chaussée, d'évaluer la stabilité des talus des déblais et remblais, ainsi que de déterminer les conditions de réutilisation des sols excavés.

V.1.1 Contexte topographique

Du point de vue topographique, la portion d'autoroute à l'étude reste dans la plaine de Matidja sur le tout le tracé. Cette plaine est une zone d'agriculture par excellence. La polyculture, associant cultures maraîchères, grandes cultures et arboriculture intensive (agrumes, fruitiers à pépins et noyaux), est pratiquée sur toute son étendue. La Mitidja est un atout majeur pour l'économie agricole de la zone algéroise. La partie agricole la plus riche du littoral comprend les collines sublittorales du Sahel (Sahel argileux et marneux), allant de Saoula-Douéra à Mahelma, et qui sont principalement utilisées pour les grandes cultures destinées à l'élevage et à l'arboriculture fruitière (argiles rouges). Les argiles noires gonflantes et les marnes ne conviennent qu'aux grandes cultures ou aux prairies.

V.1.2 Contexte géologique et géotechnique

La région de la Mitidja, sur le plan structurel, est un syclinorium intra-montagneux orienté Est-Ouest, rempli de sédiments néogènes. Elle est encadrée au Nord par le relief du Sahel et le massif d'Alger, et au Sud par les massifs élevés de l'Atlas blidéen. Les flexures et les failles présentes dans la plaine sont liées au contexte compressif de la formation de l'Atlas, et sont responsables des séismes récurrents dans la région. Les terrains, souvent argileux et boueux, montrent une stratigraphie composée de formations alluvionnaires du quaternaire récent et ancien, ainsi que de dépôts post-nappe néogène. Les sols de la région sont fertiles, favorisant l'agriculture qui domine le paysage. Sur le plan hydrologique, le tracé traverse les cours d'eau d'Oued El Harrach et d'Oued Djemaa, tous deux prenant leur source dans les massifs de l'Atlas blidéen, traversant la plaine de la Mitidja avant de se jeter dans la Méditerranée.

V.1 LA RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE :

L'évaluation géotechnique consiste à analyser la stratigraphie et les caractéristiques géotechniques des sols le long du tracé de l'autoroute ainsi que des matériaux extraits des carrières locales. Les méthodes utilisées pour cette évaluation comprennent :

- L'étude des archives et des documents préexistants
- Les visites sur site et les divers essais réalisés in situ
- Les essais effectués en laboratoire

V.1 L'étude des archives et documents existan

L'analyse des archives et des documents préexistants constitue une étape essentielle. Les études antérieures réalisées à proximité du tracé fournissent des informations précieuses sur la

composition des terrains traversés. De plus, les cartes géologiques et géotechniques de la région, si elles sont disponibles, offrent des indications succinctes mais utiles pour se faire une première idée de la nature des formations géologiques et géotechniques présentes.

V.2 Présentation des essais

V.2.1 Les essais in site

V.2.1.1 Puits de reconnaissance :

Ces puits ont pour but d'observer directement en profondeur la nature des formations faisant office de sol support, évaluer l'épaisseur du sol de mauvaise qualité à décaper, déterminer l'épaisseur de terre végétale, détecter le niveau d'eau et prélever des échantillons remaniés pour identification et caractérisation géotechnique en laboratoire.

V.2.2 Les essais au laboratoire

Les essais en laboratoire planifiés pour le lot route sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Essais	Description	Normes	Objectifs
Essais Géotechniques	Analyse granulométrique (tamisage à sec)	NF P 94-056	Répartition pondérale des éléments granulaires d'un matériau des terrassements
	Analyse granulométrique (par sédimentation)	NF P 94-057	Détermination de la distribution pondérale de la taille des particules fines d'un sol
	Teneur en eau naturelle	NF P 94-050	Détermination de la teneur en eau d'un matériau
	Limites d'Atterberg	NF P 94-051 ou NF P 94-052-1	Détermination de l'argilosité d'un Sol
	Masse volumique des particules solides d'un sol	NF P 94-054	Détermination de la masse volumique moyenne des particules solides de sol
	Masse volumique sèche	-	Détermination de la masse volumique sèche d'un élément de roche
	Essai au bleu de méthylène	NF P 94-068	Détermination de l'argilosité d'un matériau
Essais de Compactage	Essai Proctor	NF P 94-093	Déterminer la masse volumique sèche d'un matériau et sa teneur en eau correspondante

	Indice CBR après immersion	NF P 94-078	Déterminer l'indice portant d'un échantillon de sol compacté dans un moule CBR avec une énergie Proctor Normal
Essais Mécanique	Essai œdométrique	XP P 94-090-1	Connaître les paramètres de résistance au cisaillement rectiligne (cohésion et angle de frottement interne) d'un matériau
	Essai de cisaillement	NF P 94-071-1	Connaître les paramètres de résistance au cisaillement rectiligne (cohésion et angle de frottement interne) d'un matériau

Tableau 9 Essais au laboratoire

V.3 RESULTATS DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

V.3.1 Résultats des reconnaissances in situ

V.3.1.1 Puits de reconnaissance

Durant cette phase d'étude, 10 puits de reconnaissance ont été planifiés le long du tracé de la 3ème Rocade d'Alger. Leurs profondeurs projetées varient entre 3m et 3,8m.

N° des Puits	PK	Profondeur réalisée (m)	Lithologie	Formation géologique
F39-R	40+800	3,50	Argile sableuse brune à grisâtre, à graves, jaunâtre et molle à la base	Alluvions récents marécageux du Quaternaire a3
F40-R	41+800	3,00	Argile sableuse brune, à graves, jaunâtre et molle à la base	Alluvions quaternaires récentes a2
F41-R	42+625	3,70	Argile sableuse brune, à graves, jaunâtre et molle à la base	
F42-R	43+800	3,80	Sable argileux brunâtre, grisâtre vers la base	
F43-R	44+925	3,50	Argile sableuse brun à grise	
F44-R	45+550	3,60	Argile sableuse brun à grise	
F45-R	46+525	3,30	Argile sableuse brun à grise avec des alluvions entre 250- 270 cm	

F46-R	47+700	3,30	Argile sableuse brunâtre avec des sables noires à la base	
F47-R	48+700	3,10	Argile sableuse brunâtre	
F48-R	49+700	3,00	Argile sableuse brunâtre	

Tableau 10 Résultats des puits de reconnaissance

V.3 Résultats des essais de laboratoire :

V.3.1 Essais d'identification :

V.3.2.1.1 Essai granulométrique (NFP 94-056) :

N° des Puits	PK	Dmax	%<2mm	%<0,08mm	%<2µm
F39-R	40+800	10	99,7	99,27	47,37
F40-R	41+800	5	99,94	97,91	9,73
F41-R	42+625	5	99,99	72,85	13,16
F42-R	43+800	12,5	99	55,84	18,76
F43-R	44+925	5	100	96,68	23,86
F44-R	45+550	6,3	99,54	77,02	28,46
F45-R	46+525	12,5	99	92,3	19,23
F46-R	47+700	10	99,71	91,15	19,68
F47-R	48+700	10	99,4	57,51	17,04
F48-R	49+700	5	99,86	75,56	20,9

Tableau 11 Résultat de l'essai granulométrique

Interprétation des résultats :

Les analyses granulométriques des puits de reconnaissance ont donné les résultats suivants :

➔ Pourcentage des élément (<2mm) varie entre 99 à100. %

➔ Pourcentage des fines (<80µm) varie entre 55,84 à 96,68%.

➔ Pourcentage des élément (<2µm) varie entre 9,73 à 47,37 %

➔ Dmax varie entre 5 à 12,5.

V.3.2.1.2 Limites d'Atterberg (NFP 94-051) :

N° des Puits	F39-R	F40-R	F41-R	F42-R	F43-R	F44-R	F45-R	F46-R	F47-R	F48-R
WL (%)	48	29	26	NM	28	27	31	27	NM	25
Ip	19	5	5	NM	6	8	10	4	NM	3

Tableau 12 limite d'Atterberg

WL : Limite de liquidité, IP : Indice de plasticité

Interprétation des résultats :

➔ WL des différents échantillons varie entre 25 à 48%.

➔ IP des différents échantillons varie entre 3 à 19%

V.3.2.2 Essais mécaniques :

V.3.2.2.1 Essai Proctor

N° des Puits	F39-R	F40-R	F41-R	F42-R	F43-R	F44-R	F45-R	F46-R	F47-R	F48-R
γdmax (t/m3)	1,56	1,74	1,78	1,81	1,69	1,75	1,66	1,71	1,79	1,75
ωopp(%)	19,6	13,9	16	15,3	19,8	13,6	19,8	13,6	14,7	14,5

Tableau 13 essai Proctor

ωopp : Teneur en eau optimale (%). γsmax : Densité sèche maximale.

Interprétation des résultats :

• Les teneurs en eau optimale varient entre 9,5 et 17,6 %.

• La densité sèche maximale varie entre 1,76 et 1,99 t/m3

V.3.2.2.2 Essai CBR imbibé

N° des Puits	F39-R	F40-R	F41-R	F42-R	F43-R	F44-R	F45-R	F46-R	F47-R	F48-R
Indice CBR	6		13		2		7		8	7

Tableau 14 Essai CBR imbibé

Donc l'indice CBR varie entre 2 à 13 avec une valeur moyenne de 7,16

D'après le catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves on conclut que la classe de portance de sol est de classe S3 (faible portance).

V.4 Classification du sol support :

Elle consiste à regrouper les sols qui ont une nature, un état et un comportement similaires par rapport à une application géotechnique particulière (route, fondation…)

Parmi la classification les plus anciennes on note :

- Classification GTR.
- Classification LCPC

V.4.1 Classification GTR (NFP 11-300)

Selon la technique de réalisation des remblais (GTR-SETRA-LCPC Fascicule 1 et 2), les Paramètres qu'on a besoin sont :

- Paramètres de nature :
  - La granulométrie
- Paramètres d'état :
  - État très humide (th).
  - État humide (h).
  - État humide moyenne (m).
  - État sec (s).
  - État très sec (ts)

N° des Puits	PK	%<2mm	%<0,08mm	Ip	VBS	ωn(%)	ωopp(%)	Classification GTR
F39-R	40+800	99,7	99,27	19	2	27.88	16.2	A1th
F40-R	41+800	99,94	97,91	5	2	30.09	13.1	A1th
F41-R	42+625	99,99	72,85	5	1	23.28	11.9	A1th
F42-R	43+800	99	55,84		0.5	9.87	11.6	A1s
F43-R	44+925	100	96,68	6	1.25	12.16	17.6	A1ts
F44-R	45+550	99,54	77,02	8	2	19.57	9.5	A1th
F45-R	46+525	99	92,3	10	1.49	19.42	14.7	A1th

F46-R	47+700	99,71	91,15	4	1	11.63	13.5	A1th
F47-R	48+700	99,4	57,51		0.75	11.72	11.7	A1th
F48-R	49+700	99,86	75,56	3	1	18.03	11.9	A1th

Tableau 15 Résultats de la classification LCPC pour puits de reconnaissances

Interprétation de la classification :

- La nature du sol est limons .

V.4.2 Classification LCPC :

N° des Puits	WL (%)	IP (%)	Classification LCPC
F39-R	48	19	Lp
F40-R	29	5	Lp
F41-R	26	5	Lp
F42-R			SA
F43-R	28	6	Lp
F44-R	27	8	Ap
F45-R	31	10	Ap
F46-R	27	4	Lp
F47-R			SA
F48-R	25	3	Lp

Tableau 16 Résultats de la classification LCPC pour puits de reconnaissances

Interprétation de la classification :

- La nature des enchantants sont des Limon peut plastique et Argile peu plastique.

- Le matériau du sol support est de sensibilité variable à l'eau.

V.4 CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
A_1th	**Sols normalement inutilisables en l'état** La réduction de teneur en eau par une mise en dépôt provisoire ou drainage préalable (plusieurs mois) peut être envisageable après étude spécifique et permettrait de les ramener en A_1h			NON
A_1ts	**Sols normalement inutilisables en l'état** Leur humidification pour les ramener dans l'état s voire m peut être envisagée sous réserve d'une étude spécifique			NON

Tableau 17 : CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI (GTR FASCICULE 2)

V.5 Conclusion

D'après les résultats de la classification GTR, il apparaît que la majorité de nos sols n'est pas réutilisable pour le remblai (il demande une étude spécifique). Par conséquent, nous avons décidé de nous approvisionner en sols auprès des gîtes d'emprunt suivantes :

Dénomination	PK Tracé	Distance au PK tracé	Faciès géologique	Classe GTR	Réserve
Sidi Bennour (au sud de la Ville Nouvelle de Sidi Abdallah)	36	1000	Calcarénites	B5h	6. 105 á ¹
Hammam Mélouane (route départementale 1)	p т	7600	Calcaire grumeleux miocène	A2m	0,5. 106 á ¹

Tableau 18 : récapitulatif des caractéristiques des gîtes d'emprunt

CHAPITRES VI
DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

VI. CHAPITRE: DIMENSSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

VI.1 INTRODUCTION

Le dimensionnement du corps de chaussée routière revêt une importance capitale dans l'élaboration des infrastructures routières. Il est primordial de déterminer avec précision les couches afin de garantir une résistance optimale aux charges engendrées par le trafic. Ce processus implique simultanément la sélection des matériaux adéquats répondant à des critères spécifiques, ainsi que la définition des épaisseurs des différentes strates composant la structure de la chaussée. Ces décisions se basent sur des paramètres fondamentaux, parmi lesquels :

- Le trafic (l'importance de la circulation et surtout l'intensité de trafic en poids lourds).
- Les matériaux utilisés.
- La portance de sol support désignée

VI.2 METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSSIONEMENT NEUVES

Les données de bases pour le dimensionnement de chaussée sont :

- Les données climatiques.
- Le trafic.
- La durée de vie.
- Le sol support de chaussée.
- Le risque de calcul considéré.
- Les caractéristiques des matériaux.

VI.2.1 LES DONNEES CLIMATIQUES

D'après le « catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP 2001) », le site de projet est classé en zone I (Wilaya de blida), donc :

- La température équivalente est 20 °C
- La Pluviométrie : supérieur 600 mm\an

Zone climatique			
Temp®ratu ®quivalen	I et II	III	IV
	20 °C	25°C	30°C

Tableau 19 Choix de la température équivalente (Fascicule 2)

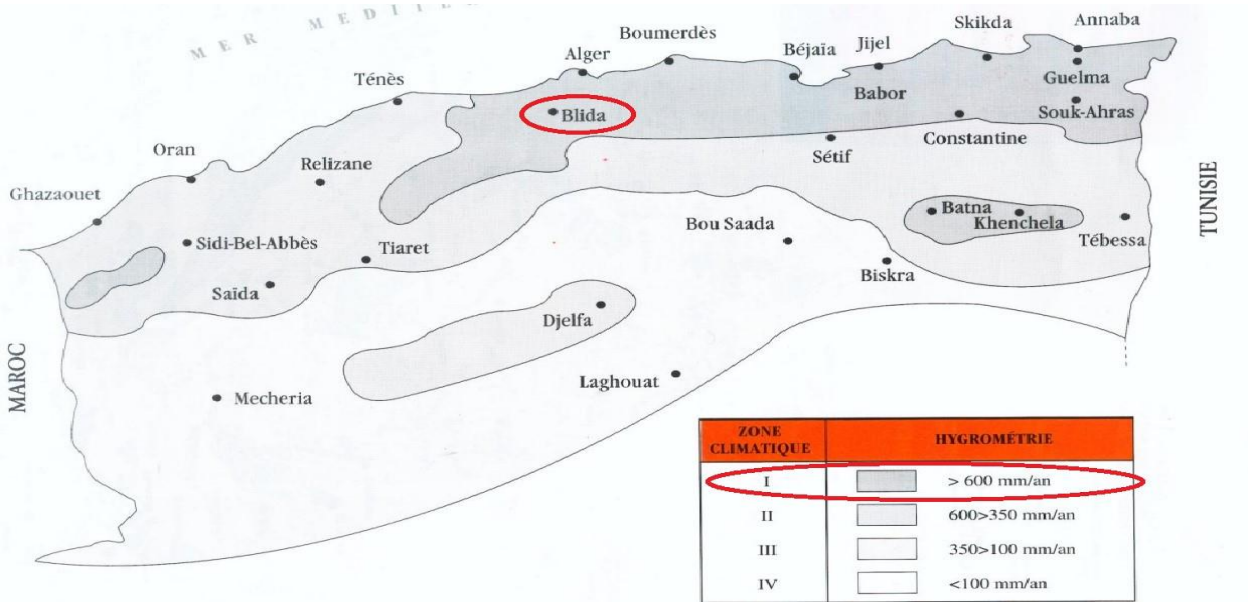


Figure 13 : Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie

VI. Réseau principal du projet

Les Données de l'étude :

- Année de comptage : 2022
- Année mise en service : 2029
- TJMA2022= 9428v/j dans les deux sens
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : = 2,93%
- Pourcentage de poids lourds : Z =25%

TJMA2029=11540v/j dans les deux sens > 1500(V/j) Le réseau principal de notre est. RP1.

Réseau principal	Trafic (véhicule/jo
RP1	>1500
RP2	<1500

Tableau 20 Choix de type de réseau principale

VI. Classe radic: (TPLi)

Le trafic été considéré comme équilibré (identique) dans les deux sens

TJMA2029= 11540 v/j

TPL2029 = (TJMA2029) x Z PL/j/sens

Donc la classe de trafic est TPL5.

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

Tableau 21 Classe TPLi pour RP1 (Fascicule n°1)

Trafic cumulé de poids lourd (TCi) :

Le TCi est le trafic de PL sur la période considérée 20 ans (durée de vie) il est donnée par la formule suivante :

$$TCi = 365 \times [(1+i)^n - 1] \times PL_i$$

- i : taux d'accroissement.
- n : durée de vie.

On trouve : $TCi = 365 \times [(1+0.04)^{20} - 1] \times PL_i$

⇒ TCi (2049) =25,03× ρ ftPL/j/voie le plus chargée

VI.Trafic cumul® ®quivalent

Cela se réfère au total des essieux équivalents de 13 tonnes pendant la période de vie analysée

TE(= TICA

- A : coefficient d'agressivité de poids lourd par rapport à l'essieu En fonction de réseau principal RPi.

Niveau dPrirn®c (RPi)	Types de ma Structures	Valeur de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GC, GB /TUF, GB/GC	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL, BCg/GC	1

Tableau 22 Valeurs de coefficient d'agressivité (Fascicule n°2)

D'après le tableau de « catalogue du dimensionnement algérien » A = 0.6.

Donc :

⇒ TCE2049 =25,03× ρ ft×0.6= 15,02× ρ ftessieux équivalent de 13t

VI.1 Risque de calcule

C'est la possibilité que surviennent, au fil du temps, des altérations structurelles nécessitant des travaux de renforcement de la chaussée.

Pour RP1 et un trafic TPL5 on a : r=10%

Classe de t	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risq (R%)	GB/GB GB/GNT	20	15	10	5	2

Tableau 23 : Risque adoptés pour le réseau RP1 (Fascicule n°2)

VI.2 Détermination des ulpap oprotr tdaen cceh adues ssoel

VI.2.1 Présentation des classes de portance des

Ci-dessous est présenté un tableau classant les sols en fonction de leur portance, allant de la classe S4 à la classe S0. Cette classification s'applique également aux sols- support pour les chaussées.

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

Tableau 24 Présentation des classes de portance des sols (Fascicule 1)

Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

Les valeurs des modules mentionnées dans le tableau ci-dessous ont été déduites en utilisant la relation suivante : E = 5×CBR.

Classes- support	S4	S3	S2	S1	S0
Module (	< 25	25-50	50-125	125-200	>200

Tableau 25 Classes de terme du sol support (fascicule 2)

En prendre la valeur de CBR = 2,36MPa

E (MPa) = 5×CBR = 11,8 (MPa)

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

VI.3 Amélioration de la portance du sol suppor

À court terme (pendant les travaux) : Le sol support doit répondre à l'un des deux critères de constructibilité (compactage, trafic de chantier) :

- Déflexion sous essieux de 13 tonnes < 2 mm

- Module à la plaque EV2 > 50 MPa, ce qui équivaut à une couche de forme de classe S2.

À long terme (chaussée en service) : Cette portance sera prise en compte dans la conception des structures de chaussée. Ainsi, pour notre cas de sur classement des sols supports, le tableau 5 du fascicule 1 (catalogue de dimensionnement de chaussée neuves) offre des indications sur le choix de la couche de forme à mettre en place.

Classe de Terrass®	Matériau (de forme	Epaisseur matériau de forme	Classe de support (S2)
S 4	Matériau non traité (*)	60cm (en deux couches)	S2

Tableau 26 : classement avec couche de forme en matériau non traité (fascicule 1)

VI.2. Choix des différentes couches constituant

VI.2.1. Proposition de la structure

- Couche de roulement : BB.
- Couche de base : GB
- Couche de fondation : GB

VI.2.2. Choix de dimensionnement

Dans le cadre du réseau principal (RP1) en Algérie, dans la zone climatique I, avec une durée de vie de 20 ans, un taux d'accroissement de 4.5%, une portance de sol de type S2, et une classe de trafic TPL6, le catalogue algérien (fascicule 3) recommande la structure suivante :

- Couche de roulement : BB = 06 cm.
- Couche de base : GB = 11 cm.
- Couche de fondation : GB= 12 cm.

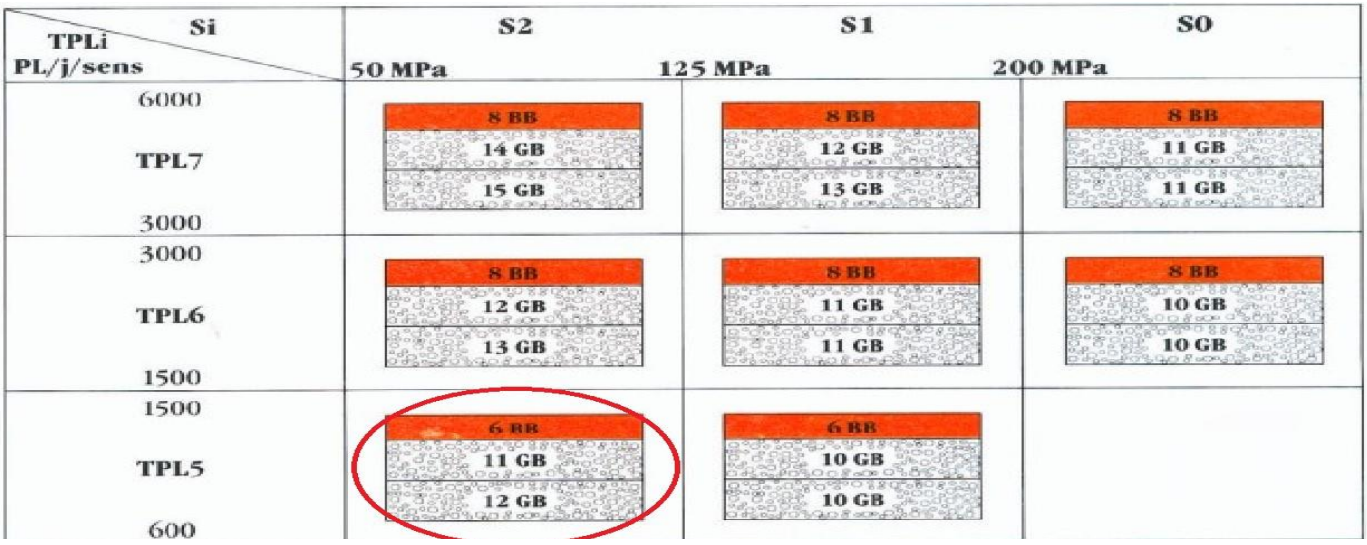


Figure 14 : Les Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue

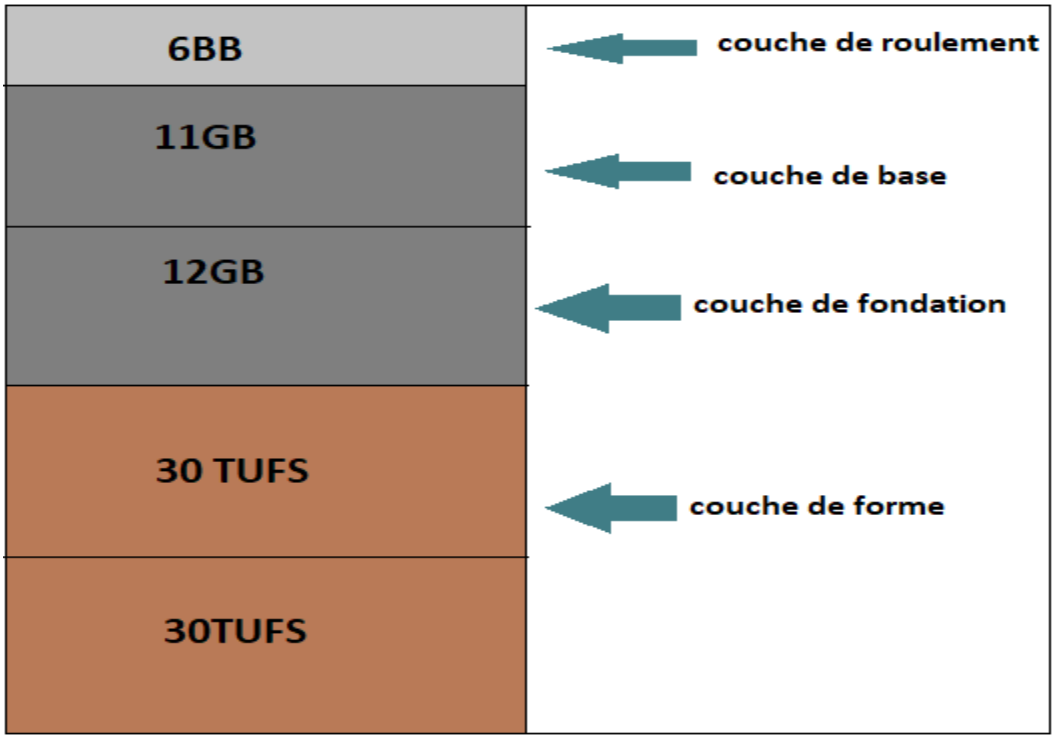


Figure 15 : Les Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue

VI.2 Vérification de la fatigue des structures

Il est nécessaire de vérifier que les déformations εt et εz de la structure, calculées à l'aide d'Alize LCPC, sont inférieures aux valeurs admissibles (Ɛtadm et Ɛzadm) déterminées par la méthode du catalogue.

- εt : représentant la déformation en traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

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

VI.2.1 Calcul la déformation admissible sol support

Elle est donnée par une relation empirique déduite des études sur des chaussées algériennes :

Ůz adm = 22000 x (NE)^-0.222

Ůt adm = 0.0266 x (NE)^-0.2 x (E)^-0.58 **4.50 Ič^-3**

VI.2.2 Calcul de la déformation admissible de t

Ůt, adm (θ=10°C, 25Hz) = Ɛ6 x Kne x Kθ x Kr x Kc

- Ɛ6 (10°c, 25Hz) : déformation limite détenue au bout de 106 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz (essai de fatigue).
- Kne : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée
  Kne = (NE/106)^-b

- KΘ : facteur lie à la température.
- Kr : facteur lié au risque et aux dispersions.
- Kc : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée.
- b : pente de la droite de fatigue (b)
- E (10°c) : module complexe du matériau bitumineux à 10°C
- E (module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.
- δ : La dispersion
- SN : dispersion sur la loi de fatigue.
- Sh : dispersion sur les épaisseurs.
- c : coefficient égal à 0.02.
- t : fractale de la loi normale q.

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

Tableau 27 : Valeur de t en fonction de risque (CTTP, 2001)

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

Tableau 28 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux (CTTP, 2001)

Alors d'après le tableau ci-dessus du Catalogue de dimensionnement des Chaussées Neuves on trouve les résultats suivants :

$$\delta = \sqrt{3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\quad}$$ ⇒ $$\delta = \sqrt{\pi \cdot \frac{\quad}{\quad} \cdot \quad} = 0,61$$

b=-0.146

Kr = = 0,76

Kne= AN : Kne= = 0,67

K = AN :

Kc=1.3

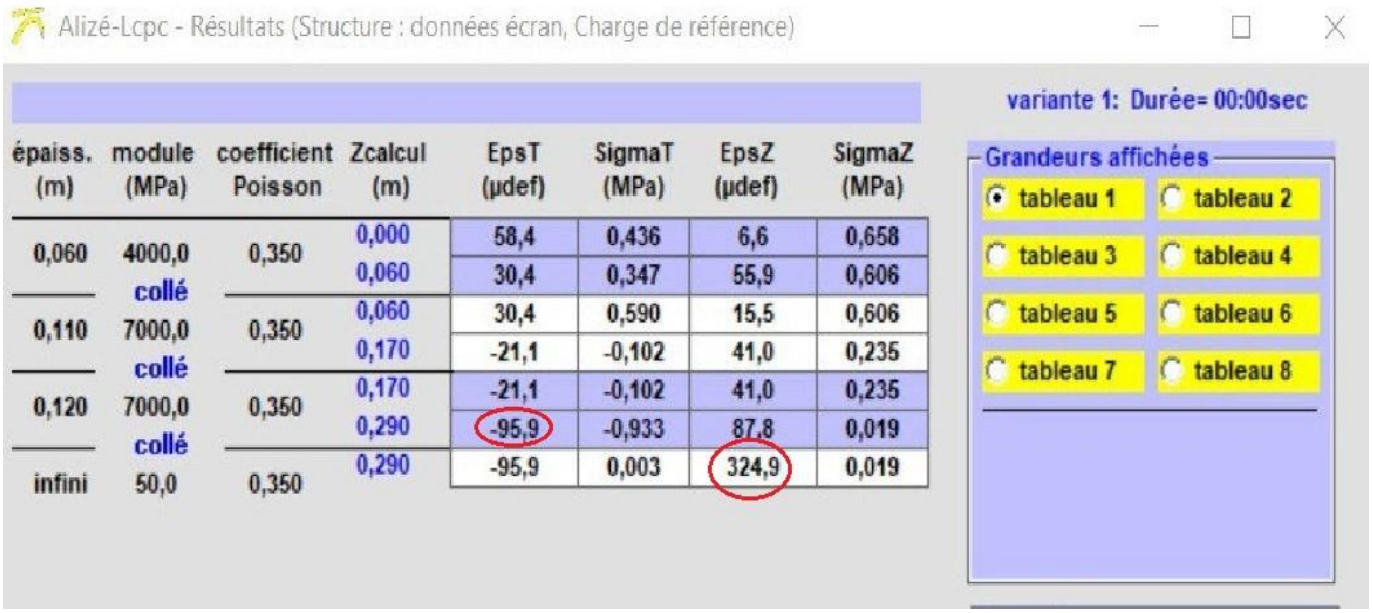
, adm = 6 (10 C, 25 Hz) Kne K Kr Kc

AN :

⇒ **, adm** =100 × 0,67×1,34 ×0,76×1,3= **0,88**

VI.R3sultats de la simulation

On a les résultats de la simulation à l'aide du logiciel Alizé-LCPC :



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 6 : R®sultats de la LCPC ulation

	Déformations calculées	Déformations admissible
(sol support)	3,249×	4.5×
(à la base de GB)	0,959×	0,88

> ⇒ Donc la structure n'est pas vérifiée

Il faut augmenter les épaisseurs

On propose la structure suivante :

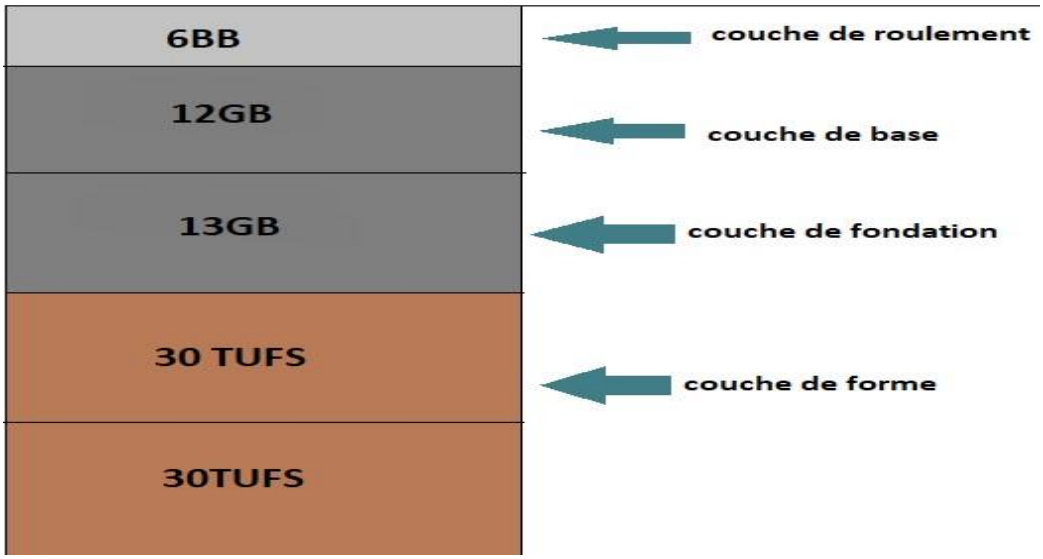
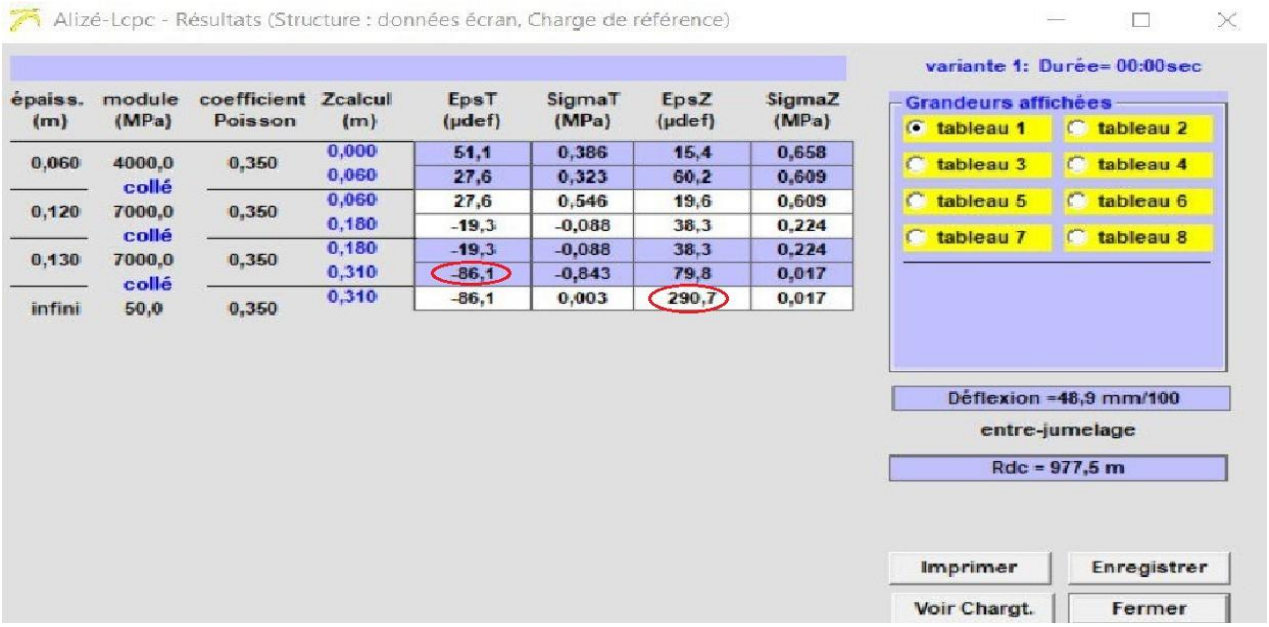


Figure 16 : Les Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue

R®sultats de la simulation :



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	51,1	0,386	15,4	0,658
	collé		0,060	27,6	0,323	60,2	0,609
0,120	7000,0	0,350	0,060	27,6	0,546	19,6	0,609
	collé		0,180	-19,3	-0,088	38,3	0,224
0,130	7000,0	0,350	0,180	-19,3	-0,088	38,3	0,224
	collé		0,310	-86,1	-0,843	79,8	0,017
infini	50,0	0,350	0,310	-86,1	0,003	290,7	0,017

Figure 17 : Résultats de la simulation à l'aide du logiciel ALIZE-LCPC

	Déformations calculées	Déformations admissible
Ůz (sol supp	2,907× ρ ₸ʸ	4.5× ρ ₸ʸ
Ů tà la base de GB)	0,861× ρ ₸ʸ	0,88 ρ ₸ʸ

La structure est donc vérifiée car :

Ůt <Ůt, adm et Ůz <Ůz, adm

VI.4CONCLUSION

En conclusion, en se basant sur la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves et en vérifiant les résultats avec le logiciel Alizé-LCPC, nous avons déterminé que la structure optimale pour notre projet est composée de couches de 6 cm BB, 12 cm GB et 13 GB cm. Cette combinaison assure une durabilité adéquate et répond aux exigences de performance fixées pour le trafic prévu et les conditions environnementales. L'utilisation conjointe de ces méthodes garantit que la chaussée conçue est à la fois robuste et conforme aux normes techniques actuelles.

CHAPITRE VII
ASSAINISSEMENT

VIII. CHAPITRE 8 : ASSAINISSEMENT

VIII.1 INTRODUCTION

L'évacuation des eaux pluviales est une préoccupation majeure dans le domaine des infrastructures routières. En effet, la présence d'eau sur la chaussée entraîne plusieurs problèmes : inondations, glissements de terrain, érosion, instabilité des talus et dégradation de la chaussée.

Pour évaluer les débits des eaux pluviales, il est essentiel d'étudier l'hydrologie de la zone concernée. La conception du système de drainage sera ensuite réalisée en appliquant des méthodes issues de l'hydraulique routière.

En général, l'assainissement désigne l'ensemble des mesures prises pour éloigner l'eau de la route.

VIII.2 ETUDE HYDROLOGIQUE

L'étude hydrologique vise à déterminer les caractéristiques des crues pour différentes périodes de retour, en prenant en compte les débits, les durées et les fréquences. Cette analyse repose sur les chroniques de débit relevées aux stations hydrométriques et sur les données relatives aux crues historiques. Des modifications significatives dans l'occupation des sols du bassin versant, telles qu'une urbanisation accrue ou un reboisement substantiel, ainsi que des aménagements en amont comme des barrages écrêteurs de crues, peuvent altérer le régime des crues, en particulier les crues moyennes. Cela peut nécessiter une mise à jour des études hydrologiques précédentes.

Les étapes de l'étude hydrologique comprennent :

- La collecte des données cartographiques.
- La collecte des données pluviométriques.
- Le traitement cartographique.
- L'estimation du temps de concentration.
- L'estimation des pluies de courte durée.
- L'estimation des débits d'apport (Qa).
- L'estimation du débit de saturation (Qs)l'étude :

VIII.3.Estimation des débits de crue Q

Le débit d'apport est calculé en utilisant la formule de la méthode rationnelle, qui s'applique aux superficies inférieures à 25 km² :

Les variables de cette formule sont définies comme suit :

$$Q_a = C \cdot I \cdot A / K$$

Qa : Débit maximum d'eau pluviale (m³/s)

C : Coefficient de ruissellement

I : Intensité de la pluie (mm/h)

K : Coefficient de conversion des unités (de mm/h en l/s), égal à 0,278

A : Aire du bassin d'apport (km²)

VIII.4.Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement (C) est un indicateur du pourcentage d'eau ruisselant sur un sol saturé par les précipitations antérieures par rapport à la totalité de l'averse. Il est estimé à partir de la méthode de Kenessey (Hongrie), où C'est la somme de trois coefficients partiels : C1, C2, et C3.

- C1 : Ce coefficient dépend de la pente du thalweg principal, estimé comme le rapport de la dénivelée du thalweg par sa longueur développée. Ces informations sont généralement obtenues à partir des cartes topographiques.
- C2 : Ce coefficient dépend de la perméabilité du sol, déterminée à partir des informations sur la nature du sol et ses caractéristiques.
- C3 : Ce coefficient dépend de la couverture végétale du bassin versant. Ces informations sont obtenues à partir d'une inspection visuelle des bassins versants, de photos prises sur le site et de photos aériennes.

En additionnant ces trois coefficients partiels (C = C1 + C2 + C3), on obtient le coefficient de ruissellement global, essentiel pour estimer le débit d'apport dans la méthode rationnelle.

VIII.1.Caractéristiques principales des bassins versants

Bassins versants	PK	Surface Km²	Longueur Du thalweg	Hmax (m)	Hmin (m)	Dénivelée (Hmax-Hmin)	Coefficient de ruissellement	Pente moyenne (%)
BV1	40+313	0.53	1.387	160	19	141	0.46	10.16
BV2	41+465	0.51	2.890	36	20	16	0.4	0.55
BV3	42+604	3.52	0.522	33	27	6	0.4	1.14
BV4	45+554	0.52	0.276	38	34	4	0.4	1.44
BV5	47+361	0.54	0.662	75	37	38	0.4	5.74
BV6	48+042	3.80	0.667	110	44	66	0.46	9.89
BV7	49+144	3.20	0.438	55	48	7	0.4	1.59
BV8	49+929	0.49	0.688	61	52	9	0.4	1.3

Tableau 29 Caractéristiques principales des bassins versants

VIII.2.Estimation du temps de concentration

Le temps de concentration est le temps écoulé entre le début d'une précipitation et l'atteinte du débit maximal à l'exutoire du bassin versant. Il correspond au temps nécessaire pour permettre à l'eau de ruisseler du point le plus reculé du bassin versant jusqu'à l'exutoire.

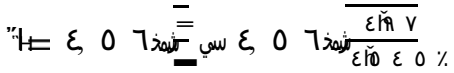
Temps de concentration tc :

- $t_c = 0,127\sqrt{\frac{A}{P}}$ Si A<5 km² (Méthode VENTURA)
- $t_c = 0,108\sqrt[3]{\frac{A \cdot L}{\sqrt{P}}}$ Si 5km²<A<25km² (Méthode PASSINI)
- $t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$ Si 25km²≤A≤ 200km² (Méthode GIANDOTTI)

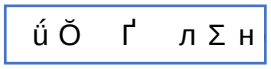
- A : superficie du bassin versant (km²)
- P : Pente moyenne du bassin versant P=(Hmax-Hmin) /L
- Hmax : altitude maximale (m)
- Hmin : altitude minimal (m)
- L : longueur de thalweg(km)
- La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

✓ **Exemple dôune application dans notre projet**

- Pour les bassins versants dont les superficies sont inférieures à 5 km², comme ceux situés entre PK 14+807 et PK 26+677, la méthode de **Ventura** est utilisée pour calculer les temps de concentration. Voici comment procéder pour le bassin versant BV1 :
  Pour BV1 (A=0.53 Km^2, P=10,16%, L=1.387 km)

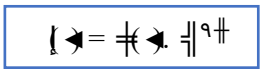






VII.Détermination de lôintensité

La formule de MONTANA décrit la relation existante entre l'intensité, la durée et la fréquence des pluies. Elle s'exprime de la manière suivante :



Avec :

b : L'exposant climatique b=0.59

( ) : Coefficient de MONTANA Pour t=50ans alors a(t) =34.6

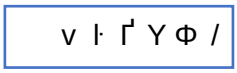
AN : Pour le BV1 (





VII.Détermination des débits dôapport

Le débit d'apport est calculé par la méthode rationnelle :



- **A** : Superficie du bassin versant (km^2)
- **I** : Intensité calculé
- **C** : Coefficient de ruissellement (d'écoulement)
- **K = 0 . 2 2 7 8**

N : B	A (k²)m	C	K	Tc (h	I (t) 50 an	Qa(m³/s 50 an
BV1	0.53	0.46	0.2278	0.29	71.82	3.98
BV2	0.51	0.4	0.2278	1.22	30.77	1.43
BV3	3.52	0.4	0.2278	2.23	21.56	6.91
BV4	0.52	0.4	0.2278	0.76	40.68	1.93
BV5	0.54	0.4	0.2278	0.39	60.30	2.97
BV6	3.80	0.46	0.2278	0.79	39.76	15.83
BV7	3.20	0.4	0.2278	1.80	24.46	7.13
BV8	0.49	0.4	0.2278	0.78	40.06	1.79

Tableau 30 Les valeurs des débits d'apport

VI IDI7MENSI ONNEMENT HYDRAULI QUE

Pour dimensionner les ouvrages hydrauliques nécessaires au franchissement de la voie, il est crucial de définir la crue de projet. La période de récurrence choisie pour cette crue est déterminée en fonction d'un équilibre entre le coût d'investissement et le risque de dommages potentiels, selon que les ouvrages sont surdimensionnés ou sous-dimensionnés. Voici les périodes de récurrence recommandées :

- 100 ans pour la conception des ponts.
- 50 ans pour la conception des dalots et buses.
- 10 ans pour les fossés Des TPC, Des bords, des crêtes et des pieds.

Utilisons les deux formules :

- Formule de continuité **Qs= V.Ï S**
- Formule de **MANNI NGSTRICKLER** v ă Γ ΦΥΥăăϋί ΐ'ΓΥΦε''ΓΓ

On détermine Le Débit de Saturation ainsi la Section capable d'évacuer le Débit calculé.

- **Sm** : Section mouillée.
- **Ks** : Coefficient de STRICKLER (**Ks = 70** pour les dalots et **Ks = 80** pour les buses)
- **R h**: Rayon hydraulique(m) Tq : w K Γ { Y ĸ
- **J** : La pente Moyenne de l'ouvrage

VII.8.DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE DRAINAGE T

L'écoulement des bassins versants se draine à travers l'autoroute par des dalots et des buses
Hypothèse de choix de l'ouvrage est relative avec le débit d'apport trouvé

Si (Q_a > = 4 .^{3}/2)on choisit un Dalot sinon une buse.

VII.8. Dimensionnement des buses :

Une solution par buse circulaire a été retenue pour la réalisation de l'ouvrage hydraulique reprenant les eaux pluviales du bassin précédemment étudié.



Figure 18 : représentatif d'une buse

Pour un taux de remplissage de 80% de buse

- **S_m**: Section mouillée : $S_m = \frac{\pi}{8} D^2$
- **P_m**: Périmètre mouillé : $P_m = \frac{\pi}{2} D$
- **R_h**: Rayon hydraulique : $R_m = \frac{D}{4} = \frac{R}{2}$
- **K_s** =80 pour les buses en béton
- **J** : La pente de pose égale la pente de profil en travers.

$$Q_a = Q_s = K_s \cdot \frac{\pi}{8} D^2 \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{D}{4} \qquad D = \left(\frac{Q_a}{K_s \cdot \frac{\pi}{8} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{8}}$$

- 2×R=Φ
- Une fois le diamètre est calculé. On choisit un diamètre normalisé commercial existant dans le marché : Φ500, Φ800, Φ1000, Φ1200, Φ1500 ...etc.

VII.APPLICATION DANS NOTRE PROJET

NÁBV	Q(m/s	R(m)	D(m)	Diamètre choisit ز
1	3.98	0.618	1.236	1500
2	1.43	0.421	0.842	1000
4	1.93	0.471	0.942	1000
5	2.97	0.554	1.108	1500
8	1.79	0.458	0.917	1000

Tableau 31 : dimensions des buses

✓**Exemple de calcul :**

Pour (BV2) : (″Eـ= ٧. ⋆ψ□٪, **J = 1 %,**) **Kst = 80**

AN R = $\frac{\text{١٨٧ ٤}}{\text{٤ ي ي ي ١ ٨ ٥ ٢ ي ي ي

- **R h**: Rayon hydraulique $R_h = \frac{S}{P} = \frac{\text{section mouillée}}{\text{périmètre mouillé}}$

- **Ks** =70 pour les dalots
- **J** : La pente de pose égale la pente de profil en travers

$$Qa = Qs = Kst \times (B \times 0{,}8 \times H) \times \sqrt{\frac{\text{pente de pose}}{\text{pente de profil en travers}}}$$

$$\text{Qa} = \frac{\text{Qs}}{\text{Kst} \times (\text{B} \times 0{,}8 \times \text{H})} \text{ et } \frac{\text{pente de profil en travers}}{\text{pente de pose}}$$

NBV	Q (m³/s)	b (m) Calculé	H (m) Calculé	b (m) Choisi	H (m) Choisi	Nbr de Section
3	6.91	1.41	1.5	1.5	1.5	1
6	15.83	1.97	2	2.5	2	1
7	7.13	1.44	1.5	1.5	1.5	1

Tableau 32 dimension des dalots

✓ **Exemple de calcule :**

BV 1(Q=6.91 m³/s, J=1%, Kst=70, H=1.5m)

Par itération manuel ou bien utilisons une calculatrice scientifique programmé

(Casio) on trouve b=1.41 et on prend b=1.5m

VIII.VERIFICATION DES DALOTS ET BUSES CHOISIT

Pour les dalots :

¶ Vérification de la vitesse :

$V = \frac{Q}{S} = 3.26$ m/s < 4 m/s (vérifié)

¶ Vérification la hauteur critique :

$\frac{h_c}{B} = 1$ D'où $h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \times B^2}}$ $\sqrt[3]{\frac{(6.91)^2}{9.81 \times (1.5)^2}}$ $h_c = 1.5$ m (vérifié)

Vérification du régime d'écoulement :

Nombre de Froude $= \frac{V}{\sqrt{g \times h}} = 0.8 < 1$ (régime fluviale)

Pour les buses :

- Vérification les conditions d'auto curage :

BV2 (Qa= 3.89 m^3/s, D=1500 mm, Kst=80, J=1%)

$$Q_{ps}=80\times3.14\times0.75^2\times(0.75/2)^{2/3}\times0.01^{1/2}=7.34\ m^3/s$$

$$V_p=\frac{Q_{ps}}{S_{ps}}=\frac{7.34}{1.76}=4.15\ m/s$$

D'après le tableau des conditions d'auto curage pour les ouvrages circulaires dans l'**Annexe** on trouve la Valeur (**V / Vps**) par une interpolation linéaire :

- Q/Qps=0.1 ➔ V/Vps=0.64 ➔V=Vps×0.64 ➔ V=4.15×0.64 ➔ V=2.66 m/s > 0.6 m/s

Vérifier

- Q/Qps=0.01 ➔V/Vps=0.32 ➔ V=vps×0.32 ➔ V=4.15×0.32 ➔ V=1.33 m/s > 0.1 m/s

Vérifier

Remarque Résultats des vérifications pour les autres ouvrages sont indiqués dans **l'Annexe.**

CHAPITRES VIII

CUBATURE

VIII. CHAPITRE 8 : Cubature

VIII.1. INTRODUCTION

Les mouvements de terre englobent tous les travaux de terrassement, ayant pour but principal de modifier la configuration du terrain naturelle afin de le préparer pour la construction d'ouvrages divers. Ces opérations sont essentielles et reposent souvent sur l'analyse des profils en longs et les profils en travers.

La modification du terrain naturel se divise en deux types d'actions : ajouter de la terre, appelé remblai, et enlever de la terre, appelé déblai. Le calcul des volumes de déblais et de remblais est désigné sous le terme de cubature des terrassements.

VIII.2. Définition :

La cubature des terrassements est une opération qui consiste à calculer les volumes de terre à déplacer, que ce soit en déblai ou en remblai, dans le cadre d'un projet. En d'autres termes, il s'agit de déterminer la quantité de terre à évacuer lors des déblais et celle à apporter lors des remblais, notamment dans un projet routier.

Les éléments nécessaires pour cette évaluation sont :

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

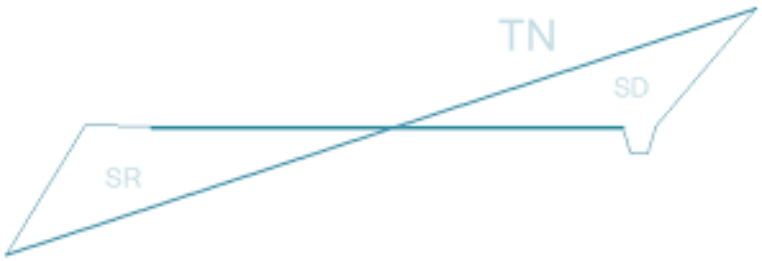
VIII.3. Méthodes de calcul des cubatures :

Le calcul des cubatures peut être fastidieux, mais plusieurs méthodes existent pour le faciliter. L'objectif est de calculer les surfaces de déblai (SD) et de remblai (SR) pour chaque profil en travers, puis de les soustraire pour déterminer la section pertinente pour notre projet.

Voici les étapes typiques :

- Calculer la surface de déblai (SD) pour chaque profil en travers.
- Calculer la surface de remblai (SR) pour chaque profil en travers.
- Soustraire SR de SD pour obtenir la section de terre à déplacer dans le projet.

- SD : surface de déblai.
- SR : surface de remblai.
- TR : terraine naturelle.



VIIFo4mule de Mr SARRAUS :

Cette méthode « formule des trois niveaux » consiste a calculé le volume déblai ou remblai des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

ώ= ⁴/₆ (ˆY1 + ˆY2 + 4ˆYŭ ŭ) ώ

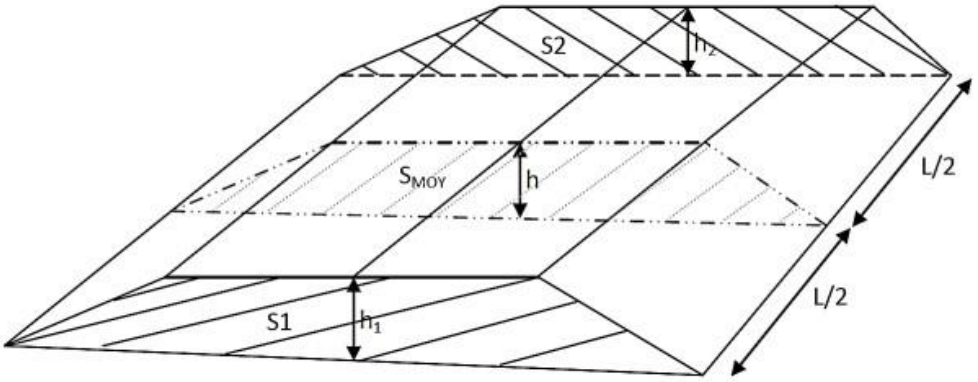


Figure 20 : Les positions des sections dans un profil en long

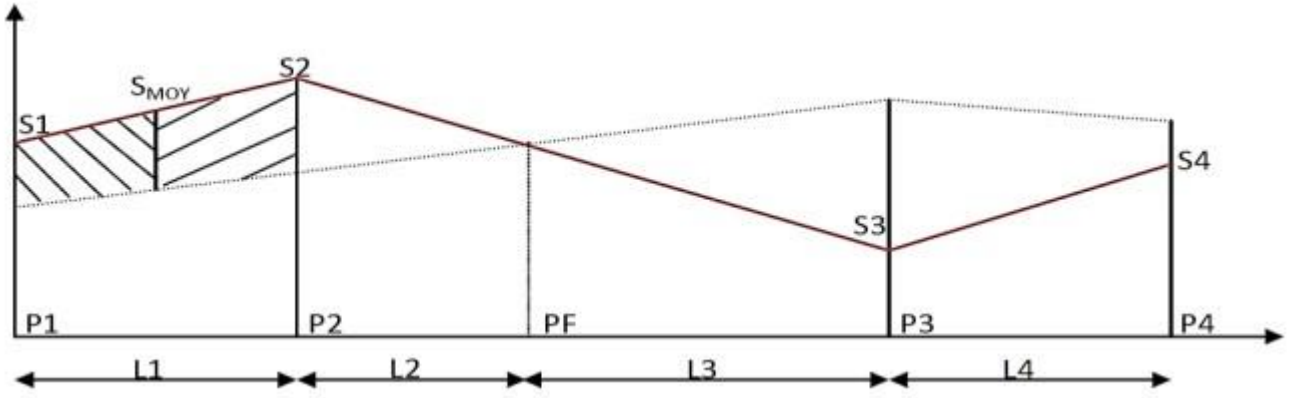


Figure 21 : Section des profils d'un tracé routier

• Pf : profil fictive, surface nulle.

• Si : surface de profil en travers Pi

• Li : distance entre ces deux profils

• Smoy : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li)

Pour éviter des calculs trop longs, cette formule est simplifiée en considérant les deux expressions **S moey** $\frac{\text{ή ά ή ٦}}{٦}$ comme très proches.

Ceci donne :

$$\omega = \frac{E}{2} \times (S_1 + S_2)$$

Donc les volumes seront :

$\omega_1 = \frac{d_1}{3} \times (S_1 + S_2)$ Entre P1 et P2

$\omega_2 = \frac{d_2}{3} \times (S_2 + 0)$ Entre P2 et PF

$\omega_3 = \frac{d_3}{3} \times (0 + S_3)$ Entre PF et P3

$\omega_4 = \frac{d_4}{3} \times (S_3 + S_4)$ Entre P3 et P4

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

$$\omega = \frac{d_1}{3} S_1 + \frac{d_1 + d_2}{3} S_2 + \frac{d_2 + d_3}{3} S_3 + \frac{d_3}{3} S_4$$

VII Méthode de Gulden :

Dans cette méthode, les sections et les largeurs des profils sont calculées de manière classique, mais la distance du barycentre de chacune des valeurs par rapport à l'axe est également déterminée. Pour obtenir les volumes et les surfaces, ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

La méthode de Gulden permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée. Par conséquent, lorsque cette méthode est utilisée, la notion de « longueur d'application » perd son sens.

Méthode linéaire : C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.
Remarque : la méthode de calcul la cubature a été utilisé c'est la méthode de gulden.

VII Méthode linéaire :

La méthode linéaire est la méthode classique. Elle consiste à multiplier les sections et les largeurs par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet, ce qui signifie que les résultats sont les mêmes quel que soit le tracé en plan.

Remarque : La méthode de calcul de la cubature utilisée est la méthode de Gulden.

VII.7 Calcul des cubatures de projet :

Pour notre projet, le calcul a été réalisée par logiciel CIVIL3D :

Volume total au niveau de l'abscisse curviligne 100+00.00	
Surface de déblai	0.00
Surface de remblai	204.39
Vol déblai	0.00
Vol remblai	15830.06
Vol déblai cumulé	0.00
Vol remblai cumulé	1928355.29
Vol net	-1928355.29

Tableau 33 : volume totale cumulé (déblai/ remblai)

- VOLUME TOTAL DEBLAI = 0 m3
- VOLUME TOTAL REMBLAI = 1 928 355.29 m3

CHAPITRE IX

CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

IX. CHAPITRE IX : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

IX.1 INTRODUCTION

Un échangeur est une intersection sur plusieurs niveaux (carrefour dénivelé) entre deux routes, permettant un raccordement fluide entre les voies qui se croisent. Il a pour objectif d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers tout en desservant plusieurs directions simultanément. Son implantation doit répondre aux exigences générales de visibilité et de perception du point d'échange. La conception d'un échangeur est une étape cruciale et déterminante, car elle prend en compte le coût du projet ainsi que sa durabilité. Il existe plusieurs types d'échangeurs, choisis en fonction de l'intensité des flux d'échange entre les deux voies et de la configuration du site.

Les échangeurs se divisent en trois catégori

- **Les** : ils assurent les liaisons entre des voies de type « autoroute ».
- **Les** : ils relient l'autoroute à la voirie ordinaire.
- **Les échangeurs** : ils permettent les échanges avec la voirie locale sur différents plans.

Dans notre cas, l'échangeur relie la 3ème Rocade avec l'accès à la ville de BOUINAN, il s'agit donc d'un **diffuseur**

Les avantages des échangeurs sont les suivan

- **Faciliter les** : Ils permettent aux usagers de se déplacer dans des conditions optimales de confort et de sécurité.
- **Éliminer les points** : ils réduisent les risques de graves accidents en supprimant les points de conflit.
- **Réduire** : Ils évitent les arrêts inutiles qui provoquent des pertes de temps considérables.
- **Minimiser les contrai** : Ils permettent une circulation fluide et de r sans interruptions fréquentes.
- **Assurer la** : Ils garantissent la continuité du réseau autoroutier, permettant des trajets plus directs et rapides.

Règles de conception :

Pour concevoir un bon échangeur, il est nécessaire de :

- **Déterminer** : Choisir le parcours optimal pour l'échangeur.
- **Projeter plusi** : Élaborer et comparer différentes configurations d'échangeurs.
- **Analyser et** : Effectuer une analyse approfondie pour choisir la meilleure option en évitant :
  - Le passage sur les terrains agricoles.
  - Le passage à proximité des habitations et des bâtiments publics.
  - Le passage à proximité des habitations et des bâtiments publics.

- ¶ Les passages sur les oueds ou à proximité pour ne pas avoir à construire des ouvrages d'art ou des murs de soutènement.
- ¶ Éviter les longs alignements droits.
- ¶ Réduire les terrassements importants.
- ¶ Éviter les sections à forte déclivité.
- ¶ Les sites avec des courbures à faibles rayons.

IX.T2ypes dô®changeurs :

Le choix du type d'échangeur à mettre en place est déterminé par plusieurs critères :

- ü Catégorie et classification des routes : Il s'agit des types de routes impliquées et de leur classification respective.
- ü Importance et volume des débits tournants : La quantité et l'importance du trafic tournant sont des éléments essentiels à considérer.
- ü Contraintes topographiques et environnementales : La géographie du terrain et les conditions environnementales jouent un rôle clé dans la décision.

Voici les principaux types d'échangeurs utilisés :

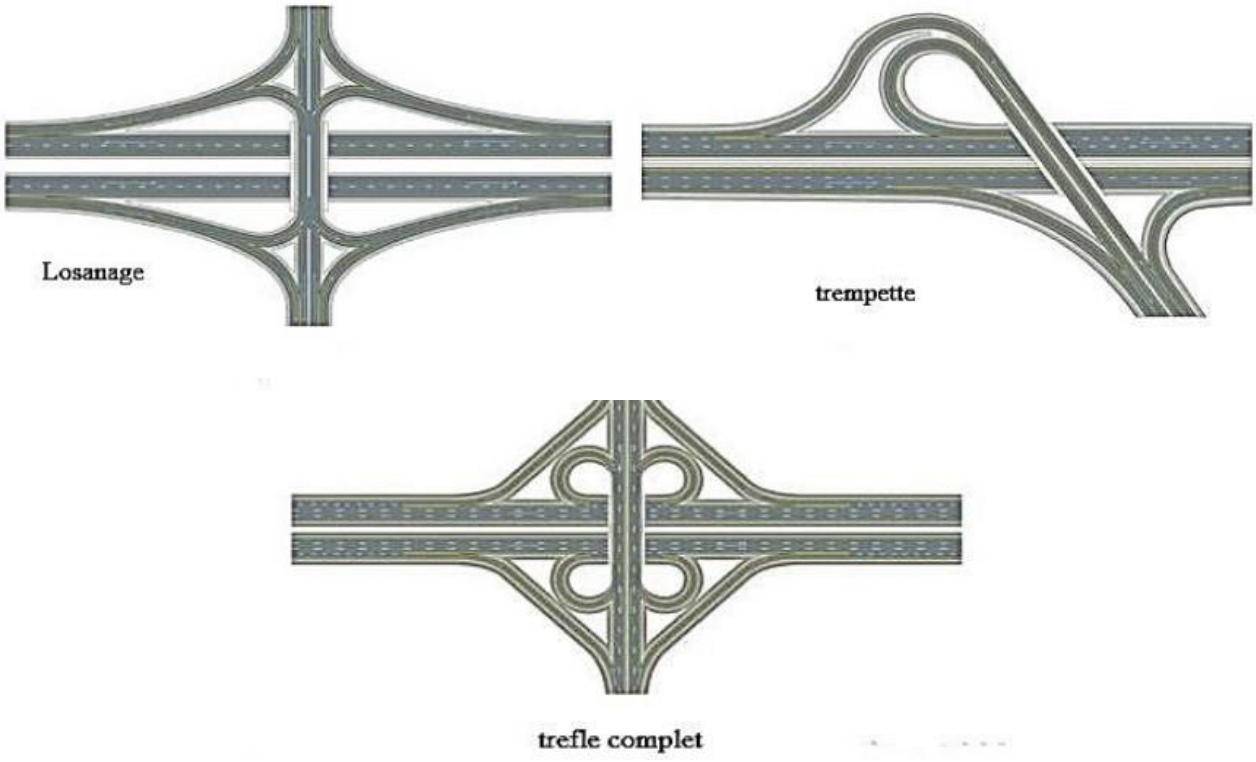


Figure 22 : les types des échangeurs

IX.2 échangeur majeur

Un échangeur majeur est un raccordement entre deux autoroutes. Il connecte deux voies ou autoroutes offrant un niveau de service élevé, où les croisements directs ne sont pas acceptés.

Voici les configurations possibles :

- **Trèfles** : Utilisé pour les raccordements à quatre branches, cet échangeur est imposant et nécessite une vaste emprise au sol. Il est justifié par un trafic important et équilibré.

IX.2 échangeur mineur

Un échangeur mineur est un raccordement entre une autoroute et une route ordinaire. Il existe deux types d'échangeurs mineurs :

- **Trompette**

- Utilisé pour les raccordements à trois branches, la configuration de la trompette comprend :
- Un alignement droit commun à toutes les bretelles.
- Une boucle d'entrée ou de sortie.
- Une diagonale de sortie.

- **Losange**

- Composé de quatre diagonales unidirectionnelles symétriques par rapport à l'axe de l'autoroute et d'un carrefour à niveau sur la route secondaire. Il est principalement adapté pour une distribution symétrique des flux de circulation.

IX.3 es composantes des échangeurs

Au cœur des échangeurs, on trouve une diversité d'éléments cruciaux :

- **Les ouvrages** : Elles assurent des passages tantôt surélevés, tantôt souterrains. Leur nombre et leur configuration sont minutieusement calibrés, prenant en compte :

- Le type d’échangeur à implanter.
- Les contraintes du site d’implantation.
- Les conditions de coordination profil en long et tracé en plan.
- Les conditions de règlementation et de conception.

- **Les carrefours** : Points nodaux le long des voies ordinaires, ces intersections requièrent une planification méticuleuse, attentive à chaque détail assurant sécurité et fluidité.
- **Bretelles** : Les artères, se déployant et fusionnant entre les flux contrariés, se déclinent en trois variétés distinctes

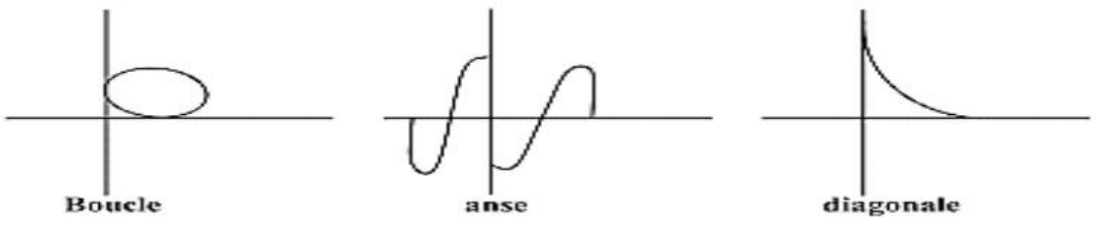


Figure 23 : Différents types des bretelles

IX.APPLICATION AU PROJET :

IX.échangeur du 1er Acc¯s)¨ : la ville de BOU

L'échangeur du 1er accès à nouvelle ville Bouinan se situe au point kilométrique 48 et à 6 kilomètres au Nord de cette nouvelle ville.

Cet échangeur assure la liaison de la nouvelle ville de Bouinan à la 3ème Rocade d'Alger, via la route projetée en 2X2 voies dans le cadre du projet des infrastructures d'accès à la nouvelle ville.

Les mouvements de circulation principaux dans cet échangeur sont dans le corridor Nouvelle ville de Bouinan - Tipaza, dans les deux directions.

IX.G5®om®trie en plan des brettelles :

IX.Rayon :

Selon ICTAAL 2015 le tracé en plan sont résumées dans le tableau suivant :

Brettelle à une voie de circulation à 70 km/h

El ®ment de conceptiCrit ¯re	
Rayon minimale au d	300 mètres
Rayon minimale d®ve	125 mètres
D®vers maximaux dan	7%

Tableau 34 Valeurs limite des rayons du tracé en plan

IX.Raccordement Progressif :

Une courbe circulaire est précédée et suivie de deux arcs de clothoïde de longueur égale à la plus grande des deux valeurs suivantes : L= φ et L=7 d1−d0 , où :

- d0 représente la pente transversale initiale,
- d1 est le dévers dans la courbe,
- R est le rayon de courbure (en mètres).

Pour les courbes avec un rayon inférieur à Rnd, la route est inclinée vers l'intérieur de la courbe. La pente transversale d'une chaussée standard est de 2,5 % vers l'extérieur.

Pour une chaussée inclinée, la pente transversale varie linéairement en fonction de 1/R, passant de 2,5 % pour un rayon Rnd (300 m) à 7 % pour un rayon de 100 m. Pour les rayons inférieurs à 100 m, la pente reste constante à 7 %.

IX. Profil en Long des Bretelles :

Les normes géométriques du profil en long des bretelles sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Elément de concept	Critère
Déclivité maximale	6%
Rayon en courbe ve	1500 m
Rayon en courbe rentrant	1200 m

Tableau 35 Valeurs limite de profil en long

IX. Profil en Travers des Bretelles :

La largeur de la chaussée en ligne droite est de 3,50 mètres pour les bretelles à une voie. Des surlargeurs de $\frac{٣}{ث}$ sont ajoutées dans les courbes, où R est le rayon de la courbe.

Les bretelles à sens unidirectionnelles il comportent :

- Une bande dérasée de 2,00 mètres du côté droit,
- Une bande dérasée de 0,50 mètre du côté gauche,
- Une berme de 1,00 mètre du côté droit,
- Une berme de 1,00 mètre du côté gauche.

Les paramètres de profil en travers sont résumés dans le tableau suivant :

Largeurs minimales des éléments en mètre	
Largeurs de la voie	3.5 m
Largeurs de la voie	7 m
Surlargeur dans un	50/R
100 m	2 m
Bande dérasée droit	0.5
Bande dérasée gauch	1

Berme ext®rieure	
Pentes transversales en alignement et en courbe non	
Chauss®e	2.5%
Bande d®ras®e droit	2 m
Bande d®ras®e gauch	0.5 m
Berme ext®rieure	8%
Pentes en courbe d®vers®e	
Chauss®e	7% max
Bande d®ras®e droit	7% max
Bande d®ras®e gauch	7% max

Tableau 36 Valeurs limite de profil en travers

IX.5Trac® en plan des boucles :

Elément de conceptiCritère
Rayon minimale (Rm) 40 m
Rayon minimale dans des boucles 60 m
D®vers maximal dans 7%

Tableau 37 : norme géométrique des boucles

IX.6ones de D®c®l®ration et d'Acc®l®ration :

Le raccordement d'une bretelle à l'autoroute est assuré par une voie d'insertion à l'entrée et une voie de décélération à la sortie.

IX.6.1e de D®c®l®ration :

Pour les sorties à une voie, ce qui est le cas le plus courant pour les diffuseurs, le dispositif de sortie comporte :

- **Section de manîuvre :**

Un biseau adjacent à l'autoroute, de 150 mètres de long, jusqu'à ce que le musoir de divergence atteigne une largeur de 1 mètre.

- **Section de d®c®l®ration :**

La longueur de cette section permet de passer de la vitesse conventionnelle (70 km/h pour un rayon de bretelle inférieur à 120 m) à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée, avec une décélération constante de 1,5 m/s².



Figure 24 : Dispositif de sortie de l'autoroute

IX. Zone d'Accélération :

Le dispositif d'entrée comprend :

- **Section dôaccélération :**

L'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 % et 5 %.

Sa longueur dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle et doit permettre d'atteindre, au point où "E = 1,00 m", une vitesse conventionnelle de 55 km/h avec une accélération constante de 1 m/s².

- **Section de manîuvre :**

Adjacente à la chaussée de l'autoroute, cette section est longue de 200 mètres et large de 3,50 mètres.

- **Biseau :**

Un biseau de 75 mètres de long.

La zone de sécurité pour une voie où la vitesse est limitée à 70 km/h est de 4 mètres.

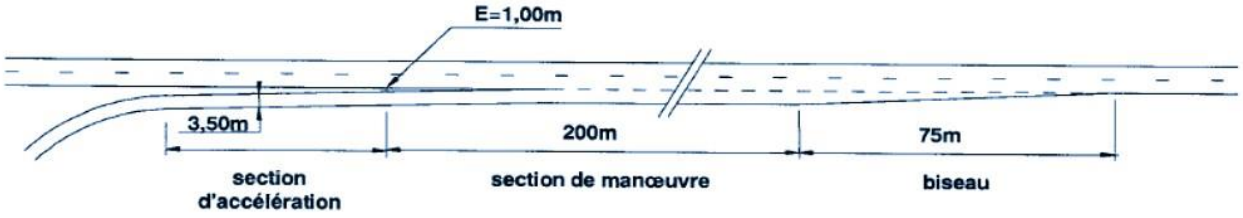


Figure 25 : Dispositif d'entrée sur l'autoroute

IX.Rentré et la sortie dôautoroute :

Les déférente valeurs des rentrés et des sorties d'autoroute sont :

- Longueurs des entrées

L a: longueur de la section d'accélération en palier 275 m

L me longueur de la section de manœuvre en palier 200 m

L t: longueur de la section convergente 75 m

ü Longueurs des sorties

L ms longueur de la section de manœuvre 150 m

L d longueur de la section de décélération en palier 150 m

I X.Vßi s i b i l i t ® :

Vitesse	120 km/h
Vitesse	33.33 m/s
D®c®l®ration moyenn	0.34 m/s²
Distance dôarr(t en	233 m
Distance de manîuvr	200 m
Distance de visibil	100 m
Distance de lecture	167 m
Vitesse	120 km/h
Vitesse	33.33 m/s
D®c®l®ration moyenn	0.34 m/s²
Distance dôarr(t en	233 m
Distance de manîuvr	200 m
Distance de visibil	100 m
Distance de lecture	167 m

Tableau 38 : principale distance de visibilité

IX.Vue en plan de lô®changeur :



CHAPITRE X

OUVRAGE D'ART

X. CHAPITRE DOUVRAGE D:ô ART

X.1 INTRODUCTION

Un pont est une structure conçue pour permettre à une voie de circulation de traverser un obstacle naturel ou une autre voie de circulation. Selon sa fonction, on peut le classer en différentes catégories telles que le pont-route, le pont-rail ou le pont-canal.

Dans cette section, nous allons examiner les divers types d'infrastructures à concevoir pour surmonter les obstacles présents, qu'il s'agisse de routes, de pistes, de voies ferrées ou des oueds.

X.2 Choix de type de lôouvrage :

Le processus de sélection de la structure implique la prise en compte de nombreux paramètres. L'objectif principal est d'optimiser à la fois sur le plan technique et économique le franchissement prévu, en tenant compte de toutes les contraintes naturelles et fonctionnelles qui s'imposent.

X.3 Les param¯tres qui interviennent dans le c

Les paramètres pris en considération lors du choix du type de l'ouvrage sont habituellement :
On a beaucoup types d'enrobé on distingue deux types d'enrobés :

- ¶ Les profils de la voie (profil en long, profil en travers, tracé en plan…)
- ¶ Implantation es appuis
- ¶ La nature du sol de fondation.
- ¶ Le gabarit à respecter.
- ¶ Les conditions d'exécution et d'accès à l'ouvrage.
- ¶ Les conditions hydrauliques.

X.4 Gabarit r®serv® :

Le gabarit représente la hauteur minimale à dégager au-dessus de la voie franchie, mesurée perpendiculairement à cette voie. En Algérie, les normes réglementaires imposent les dimensions suivantes pour le passage :

- Sur les autoroutes et les routes express, le gabarit doit être d'au moins 5,25 mètres.
- Sur les routes ordinaires, le gabarit doit se situer entre 4,50 mètres et 4,80 mètres.
- Pour les voies ferrées, le gabarit doit être de 6,3 mètres.

X.5 Les voix de r®tablissement :

Les voies de rétablissement désignent les structures permettant le franchissement d'une voie, et comprennent :

Passages supérieurs :

X.5.1 Ces ouvrages concernent les voies express

- Les routes nationales.
- Les chemins de wilaya.
- Les chemins ruraux et les pistes agricoles.

X.5 Passages inférieurs :

Il s'agit d'ouvrages de franchissement situés à un niveau inférieur par rapport à une route, une voie ferrée ou un canal.

X.6 Les ouvrages existant dans notre projet :

Il existe trois passages supérieurs sur notre projet :

- Échangeur 1er Accès à la ville de BOUINAN PK 45+308
- Ligne ferroviaire pk
- Autoroute Est – Ouest PK 43+466

X.6.1 OA 01 échangeur

L'ouvrage numéro 01 est un échangeur localisé à BOUINAN, au PK 48. Il relie le premier accès de la ville de BOUINAN à notre projet.

X.6.2 ouvrage OA02

L'ouvrage numéro 02 est un passage supérieur de longueur de 51.1 m. Il traverse l'axe de notre projet au pk 46+862, en croisant une ligne ferroviaire.

X.6.3 ouvrage OA03

L'ouvrage numéro 03 est un passage supérieur de longueur de 50 m. Il traverse l'axe de notre projet au pk 43+825, en croisant l'Autoroute Est – Ouest.

CHAPITRE XI

SIGNALISATION

XI. CHAPITRE SIX : SIGNALISATION

XI.1 INTRODUCTION

La signalisation routière constitue un moyen de communication essentiel avec les usagers de la route. Une signalisation efficace équivaut à une communication efficace.

Une bonne signalisation permet de garantir l'écoulement du trafic dans des conditions optimales, assurant ainsi une gestion fluide du trafic et une sécurité routière accrue.

Il existe deux types de signalisation :

- Signalisation horizontale
- Signalisation verticale

XI.2 La signalisation horizontale

La signalisation horizontale est essentielle pour la sécurité routière et est obligatoire sur les autoroutes. Il joue un rôle fondamental en délimitant les voies de circulation, ce qui améliore la sécurité routière. En outre, la signalisation horizontale complète la signalisation verticale.

Le marquage de la chaussée se décline en plusieurs catégories de marques.

XI.3 Caractéristiques générales des marques

XI.3.1 Couleur des marques de chaussée

Les couleurs utilisées pour les marquages sur la chaussée sont le blanc et le jaune. Le jaune est spécifiquement utilisé pour les voies réservées aux transports en commun (T4) et pour la délimitation du (TPC), tandis que le blanc est employé pour les autres types de marquages.

Les caractéristiques des peintures ou matériaux utilisés pour ces marquages comprennent la durabilité et la capacité de rétro-réflexion, assurant ainsi une visibilité optimale et une longue durée de vie.

XI.3.2 La largeur des lignes

Les largeurs des lignes de marquage sur la chaussée sont définies en fonction d'une unité de mesure, U. Les valeurs de U varient selon le type de route :

U = 7,5 cm : Sur les autoroutes, les bretelles des diffuseurs, les nœuds autoroutiers, ainsi que les entrées et sorties des aires.

U = 6 cm : Sur les bretelles de sortie de l'autoroute après les péages, sur les bretelles d'entrée de l'autoroute avant les péages, et sur les routes nationales (RN).

U = 5 cm : Sur toutes les autres routes qui ne sont pas classées comme nationales.

Il est impératif que la valeur de U soit homogène sur l'ensemble d'un itinéraire.

Pour notre projet la route est de type "autoroute". Donc la valeur de U est 7.5 cm

Modulation	Désignation des marques	Largeur
Continue	Délimitation de terre-plein central (TPC)	3U
	Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes à trois voies, avec deux voies affectées à un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies	3U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U
T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5U
	Ligne de rive de chaussée	3U
T'2	Ligne " CÉDEZ-LE-PASSAGE "	50 cm
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, en section courante (hors bretelles de raccordement) sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés	3U

Tableau 39 : Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées

XI. Les caractéristiques des lignes discontinues

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

Tableau 40 : Les caractéristiques des lignes discontinues

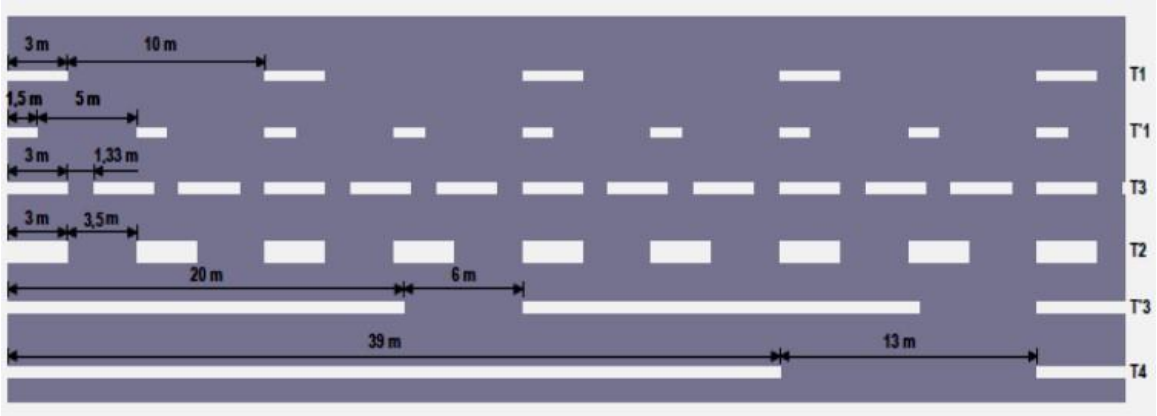


Figure 26 : les lignes longitudinales

XI.4 Dispositifs de retenue :

Les dispositifs de retenue sont conçus pour protéger les véhicules contre les départs de route inopinés. Leur utilisation est étroitement liée à la notion de zone de sécurité, définie par l'ICTAAL 2000, qui stipule qu'une zone minimale de 8,5 mètres doit être préservée le long des chaussées. Tout obstacle, qu'il soit naturel ou artificiel, doit être isolé ou écarté, notamment sur les voies autoroutières.

Parmi les dispositifs de retenue couramment utilisés, on retrouve :

- Les glissières de sécurité métalliques fixes

- Les glissières de sécurité métalliques amovibles

- Les séparateurs en béton

XI.5 Application au projet :

XI.5.1 Signalisation horizontale :

Le marquage du tracé

Les lignes de délimitation de voies sont de type T1 de largeur 2u.

Les lignes délimitant une bande d'arrêt d'urgence de type T4 de largeur 3u.

Ligne de délimitation de terre-plein central (TPC) de type continue de largeur 3u.

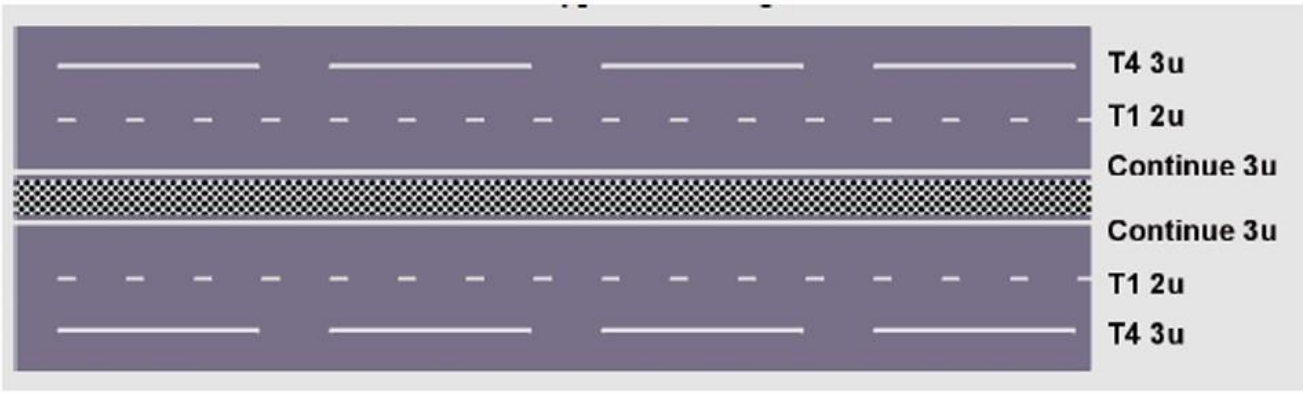


Figure 27 : les lignes de délimitation de voies dans le tracé

XI. 5Le1s. 1fl¯ches :

ü Les flèches de sélection

Situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doive suivre la direction indiquée.

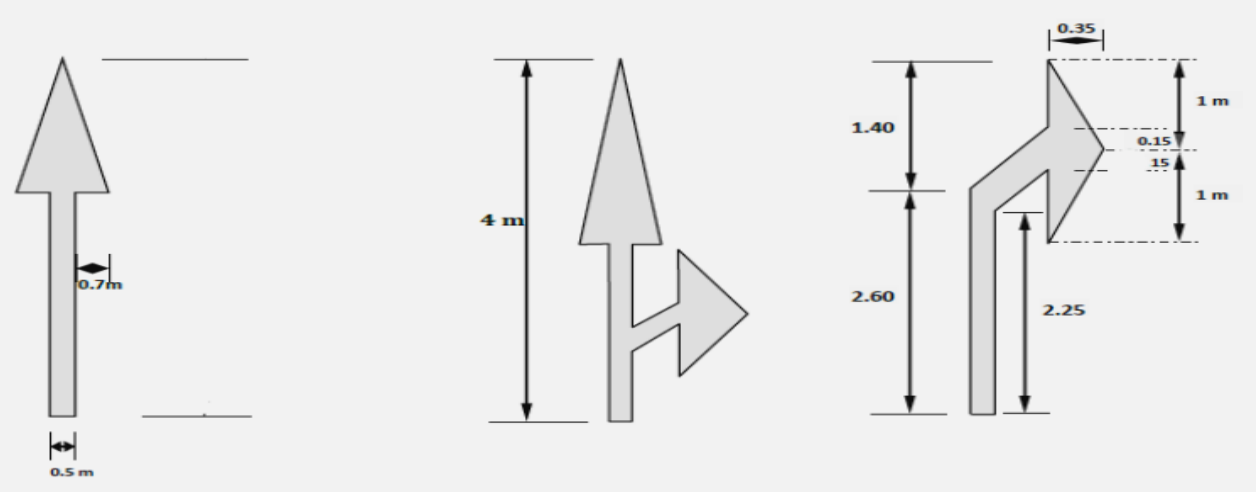


Figure 28 : Flèches de sélection

ü Les flèches de rabattement

Indiquent la voie dans laquelle il faut se rabattre.

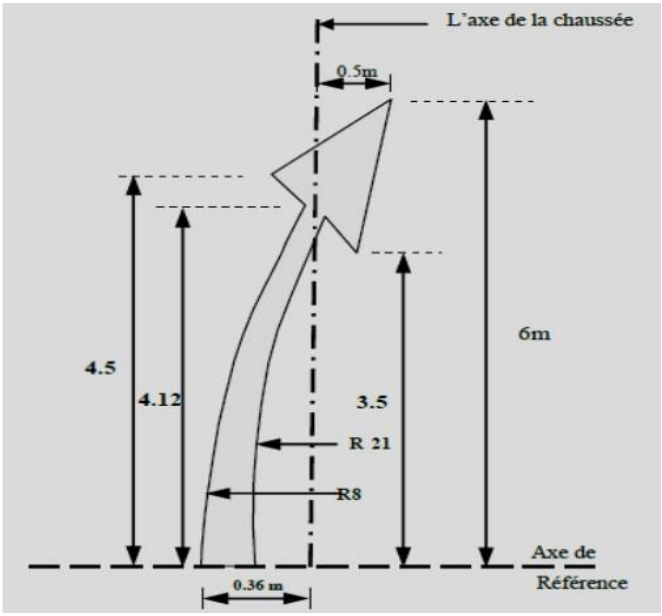


Figure 29 : flèche de rabattement

- **Marquage avec hachures**

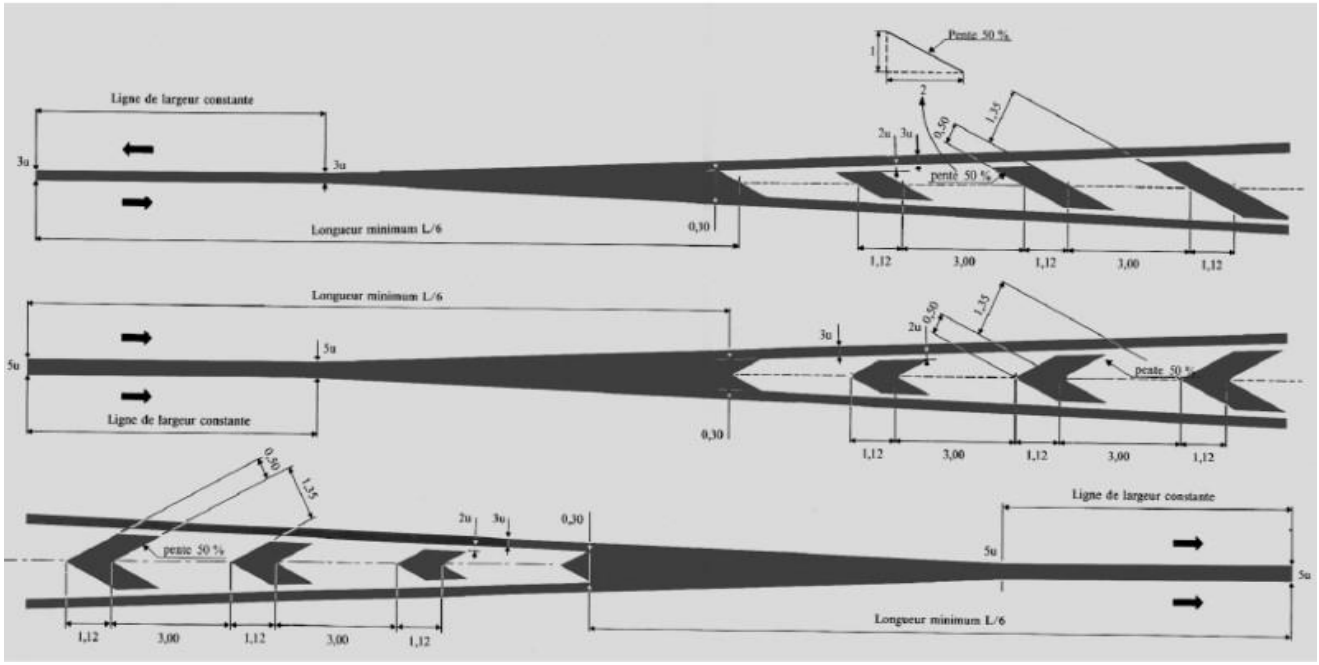


Figure 30 : schéma de marquage avec hachures

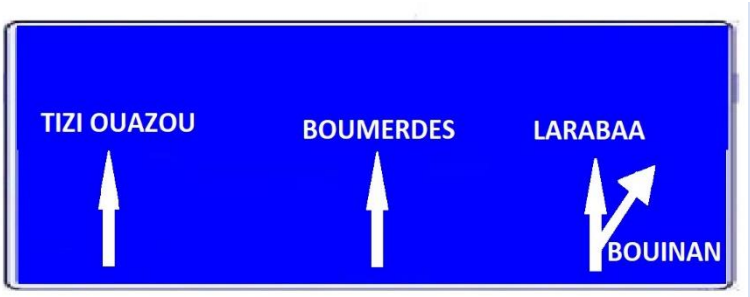
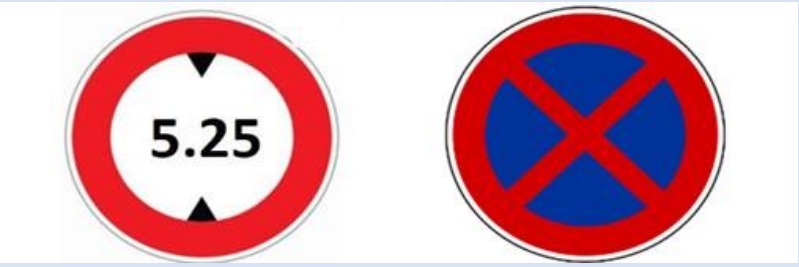
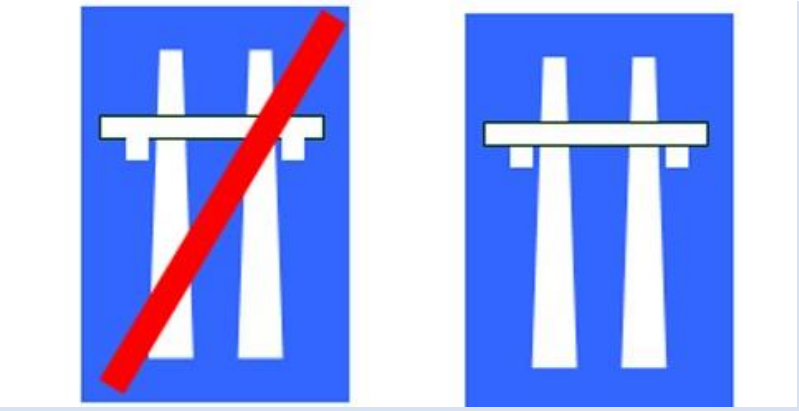
XI. Signalisation verticale

La signalisation verticale est divisée en deux grandes catégories :

- Signalisation de danger, de prescription et d'indication.
- Signalisation de direction

Tableau XII. 3 : Différents types de panneaux

Non de panneau	Schéma
B14 Limitation de vitesse	
Panneaux spéciaux type A	

Pré signalisation	
Signalisation de direction (E4)	
Signalisation des passages supérieurs et des ouvrages d'arts (Limitations de hauteur, Interdiction de stationné)	
Les panneaux d'interdiction	
Sortie/entrée d'autoroute	

XI.5 Eclairage :

Face à une augmentation constante du trafic, l'éclairage public et la signalisation nocturne des routes occupent une place essentielle en termes de sécurité. Leur objectif principal est d'assurer que les usagers de la route puissent circuler de nuit avec un maximum de sécurité et de confort.

XI.5 Catégories d'éclairages :

- Catégorie A : Éclairage général des routes et autoroutes.
- Catégorie B : Éclairage urbain pour les voiries artérielles et de distribution.
- Catégorie C : Éclairage des voies résidentielles.
- Catégorie D : Éclairage des points singuliers (carrefours, virages, etc.) situés sur des itinéraires non éclairés.

XI.5 Application au projet :

Les luminaires doivent être installés dans les zones urbaines et aux échangeurs à des intervalles rapprochés afin que les zones éclairées se chevauchent sans discontinuité. En règle générale, les luminaires sont placés à une hauteur de 8 à 12 mètres, avec une distance entre les supports allant de 20 à 30 mètres.

CHAPITRE XII

ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XII.CHAPITREEtXude Dôimpact Sur Lôen

XII.1INTRODUCTION

Une analyse d'impact environnemental se présente comme une démarche administrative et technique préalable à la mise en œuvre de tout projet d'envergure, qu'il s'agisse de routes, de voies ferrées, et autres. Son objectif principal réside dans l'évaluation des répercussions de l'activité humaine sur l'environnement et la santé publique, ainsi que dans la recherche de moyens pour en atténuer les effets néfastes.

L'étude d'impact environnemental d'un projet routier s'attache à examiner de manière approfondie les implications environnementales liées à ce type d'entreprise. En effet, l'extraction de matériaux, la déforestation, l'usage des ressources en eau, et les nuisances sonores générées par de tels chantiers peuvent affecter la qualité des paysages ainsi que les équilibres naturels.

XII.2Cadre juridique :

En Algérie, l'évaluation d'impact d'un projet d'infrastructure est encadrée par le décret n° 9078 du 27 février 1990. Selon ce décret, cette évaluation doit inclure :

✓ Une analyse détaillée du projet.

✓ Une analyse de l'état initial du site et de son environnement.

✓ Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long terme du projet sur l'environnement.

✓ Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet

XII.3Les objectifs dô®tude dôimpact sur lôenvir

L'objectif principal d'une étude d'impact sur l'environnement est de recenser, d'évaluer et de quantifier les répercussions directes et indirectes à court, moyen et long terme d'un projet, tout en suggérant les actions nécessaires pour réduire ses effets néfastes. Ses buts sont les suivants :

- Intégrer les contraintes et les opportunités propres au milieu dans le processus de conception de la nouvelle infrastructure.
- Identifier et évaluer l'ampleur des impacts potentiels du projet sur l'environnement physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage.
- Formuler des propositions visant à atténuer les impacts identifiés afin de favoriser l'intégration optimale du projet dans son environnement.
- Examiner les mesures envisagées pour minimiser ou compenser les dommages causés par le projet.

XIIE.t4ude d'impact sur l'environnement :
Cette étude représente une approche scientifique, technique et technologique pluridisciplinaire visant à examiner et à évaluer l'ensemble des incidences d'un projet sur les environnements physiques, humains et naturels. Son objectif principal est de gérer, surveiller et réduire les divers effets associés à ce type d'aménagement.

XII.4.1mpact sur l'agriculture :
Il est indéniable que l'agriculture occupe une place centrale et vitale dans l'économie. Par conséquent, elle mérite une attention particulière.

• **Les impacts :** Les impacts sur l'agriculture peuvent être regroupés en trois catégories :

➢ Exploitation des terres.

➢ Effets de fragmentation, entraînant la destruction d'une partie de la parcelle agricole, ainsi que des difficultés de travail et de déplacement dues à des détours (rupture des chemins).

➢ Modification du régime agricole.

• **Les remédiations :** Les actions visant à atténuer ces dommages peuvent être classées en deux types :

➢ **Mesures préventives :** Elles interviennent en amont, lors de la sélection du tracé et de la définition des caractéristiques du projet, sinon des mesures correctives seront nécessaires.

➢ **Mesures curatives :** Elles comprennent la limitation des exploitations et des mesures techniques allant de la restauration des réseaux existants à la réhabilitation des terres agricoles.

XII.4.2mpact environnemental :
• **Faune :** Lors de la conception d'une route, il est crucial d'inclure les répercussions sur la faune pour limiter la fragmentation de l'écosystème et prévenir les collisions avec les animaux sauvages. Il convient de noter attentivement la présence de ces derniers le long du tracé.

Å **Flore :** Les études de terrain permettent une identification précise des habitats végétaux afin de choisir judicieusement les espèces à réintroduire sur les talus, en tenant compte de divers facteurs comme le climat et le paysage. Les plantes indigènes sont préférées pour leur adaptation naturelle à l'environnement local, notamment côtier.

Å **Eau :** Les routes peuvent perturber les écoulements et la qualité des eaux de surface et souterraines. Les phases de construction intègrent des mesures pour atténuer les impacts identifiés lors des études préliminaires. Les systèmes de drainage sont dimensionnés pour résister aux crues les plus importantes, tandis que des dispositifs spéciaux sont mis en place pour réduire les effets néfastes des torrents lors des écoulements

XII.4.3mpact sur les habitants

Destruction : Les projets d'aménagement routier impliquent parfois la destruction de certaines habitations, entraînant le déplacement des populations de leur lieu de vie ou de travail et leur réinstallation ailleurs. Cela peut entraîner des bouleversements économiques et culturels pour les individus concernés, notamment :

- Les populations situées sur l'emprise du projet, contraintes de se déplacer.
- Les populations situées dans les zones d'accueil des déplacés.

Impacts :

- **Économique :** Modification des systèmes de production.
- **Socioculturel :** Désorganisation des communautés et modification culturelle.
- **Naturel :** Changements dans l'exploitation des ressources naturelles.

Bruits : Le bruit est un impact manifeste de la circulation routière, particulièrement pendant la phase de construction, avec les travaux d'excavation ou de prélèvement dans les zones sensibles.

Conséquences des bruits :

- Perte de sommeil
- Fatigue
- Diminution de l'acuité auditive

Remèdes :

- Éviter les zones densément peuplées en ajustant le tracé.
- Installer des protections entre la source de bruit et les récepteurs.
- Agir sur les façades des bâtiments concernés.
- Interposer des obstacles entre les voies de circulation et les habitations proches pour protéger contre le bruit, bien que cela soit inefficace pour les étages supérieurs des immeubles.

Il est crucial de respecter les normes sonores des engins, les horaires de travail, les itinéraires de transport des matériaux et d'autres aspects de la gestion du chantier.

Sécurité : Pour assurer la sécurité des piétons, il est nécessaire de :

- Installer des passerelles dans les centres urbains à forte fréquentation.
- Réduire la vitesse aux virages et intersections.
- Mettre en place des panneaux de signalisation.
- Installer des dispositifs de retenue au bord de la chaussée.
- Aménager des trottoirs le long de la route si nécessaire.

XIIC.o5nclusion

En conclusion, l'étude d'impact sur l'environnement représente à la fois une approche méthodologique et un ensemble de documents réglementaires. Son objectif premier est de réduire au minimum les impacts négatifs sur l'environnement de la zone concernée et d'intégrer l'infrastructure dans le paysage traversé tout en limitant les nuisances économiques, environnementales et écologiques.

CHAPITRES XIII

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

XIII.CHAPITRE XIV. DEVIS QUANTITATIF ET ES

Désignation des Trav	Unité	Quanti	Prix u (Da)	Prix Total
1 Installation du chantier	Forfaitaire	/		3 000 000
TOTALE (1)				3 000 000
2 Terrassement				
Décapage de terre v	Ù ¹	96 000	100	9 600 000
Déblai mis en rembla	Ù ¹	0	450	0
Matériau mise en rem	Ù ¹	1 928 355.29	600	1 157 013 174
TOTALE (2)				1 166 613 174
3 Chaussée				
Couche de forme (60c arrosage et compacta	Ù ¹	275251.88	800	220 201 504
Couche d'imprégnabtaicok (0/1)	M2	220 000	120	26 400 000
Couche de fondation la couche d'accrocha	T	36145.18	7000	253 016 260
Couche de base (GB 2 couche d'accrochage	T	30852.14	7000	215 964 980
Couche de roulement la ouche d'accrochage	T	14557.52	7500	109 181 400
Matériaux sélectionn	Ù ¹	4200.51	700	3 080 357
TOTALE (3)				827 844 501
4 Ouvrage d'art				
Ouvrage dôart	M	102	10 000 000	1 020 000 000
TOTALE (4)				1 020 000 000

5	Assainissement				
3	Ï Bu1 0 0 0	ML	96	25 000	2 400 000
2	Ï Bu1 5 0 0	ML	48	31 000	1 488 000
Dalots en b®ton arm®		Ü '	105	30 000	3 150 000
TOTAL5 (					7 038 000
6	Impact sur l'environnement	Forfaitaire	/	3% (2+3+4)	90 433 730.25
TOTAL6 (					90 433 730.25
7	Signalisation et équipement routiers	Forfaitaire	/	5% (3)	41 392 225.05
TOTAL7 (					41 392 225.05
8	Séparateur en glissière métallique	ML	20000	6000	120 000 000
S®parateur en DBA		ML	7400	10000	74 000 000
TOTAL8 (					19 000 000
9	Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	Forfaitaire	/	2% (2+3)	39 889 153.5
TOTAL9 (					39 889 153.5
10	Echangeur				
Echangeur tr¯ d el mi		Forfaitaire	1	/	700 000 000
TOTAL10 (					700 000 000
TVA (19%)					743 890 049
TOTALE G£N£RAL (TTC)					4 659 100 833

Quatre milliard sn esuif x c e
millions cent mi h o ie s h u i

XIV.Conclusion g®n®rale :

Ce projet de fin d'études a été une précieuse opportunité pour mettre en pratique nos connaissances théoriques et techniques acquises durant notre formation. Le stage, en particulier, a constitué un premier pas essentiel vers le monde professionnel, permettant à l'élève ingénieur de mieux appréhender les défis du milieu. Dans le cadre de ce projet, nous avons cherché à résoudre divers problèmes techniques sur le terrain et en conception, parmi lesquels :

- Le choix d'un tracé en plan pour éviter les terrains agricoles,
- Une sélection rationnelle de la ligne rouge pour diminue les volumes des cubatures,
- La conception d'une structure de chaussée économique et efficace pour traiter le problème de faible portance du terrain,
- La mise en place d'un réseau d'assainissement performant pour garantir la pérennité de la route.

L'estimation des coûts du projet a été réalisée après l'étude APD de l'échangeur, aboutissant à un montant total de Quatre milliards six cent cinquante-neuf millions cent mille huit cent trente-trois dinars algériens (4 659 100 833 DZD).

Ce travail, bien que modeste, nous a permis d'acquérir une meilleure maîtrise des logiciels indispensables à la réalisation de ce projet dans les délais impartis et avec une qualité appréciable, notamment CIVIL 3D, AutoCAD, et Alizé.

XV. Bibliographie :

Cours :

- Cours de routes ENSTP (M. KARA B.)
- Cours d'hydraulique ENSTP (M. RAHMANI D.)
- Cours de GTR ENSTP (Mme DERRICHE Z.)

Documents :

- I.C.T.A.A.L (Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaisons) (SETRA, 12 décembre 2000)
- Catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves, fascicules 1, 2, et 3 (CTTP, 2001)
- B40 (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes)
- Manuel de projet routes
- Guide des terrassements routiers GTR
- Guide technique (Assainissement routier, guide SETRA)
- I.C.T.A.A.L 2015 Guide Échangeur SETRA
- Images et illustrations : Google, Google Earth Pro, Global Mapper

Logiciels utilisés :

- CIVIL 3D 2023
- Covadis 2018
- Alizé LCPC Recherche

ETUDE HYDROLIQUE ET ASSAINISSEMENT:

Dimension des ouvrages hydrauliques

bc. ±	t Y	! ó ℔ /	¢ Ŏ ó Ќ	L ó Y Y	t Ŝ ў ű Ŝ	v ł ї ð к ă	¢ è LJ Ŝ Ř Ω ₴ dz Ø	5 ƛ Y Ŝ ў ă ƛ Ş ȝ	5 ƛ Y Ŝ ў ă f Ω ₴ dz Ø NJ
				p л ł ў		p л ł ў ă			
1	40+313	0.53	0.46	0.29	71.82	10.16	3.98	buse	1236	1500
2	41+465	0.51	0.4	1.22	30.77	0.55	1.43	buse	842	1000
3	42+604	3.52	0.4	2.23	21.56	1.14	6.91	Dalot	1.41X1.5	1.5X1.5
4	45+554	0.52	0.4	0.76	40.68	1.44	1.93	buse	942	1000
5	47+361	0.54	0.4	0.39	60.30	5.74	2.97	buse	1108	1500
6	48+042	3.80	0.46	0.79	39.76	9.89	15.83	Dalot	1.97X2.5	2.5X2.5
7	49+144	3.20	0.4	1.80	24.46	1.59	7.13	Dalot	1.44X1.5	1.5X1.5
8	49+929	0.49	0.4	0.78	40.06	1.3	1.79	buse	917	1000

± Ş NJ ƛ Ŭ Ŏ ł ə ₴ ў t ₴ dz NJ f Ŝ ă ₴ dz Ø NJ ł ∃ Ŝ ă l è Ř NJ ł dz										
bc. ±	Qa(Í ⅟s)	Dimension trouvé(m) B×H	Dimension choisit (m) B×H	V (m/s)	Vérification V < 4m/s	Hauteur critique (m)	Vérification Hc<H	Nbr De fraude	Vérification NbrF < 1 (régime fluviale)	J (%)
3	6.91	1.41X1.5	1.5X1.5	3.26	Vérifier	ρ℔ τ	Vérifier	0.84	Vérifier	1
6	15.83	3.37X1.5	3.5X1.5	3.13		1.3		0.8		0.5
7	7.13	1.44X1.5	1.5X1.5	3.3		1.34		0.85		1

| ± ŞNJ ƛ Ŭ Ŏ l· ə ƨ ƴ Ř Ŝ ă Ŏ ƨ ƴ Ř ƛ ə ƨ ƴ ă l· dz ú ƨ Ŏ Ŏ Ŏ

Valeurs du coefficient C3 :

Taux de couverture	Coefficient C3
Sol rocheux	0,22-0,26-0,30
Prairie	0,07-0,21-0,25
Labour et champs	0,07-0,11-0,15
Forêts et territoire	0,03-0,04-0,05

Canalisations circulaires partiellement remplies

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

LISTING

Listing de la géométrie de l'axe en plan :

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0+00.000	4052500.030	490518.187
End:	8+11.408	4051701.962	490664.716

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	811.408	Course:	S 10° 24' 13.9329" E

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	8+11.408	4051701.962	490664.716
RP:		4051972.840	492140.055
PT:	25+76.785	4050506.516	491823.996

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	67° 25' 56.6901"	Type:	LEFT
Radius:	1500.000		
Length:	1765.376	Tangent:	1000.989
Mid-Ord:	252.304	External:	303.324
Chord:	1665.239	Course:	S 44° 07' 12.2780" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	25+76.785	4050506.516	491823.996
End:	28+15.438	4050456.230	492057.292

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	238.654	Course:	S 77° 50' 10.6230" E

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	28+15.438	4050456.230	492057.292
RP:		4048892.151	491720.162
PT:	33+06.609	4050281.235	492514.169

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	17° 35' 19.5505"	Type:	RIGHT
Radius:	1600.000		
Length:	491.171	Tangent:	247.532
Mid-Ord:	18.811	External:	19.034
Chord:	489.245	Course:	S 69° 02' 30.8478" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	33+06.609	4050281.235	492514.169
End:	49+74.236	4049453.668	493961.964

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	1667.626	Course:	S 60° 14' 51.0725" E

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
TS:	49+74.236	4049453.668	493961.964
SPI:		4049412.969	494033.167
SC:	50+97.236	4049394.638	494069.854

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	123.000	L Tan:	82.013
Radius:	1100.000	S Tan:	41.012
Theta:	03° 12' 12.0778"	P:	0.573
X:	122.962	K:	61.494
Y:	2.292	A:	367.831
Chord:	122.983	Course:	S 61° 18' 54.9967" E

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
SC:	50+97.236	4049394.638	494069.854
RP:		4050378.644	494561.516
CS:	53+63.742	4049305.420	494320.292

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	13° 52' 53.5005"	Type:	LEFT
Radius:	1100.000		
Length:	266.506	Tangent:	133.909
Mid-Ord:	8.061	External:	8.121
Chord:	265.855	Course:	S 70° 23' 29.9006" E

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
CS:	53+63.742	4049305.420	494320.292
SPI:		4049296.426	494360.306
ST:	54+86.742	4049282.940	494441.203

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	123.000	L Tan:	82.013
Radius:	1100.000	S Tan:	41.012

Theta:	03° 12' 12.0778"	P:	0.573
X:	122.962	K:	61.494
Y:	2.292	A:	367.831
Chord:	122.983	Course:	S 79° 28' 04.8044" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	54+86.742	4049282.940	494441.203
End:	58+38.431	4049225.111	494788.104

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	351.689	Course:	S 80° 32' 08.7286" E

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
TS:	58+38.431	4049225.111	494788.104
SPI:		4049211.626	494869.001
SC:	59+61.431	4049202.632	494909.015

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	123.000	L Tan:	82.013
Radius:	1100.000	S Tan:	41.012
Theta:	03° 12' 12.0778"	P:	0.573
X:	122.962	K:	61.494
Y:	2.292	A:	367.831
Chord:	122.983	Course:	S 79° 28' 04.8044" E

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
SC:	59+61.431	4049202.632	494909.015
RP:		4048129.407	494667.791
CS:	64+58.666	4048989.473	495353.566

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	25° 53' 58.4103"	Type:	RIGHT
Radius:	1100.000		
Length:	497.236	Tangent:	252.940
Mid-Ord:	27.976	External:	28.707
Chord:	493.013	Course:	S 64° 22' 57.4457" E

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
CS:	64+58.666	4048989.473	495353.566
SPI:		4048963.905	495385.632
ST:	65+81.666	4048909.272	495446.800

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	123.000	L Tan:	82.013
Radius:	1100.000	S Tan:	41.012
Theta:	03° 12' 12.0778"	P:	0.573
X:	122.962	K:	61.494
Y:	2.292	A:	367.831
Chord:	122.983	Course:	S 49° 17' 50.0869" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	65+81.666	4048909.272	495446.800
End:	85+62.422	4047589.794	496924.085

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	1980.755	Course:	S 48° 13' 46.1627" E

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	85+62.422	4047589.794	496924.085
RP:		4048708.523	497923.308
PT:	93+56.853	4047238.248	497626.167

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	30° 20' 42.0650"	Type:	LEFT
Radius:	1500.000		
Length:	794.431	Tangent:	406.768
Mid-Ord:	52.287	External:	54.175
Chord:	785.178	Course:	S 63° 24' 07.1952" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	93+56.853	4047238.248	497626.167
End:	100+00.000	4047110.845	498256.570

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	643.147	Course:	S 78° 34' 28.2277" E

Listing de la géométrie du profil en long :

PVI	Station	Elevation (m)	Grade Out (%)	Curve Length (m)
1	0+0-1.305	31.189	-0.654 %	0.000
2	8+11.408	25.874	0.621 %	63.760
3	14+65.054	29.934	-0.527 %	172.193
4	19+60.561	27.324	0.851 %	68.874
5	38+50.000	43.397	-0.503 %	270.717
6	45+61.632	39.819	0.495 %	49.915
7	68+89.578	51.352	-0.542 %	155.641
8	76+16.755	47.410	1.153 %	84.755
9	79+59.525	51.361	-0.733 %	282.867
10	82+50.000	49.233	0.846 %	66.305
11	91+45.059	56.803	-0.533 %	206.858
12	96+50.000	54.111	1.049 %	79.095
13	100+05.672	57.841		

Rapport des cubatures :

Axe : Axe1
Groupe de tabulations : Groupe de tabulations - 5
Abscisse curviligne de départ : 0+000.000
Abscisse curviligne de fin : 10+000.000

	Type de surface	Surface		Type de surface
		m2		
Abscisse : 0+000.000			Abscisse: 0+000.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	414.98		Remblai
Abscisse: 0+100.000			Abscisse: 0+100.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	345.35		Remblai
Abscisse: 0+200.000			Abscisse: 0+200.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	337.92		Remblai
Abscisse: 0+300.000			Abscisse: 0+300.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	306.27		Remblai
Abscisse: 0+400.000			Abscisse: 0+400.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	265.59		Remblai
Abscisse: 0+500.000			Abscisse: 0+500.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	214.81		Remblai
Abscisse: 0+600.000			Abscisse: 0+600.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	181.82		Remblai
Abscisse: 0+700.000			Abscisse: 0+700.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	150.59		Remblai
Abscisse: 0+800.000			Abscisse: 0+800.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	131.53		Remblai
Abscisse: 0+825.000			Abscisse: 0+825.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	140.25		Remblai
Abscisse: 0+850.000			Abscisse: 0+850.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	152.00		Remblai
Abscisse: 0+875.000			Abscisse: 0+875.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	152.83		Remblai
Abscisse: 0+900.000			Abscisse: 0+900.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	156.73		Remblai
Abscisse: 0+925.000			Abscisse: 0+925.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	164.27		Remblai
Abscisse: 0+950.000			Abscisse: 0+950.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	174.33		Remblai
Abscisse: 0+975.000			Abscisse: 0+975.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	186.24		Remblai
Abscisse: 1+000.000			Abscisse: 1+000.001	

	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	194.43		Remblai
Abscisse: 1+025.000			Abscisse: 1+025.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	201.29		Remblai
Abscisse: 1+050.000			Abscisse: 1+050.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	207.38		Remblai
Abscisse: 1+075.000			Abscisse: 1+075.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	216.52		Remblai
Abscisse: 1+100.000			Abscisse: 1+100.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	212.57		Remblai
Abscisse: 1+125.000			Abscisse: 1+125.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	224.71		Remblai
Abscisse: 1+150.000			Abscisse: 1+150.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	232.43		Remblai
Abscisse: 1+175.000			Abscisse: 1+175.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	236.26		Remblai
Abscisse: 1+200.000			Abscisse: 1+200.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	244.68		Remblai
Abscisse: 1+225.000			Abscisse: 1+225.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	252.64		Remblai
Abscisse: 1+250.000			Abscisse: 1+250.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	259.62		Remblai
Abscisse: 1+275.000			Abscisse: 1+275.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	264.44		Remblai
Abscisse: 1+300.000			Abscisse: 1+300.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	271.27		Remblai
Abscisse: 1+325.000			Abscisse: 1+325.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	282.19		Remblai
Abscisse: 1+350.000			Abscisse: 1+350.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	291.71		Remblai
Abscisse: 1+375.000			Abscisse: 1+375.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	292.38		Remblai
Abscisse: 1+400.000			Abscisse: 1+400.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	284.97		Remblai
Abscisse: 1+425.000			Abscisse: 1+425.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	283.37		Remblai
Abscisse: 1+450.000			Abscisse: 1+450.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	288.40		Remblai
Abscisse: 1+475.000			Abscisse: 1+475.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	290.12		Remblai
Abscisse: 1+500.000			Abscisse: 1+500.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	276.41		Remblai
Abscisse: 1+525.000			Abscisse: 1+525.001	
	Déblai	0.00		Déblai

	Remblai	261.97		Remblai
Abscisse: 1+550.000			Abscisse: 1+550.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	250.26		Remblai
Abscisse: 1+575.000			Abscisse: 1+575.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	237.55		Remblai
Abscisse: 1+600.000			Abscisse: 1+600.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	220.77		Remblai
Abscisse: 1+625.000			Abscisse: 1+625.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	206.12		Remblai
Abscisse: 1+650.000			Abscisse: 1+650.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	191.02		Remblai
Abscisse: 1+675.000			Abscisse: 1+675.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	177.69		Remblai
Abscisse: 1+700.000			Abscisse: 1+700.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	165.28		Remblai
Abscisse: 1+725.000			Abscisse: 1+725.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	155.46		Remblai
Abscisse: 1+750.000			Abscisse: 1+750.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	148.40		Remblai
Abscisse: 1+775.000			Abscisse: 1+775.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	129.24		Remblai
Abscisse: 1+800.000			Abscisse: 1+800.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	114.13		Remblai
Abscisse: 1+825.000			Abscisse: 1+825.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	104.03		Remblai
Abscisse: 1+850.000			Abscisse: 1+850.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	94.80		Remblai
Abscisse: 1+875.000			Abscisse: 1+875.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	84.42		Remblai
Abscisse: 1+900.000			Abscisse: 1+900.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	68.54		Remblai
Abscisse: 1+925.000			Abscisse: 1+925.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	53.40		Remblai
Abscisse: 1+950.000			Abscisse: 1+950.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	44.83		Remblai
Abscisse: 1+975.000			Abscisse: 1+975.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	51.28		Remblai
Abscisse: 2+000.000			Abscisse: 2+000.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	54.18		Remblai
Abscisse: 2+025.000			Abscisse: 2+025.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	52.22		Remblai
Abscisse: 2+050.000			Abscisse: 2+050.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	51.30		Remblai

Abscisse: 2+075.000			Abscisse: 2+075.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	48.50		Remblai
Abscisse: 2+100.000			Abscisse: 2+100.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	52.19		Remblai
Abscisse: 2+125.000			Abscisse: 2+125.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	53.47		Remblai
Abscisse: 2+150.000			Abscisse: 2+150.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	58.71		Remblai
Abscisse: 2+175.000			Abscisse: 2+175.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	59.51		Remblai
Abscisse: 2+200.000			Abscisse: 2+200.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	61.39		Remblai
Abscisse: 2+225.000			Abscisse: 2+225.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	65.47		Remblai
Abscisse: 2+250.000			Abscisse: 2+250.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	72.73		Remblai
Abscisse: 2+275.000			Abscisse: 2+275.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	82.82		Remblai
Abscisse: 2+300.000			Abscisse: 2+300.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	89.28		Remblai
Abscisse: 2+325.000			Abscisse: 2+325.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	94.35		Remblai
Abscisse: 2+350.000			Abscisse: 2+350.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	103.15		Remblai
Abscisse: 2+375.000			Abscisse: 2+375.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	109.44		Remblai
Abscisse: 2+400.000			Abscisse: 2+400.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	116.23		Remblai
Abscisse: 2+425.000			Abscisse: 2+425.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	113.67		Remblai
Abscisse: 2+450.000			Abscisse: 2+450.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	122.52		Remblai
Abscisse: 2+475.000			Abscisse: 2+475.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	127.09		Remblai
Abscisse: 2+500.000			Abscisse: 2+500.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	135.40		Remblai
Abscisse: 2+525.000			Abscisse: 2+525.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	144.20		Remblai
Abscisse: 2+550.000			Abscisse: 2+550.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	149.31		Remblai
Abscisse: 2+575.000			Abscisse: 2+575.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	161.15		Remblai
Abscisse: 2+600.000			Abscisse: 2+600.001	

	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	152.64		Remblai
Abscisse: 2+700.000			Abscisse: 2+700.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	159.42		Remblai
Abscisse: 2+800.000			Abscisse: 2+800.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	180.53		Remblai
Abscisse: 2+825.000			Abscisse: 2+825.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	190.48		Remblai
Abscisse: 2+850.000			Abscisse: 2+850.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	191.62		Remblai
Abscisse: 2+875.000			Abscisse: 2+875.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	192.76		Remblai
Abscisse: 2+900.000			Abscisse: 2+900.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	190.79		Remblai
Abscisse: 2+925.000			Abscisse: 2+925.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	189.04		Remblai
Abscisse: 2+950.000			Abscisse: 2+950.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	186.55		Remblai
Abscisse: 2+975.000			Abscisse: 2+975.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	186.22		Remblai
Abscisse: 3+000.000			Abscisse: 3+000.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	190.24		Remblai
Abscisse: 3+025.000			Abscisse: 3+025.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	194.54		Remblai
Abscisse: 3+050.000			Abscisse: 3+050.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	200.43		Remblai
Abscisse: 3+075.000			Abscisse: 3+075.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	206.49		Remblai
Abscisse: 3+100.000			Abscisse: 3+100.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	207.55		Remblai
Abscisse: 3+125.000			Abscisse: 3+125.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	208.89		Remblai
Abscisse: 3+150.000			Abscisse: 3+150.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	210.40		Remblai
Abscisse: 3+175.000			Abscisse: 3+175.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	215.92		Remblai
Abscisse: 3+200.000			Abscisse: 3+200.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	226.33		Remblai
Abscisse: 3+225.000			Abscisse: 3+225.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	232.08		Remblai
Abscisse: 3+250.000			Abscisse: 3+250.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	236.50		Remblai
Abscisse: 3+275.000			Abscisse: 3+275.001	
	Déblai	0.00		Déblai

	Remblai	243.81		Remblai
Abscisse: 3+300.000			Abscisse: 3+300.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	251.93		Remblai
Abscisse: 3+400.000			Abscisse: 3+400.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	250.88		Remblai
Abscisse: 3+500.000			Abscisse: 3+500.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	279.34		Remblai
Abscisse: 3+600.000			Abscisse: 3+600.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	292.71		Remblai
Abscisse: 3+700.000			Abscisse: 3+700.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	308.97		Remblai
Abscisse: 3+800.000			Abscisse: 3+800.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	367.05		Remblai
Abscisse: 3+900.000			Abscisse: 3+900.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	345.48		Remblai
Abscisse: 4+000.000			Abscisse: 4+000.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	281.77		Remblai
Abscisse: 4+100.000			Abscisse: 4+100.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	212.62		Remblai
Abscisse: 4+200.000			Abscisse: 4+200.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	184.42		Remblai
Abscisse: 4+300.000			Abscisse: 4+300.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	149.50		Remblai
Abscisse: 4+400.000			Abscisse: 4+400.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	106.75		Remblai
Abscisse: 4+500.000			Abscisse: 4+500.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	33.23		Remblai
Abscisse: 4+600.000			Abscisse: 4+600.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	25.57		Remblai
Abscisse: 4+700.000			Abscisse: 4+700.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	56.44		Remblai
Abscisse: 4+800.000			Abscisse: 4+800.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	83.33		Remblai
Abscisse: 4+900.000			Abscisse: 4+900.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	97.98		Remblai
Abscisse: 4+975.000			Abscisse: 4+975.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	111.26		Remblai
Abscisse: 5+000.000			Abscisse: 5+000.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	114.04		Remblai
Abscisse: 5+025.000			Abscisse: 5+025.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	122.10		Remblai
Abscisse: 5+050.000			Abscisse: 5+050.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	125.56		Remblai

Abscisse: 5+075.000			Abscisse: 5+075.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	138.80		Remblai
Abscisse: 5+100.000			Abscisse: 5+100.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	151.05		Remblai
Abscisse: 5+125.000			Abscisse: 5+125.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	155.99		Remblai
Abscisse: 5+150.000			Abscisse: 5+150.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	161.13		Remblai
Abscisse: 5+175.000			Abscisse: 5+175.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	170.43		Remblai
Abscisse: 5+200.000			Abscisse: 5+200.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	174.52		Remblai
Abscisse: 5+225.000			Abscisse: 5+225.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	175.77		Remblai
Abscisse: 5+250.000			Abscisse: 5+250.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	175.53		Remblai
Abscisse: 5+275.000			Abscisse: 5+275.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	180.00		Remblai
Abscisse: 5+300.000			Abscisse: 5+300.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	184.40		Remblai
Abscisse: 5+325.000			Abscisse: 5+325.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	191.15		Remblai
Abscisse: 5+350.000			Abscisse: 5+350.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	196.94		Remblai
Abscisse: 5+375.000			Abscisse: 5+375.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	199.49		Remblai
Abscisse: 5+400.000			Abscisse: 5+400.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	191.81		Remblai
Abscisse: 5+425.000			Abscisse: 5+425.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	193.32		Remblai
Abscisse: 5+450.000			Abscisse: 5+450.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	192.93		Remblai
Abscisse: 5+475.000			Abscisse: 5+475.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	200.78		Remblai
Abscisse: 5+500.000			Abscisse: 5+500.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	204.95		Remblai
Abscisse: 5+600.000			Abscisse: 5+600.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	215.70		Remblai
Abscisse: 5+700.000			Abscisse: 5+700.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	235.52		Remblai
Abscisse: 5+800.000			Abscisse: 5+800.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	247.33		Remblai
Abscisse: 5+850.000			Abscisse: 5+850.001	

	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	257.83		Remblai
Abscisse: 5+875.000			Abscisse: 5+875.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	260.28		Remblai
Abscisse: 5+900.000			Abscisse: 5+900.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	255.30		Remblai
Abscisse: 5+925.000			Abscisse: 5+925.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	261.92		Remblai
Abscisse: 5+950.000			Abscisse: 5+950.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	277.13		Remblai
Abscisse: 5+975.000			Abscisse: 5+975.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	288.85		Remblai
Abscisse: 6+000.000			Abscisse: 6+000.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	296.09		Remblai
Abscisse: 6+025.000			Abscisse: 6+025.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	300.89		Remblai
Abscisse: 6+050.000			Abscisse: 6+050.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	303.85		Remblai
Abscisse: 6+075.000			Abscisse: 6+075.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	303.29		Remblai
Abscisse: 6+100.000			Abscisse: 6+100.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	307.59		Remblai
Abscisse: 6+125.000			Abscisse: 6+125.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	311.67		Remblai
Abscisse: 6+150.000			Abscisse: 6+150.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	316.14		Remblai
Abscisse: 6+175.000			Abscisse: 6+175.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	322.26		Remblai
Abscisse: 6+200.000			Abscisse: 6+200.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	331.15		Remblai
Abscisse: 6+225.000			Abscisse: 6+225.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	341.66		Remblai
Abscisse: 6+250.000			Abscisse: 6+250.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	352.60		Remblai
Abscisse: 6+275.000			Abscisse: 6+275.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	362.88		Remblai
Abscisse: 6+300.000			Abscisse: 6+300.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	368.79		Remblai
Abscisse: 6+325.000			Abscisse: 6+325.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	377.60		Remblai
Abscisse: 6+350.000			Abscisse: 6+350.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	383.91		Remblai
Abscisse: 6+375.000			Abscisse: 6+375.001	
	Déblai	0.00		Déblai

	Remblai	391.40		Remblai
Abscisse: 6+400.000			Abscisse: 6+400.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	397.01		Remblai
Abscisse: 6+425.000			Abscisse: 6+425.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	401.32		Remblai
Abscisse: 6+450.000			Abscisse: 6+450.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	399.99		Remblai
Abscisse: 6+475.000			Abscisse: 6+475.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	396.11		Remblai
Abscisse: 6+500.000			Abscisse: 6+500.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	378.45		Remblai
Abscisse: 6+525.000			Abscisse: 6+525.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	374.87		Remblai
Abscisse: 6+550.000			Abscisse: 6+550.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	380.66		Remblai
Abscisse: 6+575.000			Abscisse: 6+575.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	386.83		Remblai
Abscisse: 6+600.000			Abscisse: 6+600.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	391.22		Remblai
Abscisse: 6+700.000			Abscisse: 6+700.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	416.40		Remblai
Abscisse: 6+800.000			Abscisse: 6+800.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	449.45		Remblai
Abscisse: 6+900.000			Abscisse: 6+900.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	409.67		Remblai
Abscisse: 7+000.000			Abscisse: 7+000.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	380.43		Remblai
Abscisse: 7+100.000			Abscisse: 7+100.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	318.21		Remblai
Abscisse: 7+200.000			Abscisse: 7+200.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	252.65		Remblai
Abscisse: 7+300.000			Abscisse: 7+300.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	201.14		Remblai
Abscisse: 7+400.000			Abscisse: 7+400.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	150.31		Remblai
Abscisse: 7+500.000			Abscisse: 7+500.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	98.04		Remblai
Abscisse: 7+600.000			Abscisse: 7+600.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	55.39		Remblai
Abscisse: 7+700.000			Abscisse: 7+700.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	75.82		Remblai
Abscisse: 7+800.000			Abscisse: 7+800.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	109.61		Remblai

Abscisse: 7+900.000			Abscisse: 7+900.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	123.48		Remblai
Abscisse: 8+000.000			Abscisse: 8+000.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	91.82		Remblai
Abscisse: 8+100.000			Abscisse: 8+100.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	59.38		Remblai
Abscisse: 8+200.000			Abscisse: 8+200.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	34.05		Remblai
Abscisse: 8+300.000			Abscisse: 8+300.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	33.75		Remblai
Abscisse: 8+400.000			Abscisse: 8+400.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	61.71		Remblai
Abscisse: 8+500.000			Abscisse: 8+500.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	79.62		Remblai
Abscisse: 8+575.000			Abscisse: 8+575.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	109.57		Remblai
Abscisse: 8+600.000			Abscisse: 8+600.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	112.93		Remblai
Abscisse: 8+625.000			Abscisse: 8+625.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	118.98		Remblai
Abscisse: 8+650.000			Abscisse: 8+650.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	124.19		Remblai
Abscisse: 8+675.000			Abscisse: 8+675.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	133.48		Remblai
Abscisse: 8+700.000			Abscisse: 8+700.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	140.91		Remblai
Abscisse: 8+725.000			Abscisse: 8+725.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	146.67		Remblai
Abscisse: 8+750.000			Abscisse: 8+750.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	151.48		Remblai
Abscisse: 8+775.000			Abscisse: 8+775.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	156.19		Remblai
Abscisse: 8+800.000			Abscisse: 8+800.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	158.12		Remblai
Abscisse: 8+825.000			Abscisse: 8+825.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	166.26		Remblai
Abscisse: 8+850.000			Abscisse: 8+850.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	171.26		Remblai
Abscisse: 8+875.000			Abscisse: 8+875.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	177.90		Remblai
Abscisse: 8+900.000			Abscisse: 8+900.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	184.74		Remblai
Abscisse: 8+925.000			Abscisse: 8+925.001	

	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	193.74		Remblai
Abscisse: 8+950.000			Abscisse: 8+950.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	198.35		Remblai
Abscisse: 8+975.000			Abscisse: 8+975.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	199.09		Remblai
Abscisse: 9+000.000			Abscisse: 9+000.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	207.02		Remblai
Abscisse: 9+025.000			Abscisse: 9+025.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	221.89		Remblai
Abscisse: 9+050.000			Abscisse: 9+050.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	232.04		Remblai
Abscisse: 9+075.000			Abscisse: 9+075.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	239.26		Remblai
Abscisse: 9+100.000			Abscisse: 9+100.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	242.60		Remblai
Abscisse: 9+125.000			Abscisse: 9+125.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	241.72		Remblai
Abscisse: 9+150.000			Abscisse: 9+150.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	229.88		Remblai
Abscisse: 9+175.000			Abscisse: 9+175.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	199.50		Remblai
Abscisse: 9+200.000			Abscisse: 9+200.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	211.96		Remblai
Abscisse: 9+225.000			Abscisse: 9+225.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	185.85		Remblai
Abscisse: 9+250.000			Abscisse: 9+250.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	175.26		Remblai
Abscisse: 9+275.000			Abscisse: 9+275.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	160.49		Remblai
Abscisse: 9+300.000			Abscisse: 9+300.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	151.74		Remblai
Abscisse: 9+325.000			Abscisse: 9+325.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	146.33		Remblai
Abscisse: 9+350.000			Abscisse: 9+350.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	135.05		Remblai
Abscisse: 9+400.000			Abscisse: 9+400.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	101.98		Remblai
Abscisse: 9+500.000			Abscisse: 9+500.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	62.06		Remblai
Abscisse: 9+600.000			Abscisse: 9+600.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	26.96		Remblai
Abscisse: 9+700.000			Abscisse: 9+700.001	
	Déblai	0.00		Déblai

	Remblai	26.36		Remblai
Abscisse: 9+800.000			Abscisse: 9+800.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	66.25		Remblai
Abscisse: 9+900.000			Abscisse: 9+900.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	112.22		Remblai
Abscisse: 10+000.000			Abscisse: 10+000.001	
	Déblai	0.00		Déblai
	Remblai	204.39		Remblai

Rapport des matériaux :

Axe : Axe1
Groupe de tabulations : Groupe de tabulations - 5
Abscisse curviligne de départ : 0+000.000
Abscisse curviligne de fin : 10+000.000

Abscisse: 10+000.000	**Type de surface**	**Surface**	**Vol.Inc.**	**Vol.Cum.**
	Roulement	1.46	146.07	14557.52
	Base	3.13	312.45	30852.14
	Fondation	3.71	370.13	36145.18
	Forme	26.85	2689.68	275251.88