République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العمومية

فرنسـيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Matériaux & Structures

Thème

Etude en APD de la liaison autoroutière reliant RN/3/RN75 à l'autoroute Est-Ouest sur 08 km du PK46+000 au PK54+00 W. Batna

Présenté par :

Benosmane Issam Charef Eddine

Encadré par :

Mr Bengrab Réda

Promotion 2022/2023

© ENSTP-FJ - Garidi – Vieux Kouba

Remerciement

Nous exprimons notre profonde gratitude envers le bon Dieu qui nous a accordé le courage et la patience nécessaires pour mener à bien nos études jusqu'au bout.

Nous avons l'honneur de présenter notre projet de fin d'études, qui a pu être réalisé grâce à l'assistance de plusieurs personnes, chacune contribuant à sa manière. Il est donc opportun, en cette occasion, de leur exprimer nos sincères remerciements.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à M. BENGRAB REDA pour sa participation exceptionnelle dans notre encadrement et pour sa patience tout au long de cette période.

Nous sommes également reconnaissants envers l'ensemble des enseignants de l'ENSTP, sans exception, sans lesquels nous n'aurions pas pu atteindre ce niveau d'étude.

Nos remerciements vont également au personnel de la bibliothèque pour leur précieuse aide dans nos recherches.

Nous adressons nos remerciements les plus chaleureux aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail et pour l'opportunité qu'ils nous offrent de le présenter.

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Dédicaces :

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chers parents, Votre amour inconditionnel, votre soutien inébranlable et les sacrifices que vous avez consentis pour moi sont des témoignages précieux de votre dévouement. Ma mère, tu as toujours été à mes côtés, m'encourageant et me soutenant dans chaque étape de ma vie. Mon père, tu t'es sacrifié pour me donner les meilleures opportunités et pour m'aider à réaliser mes rêves. Je suis profondément reconnaissant pour les sacrifices que vous avez faits pour mon bien-être et ma réussite. Votre dévouement sans faille et votre amour incommensurable sont des trésors que je chérirai toujours. Je vous aime infiniment.

À mes frères, Willy et Adel, ainsi qu'à ma chère petite sœur Ines, vous êtes ma famille, mes compagnons de vie et mes alliés. Votre soutien, votre amour inconditionnel et nos moments partagés ont été des sources d'inspiration et de force. Vous êtes ma plus grande richesse et ma motivation constante.

A ma chère tante pour son soutien physique et moral inestimable tout au long de ces années, ainsi que pour l'amour qu'elle nous a toujours témoigné. Ses conseils précieux et son expérience ont toujours été là pour moi et je ne pourrai jamais les rendre suffisamment.

À mes grands-parents, Ismail et Habiba, qui me manquent tant. Votre sagesse, votre affection et vos précieux conseils ont toujours illuminé ma vie. Votre soutien indéfectible et vos sourires bienveillants resteront à jamais gravés dans mon cœur.

À mes amis, Outi, Azzou, Chawki, Didine, Zinou, kadi, Sami, imad, Yasser, Rabah, Rafik, Nacer, Abdou et Karim, vous avez été mes compagnons de route, mes confidents et mes sources d'inspiration. Votre amitié précieuse a rendu cette aventure encore plus mémorable et enrichissante.

À mon encadrant, Mr Bengrab, je vous adresse ma gratitude pour votre expertise, votre soutien et vos conseils éclairés. Votre mentorat a été d'une valeur inestimable pour la réalisation de ce travail.

Enfin, à moi-même, je dédie cette réalisation, symbole de ma persévérance, de ma détermination et de ma passion pour le savoir. Ce mémoire est le fruit de mon engagement inébranlable.

Que cette dédicace témoigne de ma profonde gratitude envers tous ceux qui ont joué un rôle dans mon parcours académique.

ملخص

في إطار مذكرة التخرج، قمنا بإجراء دراسة تفصيلية متقدمة لمقطع من الطريق باتنة-الطريق السيار شرق غرب، يمتد على مسافة 8 كيلومترات، تم اقتراح هذا المشروع من قبل دائرة الاشغال العمومية في باتنة بصفتها صاحب المشروع.

لإنجاز هذا العمل المتواضع، اتبعنا خطة عمل وضعها مشرفنا. تبدأ بمقدمة عامة، تليها دراسة هندسية، دراسة جيوتقنية، دراسة هيدروليكية، حساب حجم القطع وتحليل المواد، وتقدير كمي وتكلفة، وتختتم بخاتمة عامة.

خلال تطوير موضوعنا، اعتمدنا على المعايير المذكورة في المراجع، لضمان الدقة والجودة في عملنا.

نأمل أن تسهم هذه الدراسة في فهم وتحسين هذا القسم الطريق من خلال تقديم حلول وتوصيات ذات صلة لتطويره المستقبلي.

Résumé :

Dans le cadre de notre mémoire de fin d'étude, nous avons entrepris une étude en Avant-Projet Détaillé (APD) d'un tronçon autoroutier de la pénétrante BATNA - AUTOROUTE EST-OUEST, s'étendant sur 8 km, du PK 46+000 au PK 54+000. Ce projet a été proposé par le DTP de BATNA en tant que maître d'ouvrage.

Pour la réalisation de ce travail modeste, nous avons suivi un plan de travail établi par notre encadreur. Celui-ci débute par une introduction générale, suivie d'une étude géométrique, d'une étude géotechnique, d'une étude hydraulique, d'un calcul de cubature et des matériaux, ainsi que d'un devis quantitatif et estimatif. Enfin, notre mémoire se conclut par une conclusion générale.

Lors de l'élaboration de notre sujet, nous nous sommes appuyés sur les normes mentionnées dans la bibliographie, afin de garantir la rigueur et la qualité de notre travail.

Nous espérons que cette étude contribuera à la compréhension et à l'amélioration de ce tronçon autoroutier, en offrant des solutions et des recommandations pertinentes pour son développement futur.

Abstract:

As part of our final thesis, we conducted a Detailed Preliminary Design (DPD) study on a section of the BATNA - EAST-WEST HIGHWAY, spanning 8 km from PK 46+000 to PK 54+000. This project was proposed by the BATNA DTP (Department of Public Works) as the project owner.

To carry out this modest work, we followed a work plan provided by our supervisor. It begins with a general introduction, followed by a geometric study, geotechnical study, hydraulic study, volume calculation and materials analysis, as well as a quantitative and cost estimation, and concludes with a general conclusion.

Throughout the development of our topic, we relied on the standards cited in the bibliography to ensure rigor and quality in our work.

We hope that this study will contribute to the understanding and improvement of this highway section by providing relevant solutions and recommendations for its future development.

Liste des abréviations

Acronymes :

- **APD :** avant-projet détaillé.
- **BAU :** bande d'arrêt d'urgence.
- **BDD :** bande dérasée droite.
- **BDG :** bande dérasée gauche.
- **BB :** béton bitumineux.
- **C.B.R:** Californian-Bearing - Ratio.
- **CDF :** couche de forme.
- **CS :** couche de surface.
- **GB :** grave bitume.
- **G.N.T :** grave non traité.
- **SETRA :** Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements.
- **GTR :** guide des terrassements routiers.
- **ICTAAL :** instruction sur les conditions technique d'aménagement des autoroutes de liaison.
- **LCPC :** Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.
- **PK :** point kilométrique.
- **TN :** Terrains Naturel.
- **TPC :** terre-plein central.
- **T.J.M.A :** Trafic journalier moyen annuel.
- **PFi :** classe de plateforme.
- **TPLi :** la classe de trafic de poids lourd.

- **RN 100 :** route nationale reliant Aïn Trik - Bouhatem - Chelghoum Laïd - Teleghma - Ouled Hamla - Aïn M'lila - Aïn Kercha - Aïn Fakroun
- U.V.P : Unité de véhicule particulier.
- VBS : bleu de méthylène.
- PS : passage supérieur.
- PI : passage inférieur

Symboles :

- PL : poids lourds.
- n : nombre d'année.
- τ : taux d'accroissement du trafic(%).
- **TCi :** trafic cumulé de poids lourds.
- **Teff :** trafic effectif a l'année d'horizon (U.V.P/J).
- **Z :** pourcentage de poids lourds (%).
- **P :** coefficient d'équivalence pour le poids lourd.
- **Q :** débit de pointe horaire, exprimé en (UVP/h).
- **1/n :** coefficient de pointe.
- **K1 :** coefficient lié à l'environnement.
- **K2 :** coefficient de réduction de la capacité.
- **N :** nombre de voies.
- **Qadm :** débit admissible par voie.
- **εz :** déformation verticale.
- **εt :** déformation horizontale.
- **Vb :** vitesse de base (km/h).
- **Rm :** rayon minimal.
- **Rnd :** rayon non déversé.

- **Rdn :** rayon minimal au divers normal.
- **dmin :** dévers minimal.
- **dmax :** dévers maximal.
- **Imax, min :** déclivité maximale, minimale.
- **L :** Longueur de raccordement.
- **l :** largeur de la chaussée.
- **A :** facteur d'agressivité globale du trafic.
- **C :** facteur de cumul.
- **Eeq :** épaisseur équivalente.
- **BV :** bassin versant.
- **Hmax :** altitude maximale (m).
- **Hmin :** altitude minimale (m).
- **lc.e :** longueur du thalweg (km).
- **I:** pente longitudinale du thalweg.
- **Tc :** temps de concentration.
- **L :** longueur du bassin (km).
- **I :** pente moyenne du Bassin Versant (m/m).
- **H :** différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin (m).
- **Qa :** débit d'apport.
- **Qs :** débit de saturation.
- **It :** intensité de la pluie, mm/h.

- **C :** coefficient de ruissellement.
- **K** : coefficient de conservation.
- **S :** superficie du bassin versant, Km2.
- **a(t) :** coefficient de Montana.
- **b :** exposant climatique.
- **Pm :** périmètre mouillé.
- **Sm :** Surface mouillée.
- **Qps :** débit à pleine section.
- **Vps :** vitesse à pleine section.
- **Ve :** vitesse d'écoulement.
- **Rh :** Rayon hydraulique.
- **Kst :** coefficient de Maning Strickler.

.

Table de matière:

Introduction Générale	12
I. CHAPITRE 1: RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE	14
1. Introduction	15
2. Différents types d'ouvrages de soutènement	15
2.1. Cas ou la poussée est reprise par le poids de l'ouvrage	15
2.2. Cas reprise de poussée par encastrement de l'ouvrage de soutènement dans le sol de fondation :	16
2.3. Cas ou la poussée est reprise en totalité ou en partie par des ancrages	16
2.4. Quelques types types des murs de soutènement	16
3. Stabilité Externe et Interne	18
4. Dimensionnement des murs de soutènement	20
4.1. Stabilité au glissements-non basculement	21
4.2. Stabilité au poinçonnement	21
4.3. Sécurité au grand glissement	21
5. Dimensionnement des ouvrages de soutènement	22
II. CHAPITRE 2 : PRESENTATION AU PROJET	24
1. Introduction	25
2. Présentation du projet	25
3. Présentation de la région	25
3.1. Situation géographique de la willaya de Batna	26
3.2. Condition Climatique	26
3.3. Réseaux routiers de la willaya de Batna	27
3.4. Aspect physique et situation géographique	28
III. CHAPITRE 03 : ETUDE DE TRAFIC	30
1. Introduction	31
1.1. Contexte et justification de l'étude	31
1.2. Objective de l'étude	31
2. Les différents types de trafics	31
3. Méthode d'estimation du trafic	32
4. Calcul de la capacité	32
4.1. Protection du future trafic	33
4.2. Trafic effectifs	33
4.3. Débit de pointe horaire normal	33
4.4. Débit horaire admissible	34
4.5. Nombres de voies	34
4.5.1. Cas d'une chaussée bidirectionnelle	34
4.5.2. Cas d'une chaussée unidirectionnelle	34
5. Application au projet	35
5.1. Données du projet	35
5.1.1. Protection du future trafic	35
5.1.2. Calcule de trafic effectif	35
5.1.3. Calcul du débit de pointe horaire normale	35
5.1.4. Calcul du débit admissible	36
5.1.5. Détermination du nombre des voie	36
5.1.6. Calcul de l'année de saturation	36
6. Conclusion	36
IV. CHAPITRE 4 : TRACE EN PLAN	37
1. Introduction	38

	2. Règle a respecté dans la trace en plan	38
	3. Les éléments du trace en plan	38
	3.1. Les alignements	39
	3.2. La valeur des rayons	39
	3.3. Les courbes de raccordement	39
	3.3.1. Le rôle des courbes de raccordement	40
	3.3.2. Les types de courbe de raccordement	40
	3.3.3. Enchainement des éléments du trace en plan	40
	4. Application	41
V.	CHAPITRE 5 : PROFIL EN LONG	42
	1. Introduction	43
	2. Règle a respecté dans le trace du profil en long	43
	3. Coordination du tracé en plan et du profil en long	43
	4. Valeur limite	44
	5. Application	44
VI.	CHAPITRE 6 : PROFIL EN TRAVERS	45
	1. Introduction	46
	2. Profil en travers en section courante	46
	2.1. Chaussée	46
	2.2. Terre plain centrale (tpc)	46
	2.3. Accotement	47
	3. Profil en travers au droits des ouvrages d'arts courant	47
	4. Pentes transversales	48
	4.1. En alignement et en courbe non diverse	48
	4.2. En pente diverse	48
	4.3. Changement de divers	48
	5. Normes géométrique	49
	6. Profil en travers type de notre projet	49
	7. APPLICATION AU PROJET	50
VII.	CHAPITRE 7 : CUBATURE	51
	1. Introduction	52
	2. Méthode de calcule des cubature	52
	3. Description de la méthode	52
	4. Application	53
VIII.	CHAPITRE 8 : ETUDE GEITECHNIQUE	54
	1. Introduction	55
	2. Reconnaissance du site	55
	2.1. La localisation	55
	2.2. La géologie	55
	2.3. La sismicité de la r région	56
	2.4. La morphologie	57
	3. Interprétation des essais	57
	3.1. Résultat des essais in situ	57
	3.2. Résultat des essais en laboratoire	59
	3.2.1. Résultat des essais physique	60
	3.2.2. Résultat des essais mécanique	60
	3.2.3. Classification GTR	60
	3.3. Classe de portance des sols supports de la route	62
IX.	CHAPITRE 9 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE	64
	1. Introduction	65

2. Notion sur les chaussées	65
2.1. Les différents types de chaussées	65
2.1.1. Chaussée souples	66
2.1.1.1. Couche de roulement (surface)	66
2.1.1.2. Couche de base	66
2.1.1.3. Couche de fondation	66
2.1.1.4. Couche de forme	67
2.1.2. Chaussée semi-rigide	67
2.1.3. Chaussée rigide	68
2.2. Facteurs d'étude de dimensionnement	68
3. Méthode de dimensionnement	68
3.1. La méthode CBR (California-bearing-ration)	69
3.1.1. Description de la méthode	69
3.1.2. Application de la méthode CBR	70
3.2. Méthode catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	71
3.2.1. Description de la méthode	71
3.2.2. Les données du tracé	71
3.2.3. Détermination de la portance du sol support	72
4. Calcule des déformation admissibles	73
4.1. Calcule des déformations admissibles sur le sol support	73
4.2. Calcule de la déformation admissible εtadm a la base de GB	73
5. Conclusion	76
X. CHAPITRE 10 : ASSAINISSEMENT	77
1. Introduction	78
2. Objectif de l'assainissement	78
3. Les dégradations provoquer par l'eau	78
3.1. Pour les chaussées	78
3.2. Pour les talus	79
4. Dimensionnement des réseaux d'assainissement	79
4.1. Méthode de calcul des débits	79
5. Application au projet	82
5.1. Délimitation des bassins versants avec globale mapper	82
5.2. Résultats des calculs des débits de notre projet	83
6. Système de drainage transversale	83
6.1. Dimensionnement des buses	83
6.2. Dimensionnement des dalots	85
6.3. Dimensionnement des fossé	86
7. Conclusion	88
XI. CHAPITRE 11 : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR	90
1. Introduction	91
2. Définition	91
3. Rôle d'un échangeur	91
4. Constituants d'un échangeur	91
5. Les différents types d'échangeur	92
6. Choix du type de l'échangeur	92
7. Application sur notre projet	93
8. Caractéristique des bretelles	93
8.1. Valeurs limites des rayons	93
8.2. Enchainement des éléments du tracé en plan	94
8.3. Raccordement progressif	94
8.4. Zone d'accélération et de décélération	94
8.5. Profil en long	95

8.6. Profil en travers	96
9. Conception de notre échangeur	96
XII. CHAPITRE 12 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE	97
1. Introduction	98
1.1. Définition de la signalisation routier	98
1.2. Importance de la signalisation routier	98
2. Les types de signalisation routier	98
2.1. Signalisation verticales	98
2.2. Signalisation horizontale	100
3. Les autres dispositifs de signalisation	101
4. Application au projet	103
4.1. Signalisation horizontale	103
4.2. Les flèches	103
4.3. Signalisation vertical	103
XIII. CHAPITRE 13 : IMPACTE SUR L'ENVIRONNEMENT	105
1. Introduction	106
2. Cadre juridique	106
3. Objectifs de l'étude d'impacte	106
4. Identification des impactes sur l'environnement	106
4.1. Impacte sur le milieux physique	106
4.2. Impacte sur l'hydrologie et l'hydrogéologie	107
4.3. Impacte sur le cadre humain	107
4.4. Impacte sur le paysage	107
5. Les mesure prises pour minimiser les impactes	108
6. Conclusion	109
XIV. CHAPITRE 14 : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	110
1. Tableau avec toutes les données du devis	111
2. Le montant total de notre projet est de	112
CONCLUSION GENERALE	114
BIBLIOGRAPHIE	115
ANNEXE	116

Liste des figures :

N°	Nom de la figure	Pages
Fig1.1 :	Les divers types d'ouvrage de soutènement	15
Fig1.2 :	Mur de soutènement type poids	17
Fig1.3 :	Mur de soutènement type mur cantilever	17
Fig1.4 :	Mur de soutènement type mur à contrefort	18
Fig1.5 :	Modes de rupture	18
Fig1.6 :	Les efforts qui s'appliquent sur l'ouvrage	20
Fig1.7 :	Les composante horizontale	21
Fig1.8	Dimensionnement des ouvrages rigide	22
Fig1.9 :	Notions sur partie des murs	22
Fig2.1 :	Notre projet de liaison dans le réseau autoroutier horizon 2025	25
Fig2.2 :	Position géographique	26
Fig2.3 :	Un schéma représentant la condition climatique de la région	27
Fig2.4 :	Carte du réseau routier de la willaya de Batna	28
Fig4.1 :	Schéma des éléments du tracé en plan	39
Fig4.2 :	Raccordement progressif de la clothoïde	40
Fig4.3 :	Mon tracé en plan	41
Fig5.1 :	Mon profil en long	44
Fig6.1 :	Exemple des éléments du profil en travers type	46
Fig6.2 :	Notre Profils en travers type	50
Fig7.1 :	Les sections des profils en travers d'un tracé donné	52
Fig7.2 :	La position des sections d'un profil en long d'un tracé donné	53
Fig8.1 :	La localisation approximative du tronçon Pk 34+900/Pk+57+232	55
Fig8.2 :	Localisation approximative du tronçon allant du Pk+34+900/Pk57+000 de la liaison autoroutier Batna/autoroute Est-Ouest sur la carte géologique de Sétif	56
Fig8.3 :	Tableau synoptique de la classification des matériaux selon leur nature	61
Fig9.1 :	Les différents types de chaussée	67
Fig9.2 :	Coupe type d'une chaussée souple	68
Fig9.3 :	Structure type d'une chaussée semi-rigide	69
Fig9.4 :	Structure type d'une chaussée rigide	75
Fig9.5 :	Les classe de TPLi pour le résseau	76
Fig10.1 :	Délimitation des bassins versants avec Globale Mapper	83
Fig10.2 :	Caractéristique d'un dalot	86
Fig10.3 :	Un schéma de fossé	89
Fig11.1 :	Différents types d'échangeurs	93
Fig11.2 :	Zone d'accélération	96
Fig11.3 :	Zone de décélération	96
Fig11.4 :	L'échangeur de notre projet	97
Fig12 :	Panneau de signalisation	105

Liste des tableaux :

N°	Nom du tableau	Pages
Tab3.1 :	Coefficient d'équation << P >> Normes B40	33
Tab3.2 :	Coefficient << K1 >> Normes B40	34
Tab3.3 :	Coefficient << K2 >> Normes B40	34
Tab3.4 :	Valeur de la capacité théorique- Normes B40	34
Tab3.5 :	Résultat de calcul des paramètres de trafic	36
Tab4.1 :	Valeur des longueur min et max	39
Tab4.3 :	Valeur des rayon min selon la catégorie de la route	39
Tab5.1 :	Les valeurs limites selon L'ICTAAL	44
Tab6.1 :	Choix des caractéristiques de la chaussée selon la catégorie de la route	49
Tab6.2 :	Profil en travers type proposé	50
Tab8.1 :	Description lithologique des puits	58
Tab8.2 :	Résultat des essais physique au laboratoire	59
Tab8.3 :	Résultat des essais mécanique au laboratoire	60
Tab8.4 :	Classification GTR	61
Tab9.1 :	Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau	69
Tab9.2 :	Les épaisseurs des couches de matériaux	70
Tab9.3 :	Classification des réseaux principaux	71
Tab9.4 :	Valeur du coefficient d'agressivité A	72
Tab9.5 :	Amélioration de la portance du sol support	72
Tab9.6 :	Risque adopté pour le réseau RP1 (fasicule02)	74
Tab9.7 :	Performances mécanique des matériaux bitumineux	75
Tab9.8 :	Récapitulatif des résultats	76
Tab10.1 :	Valeur de coefficient C1	81
Tab10.2 :	Valeur de coefficient C2	81
Tab10.3 :	Valeur de coefficient C3	81
Tab10.4 :	Valeur du paramètre de montana **a**	81
Tab10.5 :	Les données des bassins versants	83
Tab10.6 :	Les résultat des calculs des débits	83
Tab10.7 :	Les résultats des calculs des buses	84
Tab10.8 :	Résultats des calculs des dalots	86
Tab10.9 :	Les caractéristique des sous bassins versants concernées	87
Tab10.10 :	Les coefficients de ruissellements	87
Tab10.11 :	Calcul de débit d'apport Qa	88
Tab11.1 :	Les valeurs limites des rayons	93
Tab11.2 :	Les valeurs limites du profil en long	95
Tab11.3 :	Les largeurs des composantes de la chaussée	96
Tab13.1 :	Les impactes qui susceptible d'entrainer les impacte sur l'environnement	109
Tab14.1 :	Devis quantitatif et estimatif	112

Introduction Générale :

Au terme de notre parcours académique, l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP) prévoit, dans le cadre du programme du deuxième semestre de la cinquième année, la réalisation d'un travail de fin d'étude. Ce projet, d'une durée approximative de trois mois, s'effectue au sein des services du ministère des travaux publics, et a pour but de consolider nos connaissances théoriques acquises tout au long de notre formation, de nous familiariser avec le milieu professionnel, ainsi que de nous faire découvrir les responsabilités et missions d'un ingénieur d'État en travaux publics.

En conséquence, en tant qu'étudiant ingénieur, nous avons dû déployer de considérables efforts, faire des observations pertinentes et des remarques constructives, afin de présenter un travail de qualité à la hauteur des attentes.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, en collaboration avec l'ENSTP, la Direction des Travaux Publics (DTP) nous a confié l'étude d'un tronçon spécifique de la liaison autoroutière entre BATNA et l'autoroute EST-OUEST. Ce tronçon, s'étendant sur une distance de 8 km, du PK46 au PK54, constitue le sujet central de notre humble mémoire.

Durant cette étude, nous nous sommes attachés à mettre en pratique nos connaissances acquises tout au long de notre formation, à exploiter nos compétences techniques et conceptuelles, ainsi qu'à proposer des solutions pertinentes pour ce projet d'envergure.

Par conséquent, ce mémoire de fin d'étude vise à présenter les résultats de notre travail d'analyse approfondie, de conception détaillée et de recommandations éclairées pour cette liaison autoroutière. Nous espérons sincèrement que notre contribution apportera une valeur ajoutée significative à l'amélioration des infrastructures routières, tout en démontrant notre compréhension des enjeux techniques et organisationnels liés au domaine des travaux publics.

I. CHAPITRE 1 :

Recherche Bibliographique

1) Introduction

Le phénomène de glissement est un problème géotechnique majeur qui peut avoir des conséquences graves sur les infrastructures, notamment les routes. Il se produit lorsque des masses de sol ou de roche se déplacent le long d'une surface de rupture, souvent sous l'effet de forces gravitationnelles ou de l'action de l'eau. Le glissement peut se produire sur des pentes naturelles ou artificielles et peut être déclenché par divers facteurs tels que l'instabilité du sol, l'érosion, les variations de pression d'eau, les tremblements de terre ou les activités humaines. Pour cela, il faut compte tenu de ces phénomènes et de leurs dangers, et de prendre les précautions convenable pour détecter les zones instables afin de trouver les meilleurs solutions de protections ou de traitements.

2) Description des mouvements du terrain

Les mouvements du terrain font référence aux déformations ou aux déplacements du sol ou de la roche qui se produisent naturellement ou à la suite de facteurs externes tels que l'activité humaine.

La classification des mouvements des terrains, qui est un moyen de dénomination des principaux types, a préoccupé les spécialistes depuis plus d'une centaine d'années. Chaque auteur selon sa formation et les cas localement constatés propose une classification en se basant sur des critères tels que :

- La nature de la roche.
- La cinématique du mouvement.
- La vitesse du mouvement.
- La cause et L'âge de la rupture.
- La géométrie (hauteur de chute, la pente moyenne et le volume en déplacement).

3) Classification des glissements :

Les glissements affectent les sols et sont fréquents dans les travaux de terrassement et de soutènement. Les vitesses de rupture peuvent être très variables.



La rupture est parfois précédée de signes précurseurs mais parfois brutale.

Selon la géométrie de la surface de glissement on distingue :

Figure Glissement plan.

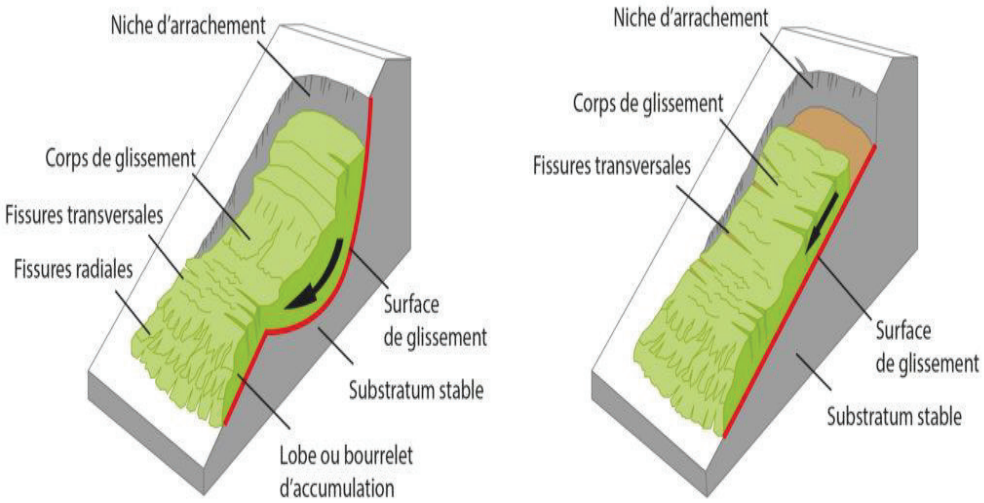
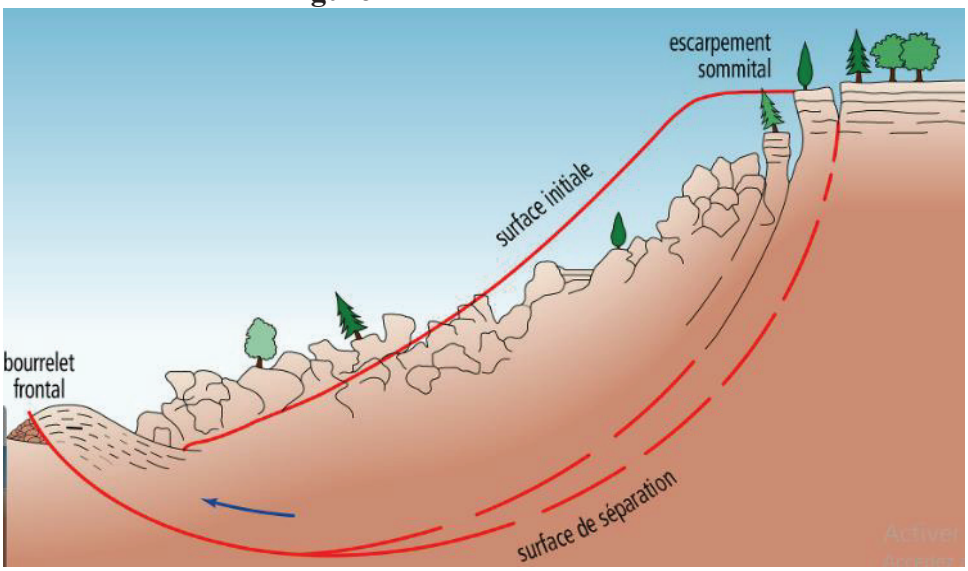


Figure Glissement rotationnel.



- Glissement quelconque.

4) Principales causes des glissements de terrain :

Le processus d'instabilité d'une pente dépend de

4.1 Nature du terrain:

A. **Géométrie de terrain:** La pente de la surface du terrain constitue le premier facteur de stabilité ou d'instabilité. La pente critique dépend de la nature des sols ou des roches (caractéristiques de résistance au cisaillement) et de la présence d'eau dans le massif.

B. **Résistance au cisaillement des sols ou des roches :** Cette résistance, en un point donné, dépend de la nature du matériau, de son histoire et de l'état de contrainte qui règne au point considéré. L'état de contrainte est fonction des diverses sollicitations appliquées au massif (chargement, déchargement, fluctuation de la nappe phréatique, etc.)

Dans le cas des argiles raides, que l'on rencontre fréquemment dans les versants instables (marnes, argile, etc.) Les analyses de stabilité consistent habituellement en un calcul d'équilibre limite, prenant en compte la résistance au cisaillement de pic **(c'et φ')** Dans le cas d'une première rupture, et la résistance au cisaillement résiduelle (cR' et φR') dans le cas de la réactivation d'un glissement.

4.2 Les actions extérieures qui agissent sur le sol

A- Les actions climatiques et anthropiques : Les facteurs climatiques prépondérants sont constitués par les apports d'eau. Les autres actions externes, susceptibles de modifier l'état d'équilibre d'un versant, résultent principalement de modifications de géométrie, de chargements et de déchargements.

B- Les actions hydrauliques (Pluie, neige, évapotranspiration) : Les nappes sont alimentées principalement par les pluies et la fonte des neiges. D'autres phénomènes peuvent se rajouter, comme des infiltrations à partir de fossés, de bassins de rétention et d'adduction d'eau ou de réseaux d'assainissement.

C- Séismes : Les sollicitations sismiques peuvent être la cause de glissements de terrain. Deux phénomènes entrent en jeu dans ce cas :

- ✓ La liquéfaction des limons et sables fins saturés, susceptible de provoquer le glissement des formations sus-jacentes,
- ✓ La force inertielle déstabilisatrice due au séisme lui-même

5) Eléments nécessaires à un bon traitement de glissement :

Afin de mieux faire face aux tremblements de terre, différentes données doivent être collectées et plusieurs mesures doivent être entamées.

5.1 Paramètres mesurés:

5.1.1 Cinématiques : En surface (topométrie, extensométrie) ou en profondeur (inclinométrie), le premier objectif de l'étude cinématique est la délimitation en plan et en profondeur du volume en mouvement.

L'étude cinématique permet aussi d'obtenir un ordre de grandeur de la vitesse de mouvement, d'analyser la sensibilité aux facteurs extérieurs, ou de contrôler l'efficacité d'une stabilisation.

- Piézométriques (en particulier, pression interstitielle au niveau de la surface de rupture).
- Météorologiques (pluviométrie)
- la position et le nombre des points de mesure dans les sites à risque grave,
- la fréquence d'acquisition : mensuelle, hebdomadaire, quotidienne ou plus fréquente.

- leur exploitation, notamment en ce qui concerne les alertes.

5.1.2 Déplacement du sol : Le déplacement du sol est mesuré pour évaluer la vitesse et l'amplitude du mouvement des masses de terrain. Des instruments tels que des inclinomètres, des extensomètres ou des GPS peuvent être utilisés pour mesurer le déplacement horizontal et vertical du sol.

5.1.3 Pression de l'eau : La pression de l'eau joue souvent un rôle crucial dans les glissements de terrain. Des piezomètres peuvent être installés pour mesurer la pression d'eau interstitielle dans le sol. Cela permet de surveiller les variations de la pression de l'eau et de prendre des mesures pour contrôler et réduire les effets néfastes de l'eau sur la stabilité des pentes

5.1.4 Surcharge : Les surcharges supplémentaires, qu'elles soient naturelles (pluie, neige) ou dues à des activités humaines (excavation, construction), peuvent influencer les glissements de terrain. La mesure des charges appliquées sur la zone à risque est essentielle pour évaluer l'impact potentiel sur la stabilité des pentes

5.1.5 Inclinométrie : Inclinométrie est utilisée pour mesurer l'inclinaison des couches de sol à différents niveaux de profondeur. Cela permet de détecter les zones présentant des déformations et de surveiller l'évolution de la déformation dans le temps.

5.1.6 Surveillance d'évolution du glissement: Lorsque les travaux de confortement ne sont pas envisageables, techniquement ou financièrement, ou qu'ils ne peuvent être réalisés avant un certain temps, une solution de surveillance peut être choisie. L'objectif est de prévoir la rupture.

Suffisamment à l'avance pour que des mesures préventives soient prises :
- mise en place d'un confortement supplémentaire,
- évacuation de la zone instable,
- fermeture d'un tronçon de route, etc

6) Les techniques de stabilisation :

Dans la majorité des cas, l'étude d'un glissement de terrain conduit à définir une Solution confortative et à exécuter des travaux de stabilisation. Cette solution doit, Tenir compte de la faisabilité des travaux liée à :

- ❖ L'investissement consenti
- ❖ L'accessibilité du site
- ❖ La cinématique du glissement.

Le choix d'une technique de stabilisation devra être le fruit d'un compromis entre ces Trois aspects :

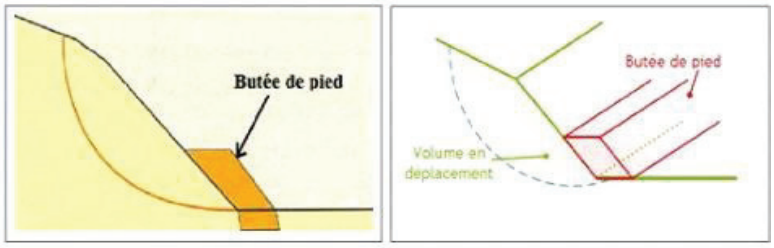
- ❖ L'analyse des paramètres techniques du site.
- ❖ La connaissance des techniques de stabilisation.
- ❖ Les impératives technico-économique.

Parmi les moyens de confortement usuels on distinguera les techniques suivantes :

6.1 Mise en œuvre de terrassements : Les conditions de stabilité étant directement liées à la pente du terrain, le terrassement reste le moyen d'action le plus naturel. On peut distinguer trois groupes de méthodes de stabilisation par terrassement :

- ❖ Les conditions sur l'équilibre des masses (allégement en tête et butée en pied)
- ❖ Les actions sur la géométrie de la pente (purge et reprofilage).
- ❖ Les substitutions partielles ou totales de la masse glissée (bêches, contreforts, Masques, éperons).

6.1.1 Butée de pied: Le chargement en pied (ouvrage de butée, également appelé banquette dans certaines configurations) agit de deux manières, d'une part, il équilibre les forces motrices et, d'autre part, il permet de contenir les déplacements de la masse instable.



Le dimensionnement d'une butée de pied se fait par un calcul de stabilité (méthode de calcul d'équilibre limite) au grand glissement de la pente instable en tenant compte de la modification géométrique envisagée. La surface de rupture étudiée et celle qui résulte de l'investigation (inclinométrie, coupes de sondages, observation de terrain).

La stabilité au grand glissement suppose deux vérifications :

- L'ouvrage de butée doit limiter les risques de reprise du glissement en amont.
- L'ouvrage de butée ne doit pas déclencher d'autre glissement, par exemple à l'aval.

Figure buté de pied

6.1.2 Allégement en tête: L'allégement en tête de glissement consiste à venir terrasser le matériau dans la partie supérieur. Il en résulte une diminution du poids moteur et par

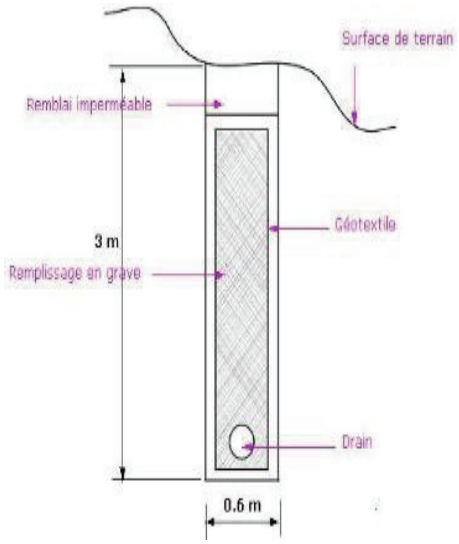
conséquent, une augmentation du coefficient de sécurité en prenant en compte la modification de géométrie en tête.

6.2 Dispositifs de drainage :

Très souvent, l'eau joue un rôle moteur déterminant. Aussi, et bien qu'elles soient plus délicate à dimensionner et à mettre en œuvre que des techniques de terrassements, le géotechnicien doit étudier des solutions ayant pour objectif de réduire l'action de l'eau. Le drainage a pour but de réduire les pressions interstitielles le long de la surface de glissement et ainsi d'augmenter la résistance au cisaillement du terrain.
Différentes techniques peuvent être appliquées pour atteindre cet objectif.
Elles relèvent de deux options fondamentales :

- Eviter l'alimentation en eau de site.
- Expulser l'eau présente dans le massif instable afin de réduire les pressions interstitielles.

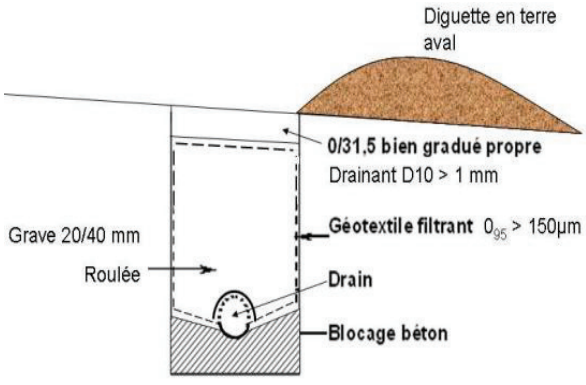
6.2.1 Tranchées drainantes : Les tranchées drainantes, sont des ouvrages conçus essentiellement pour rabattre le niveau de la nappe. Elles sont implantées sur le site de façon à venir recouper les filets d'eau (linges de courant dans un horizon homogène, couche aquifère, venues d'eau ponctuelles, etc.).
Le choix de l'implantation (dans le sens de la plus grande pente ou dans un sens parallèle aux lignes de niveau, ou encore en épis) dépend des résultats de l'étude et conditionne l'efficacité de la tranchée.



L'écran drainant est composé d'une âme drainante, d'un géotextile et de tuyaux collecteurs.
Cette technique permet de réaliser des tranchées drainantes jusqu'à 6 m de profondeur.

6.2.2 Drains subhorizontaux : La technique consiste à réaliser de nombreux forages avec une faible pente sur l'horizontale (2 à 5°) et à y placer des tubes crépines. Un dispositif de captage des eaux recueillies dans les drains avec un exutoire adapté complète l'ensemble.

Les drains subhorizontaux peuvent être disposés en un ou plusieurs faisceaux ou plus simplement en lignes. Dans certains cas, en peut forer les drains en faisceaux sur deux ou trois plans subhorizontaux différents. Les drains subhorizontaux permettent de drainer des versants instables dans les cas suivants:



- Nappe de versant.
- Couche et poches aquifères, éventuellement en charge.

• Circulations d'eau localisées (dans les fractures, dans des couches de faible épaisseur).

6.2.3 Introduction d'éléments résistants : On entend par éléments résistants les structures telles que :

• Murs de soutènement.
• Tirants d'ancrage et mur ancrés.
• Clouages par des barres, des micropieux.
• Rangées de pieux, de barrettes ou de profilés métalliques.

On a recourt à ces techniques dans le cas où les techniques qui sont présentées précédemment (terrassements et drainages) ne peuvent pas être techniquement ou économiquement mises en œuvre.

Comme ces techniques visent à réduire les déformations, on peut introduire des Éléments résistants à titre préventif, de façon à éviter les déplacements, qui pourraient avoir Pour conséquence de diminuer la résistance au cisaillement des sols.

Deux grands types de structures peuvent être distingués :

-Les ouvrages rigides tels que les murs en béton, les tirants précontraints, les pieux et les barrettes.

-Les ouvrages souples tels que les remblais renforcés, les murs cellulaires, les clous et les micros-pieux

6.2.4 Ouvrage de soutènement : Les ouvrages rigides ne sont pas les mieux adaptés à la stabilisation des glissements de terrain, du fait de leur incompatibilité avec toute déformation ; en outre le dimensionnement doit prendre en compte :

• le glissement de l'ouvrage sur sa base.
• la rupture interne de l'ouvrage.
• la rupture par poinçonnement du sol.
• le renversement ou le basculement de l'ouvrage.

Les ouvrages souples sont des structures obtenues à partir de gabions, de murs cellulaires, ou de sol renforcé par fils, par armatures synthétiques ou métalliques, par nappes de géotextiles.

6.2.5 Tirants d'ancrages : Un tirant d'ancrage est un dispositif capable de transmettre les forces de traction qui lui sont appliquées à une couche de terrain résistante.

Le principe consiste à réduire les forces actives de glissement et à accroître les contraintes normales effectives sur la surface de rupture. Pour ce faire, on ancre des tirants constitués d'une armature (barre ou câble à haute résistance élastique) dans le terrain stable situé sous la surface de rupture, et on applique en tête un effort de traction. Cet effort peut être réparti sur la surface de terrain par l'intermédiaire de plaques ou de petits massifs en béton armé. Dans de nombreux cas, les tirants sont combinés à un mur ou à des longrines.

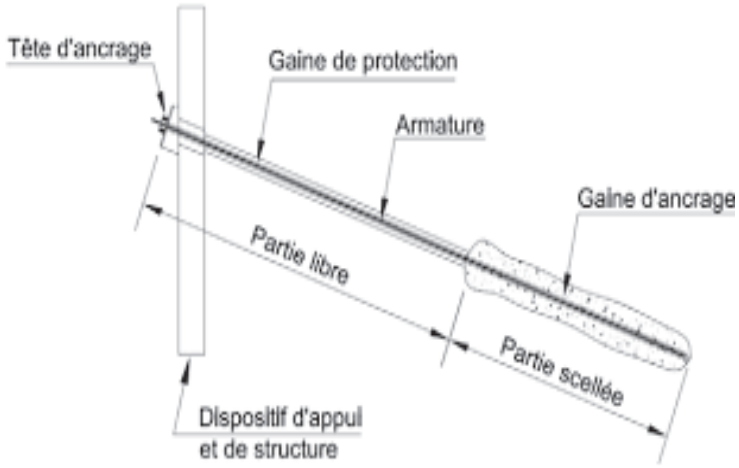


Figure Tirants d'ancrages

II. CHAPITRE 2 :
Présentation du Projet :

1. INTRODUCTION :

Après la réalisation du projet majeur de l'autoroute Est-Ouest, l'Algérie reconnaît l'importance de relier cette autoroute à différentes régions à travers le vaste territoire du pays afin de favoriser le développement. La wilaya de Batna, en raison de son rôle clé dans le développement économique national et de son emplacement stratégique, a bénéficié de ce projet.

Afin de mieux intégrer cette région au réseau autoroutier national, il est prévu de construire une liaison reliant l'autoroute Est-Ouest aux trois wilayas de Batna, Oum El Bouaghi et Mila. Cette liaison traversera une distance d'environ 62 km, comme illustré dans la photo suivante :



Figure 01 : Notre projet de liaison dans le réseau autoroutier horizon 2025

Cette nouvelle liaison autoroutière jouera un rôle essentiel dans le développement socio-économique de ces régions, en facilitant les échanges commerciaux, le transport des marchandises et l'accès aux infrastructures essentielles. Elle contribuera également à renforcer la connectivité entre les différentes régions du pays, favorisant ainsi une croissance équilibrée et un développement harmonieux à travers l'Algérie.

2. PRESENTATION DU PROJET :

Le projet global concerne la construction d'une liaison autoroutière reliant Batna à l'autoroute Est-Ouest au niveau de Chelghoum Laid, sur une distance totale de 58 km. Ce projet est subdivisé en deux lots, dont le lot n°2 s'étend sur une distance de 20 km, allant du PK 34+900 au PK 57+232, incluant notre projet.

Notre projet consiste à réaliser un tronçon autoroutier de 8 km, situé entre les villes de Oulad Khelouf et la proximité de la pénétrante Est-Ouest. Ce tronçon débute au PK=46+000 et se termine au PK=54+000.

3. PRESENTATION DE LA REGION :

La willaya de Batna t une willaya située au nord-est de l'Algérie, dans la région des Aurès , dont le chef-lieu est la ville éponyme de Batna.



Figure 02 : position géographique

3.1. Situation géographique de la willaya de Batna :

La wilaya de Batna est située à l'est de l'Algérie, entre les longitudes "4° et 7°" Est et les latitudes "35° et 36°" Nord. Elle s'étend sur une superficie de 12 192 km2. Son territoire est principalement caractérisé par la rencontre des chaînes de montagnes de l'Atlas Tellien au nord et de l'Atlas Saharien au sud. Cette particularité physique influe sur le climat de la wilaya ainsi que sur les conditions de vie des habitants.

3.2. Condition climatique :

La ville de Batna bénéficie d'un climat semi-aride caractérisé par quatre saisons distinctes. Les températures varient considérablement tout au long de l'année. En janvier, le mois le plus froid, la température moyenne est d'environ 4°C, tandis qu'en juillet, le mois le plus chaud, elle atteint en moyenne 35°C. Pendant l'hiver, les températures peuvent descendre en dessous de zéro la nuit, entraînant souvent la formation de gelées et de verglas sur les routes. En été, les températures peuvent atteindre 45°C à l'ombre.
La pluviométrie annuelle moyenne de la région est d'environ 210 mm. L'humidité moyenne est élevée, atteignant environ 97 %. La neige est rare à Batna et ne tombe que pendant quelques jours, principalement au mois de mars.
En résumé, Batna présente un climat semi-aride avec des hivers froids et des étés chauds, des variations importantes de température tout au long de l'année et une pluviométrie modérée. Les conditions météorologiques influencent les activités quotidiennes et doivent être prises en compte dans la planification des projets et des infrastructures.

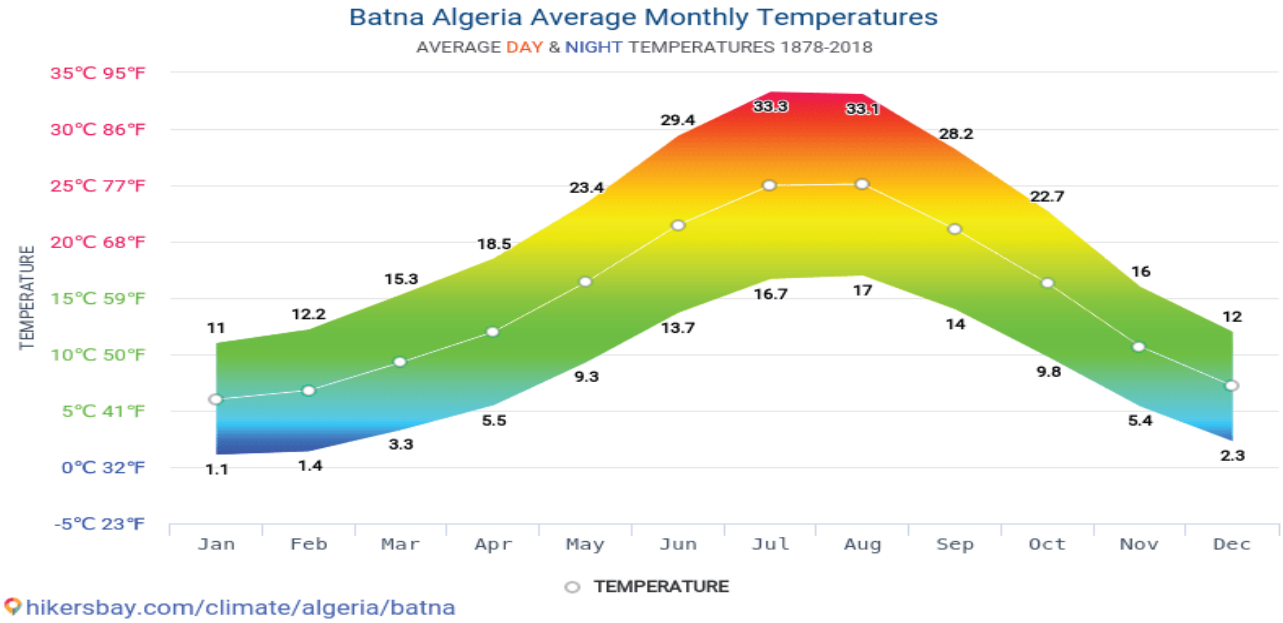


Figure 03 : un schéma représentant la condition climatique de la région.

3.3. Réseaux routiers de la willaya de Batna :

La wilaya de Batna dispose d'un réseau routier d'une longueur totale de 3 506,070 kilomètres, répartis comme suit :

- Routes nationales : 804,300 kilomètres, représentant 22.94 % du réseau total.
- Chemins de wilaya : 650,400 kilomètres, représentant 18.55 % du réseau total.
- Chemins communaux : 1 331,620 kilomètres, représentant 37.98 % du réseau total.
- Pistes : 719,750 kilomètres, représentant 20.53 % du réseau total.

Le revêtement routier couvre 79.47 % de l'ensemble du réseau, tandis que le reste (20.53 %) est constitué de pistes non revêtues, nécessitant ainsi des efforts supplémentaires pour leur aménagement et leur amélioration.

En ce qui concerne les ouvrages d'art, on compte 169 sur les routes nationales, 79 sur les chemins de wilaya et 51 sur les chemins communaux. Ces ouvrages jouent un rôle essentiel dans la connectivité et le bon fonctionnement du réseau routier de la wilaya de Batna.

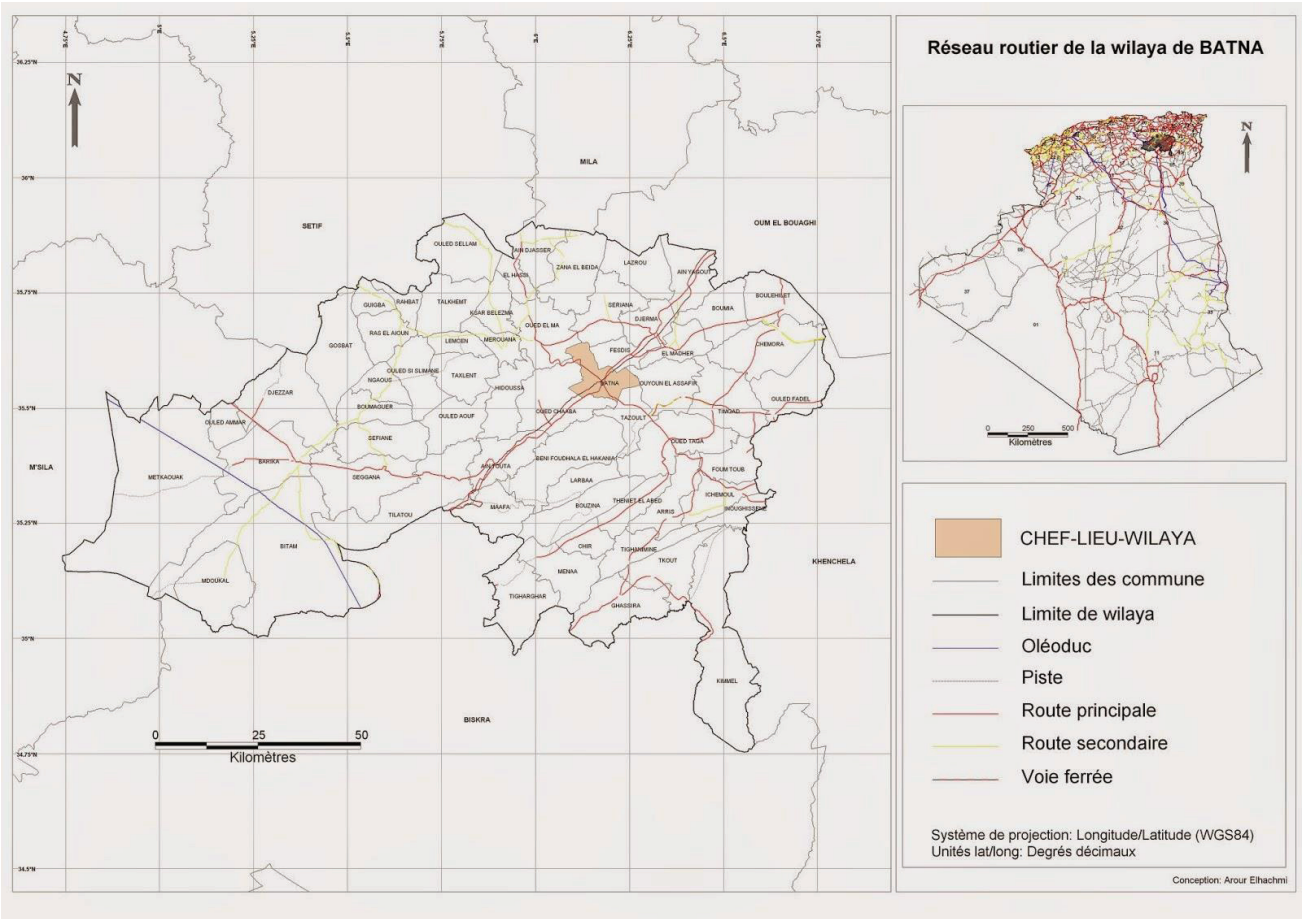


Figure 04 : Carte du réseaux routier de la willaya de Batna.

3.4. Aspect physique et situation géographique :

La région décrite présente une structure physique très diverse, se composant principalement de trois régions naturelles distinctes :

1. Les hautes plaines telliennes : Cette zone occupe une superficie de 2 934 km², ce qui représente environ 24% de la superficie totale de la région. Elle est caractérisée par des altitudes variant entre 700 et 2 326 mètres, avec le point culminant étant le Djebel Chélia. Les précipitations annuelles dans cette région se situent entre 600 et 900 mm, et il y a une présence persistante de neige pendant environ 15 jours à Arris, à une altitude de 1 100 mètres.
2. La zone montagneuse : Cette région montagneuse occupe une superficie de 5 340 km², représentant environ 45% de la superficie totale de la région. Elle est encadrée au nord par les monts du Hodna, à l'est par les monts du Belezma et DJ Metlili, et au sud par le versant nord des monts du Zab (Dj Ammar - Bouzokhma). Les altitudes dans cette région varient, avec une moyenne entre 700 et 2 326 mètres.
3. Les hautes plaines steppiques : Cette zone s'étend sur une superficie de 3 764 km², ce qui représente environ 31% de la superficie totale de la région. Les altitudes moyennes dans cette région sont inférieures à 500 mètres. Les précipitations sont moins abondantes, inférieures à 300 mm par an. Cette région peut être divisée en trois zones distinctes :

- La zone des glacis, qui se trouve immédiatement en contrebas des reliefs montagneux, comprenant les localités de N'Gaous, El Djezzar, Sefiane, Boumagueur et Gosbat.
- La plaine du Hodna, comprenant les villes de M'Doukal, Barika, Bitam et Ouled Ammar.
- La zone des Chotts, incluant Azil Abdelkader.

Ces différentes régions présentent des caractéristiques topographiques, climatiques et géographiques variées, contribuant à la diversité de la région dans son ensemble.

III. CHAPITRE 3 : Etude de Trafic

1. Introduction :

1.1. Contexte et justification de l'étude :

La réalisation d'une étude de trafic est souvent justifiée par plusieurs raisons, parmi lesquelles :

- **La planification des infrastructures de transport :** pour déterminer les besoins en termes d'infrastructures de transport et de mobilité dans une zone donnée, il est nécessaire de comprendre le comportement des usagers de la route et de prédire la demande future.
- **L'amélioration de la sécurité routière :** la connaissance de la composition et de la densité du trafic permet d'identifier les zones à risque et de mettre en place des mesures de sécurité routière adaptées pour améliorer la sécurité des usagers.
- **L'optimisation de la gestion du trafic :** l'étude du trafic permet de déterminer les heures de pointe, les zones de congestion et les itinéraires alternatifs pour améliorer la fluidité du trafic et réduire les temps de trajet.
- **La réduction de l'impact environnemental** : en comprenant les tendances de trafic et les schémas de déplacement, il est possible de planifier des infrastructures de transport plus durables et de réduire l'impact environnemental des déplacements.

En somme, l'étude du trafic est un outil clé pour comprendre le comportement des usagers de la route, planifier les infrastructures de transport, améliorer la sécurité routière, optimiser la gestion du trafic et réduire l'impact environnemental des déplacements.

1.2. Objective de l'étude :

Les objectifs d'une étude de trafics routier sont les suivants :

- Évaluer le niveau de trafic actuel et futur sur une route ou un réseau routier.
- Identifier les zones de congestion et de goulot d'étranglement.
- Prévoir les impacts du trafic sur l'environnement, notamment en termes de bruit, de pollution et de sécurité routière.
- Évaluer les besoins en termes d'infrastructures routières, telles que les routes, les ponts et les tunnels.
- Proposer des solutions pour améliorer la fluidité et la sécurité du trafic, notamment en matière de signalisation, de marquage au sol et de limitation de vitesse.
- Élaborer des plans de transport pour les villes et les régions afin de réduire la congestion et de promouvoir des modes de transport durables.
- Étudier les impacts économiques du trafic routier, notamment en termes de coûts pour les usagers et les gouvernements.
- Fournir des informations précises et fiables pour aider à la prise de décision en matière de planification urbaine et de développement économique.

2. *Les différents types de trafics :*

Il existe plusieurs façons de catégoriser les différents types de trafics routiers. Voici quelques-unes des catégories les plus courantes :

a) **Trafic de transit :** c'est le trafic qui traverse une zone donnée sans y faire d'arrêt. Ce type de trafic est généralement constitué de camions et de voitures qui se déplacent sur de longues distances.

b) **Trafic local :** il s'agit du trafic qui est généré et se termine à l'intérieur d'une zone donnée. Ce type de trafic est généralement constitué de voitures qui se déplacent pour des besoins quotidiens tels que le travail, les courses, etc.

Trafic d'échange : c'est le trafic qui est généré par les mouvements de personnes et de biens entre deux zones différentes. Ce type de trafic est généralement constitué de voitures et de camions qui se déplacent entre deux villes ou régions.

c) **Trafic touristique :** c'est le trafic qui est généré par les personnes qui se déplacent pour des raisons touristiques, telles que les vacances, les voyages, etc. Ce type de trafic est généralement saisonnier et peut avoir un impact important sur les routes dans les zones touristiques.

3. *Les méthodes d'estimation du trafic :*

Il existe plusieurs méthodes d'estimation du trafic routier, en voici quelques-unes :

a) Les comptages routiers : cette méthode consiste à installer des équipements de comptage sur une route donnée pendant une certaine période de temps pour collecter des données sur le trafic. Les données recueillies peuvent être utilisées pour estimer le trafic moyen quotidien, la composition du trafic, etc.

b) La prolongation de l'évolution passée : cette méthode consiste à utiliser les données historiques du trafic pour extrapoler les tendances futures en supposant que les modèles économiques, démographiques et de transport restent constants.

c) Les enquêtes ménages-déplacements : cette méthode consiste à interroger les ménages sur leurs habitudes de déplacement (fréquence, mode de transport, destination, etc.) afin de déterminer les besoins en transport et les modèles de comportement.

d) Les modèles de simulation de trafic : cette méthode utilise des modèles mathématiques pour simuler le trafic sur une route donnée en fonction de diverses variables telles que les caractéristiques de la route, la composition du trafic, les conditions météorologiques, etc.

e) Les données de navigation GPS : cette méthode utilise les données de localisation des véhicules recueillies par les systèmes de navigation GPS pour suivre le trafic en temps réel et estimer les temps de parcours, les vitesses moyennes, etc.

Il convient de noter que chacune de ces méthodes a ses avantages et ses inconvénients, et qu'il est souvent préférable de les combiner pour obtenir des résultats plus précis et complets.

REMARQUE :

Nous avons opté pour la méthode de la "prolongation de l'évolution passée" pour notre étude car elle est simple à mettre en œuvre et qu'elle prend en compte toutes les variables économiques de la région.

4. Calcul de la capacité

La capacité d'une route est définie comme le nombre de véhicules qui peuvent passer sur une voie dans une direction ou dans les deux directions en tenant compte des caractéristiques géométriques et de circulation de la route pendant une période donnée. Cette capacité est exprimée en termes de débit horaire et est une mesure importante pour la conception et la planification des routes.

4.1. Projection du futur trafic :

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

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

Avec:

- **TJMAh:** Le trafic à l'année horizon en **(v/jour).**
- **TJMA0:** Le trafic à l'année de référence en **(v/jour).**
- **n :** nombre d'années.
- **τ :** taux d'accroissement du trafic en **(%).**

4.2. Trafic effectifs :

En génie civil, la capacité routière représente la quantité maximale de véhicules qui peuvent circuler sur une route dans des conditions optimales de circulation. Elle est exprimée en unités de véhicules particuliers (U.V.P) et dépend du type de route et de l'environnement géographique (plat, vallonné, etc.). Afin de prendre en compte les poids lourds, qui ont un impact plus important sur la circulation, on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir leur nombre en équivalent U.V.P. En génie civil, la capacité routière représente la quantité maximale de véhicules qui peuvent circuler sur une route dans des conditions optimales de circulation. Elle est exprimée en unités de véhicules particuliers (U.V.P) et dépend du type de route et de l'environnement géographique (plat, vallonné, etc.). Afin de prendre en compte les poids lourds, qui ont un impact plus important sur la circulation, on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir leur nombre en équivalent U.V.P.

La formule qui donne le trafic effectif est :

$$Teff = [(1-Z) + PxZ]\ xTJMAhorizon$$

Avec :

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

Tableau 1 : Coefficient d'équivalence « P » - Norme B40.

Environnement	**E1**	**E2**	**E3**
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12

Route étroite, ou à visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

4.3. Débit de pointe horaire normal :

Le débit de pointe horaire normal est donné par la formule :

$$Q = \frac{1}{n}(T)_{eff}$$

Avec :

- **Q :** débit de pointe normal en **(uvp/h).**
- **n :** nombre d'heures (en général n=8) alors $\frac{1}{n} = 0.12$.

4.4. Débit horaire admissible :

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

$$Q_{adm}\ (uvp/h) = K_1 . K_2 . C_{th}$$

K_1, K_2 : coefficients correcteurs.
C_{th} : capacité théorique.

Tableau 2 : Coefficient « K1 » - Norme B40.

Environnement	E1	E2	E3
K_1	0,75	0,85	0,9 à 0,95

Tableau 3 : Coefficient « K2 » - Norme B40.

	Catégorie de la route				
Environnement	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**
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 4 : Valeur de la capacité théorique – Norme B40.

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

4.5. Nombres des voies :

4.5.1. Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On fait la comparaison entre Qadm et Q et on prend le profil permettant d'avoir :

$$Qadm \geq Q$$

4.5.2. Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$$\mathbf{N} = \frac{\mathbf{S} \cdot \mathbf{Q}}{\mathbf{Q}adm}$$

Avec :

S : coefficient traduisant la dissymétrie du trafic dans les 2 sens, en général = 2/3.

$\mathbf{Q_{adm}}$: débit admissible par voie.

5. Application au projet :

5.1. Données du projet :

- TMJA = 8305 v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic **=3.5%**
- Pourcentage de poids lourds : Z = 20 %
- Mise en service 2025
- Dure de vie 20 ans

Notre environnement est E2 et la catégorie de la route est de C1.

5.1.1. Projection du futur trafic :

Le trafic à l'année 2015 : TJMA2015= 8305 v/j/sens

$TJMA2025 = TJMA2015\ (1+\tau)^{10} = 8305\ (1+0.35)^{10}$

- TJMA2025=11715 v/j.

$TJMA2045 = TJMA2025\ (1+\tau)^{20} = 11715(1+0.35)^{20}$

- TJMA2045=23310 v/j.

5.1.2. Calcul de trafic effectif :

-P=6 (route de bonne caractéristiques, E2)
On a :
Teff = [(1 – Z) + PZ]. TMJAhorizon

Teff2025 = [(1 – 0.3) + 6×0.3]× 11.715 = 23430 uvp/j
Teff2045=[(1 – 0.3) + 6×0.3]× 23310= 46.620 uvp/j

5.1.3. Calcul du débit de pointe horaire normal :

On a : $Q_n = 0.12.T_{eff}$

- $Q_{2025} = 0.12\times 29287 = 2812$ uvp/h
- $Q_{2045} = 0.12\times 58275 = 5594$uvp/h

5.1.4. Calcul du débit admissible :

$$\mathbf{Q_{adm}\ (uvp/h) = K_1.\ K_2.\ C_{th}}$$

D'après notre données E2 et C1 on obtient
Coefficient K1= 0.85

Coefficient K2= 0.99

- $Q_{adm}=K_1.K_2.\ Cth=0.85\times0.99\times1800$
- Q_{adm}=1515 uvp/j

5.1.5. Détermination du nombre des voies :

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

$$N = \frac{\frac{2}{3}*6993}{1515} = 2.46$$

⇨ N= 3 voie/sens

5.1.6. Calcul de l'année de saturation :

Q Saturation= Qadm*4
Q saturation=1515×4=6060 Q
Saturation= 6060 (uvp/j).
Q2025=0.12*Teff 2025
Teff 2025= 23430 (uvp/j) ⟹Q2025= 2812 (uvp/j)
$Q_{saturation} = (1+\tau)^n * Q2025$
n=log($Q_{saturation}$ /Q2025) / log(1+ 0.035) n = log (6060 / 2812) / log (1+0 ,035) = 22.41 = 23 ans

Donc l'année de saturation est : 2025+x=y.

Tableau 5. Résultat de calcul des paramètres de trafic

	$TJMA_{2015}$ (v/j)	$TJMA_{2025}$ (v/j)	$TJMA_{2045}$ (v/j)	T_{eff} (uvp/j)	Q (uvp/h)	Q_{adm} (uvp/h)	N	n(ans)

Valeur	8305	11715	23310	46620	5594	1515	3	23

6. Conclusion :

D'après le calcul de capacité de la route, il est recommandé de dimensionner la pénétrante avec 3 voies de circulation par sens, chacune ayant une largeur de 3,5 mètres. Conformément à la norme ICTAAL 2015, il est également recommandé de prévoir un terre-plein central d'une largeur de 3 mètres, ainsi qu'une bande d'arrêt d'urgence d'une largeur de 3 mètres.

IV. CHAPITRE 4 : Tracé en plan

1. INTRODUCTION :

Le tracé en plan routier est une représentation schématique de l'axe de la route sur un plan horizontal, comme une carte topographique ou un schéma en relief avec des courbes de niveau. Il est composé d'une séquence de droites reliées entre elles par des liaisons spécifiques. Les caractéristiques du tracé en plan sont déterminées en conformité avec les normes et les réglementations des codes routiers, en tenant compte de la vitesse de circulation prévue et de la friction fournie par la surface de la chaussée. L'objectif principal est de garantir le confort et la sécurité des usagers de la route. Dans ce chapitre, nous détaillerons le processus d'élaboration du tracé en plan pour le projet étudié.

2. REGLE A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN :

Les exigences normatives pour notre projet sont spécifiées dans l'ICTAAL 2000 (Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison). Il est impératif de respecter ces normes lors de la conception et de la réalisation de la route. Parmi les exigences pertinentes, nous pouvons mentionner les suivantes :

- Adapter le tracé en plan au terrain naturel : Il est essentiel de concevoir le tracé en plan de manière à minimiser les terrassements importants. Cela implique d'adapter la trajectoire de la route en fonction du relief et des caractéristiques du terrain afin de réduire les coûts et les impacts environnementaux.
- Assurer le raccordement au réseau routier existant : Lorsqu'un nouveau tracé est planifié, il est nécessaire de prévoir un raccordement efficace et sûr avec les routes existantes. Cela garantit la continuité du réseau routier et facilite les déplacements des usagers.
- Éviter les terrains agricoles, les zones forestières et les propriétés privées : Dans la mesure du possible, il est préférable de concevoir le tracé en plan de manière à éviter de traverser des terrains agricoles, des zones forestières ou des propriétés privées. Cela réduit les conflits d'utilisation des terres et les impacts sur l'environnement.
- Éviter les franchissements d'oueds : Les oueds, ou les cours d'eau saisonniers, peuvent nécessiter la construction d'ouvrages d'art coûteux. Il est donc préférable d'éviter de traverser ces cours d'eau autant que possible, afin de minimiser les coûts et les impacts sur l'environnement.
- Éviter les sites sujets à des problèmes géologiques : Il est important d'éviter les sites présentant des problèmes géologiques tels que les zones instables ou les sols sujets à l'érosion. Cela garantit la stabilité de la route et réduit les risques de glissements de terrain ou d'affaissements.
- Respecter les pourcentages d'alignements : Les normes peuvent spécifier des limites pour les pourcentages de longueur des alignements, généralement entre 40% et 60% de la longueur totale du tracé. Cela permet d'assurer une variété de virages et de maintenir l'intérêt et la sécurité des conducteurs.

En respectant ces exigences, le tracé en plan sera optimisé pour répondre aux besoins de sécurité, d'économie et de préservation de l'environnement.

3. LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

Le tracé en plan est composé d'une série d'alignements et de liaisons entre ces alignements, formant un axe continu. Cette structure est représentée schématiquement dans la figure suivante :

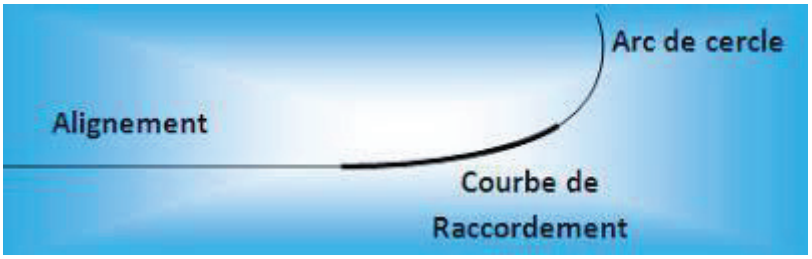


Figure 01 : schéma des éléments du tracé en plan.

3.1. LES ALIGNEMENTS :

La longueur minimale d'alignement entre deux courbes circulaires de même sens est déterminée en fonction de la vitesse maximale autorisée par le rayon le plus grand. Si cette distance minimale ne peut pas être atteinte, les courbes sont reliées par une courbe de transition. Parallèlement, la longueur maximale d'alignement correspond à la distance parcourue pendant 60 secondes. Ces paramètres garantissent une conception appropriée du tracé en plan routier en termes de vitesse et de sécurité.

Lmin = 5v

Lmax =5v

Avec v en (m/s)

Vitesse de base	**VB (Km/h)**	**130**
La longueur minimale	**L min**	**190**
La longueur maximale	**L max**	**2200**

Tableau 01 : valeur des longueur min est max.

3.2. LA VALEUR DES RAYONS :

Les rayons en plan doivent respecter les valeurs minimales résumées dans le tableau 02 qui est mentionné dans l'ictaal 2000 :

CATEGORIES	L1	L2
Rayon minimal (Rm)	600	500
Rayon minimal non déversé (Rnd)	1000	650

Tableau 02 : valeur des rayon min selon la catégorie de la route.

3.3. LES COURBES DE RACCORDEMENT :

Lorsqu'on souhaite relier un tronçon droit à une courbe circulaire sur une route, il est essentiel

de réaliser un raccordement en utilisant des courbes progressives. Cela permet d'introduire le dévers de manière progressive tout en garantissant la sécurité et le confort des usagers de la route.

3.3.1. LE ROLE DES COURBES DE RACCORDEMENTS :

Les courbes de raccordement jouent un rôle crucial dans la conception des routes et des voies de circulation. Elles permettent de réaliser une transition en douceur entre différentes sections de la route, telles qu'un tronçon droit et une courbe circulaire. Voici le rôle et la nécessité des courbes de raccordement :

- Transition fluide.
- Introduction des dévers.
- Stabilités et confort dynamique.
- Aspect ésthétique.

3.3.2. LES TYPES DE COURBE DE RACCORDEMENT :

Il existe plusieurs types de courbes de raccordement utilisées dans la conception des routes et des voies de circulation. Voici quelques-uns des types de courbes de raccordement les plus couramment utilisés :

- **Courbe de transition parabolique :** Une courbe basée sur une forme parabolique qui permet une transition en douceur entre un tronçon droit et une courbe circulaire en offrant une variation continue de la courbure.
- **Courbe de transition cubique** : Une courbe basée sur une forme cubique qui permet une transition plus rapide entre des courbes de rayons différents.
- **Clothoïde :** Une courbe de transition en forme de spirale qui permet une transition progressive entre un tronçon droit et une courbe circulaire, en introduisant progressivement le dévers et en assurant la stabilité des véhicules.

Les courbes de rayon inférieur à 1,5 Rn sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïde).

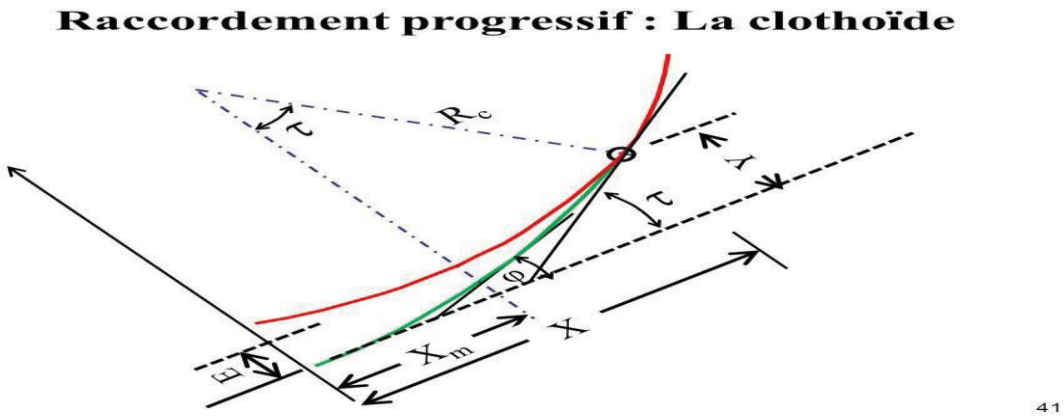


Figure 02 : raccordement progressif de la clothoide.

3.3.3. ENCHAINEMENT DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

Des courbes circulaires de rayon modéré (<1,5 Rnd) ne peuvent être utilisées qu'en respectant Les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après :

- Introduire de telles courbes sur une longueur de 500 à 1 000 m à l'aide de courbes de plus

Grand rayon. En ce cas, deux courbes successives doivent satisfaire à la condition : R1²1,5R2, où R1 est le rayon de la première courbe rencontrée et R2 (<1,5Rnd) celui de la Seconde. Cette recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une Longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas Fréquent.

- Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins 200 m, sauf pour

Deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

En résumé, pour utiliser des courbes circulaires de rayon modéré, il est essentiel de respecter ces règles d'enchaînement. Cela permet de garantir la sécurité et la fluidité de la circulation, en particulier dans des situations potentiellement dangereuses.

4. APPLICATION :

Dans le présent projet, les calculs nécessaires pour le tracer en plan a été effectué à l'aide du logiciel **CIVIL 3D**.Les résultats de calcul sont joints en annexe.

V. CHAPITRE 5 : Profil en Long

1. INTRODUCTION :

Le profil en long d'une route est une représentation continue de l'altitude de l'axe routier en fonction de la distance parcourue. Il est obtenu en réalisant une coupe longitudinale imaginaire le long de l'axe de la route. Le profil en long est généralement composé d'éléments de lignes droites reliés par des courbes circulaires.
Dans ce chapitre, nous examinerons les conditions et les normes à respecter lors de l'élaboration du profil en long. Les résultats obtenus seront également présentés et discutés.

2. REGLE A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFILE EN LONG :

Dans la conception du profil en long, il est important de respecter certaines règles et considérations spécifiques. Voici les règles à prendre en compte :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques recommandées par les réglementations en vigueur.
- Éviter les angles rentrants en déblai, car ils peuvent entraîner la stagnation des eaux et empêcher leur écoulement correct.
- Privilégier un profil en long en léger remblai plutôt qu'un profil en long en léger déblai, car cela facilite l'évacuation des eaux et maintient une meilleure intégration de la route dans le paysage.
- Assurer un bon écoulement des eaux en plaçant les zones de dévers nul dans une pente du profil en long. Il est important de trouver un équilibre entre le volume des remblais et le volume des déblais.
- Éviter une hauteur excessive en remblai pour maintenir la stabilité de la route. Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan (horizontal) et le profil en long (vertical). La combinaison des lignes droites et des courbes du profil en long doit obéir à certaines règles.
- Éviter les lignes brisées composées de nombreux segments de pentes voisines. Il est préférable de les remplacer par un cercle unique ou une combinaison de cercles et d'arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Regrouper deux cercles voisins de même sens en un seul cercle pour simplifier le tracé.
- Adapter le profil en long aux grandes caractéristiques du paysage environnant, en s'assurant que la route s'intègre harmonieusement dans son environnement.

Ces règles visent à assurer un écoulement efficace des eaux, à garantir la stabilité de la route et à minimiser l'impact sur le paysage. Elles doivent être suivies lors de l'élaboration du profil en long pour obtenir un tracé optimal et fonctionnel.

3. COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG :

Il faut signaler toute fois et dés maintenant qu'il ne faut pas séparer l'étude de profil en long de celle du tracé en plan. On devra s'assurer que les inflexions en plan et en profil en long se combinent sans porter des perturbations sur la sécurité ou le confort des usagers.

Et pour assurer ces derniers objectifs on respecte les conditions suivantes :

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition : **Rver > 6 Rhor** pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure ou une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible, lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

4. VALEUR LIMITES :

Les paramètres du profil en long doivent respecter les valeurs limites données dans le tableau01 selon **L'ICTAAL** :

Catégorie	**L1**	**L2**
Déclivité maximale	5%	6%
Rayon minimal en angle saillant	12 500 m	6 000 m
Rayon minimal en angle rentrant	4 200 m	3 000 m

Tableau 01 : les valeur limites selon L'ICTAAL

5. APPLICATION :

Dans le présent projet, les calculs nécessaires pour le Profil en long a été effectué à l'aide du logiciel **CIVIL 3D**.Les résultats de calcul sont joints en annexe.

VI. CHAPITRE 6 : Profil en travers

1. INTRODUCTION :

Le profil en travers d'une chaussée correspond à une coupe perpendiculaire à l'axe de la route, réalisée à l'aide d'un plan vertical. Il existe deux types de profils en travers : le profil en travers courant et le profil en travers type. Dans ce chapitre, nous abordons la procédure d'élaboration du profil en travers du projet étudié.

2. PROFIL EN TRAVERS EN SECTION COURANTE :

La figure 1 présente à titre d'illustration les différentes composantes d'un profil en travers courant pour une infrastructure comprenant deux voies de circulation dans chaque direction (2x3 voies) :

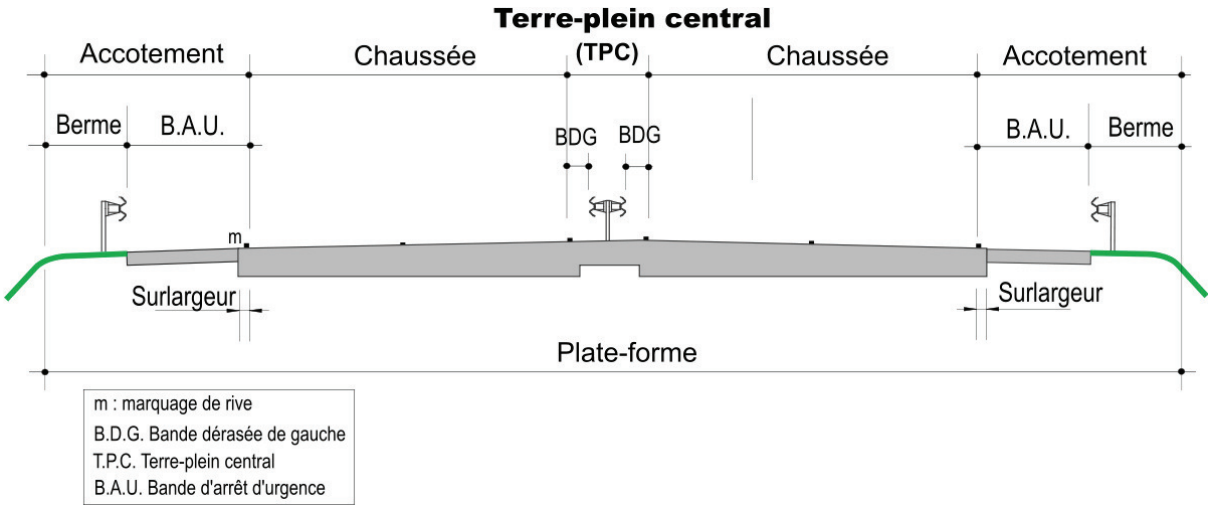


Figure 01 : exemple des éléments du profil en travers type.

2.1. CHAUSEE :

Selon l'étude de trafic effectuée, il a été déterminé que la chaussée est composée de deux voies dans chaque direction, et que chaque voie a une largeur de 3,50 mètres. De plus, il y a un terre-plein central au milieu de la chaussée.

2.2. TERRE-PLAIN CENTRALE (TPC) :

Le terre-plein central (TPC) joue le rôle de séparation physique entre les deux sens de circulation. Sa largeur est déterminée par les éléments qui le composent, à savoir les deux bandes dérasées situées à gauche de chaque sens de circulation et la bande médiane au milieu.

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

La bande dérasée de gauche a pour but de permettre de légères variations de trajectoire et d'éviter l'effet de paroi généré par les barrières de sécurité. Elle joue un rôle important dans le respect des règles de visibilité, notamment dans les virages à gauche.
Elle est dégagée de tout obstacle, elle est revêtue d'un matériau approprié et elle est reliée à la chaussée principale. Cela signifie qu'elle est libre de tout élément pouvant entraver la circulation, qu'elle possède un revêtement adéquat et qu'elle se connecte de manière fluide à la chaussée principale.

- ***Bande médiane :***

La bande médiane remplit plusieurs fonctions. Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation et à accueillir divers équipements tels que les barrières de sécurité, les supports de signalisation et les systèmes de collecte et d'évacuation des eaux. Dans certains cas, elle peut également comporter des piles d'ouvrages et des aménagements paysagers.
La largeur de la bande médiane dépend principalement des éléments qui y sont installés. Si sa largeur est inférieure ou égale à 3 mètres, elle est stabilisée et revêtue pour faciliter son entretien. Dans le cas où sa largeur dépasse cette mesure, elle peut être engazonnée et plantée d'arbustes, à moins que la topographie du site et sa largeur n'autorisent la conservation du terrain naturel et de la végétation existante. Dans ce dernier cas, une berme de 1,00 mètre est maintenue le long du bord de la bande médiane.

- ***Interruption du T.P.C (I.T.P.C) :***

Les infrastructures temporaires de passage central (ITPC) sont mises en place de part et d'autre des ouvrages d'art complexes tels que les ponts, les tunnels et les échangeurs. Elles jouent un rôle crucial en permettant, si nécessaire, de transférer la circulation d'une chaussée à l'autre. Les ITPC sont implantées à des intervalles maximum de 3 km et servent de voies de circulation temporaires lors de la construction, de la réparation ou de la maintenance de ces infrastructures, assurant ainsi la continuité du flux de circulation.

2.3. ACCOTEMENT :

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

- ***Zone de sécurité :***

La largeur de la zone de sécurité est, à compter du bord de la chaussée, **de 10 m**, doit êtreisolée par une clôture métallique.

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

La bande d'arrêt d'urgence (BAU) remplit plusieurs fonctions importantes. Elle facilite l'arrêt d'urgence d'un véhicule en dehors de la chaussée, la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire, l'évitement d'un obstacle sur la chaussée, ainsi que l'intervention des services de secours, d'entretien et d'exploitation.
Elle est constituée d'une extension de la chaussée à partir de son bord géométrique, formant une surlargeur de chaussée qui porte le marquage en bordure. Ensuite, elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et conçue pour accueillir un véhicule lourd en stationnement. Il ne doit y avoir aucune différence de niveau entre la chaussée et la BAU.
La largeur de la bande d'arrêt d'urgence est de 3,00 mètres lorsque le trafic de poids lourds dépasse 2 000 véhicules par jour, dans les deux sens de circulation. Cela permet de garantir un espace suffisant pour les véhicules en cas d'arrêt d'urgence ou de besoin de stationnement.

- ***La berme :***

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

3. PROFIL EN TRAVERS AU DROITS DES OUVRAGES D'ARTS COURANT :

Au droit de tout ouvrage d'art courant, les voies de circulation, les B.A.U. et les bandes dérasées conservent la même largeur qu'en section courante.
Pour un passage supérieur, le choix du type d'ouvrage (nombre, position et largeur des piles) nécessite d'en intégrer les conséquences quant aux éléments du profil en travers. Par ailleurs, l'ouvrage doit dégager une hauteur libre de 4,75 m en tout point de la largeur roulable de l'autoroute. En outre, une revanche – habituellement de 0,10 m – est réservée pour permettre un rechargement ultérieur de la chaussée. La hauteur libre d'une structure légère (passerelle piétons, portique de signalisation...) est majorée de 0,50 m.

4. PENTES TANSVERSALES :

Les courbes de rayon inférieur à Rnd sont déversées vers l'intérieur de la courbe.

4.1. EN ALIGNEMENT ET EN COURBE NON DIVERSEE :

La pente transversale de la chaussée est de 2,5% vers l'extérieur, ce qui signifie qu'elle est inclinée légèrement vers le côté extérieur de la chaussée.
La pente de la bande d'arrêt d'urgence (BAU) ou de la bande de droite (BDD) est identique à celle de la chaussée adjacente. Cependant, au-delà de la surlargeur de chaussée portant le marquage de rive, la pente peut être augmentée à 4% pour des raisons techniques spécifiques.
Les pentes des bandes dérasées de gauche (BDG) et du versant en toit d'un terre-plein central revêtu sont identiques à celles de la chaussée adjacente.
La berme extérieure, qui se trouve du côté extérieur de la chaussée, présente une pente transversale de 8%. Dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement, cette pente peut être augmentée jusqu'à 25% pour faciliter l'écoulement des eaux.

4.2. EN PENTE DIVERSEE :

La pente transversale d'une chaussée varie de manière linéaire en fonction de 1/R, où R représente le rayon de courbure. Cette variation se situe entre 2,5 % pour un rayon de courbure nominal (Rnd) et 7 % pour un rayon de courbure minimal (Rm).
Concernant la bande d'arrêt d'urgence (BAU) ou la bande dérasée de gauche (BDG) située à l'intérieur de la courbe, sa pente est la même que celle de la chaussée adjacente.
Pour la bande d'arrêt d'urgence (BAU) ou la bande dérasée de droite (BDD) située à l'extérieur de la courbe, sa pente reste la même que celle en ligne droite tant que le dévers (inclinaison transversale) n'excède pas 4 %. Au-delà de cette valeur, la pente de la BAU ou de la BDD est de sens opposé au dévers et est égale à 1,5 %. Cependant, la surlargeur de chaussée conserve la même pente que la chaussée principale.

4.3. CHANGEMENT DE DEVERS :

La variation du dévers le long du raccordement progressif est généralement linéaire.

a) Point de rotation des dévers

Lorsque la chaussée est revêtue, le point de rotation du dévers est généralement situé sur l'axe de la plate-forme. Sinon, le point de rotation du dévers de chaque chaussée se trouve sur le bord gauche de la chaussée.

b) Évacuation des eaux de ruissellement

Profile En Travers				
Catégorie de la route			L1	L2
(1)	Nombre de voie de chaque chaussée	N	2à4	2 à4
(2)	Largeur de voie	L(m)	3.5	3.5
(3)	Dévers minimum	d(%)	2.5	2.5
(4)	*Dévers maximum*	d(%)	7	7

Lorsqu'un changement de dévers est nécessaire, la longueur de la chaussée sur laquelle les dévers sont compris entre -1 % et +1 % est déterminée de manière à ne pas compromettre

l'écoulement des eaux de ruissellement ni l'aspect du tracé. Dans la zone de transition du dévers, il est nécessaire que la pente résultante de la chaussée permette l'évacuation des eaux de ruissellement avec une inclinaison de 0,5 % en tout point de la chaussée. Dans les courbes inclinées, le revêtement de la chaussée est conçu pour permettre l'évacuation des eaux de ruissellement de la chaussée extérieure.

Tableau 02 : choix des caractéristique de la chaussée selon la catégorie de la route

5. NORMES GEOMETRIQUE :

Le tableau suivant résume les paramètres géométriques adoptés pour le profil en travers, conformément à l'ICTAAL 2000 :

Tableau 01 : les paramètres géométriques.

6. Profil en travers type de notre projet :

Notre profile en travers est détailler d'après l'ICTAAL dans le tableau suivant :

Description	Largeur (m)	nombre	Largeur total(m)
Voie de circulation 2x3	3.5	6	21
Terre-plein central (T.P.C) :	3	1	3
- Bande dérasée gauche (B.D.G)	1.2	2	2.4
- **(TPC +glissière)**	0.3	2	0.6
Accoutrements :	4	2	8
- Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	3	2	6
- La berme	1	2	2
Totale		**32**	
Dévers en section droite			
Chaussée	2,5 % vers l'extérieur.		
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	Identique à celle de la chaussée.		
Bande d'arret d'urgence (B.A.U)	2.5 % vers l'extérieur.		

Berme extérieure	8% vers l'extérieur.
Dévers en courbe	
Chaussée	2,5%
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	Identique à celle de la chaussée.
Bande d'arret d'urgence (B.A.U)	2.5 % vers l'extérieur.
Zone de sécurité à l'extérieur des voies de circulation	8* 2 =16

Tableau 03 : profil en travers type proposé.

7. APPLICATION AU PROJET

NB : Les calculs des profils en travers courants sont faits a l'aide du logiciel **civil 3d** et sont joints dans l'annexe

VII. CHAPITRE 7 : Cubature

1. INTRODUCTION :

Les mouvements des terres, qui consistent à modifier la forme du terrain naturel pour accueillir des ouvrages, impliquent l'ajout de terres (remblai) et le retrait de terres (déblai). Le calcul des volumes de déblais et de remblais, également appelé cubatures des terrassements, peut être effectué à l'aide de différentes méthodes. Parmi celles-ci, on retrouve la méthode du prisme qui divise la zone en sections transversales régulières, la méthode de l'excavation progressive qui calcule les volumes par couches, la méthode du modèle numérique de terrain utilisant des logiciels de modélisation, et la méthode du géoréférencement qui utilise des techniques de positionnement. Le choix de la méthode dépendra de la précision requise et de la complexité du terrain, et il est conseillé de faire appel à des experts en topographie et en génie civil pour garantir la précision et la fiabilité des calculs.

2. METHODE DE CALCULE DES CUBATURE :

Les cubatures sont des calculs réalisés pour déterminer les volumes des terrassements dans notre projet. Bien que ces calculs puissent être fastidieux, plusieurs méthodes simplifient le processus. Parmi celles-ci, on retrouve la méthode de la moyenne des aires, la méthode de l'aire moyenne, la méthode de la longueur applicable et la méthode approchée.
Nous avons choisi d'utiliser la méthode de la moyenne des aires, qui est simple mais peut surestimer les résultats. Pour garantir une estimation prudente, nous prévoyons de majorer les résultats obtenus. Il est cependant important de noter qu'il existe d'autres méthodes de calcul des cubatures, chacune ayant ses propres avantages et limitations.
En résumé, malgré la complexité des cubatures, la méthode de la moyenne des aires simplifie les calculs, mais nécessite une majoration pour des résultats plus fiables.

3. DESCRIPTION DE LA METHODE :

Le principe fondamental de la méthode de la moyenne des aires consiste à calculer le volume entre deux profils successifs en utilisant la formule suivante :

$$V = L/6 \times (S1 + S2 + 4S_{moy})$$

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

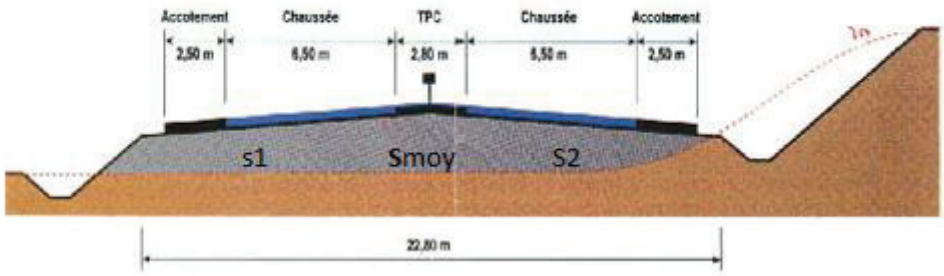


Figure 1 : Les section des profils en travers d'un tracé donné.

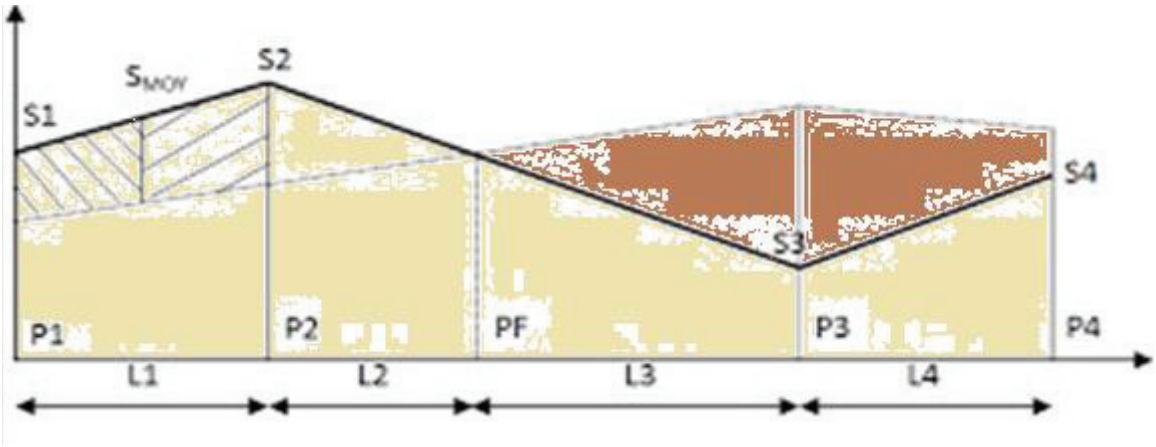


Figure 2 : la position des sections d'un profil en long d'un tracé donné.

- **PF : profil fictive, surface nulle**
- **Li : distance entre ces deux profils**
- **Si : surface de profil en travers Pi**

4. APPLICATION :

Dans le présent projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide du logiciel **CIVIL 3D**. Les résultats de calcul sont joints en annexe.

VIII. CHAPITRE 8 : Etude Géotechnique

1. INTRODUCTION :

La géotechnique routière est une branche de la géotechnique qui s'intéresse à l'étude des sols et des roches en relation avec la construction, la réhabilitation, l'entretien et la conception des infrastructures routières telles que les routes, les ponts, les tunnels et autres. Elle permet d'évaluer les caractéristiques géotechniques des sols et des roches pour garantir la stabilité, la durabilité et la sécurité des infrastructures routières.
Dans le cadre du Lot Route, l'étude géotechnique est essentielle pour définir les mouvements de terres, assurer la stabilité des déblais et des versants, déterminer les techniques de stabilisation des talus, et sélectionner les matériaux d'emprunts pour les remblais, les couches de forme, les corps de chaussée, les bétons et les pavés.

2. RECONNAISSA1NCE DU SITE :

2.1. LA LOCALISATION :

Le tronçon de la liaison autoroutière Batna/autoroute Est-Ouest 2ème tranche, s'étendant du PK46 au PK57+232, se trouve au sud de la wilaya de Mila. Il commence environ 1,5 km au nord-est de Machtet Hassi Bergoug et s'étend vers le nord jusqu'à l'échangeur d'accès de l'autoroute Est-Ouest, situé entre Chelghoum l'aïd à l'est et Tadjenanet à l'ouest.



Figure.1 : La localisation approximatives du tronçon PK34+900/PK57+232

2.2. LA GEOLOGIE :

La région où se trouve la liaison autoroutière Batna/autoroute Est-Ouest 2ème tranche présente une géologie locale caractérisée par plusieurs formations géologiques principales. Pour

visualiser ces formations géologiques ainsi que le tracé de la route, une carte géologique locale a été utilisée et est présentée ci-dessous.

Sur site les formations sédimentaires post-nappent attribuées au Quaternaire constitue la quasitotalité des affleurements (Figure.2), avec la présence d'affleurements carbonatés de la nappe néritique constantinoise et la nappe tellienne constitué de l'unité supérieure à matériel éocène.

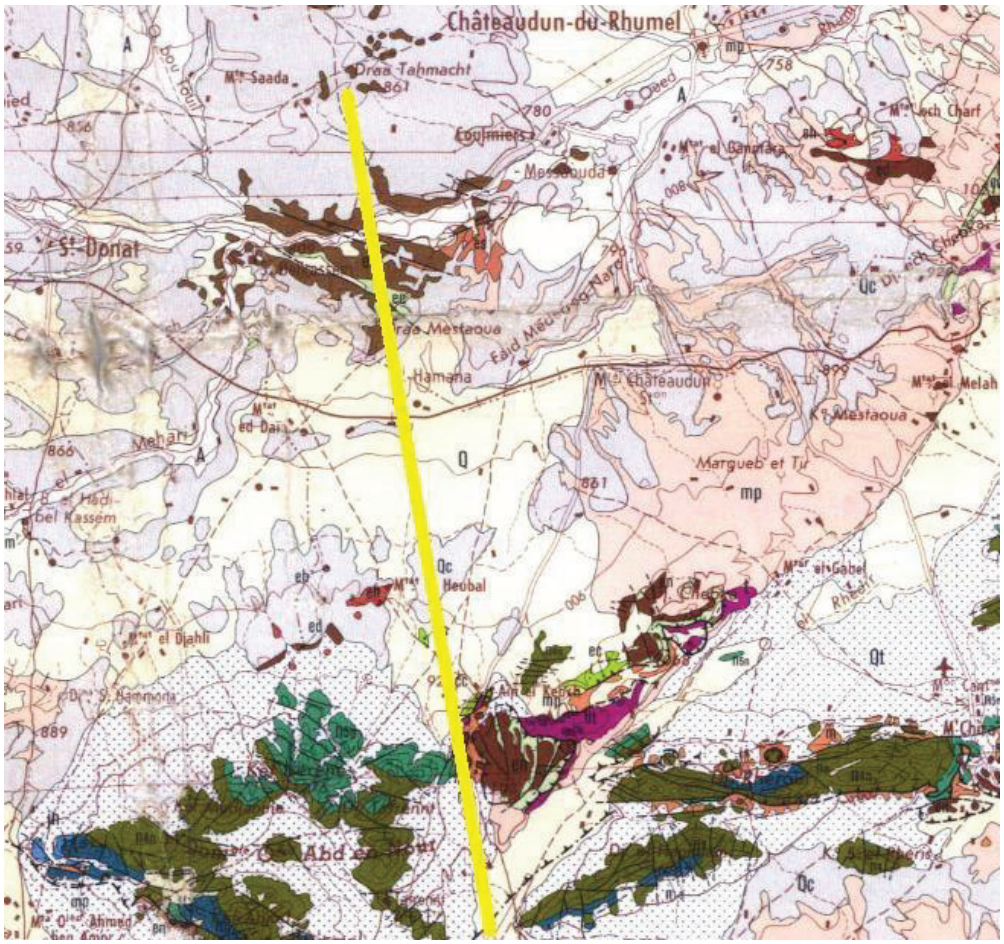
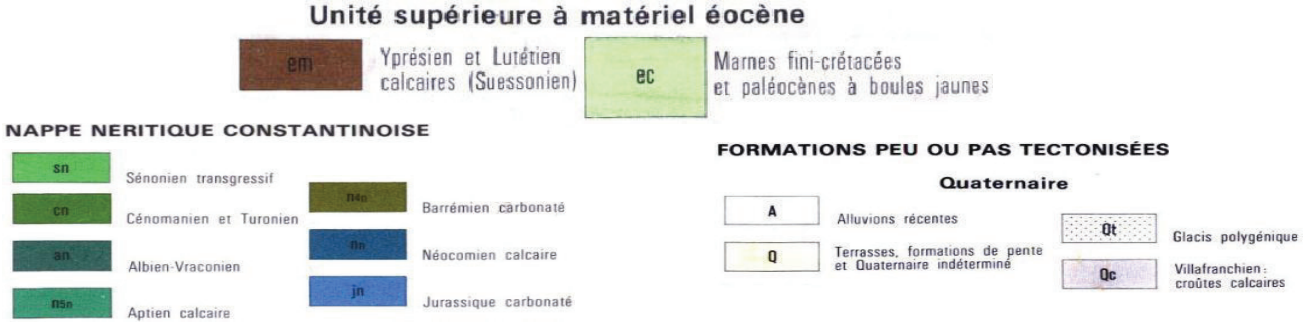


Figure.2 : Localisation approximatives du tronçon allant du PK34+900 au PK57+000 de la liaison autoroutière Batna/autoroute Est-Ouest sur la carte géologique de Sétif 1/200 000



2.3. LA SISMICITE DE LA REGION :

L e tronçon étudié est situé à la wilaya de Mila, qui est classée dans la zone sismique II.a connue pour sa moyenne sismicité.

Référence : D'après le document technique réglementaire D.T.R – B.C. 2.48 des règles

Parasismiques algériennes RPA99/version 2003.

2.4. LA MORPHOLOGIE :

Le site en question comprend deux plaines distinctes, une située au nord et l'autre au sud, qui sont séparées par un massif montagneux. Ce massif abrite deux forêts qui s'étendent sur une superficie totale de 5600 hectares, à savoir le Djebel Tafrant (1290 m) et le Djebel Chebka (1072 m). Le cours d'eau Oued El Mehari est le plus important de la région et s'écoule vers l'est-ouest. Il se jette directement dans l'Oued Rhumel au nord-est du site.

3. INTERPRETATION DES ESSAIS :

3.1. RESULTAT DES ESSAIS IN SITU :

a. Descriptions lithologiques :

Les coupes lithologiques des puits de reconnaissance ont mis en évidence la présence des formations lithologiques suivantes :

Puits de Reconnaissance N°	Profondeur (m)	Lithologie
PR 84	0.00 – 0.10	Terre végétale.
	0.10 – 2.00	Sable peu limoneux, rougeâtre, très graveleux, légèrement humide.
PR 85	0.00 – 0.20	Terre végétale.
	0.20 – 2.00	Sable peu limoneux, rougeâtre, très graveleux, légèrement humide.
PR 86	0.00 – 0.10	Terre végétale.
	0.10 – 2.00	Sable peu limoneux, rougeâtre, très graveleux, légèrement humide.
PR 87	0.00 – 0.10	Terre végétale
	0.10 – 2.00	L imon argileux, brunâtre, graveleux, peu caillouteux, légèrement humide.
PR 88	0.00 – 0.10	Terre végétale.
	0.10 – 2.00	L imon argileux, rougeâtre, très graveleux, légèrement humide.
PR 89	0.00 – 0.10	Terre végétale.
	0.10 – 0.80	Formation alluvionnaire composée de Cailloux et graviers dans une matrice sableuse.
	Au-delà de 0.8m	Creusement à la tarière impossible.

PR 90	0.00 – 0.10	Terre végétale
	0.10 – 2.00	L imon argileux, rougeâtre, graveleux, légèrement humide.
PR 91	Refus en surface	Affleurement de blocs et cailloux de calcaire (creusement à la tarière impossible).
PR 92	Refus en surface	Affleurement de blocs et cailloux de calcaire (creusement à la tarière impossible).
PR 93	0.00 – 0.20	Terre végétale
	0.20 – 2.00	L imon argileux, rougeâtre, graveleux, légèrement humide.
PR 94	Refus en surface	Affleurement de blocs et cailloux de calcaire (creusement à la tarière impossible).
PR 95	0.00 – 0.10	Terre végétale
	0.10 – 2.00	L imon argileux, rougeâtre, graveleux, légèrement humide.
PR 96	0.00 – 0.20	Terre végétale
	0.20 – 2.00	Sable peu limoneux, rougeâtre, très graveleux, légèrement humide.
PR 97	0.00 – 0.10	Terre végétale.
	0.10 – 2.00	Limon argileux, jaunâtre à rougeâtre, légèrement humide.
PR 98	0.00 – 0.20	Terre végétale.
	0.20 – 2.00	Argile limono sableuse, brunâtre, peu graveleuse, légèrement humide.
PR 99	0.00 – 0.10	Terre végétale.
	0.10 – 2.00	Argile limoneuse, peu sableuse, brunâtre, peu graveleuse, légèrement humide.
PR 100	0.00 – 0.10	Terre végétale.
	0.10 – 2.00	Argile peu limoneuse, brunâtre, légèrement humide.

Tab 1 : ***Description lithologique des puits***

- Les coupes lithologiques établies à partir des puits de reconnaissance réalisés, montrent que le sous-sol est constitué de trois (03) formations prédominantes, à savoir :

- Limon argileux.
- Argile limoneuse.
- Sable graveleux.

L'ensemble est surmonté par une couche de terre végétale dont l'épaisseur varie entre 0.10m et 0.30m.

- Une particularité a été enregistrée au droit de PR89 d'où l'on a enregistré la présence d'une formation alluvionnaire composée de cailloux et graviers dans une matrice sableuse.
- Des refus en surface ont été enregistrés au droit de trois (03) puits de reconnaissance, vu les affleurements de blocs et cailloux de calcaire rencontrés sur site, à savoir : PR 91, PR 92 et PR 94.

3.2. RESULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE :

3.2.1. RESULTATS DES ESSAIS PHYSIQUES :

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau récapitulatif suivant :

Puits N°	Profondeur (m)	W (%)	Granulométrie		Limites d'Atterberg				VBS
			%< (2mm)	%< (0.08mm)	WL (%)	WP (%)	IP	Ic	
PR 84	0.10-2.00	17.50	65	27	31.11	15.62	15.49	0.87	0.77
PR 85	0.20-2.00	8.20	57	22	25.78	13.60	12.17	1.44	0.91
PR 86	0.10-2.00	14.10	59	28	30.66	15.38	15.27	1.08	0.91
PR 87	0.10-2.00	13.10	68	51	35.12	17.34	17.78	1.23	2.34
PR 88	0.10-2.00	11.40	61	45	36.32	17.48	18.84	1.32	2.61
PR 89	0.10-0.80	12.50	29	18	36.47	18.80	17.66	1.35	1.00
PR 90	0.10-2.00	16.10	71	42	37.88	18.51	19.37	1.12	1.57
PR 93	0.20-2.00	14.90	74	42	36.82	18.76	18.06	1.21	1.41
PR 95	0.10-2.00	14.10	77	49	30.69	15.41	15.28	1.08	2.27
PR 96	0.20-2.00	8.00	68	37	30.81	15.63	15.18	1.50	1.00
PR 97	0.10-2.00	9.20	73	52	32.97	17.38	15.59	1.52	1.61
PR 98	0.20-2.00	19.80	85	55	46.38	23.04	23.34	1.13	3.54
PR 99	0.10-2.00	17.90	92	66	28.31	14.34	13.96	0.74	1.95
PR 100	0.10-2.00	16.20	100	100	40.27	20.44	19.83	1.21	2.68

Tab 2 : ***Résultat des essais physiques au laboratoire***

- **W P** : Limite de plasticité.
- **W** : Teneur en eau.
- **I C** : Indice de consistance.
- **W L** : limite de liquidité.
- **I P** : Indice de plasticité.
- **VBS**: bleu de méthylène.

PUITS (N°)	PROFONDEUR (m)	Essai Proctor		CBR à 95%
		γd OPN (t/m3)	W OPN (%)	
PR 84	0.10-2.00	1.68	18.36	43.16
PR 85	0.20-2.00	1.89	12.63	5.08
PR 86	0.10-2.00	1.76	15.37	18.19
PR 87	0.10-2.00	1.76	16.33	1.42
PR 88	0.10-2.00	1.81	10.50	6.11
PR 89	0.10-0.80	1.90	10.15	11.22
PR 90	0.10-2.00	1.78	14.44	23.20
PR 93	0.20-2.00	1.77	12.29	18.46
PR 95	0.10-2.00	1.85	12.57	7.94
PR 96	0.20-2.00	1.89	12.64	26.84
PR 97	0.10-2.00	1.93	12.36	8.71
PR 98	0.20-2.00	1.81	12.55	2.27
PR 99	0.10-2.00	1.82	14.68	6.52
PR 100	0.102.00	1.89	12.40	28.44

3.2.2. RESULTATS DES ESSAIS MECANIQUE :

a. Essais Proctor et CBR :

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau récapitulatif suivant :

Tab 3 : ***Résultat des essais mécaniques au laboratoire***

NB : L'indice ICBR = 1.42

3.2.3. CLASSIFICATION GTR :

Nous allons utiliser le guide de terrassement routier (GTR - Fascicule I et II) pour classer notre sol en fonction de deux paramètres : la granulométrie et le degré d'humidité ou de sècheresse, qui constituent respectivement le paramètre de nature et le paramètre d'état.

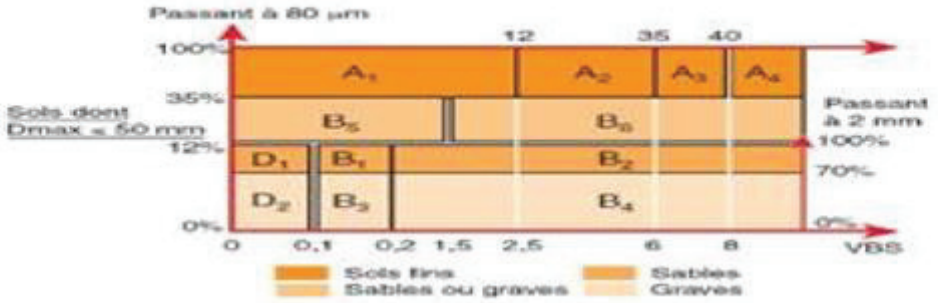


Figure 3 : Tableau synoptique de la classification des matériaux selon leur nature

Classification GT R		
Sous-classe fonction de la nature	**Sous-classe selon l'état hydrique**	**Puits N°**
B 5	B 5m	**PR 84**
B 5	B 5m	**PR 85**
B 5	B 5S	**PR 86**
A1	A 1S	**PR 87**
A2	A 2S	**PR 88**
B 5	B 5h	**PR 89**
A1	A 1h	**PR 90**
A1	A 1h	**PR 93**
A1	A 1h	**PR 95**
B 5	B 5S	**PR 96**
A1	A 1S	**PR 97**
A2	A 2m	**PR 98**
A1	A 1h	**PR 99**
A2	A 2m	**PR 100**

Tableau 4 : classification GTR.

- Les essais d'identification effectués sur les échantillons remaniés prélevés au droit des puits de reconnaissance ont donné les résultats suivants :

-Les valeurs de la teneur en eau définissent un sol légèrement humide. Elles varient entre 8.00% et 16.10%.

- Les valeurs au bleu de méthylène **VBS** définissent dans l'ensemble un sol sablo limoneux, sablo argileux, limoneux et limoneux argileux. Elles varient entre 0.77 % et 3.54%, caractérisant ainsi des sols sensibles à l'eau.

- Selon la classification GTR, les sols du site ont été majoritairement classés en classe A et B, avec des sous-classes telles que A1, A2 et B5. Leur état hydrique varie entre humide (h), moyen (m) et sec (s).

Sols de classe A1 :

Les sols présents sur le site sont principalement des limons argileux, des argiles limoneuses, des silts alluvionnaires et des sables fins argileux. Leur consistance varie fortement en fonction de leur teneur en eau, et de légères variations de cette dernière peuvent engendrer des changements brusques de leur état physique. En termes de granularité, ces sols présentent une proportion de particules entre 42% et 80µ, ainsi qu'une proportion entre 66% et 2mm.

Sols de classe A2 :

Les sols présents sont majoritairement des limons, des argiles et des marnes qui sont adaptés à l'utilisation d'une large gamme d'outils de terrassement, à condition que la teneur en eau ne soit pas trop élevée. Leur granularité se caractérise par des valeurs de 45 à 80µ pour un pourcentage supérieur à 100, ainsi qu'un pourcentage de 61 à 100 pour des particules ayant une taille inférieure à 2mm.

Sols de classe B5 :

Ces sols sont constitués de sables graveleux avec une présence importante de fines (très silteux). La proportion de fines et leur faible plasticité les rapprochent du comportement des sols de classe A1. Pour être utilisés en couche de forme sans traitement, il est nécessaire de connaître leur résistance mécanique, évaluée par les tests Los Angeles (LA) et Micro Deval humide (MDE). Leur granularité est comprise entre 18 % et 80 µ pour les plus fines et entre 29 % et 2 mm pour les plus grosses particules.

3.3. Classe de portance des sols supports de la route :

Pour calculer le facteur de portance F d'un sol, il est d'abord nécessaire de déterminer le facteur de portance Fm du mortier, qui est composé des éléments passant à travers un tamis de 0.42 mm.

La formule pour le calculer est la suivante :

$$Fm = 4250 / WL.\ Ip$$

L es résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau qui suit:

Puits	Fm	%< 0.42mm	F	Puits	Fm	%< 0.42mm	F
PR 84	8.82	42	14.64	**PR 95**	9.06	65	10.87

PR 85	13.55	39	23.30	**PR 96**	9.09	58	12.18
PR 86	9.08	44	14.70	**PR 97**	8.27	65	9.92
PR 87	6.81	66	8.03	**PR 98**	3.93	74	4.00
PR 88	6.21	58	8.32	**PR 99**	10.75	84	10.75
PR 89	6.60	26	13.06	**PR 100**	5.32	100	5.32
PR 90	5.79	60	7.52				
PR 93	6.39	58	8.56				

En utilisant les résultats CBR et en se référant au catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du ministère des travaux publics, il est possible de classer la portance des sols rencontrés selon la notation Si.

Puits N°	**Classe de portance (Si)**	**CBR**
PR85, PR87, PR98	S4	< 5
PR88, PR95, PR97et PR99	S3	5 – 10
PR86, PR89, PR90, PR93 et PR96	S2	10 – 25
PR100	S1	25 – 40
PR84	S0	>40

- **Section du PR84 au PR100 :**
- Cette section est caractérisée généralement par la

  Présence des sols de **portance élevée (classe S0 et S2)**, où l'on a enregistré un indice portant compris entre 11.22 et 37.75, ce qui correspond à un 10<CBR<40, et par endroit on a enregistré un CBR > 40 à savoir PR82 et PR84.

Une particularité a été mentionnée au droit de :

* **PR88, PR95, PR97 et PR99** où l'on a enregistré des sols de portance moyenne **(classe S3).**
* **PR85, PR87 et PR98** où l'on a enregistré des sols de faible portance **(classe S4). Donc la substitution de ces sols (par couche de forme) est nécessaire pour la réalisation du Corps de chaussée, surtout pour les sols de classe S4.**

Le rôle de la couche de forme, qu'elle soit issue d'un déblai, d'un gisement d'emprunt ou améliorée sur place, est de faire le lien entre les travaux de terrassement et la chaussée. Elle remplit diverses fonctions telles que le nivellement, la circulation sur le chantier, la protection du sous-sol contre les intempéries, la prévention de la contamination, l'amélioration et l'homogénéisation de la portance du sol support de la chaussée. Le tableau ci-dessous fournit des indications pour orienter le choix de la couche de forme à réaliser en fonction des besoins du chantier et des objectifs visés :

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériau de la couche de forme	Épaisseur de la couche de forme	Classe de portance de sol support visé (Sj)
S4	Matériaux non traités (TVO, TVC)	60 cm (en 2 couches)	S2
S3	Matériaux non traités (TVO, TVC)	40 cm (en 2 couches)	S2

IX. CHAPITRE 9 : Dimensionnement du corps de chaussée

1. *Introduction :*

La construction d'un réseau routier bien conçu et entretenu est un élément vital pour le développement économique d'un pays. Cependant, les routes peuvent rapidement se dégrader si elles ne sont pas construites et entretenues correctement. Le dimensionnement de la chaussée est une étape clé de la construction d'une route qui permet de garantir sa durabilité, sa sécurité et son efficacité à long terme.

Le dimensionnement de la chaussée consiste à déterminer les épaisseurs des différentes couches qui constituent la structure de la chaussée en fonction des paramètres tels que le trafic, les matériaux utilisés et la portance du sol. Cela implique également le choix des matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises pour résister aux charges de circulation et aux conditions environnementales.

En Algérie, trois méthodes sont généralement utilisées pour le dimensionnement des chaussées neuves :

La méthode rationnelle de Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves publiée par le CTTP.

La méthode empirique CBR.

La méthode de Catalogue des Structures types de Chaussées Neuves établie par le SETRA-LCPC.

Nous examinerons les principes fondamentaux de ces trois méthodes, leurs avantages et leurs limites, et nous appliquerons chaque méthode pour déterminer les épaisseurs des couches de chaussée pour la liaison autoroutière en question.

2. *NOTION SUR LES CHAUSSEES :*

La chaussée joue un rôle crucial dans la circulation routière, en offrant une surface lisse et régulière qui permet aux véhicules de circuler en toute sécurité et avec un maximum de confort. Elle est composée de différentes couches de matériaux superposées, qui sont dimensionnées pour supporter les charges de circulation. Ainsi, on peut définir la chaussée à la fois comme la surface de la route sur laquelle circulent les véhicules, mais également comme l'ensemble des éléments structurels qui assurent la résistance et la stabilité de la voie de circulation.

2.1. LES DIFFERENTS TYPE DE CHAUSSEES :

Les chaussées sont souvent classées en trois catégories principales en fonction de leur construction :

- Chaussées souples.
- Chaussées semi-rigides.
- Chaussées rigides.

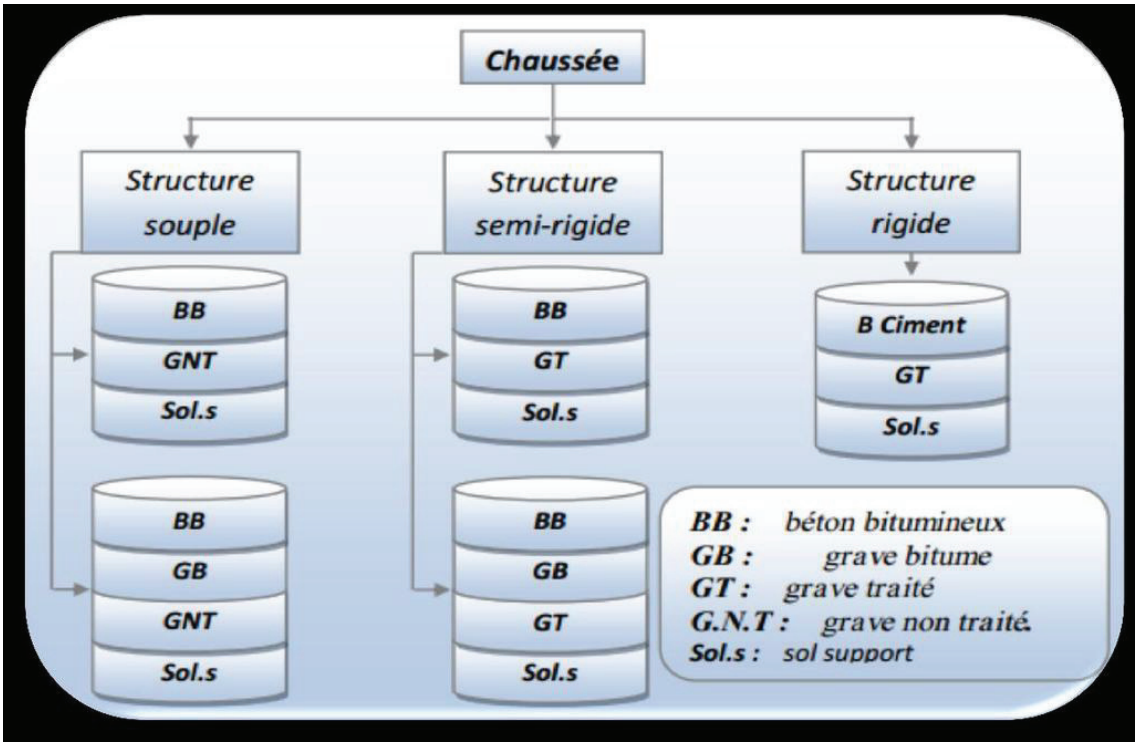


Figure 01 : les différents types de chaussée

2.1.1. *Chaussées souples :*

Les chaussées souples sont constituées de plusieurs couches de matériaux qui ne sont pas résistants à la traction. Les couches supérieures sont plus rigides et moins déformables que les couches inférieures. Pour garantir la sécurité et le confort des usagers de la route, la construction de la chaussée nécessite plusieurs couches de matériaux différents, chacune ayant un rôle spécifique et une épaisseur bien déterminée.
En principe une chaussée peut avoir en ordre les couches suivantes :

2.1.1.1.Couche de roulement (surface) :

La couche de roulement est la couche supérieure de la chaussée qui est en contact direct avec les pneus des véhicules. Elle est composée de matériaux rigides ou flexibles qui assurent une surface lisse et résistante à l'usure. La couche de roulement est généralement conçue pour résister aux charges répétitives des véhicules, aux conditions météorologiques et aux effets de l'âge et de l'usure. Elle peut être constituée de différents matériaux tels que le béton, l'asphalte ou des granulats traités avec un liant. La qualité de la couche de roulement a une influence significative sur la sécurité, le confort de conduite et la durée de vie de la chaussée.

En général l'épaisseur de la couche de roulement varie entre 6 et 8 cm

2.1.1.2.Couche de Base :

La couche de base est une couche de matériaux qui est située entre la couche de fondation et la couche de roulement d'une chaussée. Elle joue un rôle crucial dans la résistance de la chaussée aux déformations permanentes causées par le trafic. Elle doit également répartir les charges verticales sur les couches sous-jacentes tout en limitant les contraintes normales qui en résultent. En général, l'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm, selon les conditions du sol et les exigences de conception de la chaussée.

2.1.1.3.Couche de fondation :

La couche de fondation, constituée de matériaux non traités en Algérie, joue un rôle important dans la répartition des contraintes transmises par le trafic en permettant une homogénéisation de ces contraintes. Elle assure également un bon uni et une bonne portance pour la chaussée finie. Son rôle est similaire à celui de la couche de base, car elle contribue à la résistance aux déformations permanentes sous l'effet du trafic et reprend les efforts verticaux pour les répartir sur les couches sous-jacentes.

2.1.1.4.Couche de forme :

La couche de forme est la couche supérieure du sol naturel qui est préparée et compactée pour servir de fondation pour la chaussée. Son rôle principal est de fournir une surface uniforme et stable pour la construction des couches supérieures de la chaussée. Elle permet également de répartir les charges du trafic sur le sol support de manière uniforme. La couche de forme doit être compactée de manière adéquate pour éviter tout tassement ultérieur et garantir la stabilité de la chaussée.

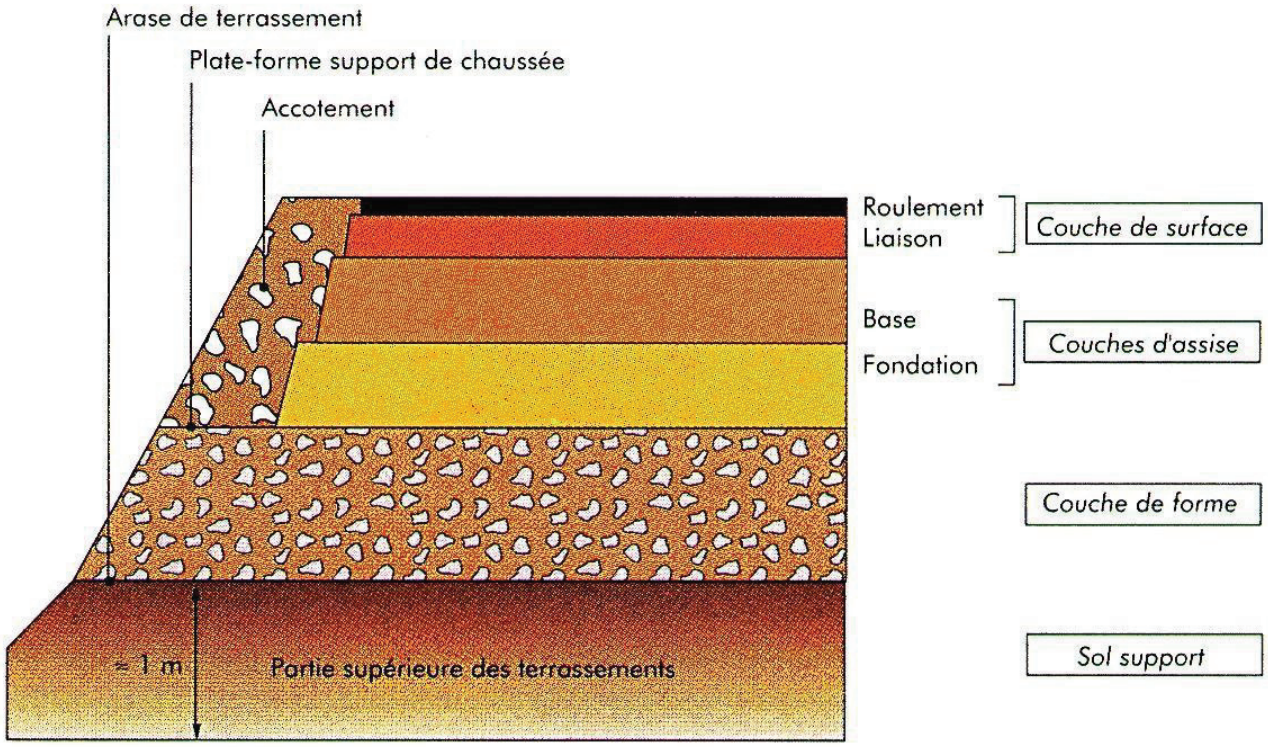


Figure 02 : Coupe type d'une chaussée souple.

2.1.2. Chaussées semi-rigides :

Les chaussées semi-rigides sont des structures hybrides dont le comportement mécanique est intermédiaire entre celui des chaussées rigides et celui des chaussées souples. Elles sont plus flexibles que les chaussées rigides mais moins résistantes, néanmoins elles reposent sur des fondations suffisamment épaisses. La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose parfois sur une couche de liaison également en enrobé. Dans certains cas, la chaussée semi-rigide peut comporter une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux. La couche minimale de la couche de roulement doit être d'au moins 15 mm.

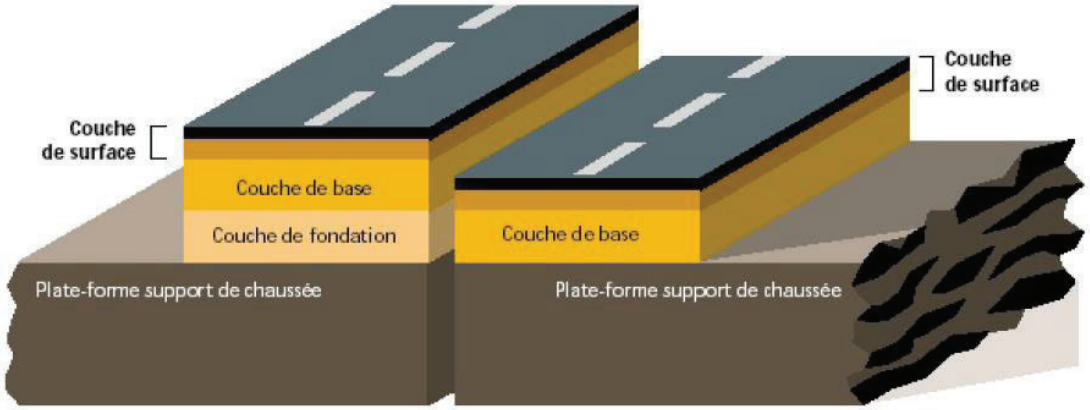


Figure 03 : Structure type d'une chaussée semi-rigide.

2.1.3. *Chaussées Rigide :*

Les chaussées semi-rigides sont composées de dalles en béton, assurant le rôle de couche de surface des chaussées souples. Ces dalles fléchissent élastiquement sous les charges, transmettant ainsi les efforts à distance et les répartissant sur une couche de fondation qui peut être constituée de grave stabilisée mécaniquement ou traitée aux liants hydrocarbonés ou hydrauliques. En Algérie, ce type de chaussée est pratiquement inexistant, sauf pour les chaussées aéronautiques.

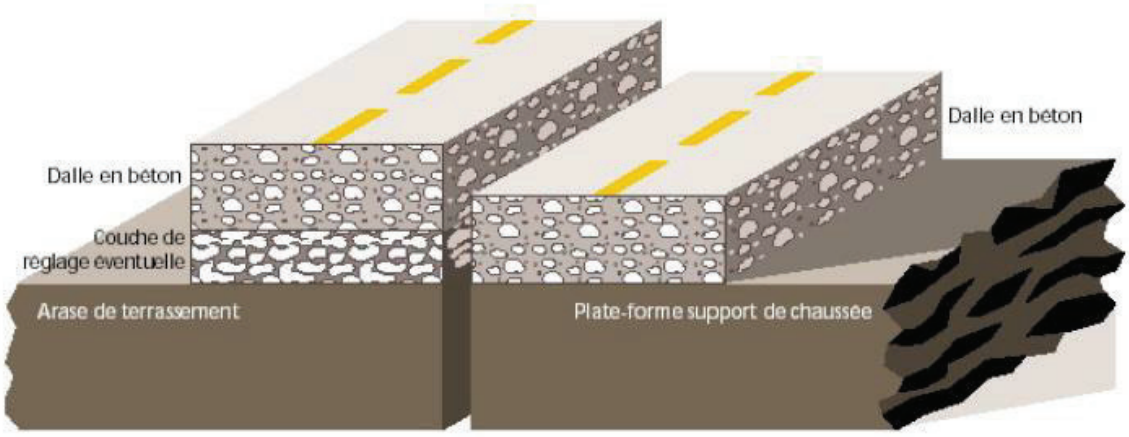


Figure 04 : Structure type d'une chaussée rigide.

2.2. *FACTEURS D'ETUDE DE DIMENSIONNEMENT :*

La connaissance des paramètres essentiels est nécessaire pour le dimensionnement optimal d'un système en fonction de ses caractéristiques liées aux :

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

3. METHODE DE DIMENSIONNEMENT :

Il existe deux familles de méthodes pour le dimensionnement des chaussées :

- Les méthodes empiriques basées sur des études expérimentales des performances des chaussées
- Les méthodes rationnelles basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Toutes les méthodes de dimensionnement du corps de chaussée se basent sur la force portante du sol, le trafic et les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches.

3.1. LA METHODE CBR (California – Bearing – Ratio) :

3.1.1. DESCRIOTION DE LA METHODE :

La méthode semi-empirique de dimensionnement du corps de chaussée se basant sur un essai de poinçonnement consiste à compacter des éprouvettes de sol sur une hauteur de 10 cm à l'aide d'un compacteur à mouvement alternatif, en utilisant l'optimum Proctor modifié. Pour déterminer l'épaisseur totale de la chaussée, il est nécessaire de vérifier que la contrainte verticale répartie, calculée selon la théorie de Boussinesq, ne dépasse pas une contrainte limite proportionnelle à l'indice CBR. L'épaisseur totale de la chaussée est calculée à partir de la formule ci-après :

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

- e : épaisseur équivalente.
- N : désigne le nombre moyen des camions dépassant 1500 Kg à vide.
- P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).
- ICBR : indice portant C.B.R (sol support).

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$e_{eq} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3.$$

- a1, a2, a3 : coefficients d'équivalence de matériau par référence à une grave concassée.
- e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs courantes du coefficient d'équivalence pour différents types de matériaux :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobé dance	2.00
Grave ciment-Grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20à1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée -grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00à1.20

Sable	**0.50**
Tuf	**0.60**

Tableau 01 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.

3.1.2. APPLICATION DE LA METHODE CBR :

❖ ***Données de L'étude :***

- TMJA 2015 : 8305 v/j/sens
- Mise en service : 2015
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : τ = 3,5 %
- Pourcentage de poids lourd : Z= 20%

❖ ***Répartitions du trafic :***

TMJA 2025 = 11715 v/j/sens
TMJA 2025 = 2343 pl/j/sens
TMJA PL2025 = 11715*0.2*0.8 = 1874 PL/j/sens le plus chargé
TMJA PL2045 = = $(1+\tau)^{20}$ *TMJA PL2045= 3729 PL/j/sens le plus chargé

Comme notre sol et de class S4 on va prendre notre indice **CBR** = 1.42 pour des raisons de sécurité (cas le plus défavorable)

$$eéq = \frac{100 + \sqrt{6{,}5} \times (75 + 50 \log(\frac{3729}{10}))}{5 + 1.42} =$$

On a: eéq= (a1 *e1) + (a2*e2) +(a3 *e3)

E3=

	Epaisseur réelle	$C_{équivalent}$	Epaisseur eéquivalente
Couche de roulement BB	6	2	12
Couche de base GB	10	1.5	15
Couche de fondation GNT	30	1	30
Total	46	/	57

Tableau 02 : Les épaisseur des couches de matériaux.

3.2. METHODE CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSeES NEUVES :

3.2.1. DESCRITPION DE LA METHODE :

Le catalogue de dimensionnement des chaussées est un outil sophistiqué qui propose des fiches de dimensionnement précalculés pour les différentes structures de chaussées, en s'appuyant sur une variété de documents de référence tels que des normes, des guides techniques et des recommandations. En prenant en compte les paramètres clés tels que le trafic, les matériaux, la composition du sol et l'environnement.
Cette méthode de dimensionnement permet de choisir la structure de chaussée la mieux adaptée à chaque cas. Le catalogue utilise une approche rationnelle qui combine une analyse théorique et une approche empirique pour garantir des résultats précis et fiables.

3.2.2. LES DONNEES DU TRAFIC :

- **DETERMINATION DU TYPE DE RESEAU PRINCIPAL :**

Le catalogue fournit une classification des réseaux principaux, qui peut être résumée comme suit :

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

Tableau 03 : Classification des réseaux principaux.

TMJA 2025 = 11715 >1500 v/j ⟹ Le réseau principal est le **RP1**

- **DETERMINATION DE LA CLASS DE TRAFIC (TPLi) :**

Le calcul et la classification du trafic seront effectués conformément aux recommandations du "catalogue algérien du dimensionnement des chaussées neuves (version 2001)" présent dans le catalogue.
La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic du poids lourds par jour par sens sur la voie la plus chargé à l'année de mise en service.

La chaussée est unidirectionnelle à 3 voies : 80% du trafic PL sur la voie lente de droite.

Donc : TMJA PL2025 = 11715*0.2*0.8 = 1874 pl/j/sens

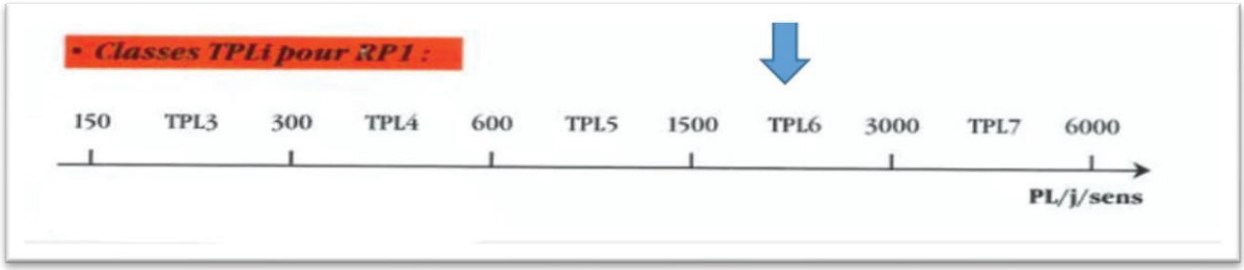


Figure 05 : les classe de TPLi pour le Réseau principal RP1

On a trouvé : 1500 <**1874**<3000

Donc la classe de trafic est **TPL6.**

➢ LE TRAFIC CUMULE DES POIDS LOURDS (TCi) :

Le terme "TCi" désigne le trafic de poids lourds qui sera pris en compte pour la période de dimensionnement de la chaussée, qui correspond à sa durée de vie.

Est donnés par la formule suivante :

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

i : taux d'accroissement ;

n : durée de vie.

$$TC_{2045} = 1874 \times 365 \frac{(1+0.035)^{20}-1}{0.035} = 19.34 \times 10^6 \text{PL}$$

➢ LE TRAFIC CUMULE EQUIVALENT (TCEi) :

La formule TCEi = TCi x A correspond à la définition du concept de Tonnes Cumulées d'Essieux Équivalents (TCE) pour une charge donnée sur une durée de vie spécifique.

Dans cette formule, TCi représente le nombre d'essieux équivalents de 13 tonnes pour une charge donnée, et A représente le coefficient d'agressivité des poids lourd.

Tableau 04 : Valeur du coefficient d'agressivité A.

Niveau de réseau Principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	**Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GC,GB/TUF,GB/GC**	**0.6**
	Chaussées à matériaux traites auliants hydraulique : GL/GL, BCg/GC	**1**

D'après le tableau, si la structure type de la route est construite en matériaux traité au bitume, le coefficient A correspondant est égal à 0.6.

TCEi= $19.34 \times 10^6 \times 0.6 = 11.604 \times 10^6$ essieux équivalent de 13t.

3.2.3. *DETERMINATION DE LA PORTANCE DU SOL SUPPORT :*

➢ LES CLASSE DE PORTANCE DU SOL SUPPORTS :

Selon la classe de portance des sols rencontrés, l'estimation de l'épaisseur du corps de chaussée se fera pour la classe S4 caractérisée par un CBR moyen de **2.96 ≈ 3** et la classe S3 présentant un CBR moyen de **7.71≈ 8.**

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 05 : Amélioration de la portance du sol support.

Portance du sol	Indice portance CBR	Epaisseur de CF (cm)	Portance visée
S4	3	60(2 couches)	S2
S3	8	40(2 couches)	S2

Dans le cas d'un sol à faible portance de classe S4, l'utilisation d'une couche de forme en 2 couches de TUF d'une épaisseur totale de 60 cm permettra un sur-classement de la portance du sol, qui sera ainsi classé dans la catégorie S2.

Le sur-classement de la portance du sol de S4 à S2 est significatif, car cela implique une capacité portante plus élevée et une meilleure durabilité de la chaussée. Cela permettra également de prolonger la durée de vie de la route, de réduire les coûts d'entretien et de garantir une sécurité accrue pour les usagers de la route.

➢ LE RISQUE DE CALCULE :

Le pourcentage de risque dans le contexte du dimensionnement des chaussées en Algérie correspond à la probabilité qu'apparaissent des dégradations structurelles nécessitant des travaux de renforcement de la chaussée au cours de sa durée de vie.

	Classe de trafic TPLi(PL/j/sens)	**TPL3**	**TPL4**	**TPL5**	**TPL6**	**TPL7**
Risque (%)	**GB/GB GB/GNT**	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2

Tableau 06 : Risque adopté pour le réseau RP1 (fascicule 02)

Pour RP1 et un trafic TPL6 on a : r=5%.

➢ LA STRUCTURE RECOMMANDEPAR LA FASICULE N2 DU CATALOGUE :

- Le réseau principal (RP1).
- Zone climatique II.
- Durée de vie 20ans
- Température équivalente **20°C**
- Taux d'accroissement 3.5%
- Classe de TPLi = 6
- Portance du sol S2 : **E=5×1.42 =7.1 MPa**
- Risque de calcule 5%
- Couche de forme : 60 cm de TUFF

- Coefficient d'agressivité A= 0.6
- Donnée de calage Kc=1.3

On propose une structure tq :

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

Le fascicule N°3 du catalogue de dimensionnement des chaussées en Algérie propose une structure de chaussée adaptée aux conditions locales qui comprend différentes couches de matériaux.

4. CALCULE DES DEFORMATIONS ADMISSIBLES :

4.1. CALCULE DES DEFORMATION ADMISSIBLES SUR LE SOL SUPPORT :

Les déformations admissibles sont données par les relations suivantes :

$\xi_{z,\,ad} = 22 \times 10^{-3} \times (TECi)^{-0.235}$

$\xi_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} \times (11.604 \times 10^{6})^{-0.235}$

$\xi_{z,ad} = \mathbf{481.1 \times 10^{-6}}$

4.2. CALCULE DE LA DEFORMATION ADMISSIBLE ξt, adm A LA BASE DE GB :

Les déformations admissibles de traction ξt,adm à la base des couches bitumineuses est donnée par la relation suivante : $\boldsymbol{\xi t,adm = \xi 6(10°C, 25Hz) \times kne \times k\theta \times kr \times kc}$

Tableau 07 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux (fascicule 2)

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

ε6 (10°C, 25Hz) = 100.10-6
θeq = température équivalent (θeq = 20c°) => E (20° ,10HZ)=7000 MPa.
b=-0.146 δ =0.61 (sn= 3 , sh=3)
kc = 1.3 Kne= (TCEi / 10^6) b kne =0.69
Ko= 1.33 kr= 0.71
$\boldsymbol{\xi t,adm} = 84.703 \times 10^6$

Figure 05 : Les résulta prise de ALIZE LCPC.

épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,080	4000,0	0,350	0,000	42,7	0,335	19,8	0,658
	collé		0,080	17,1	0,270	66,9	0,568
0,120	7000,0	0,350	0,080	17,1	0,441	28,9	0,568
	collé		0,200	-20,0	-0,109	36,1	0,193
0,130	7000,0	0,350	0,200	-20,0	-0,109	36,1	0,193
	collé		0,330	-78,9	-0,777	73,9	0,016
infini	50,0	0,350	0,330	-78,9	0,003	266,9	0,016

D'après les résultats précédents :

$\varepsilon t,adm=83.47612 * 10^{-6} > -78.9 * 10^{-6}$

$\varepsilon z, adm = 462.2\times10\text{-}6 > 266.9 \times10\text{-}6$

Les calculs effectués avec Alizé-Lcpc ont montré que les déformations εt et εz de la structure sont inférieures aux valeurs admissibles obtenues par la méthode du catalogue.
La structure est donc vérifiée.

5. *Conclusion :*

En appliquant les deux méthodes de dimensionnement, voici les résultats obtenus :

	Méthode de catalogue	Méthode de CBR
Couche de roulement	8BB	6BB
Couche de base	12GB	10GB
Couche de fondation	13GB	30GNT
Couche de forme	60TUF	/
total	93cm	46cm

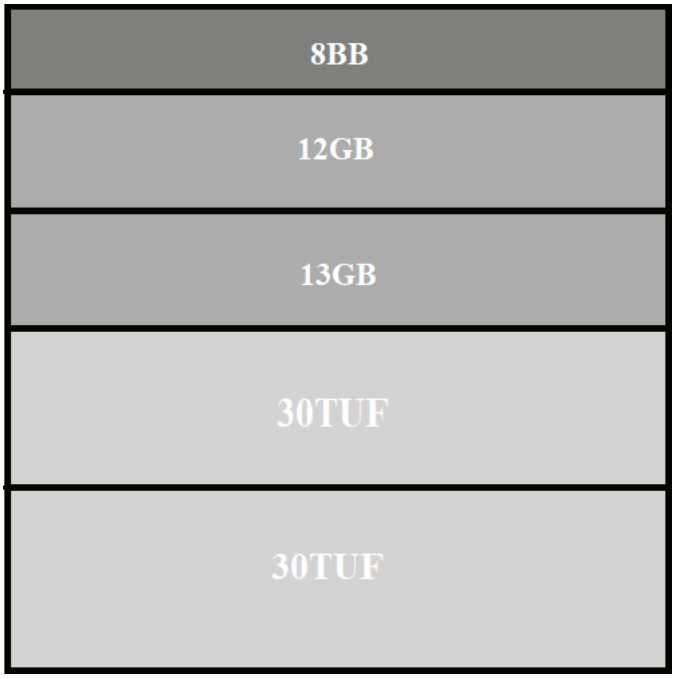
Tableau 08 : Récapitulatif des Résultats

La méthode de dimensionnement retenue pour la structure est celle du catalogue des chaussées neuves (CTTP) pour tells raison :

- La méthode de catalogue utilisée tient compte de plusieurs paramètres, notamment le trafic, le climat et les matériaux, conformément aux normes en vigueur en Algérie.
- Elle repose sur l'évaluation des performances des matériaux et des déformations admissibles.
- La fatigue des matériaux est également prise en considération dans cette méthode.
- Le CTTP a élaboré et validé cette méthode avec l'approbation du ministère des travaux publics en Algérie.

Donc la structure choisie est : **8 BB + 12 GB + 13 GB + 60 tuf.**

- ⇨ **Couche de Roulement.**
- ⇨ **Couche de Base.**
- ⇨ **Couche de Fondation.**
- ⇨ **Couche de Forme.**



X. CHAPITRE 10 : Assainissement

1. INTRODUCTION :

Les phénomènes de ruissellement, qu'ils soient de nature météorologique ou superficielle, constituent l'une des principales causes de détérioration des chaussées. Les problèmes liés au ruissellement superficiel se manifestent en particulier dans certains endroits tels que les ponts traversant des cours d'eau importants, les ouvrages courants pour franchir de petits cours d'eau (tels que des buses ou des dalots), l'écoulement des eaux pluviales dans des drains artificiels ou des fossés, ou encore lors du passage sur des zones inondables. Pour résoudre ces problèmes, il est nécessaire de mettre en place des ouvrages hydrauliques appropriés. Cependant, le dimensionnement de ces ouvrages doit maintenir un équilibre entre le coût de l'investissement et les dommages et les risques encourus.
L'assainissement des voies de circulation englobe l'ensemble des dispositifs nécessaires pour collecter et évacuer les eaux superficielles et souterraines. Cela comprend différentes mesures telles que la création de pentes transversales et longitudinales pour assécher la surface de la chaussée, l'utilisation de fossés, caniveaux, cunettes, rigoles, gondoles, etc. De plus, il est important de mettre en place des ouvrages de drainage enterrés qui permettent de collecter et d'évacuer les eaux souterraines, comme les tranchées drainantes et les canalisations de drainage. Enfin, les canalisations sont également nécessaires pour assurer l'écoulement adéquat des eaux de surface, en utilisant des conduites, des chambres, des cheminées, et autres.
En prenant ces mesures appropriées, il est possible de minimiser les problèmes causés par le ruissellement et de garantir un bon fonctionnement des voies de circulation.

2. OBJECTIF DE L'ASSINISEMMENT :

L'assainissement des routes doit répondre aux objectifs suivants :

- Assurer une évacuation rapide des eaux de pluie qui tombent directement sur le revêtement de la chaussée afin de prévenir le risque d'aquaplaning.
- Maintenir la chaussée en bon état de viabilité, en minimisant les problèmes pouvant affecter sa stabilité et sa durabilité.
- Réduire les coûts d'entretien en mettant en place des dispositifs efficaces pour gérer les eaux et éviter les détériorations de la chaussée causées par des problèmes d'érosion.
- Assurer l'évacuation des eaux qui s'infiltrent à travers le corps de la chaussée, afin de prévenir le ramollissement du terrain sous-jacent et les effets néfastes du gel.
- Gérer l'évacuation des eaux qui s'infiltrent dans le sol en amont de la plate-forme routière, pour éviter une diminution de son niveau et les problèmes résultants du gel.

En respectant ces objectifs, l'assainissement des routes permet de garantir des conditions de circulation optimales, de réduire les risques de détérioration de la chaussée et d'assurer la sécurité des usagers.

3. LES DEGRADATIONS PROVQUER PAR L'EAU :

3.1. POUR LES CHAUSSEE :

L'eau peut causer divers dommages à la chaussée, tels que le dés enrobage, l'affaissement dû à la présence d'eau dans le corps de la chaussée et le décollement des bords causé par l'affouillement

des flancs. Ces problèmes compromettent la résistance et la durabilité de la chaussée, entraînant des déformations, des dépressions et des risques pour la circulation. Un bon système de drainage et des mesures d'entretien appropriées sont essentiels pour prévenir ces dommages et assurer la sécurité et la durabilité des routes.

3.2. POUR LES TALUS :

- Affouillements du pied de talus.
- Glissement.
- Erosion.

4. DIMENTIONEMENT DES RESEAUX D'ASSINISMENTS :

4.1. Méthodes de calcul des débits :

Plusieurs méthodes ont été développées pour estimer l'ordre de grandeur du débit maximum des eaux de ruissellement qui pourraient être collectées par les fossés ou un exutoire.

- Méthode rationnelle.
- Méthode de Caquot.
- Méthode linéaire.

Pour votre projet, vous pouvez utiliser la méthode Rationnelle, dont le principe peut être résumé de manière simplifiée comme suit : le débit maximal des eaux de ruissellement collectées (Oa) est égal au produit de l'intensité des précipitations (Os) et de la surface d'écoulement effective (A).
Qa = Qs ; Avec Qa : débit d'apport en provenance du bassin versant (m3 /s).
Qs : débit d'écoulement au point de saturation (m3 /s).

a) Estimation du débit de crue :

La formule utilisée pour calculer le débit maximum limite (Qa) d'une fréquence donnée, avec une intensité moyenne de pluie (I) et une durée (T) égale au temps de concentration, est dérivée de la méthode rationnelle. Elle est applicable pour les superficies inférieures à 200 km2 et est exprimée comme suit :
Qa = K * C * I * A

- **Qa** : Debit maximum d'eau pluviale (m^3/s).
- **C** : Coefficient de ruissellement.
- **I** : Intensité de la pluie exprimée mm /h.
- **K** : Coefficient de conversion des unités et est égale à 0.278.
- **A** : Aire du bassin d'apport (Km^2).

NB : - Les buses et les fossés seront dimensionnés pour une période de retour 10 ans.
- Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

b) Temps de concentration :

Pour calculer les débits de projet, il est nécessaire d'évaluer le temps de concentration du bassin versant (TC), qui correspond au temps le plus long qu'une goutte d'eau met pour atteindre l'exutoire depuis n'importe quel point du bassin versant.
Le temps de concentration peut être estimé à l'aide de différentes formules, telles que celles de Ventura, Passini et Giandotti. Chaque formule a son propre domaine d'application et ses conditions de validité spécifiques.
En utilisant ces formules, il est possible de déterminer le temps de concentration du bassin versant, ce qui permettra ensuite de calculer les débits de projet nécessaires pour dimensionner les ouvrages hydrauliques appropriés.

- **Méthode de Ventura :** $Tc = 0.127 \times \frac{\sqrt{s}}{p}$ pour : A<5km2
- **Méthode de Passini :** $Tc = 0.108 \frac{\sqrt{sl}}{\sqrt{p}}$ pour : 5km2 < A < 25 km2
- **Méthode de Giandotti :** $Tc = \frac{4\times\sqrt{s}+1.5\times L}{0.8\times\sqrt{H}}$ pour : 25 km2 < A< 200 km2

ou :

- **Tc** : Temps de concentration (h).
- **S** : Surface du bassin (km^2).
- **P** : Pente moyenne du bassin (m/m).
- **L** : Longueur du bassin(Km).
- **H** : Différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin (m).
- **$\overline{H}$** Différence entre l'altitude moyenne et minimale du bassin (m).

Il est important de noter que les différentes approches pour estimer le temps de concentration du bassin versant peuvent donner des résultats différents. Ces estimations ne sont qu'un ordre de grandeur et ne fournissent pas une valeur exacte du temps de concentration. Cependant, le temps de concentration obtenu permet de comparer les bassins versants entre eux et constitue un paramètre représentatif de leurs caractéristiques morphologiques.

Lors du dimensionnement des ouvrages courants tels que les buses et les dalots, il est recommandé d'utiliser un débit de référence basé sur des périodes de retour de 10, 50 et 100 ans respectivement. Cette approche permet d'évaluer la capacité des ouvrages à évacuer les eaux de ruissellement et à prévenir les problèmes d'inondation.

c) ***Coefficient de ruissèlement :***

Le coefficient de ruissellement "C" est une mesure du pourcentage d'eau qui s'écoule sur une surface saturée par les précipitations antérieures par rapport au volume total de l'averse. Pour estimer ce coefficient, la méthode de KENESSEY (Hongrie) est utilisée, où "C" est la somme de trois coefficients partiels : Cr = C1 + C2 + C3.

Le coefficient partiel C1 dépend de la pente "p" du thalweg principal, qui est estimée en prenant le rapport de la différence d'altitude du talweg (en excluant les falaises) par sa longueur développée. Ces informations peuvent être obtenues à partir de cartes topographiques disponibles.

Pente (p) (%)	Coefficient (C1)
p ≤ 3.5	0.01-0.05
Couverture Végétale	**Coefficient (C2)**
Imperméable	0.22-0.30 0.12-0.2
Peu permeable	0.10-0.20 0.22-0.3
Permeable	0.06-0.10
Très permeable	0.06-0.05

Tableau 01 : valeur de coefficients C1.

Tableau 02 : valeur de coefficients C2.

Notre région sol peu perméable donc on prend C2 =0.2

Couverture Végétale	Coefficient (C3)
Rocheux	0.22-0.30
Prairie	0.17-0.25
Labours-Champs	0.07-0.15
Forets et terrains sableux	0.03-0.05

Tableau 03 : valeur de coefficients C3.

Couverture végétale (champs) : C3 =0.15

d) *Intensité de la pluie I(t) :*

La détermination de l'intensité de la pluie par la formule de Montana :

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

Avec :

- I(t, T) : Intensité de pluie exprimée en mm/h;
- T : période de retour exprimée en années ;
- t =Tc : temps de l'averse égal au temps de concentration (h);
- « a » et « b » : paramètres de Montana avec b=0.64.
- Le paramètre « a » pour les différentes fréquences sont :

- Tableau 04 : valeur du paramètre de montana **a**.

T	*10*	*50*	*100*
a (t)	*21.03*	*26.89*	*28.05*

4.2. Estimation des débits de saturation Qs :

Le débit de saturation de l'ouvrage d'assainissement et calculé par la formule

$$Q_s = S_m \times K_{st} \times R_h^{2/3} \times J^{1/2}$$

de Manning-Strickler :

Avec :

- **Kst** : coefficient de rugosité qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage
- Kst = 70 en bétons (dalots).
- Kst = 80 en béton (buses préfabriqué)
- **J** : pente longitudinale de fossé **(J=4%)**
- Sm : surface mouillée (m^2).
- R_h: rayon hydraulique (RH = Sm/Pm).

L'indice climatique pour la région de batna : b = 0.70.

5. *Application au projet :*

Le traitement cartographique implique l'utilisation d'un logiciel spécialisé tel que Global Mapper pour analyser les données d'une carte topographique. Ce processus permet de délimiter les bassins versants et de déterminer les principales caractéristiques morphométriques associées à ces derniers, telles que la superficie (S), la longueur du Thalweg Ice, l'altitude maximale (Hmax), l'altitude minimale (Hmin) et la pente longitudinale du Thalweg I.

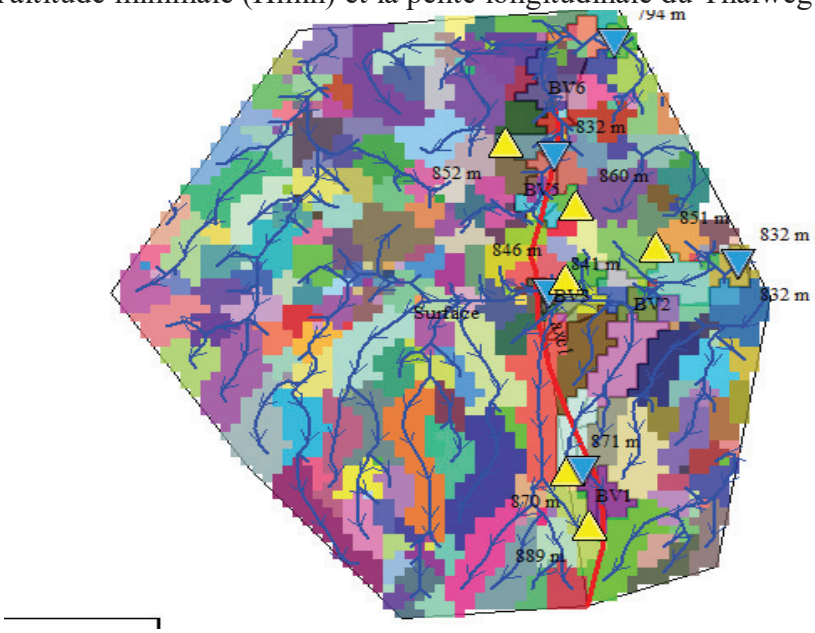


Figure 01 : Délimitation des bassins versants avec Global Mapper

5.1. *Délimitation des bassins versants avec global Mapper :*

Les caractéristiques physiques d'un bassin versant jouent un rôle crucial dans le comportement de l'écoulement des cours d'eau qui y sont présents. L'écoulement peut être influencé par la nature étendue ou non de la région. Voici un résumé des caractéristiques physiques des bassins

versants :

N°BV	S KM2	P KM	H max	H min	L (km)	Pente
BV 5	0.766	6.053	860	832	1.9	0.014
BV6	1.98	12.876	852	794	3.32	0.0175
BV4	2.32	15.148	851	832	2.44	0.00786
BV2	2.888	17.247	871	832	4.26	0.00915
BV1	0.4781	6.05	889	870	2.564	0.00741
BV3	0.3767	5.123	846	841	5.438	0.00919

Tableau 05 : les données des bassin versants.

5.2. Résultats des calculs des débits de notre projet :

Le tableau ci-dessous résume les résultats des calculs des débits pour les périodes de retourde 10, 50 et 100 ans :

N° BV	Tc (h)	I 10 (mm/h)	I 50 (mm/h)	I 100 (mm/h)	Q10 (m3/s)	Q50 (m3/s)	Q100 (m3/s)
5	0.939	20.2	25.83	.26.94	1.72	2.2	2.29
6	1.35	25.48	32.58	34	5.61	7.17	7.48
4	2.171	39.87	44.16	46.07	10.28	11.4	11.88
2	2.256	35.4	45.26	47.21	11.37	14.53	15.16
1	1.02	21.29	27.23	28.41	1.13	1.45	1.51
3	0.813	18.42	23.55	24.57	0.77	0.98	1.029

Tableau 06 : les résultats des calculs des débits.

6. SYSTEME DE DRAINAGE TRANSVERSALE :

Le système de drainage transversal désigne l'ensemble des dispositifs nécessaires pour permettre l'écoulement des eaux provenant des bassins versants naturels traversés par notre tracé. Voici les principaux éléments à mettre en œuvre :

- **Buses :** Les buses sont des conduits souterrains utilisés pour faciliter l'écoulement des eaux lorsque leur volume est relativement faible. Elles sont dimensionnées en fonction des débits attendus pour des périodes de retour de 10 ans. Les buses permettent de canaliser les eaux de surface et de les acheminer sous le tracé.
- **Dalots :** Les dalots sont des structures plus importantes, conçues pour gérer des volumes d'eau importants. Ils sont dimensionnés pour des périodes de retour de 50 ans, ce qui signifie qu'ils sont capables de gérer des précipitations extrêmes sur une période de 50 ans sans débordement significatif. Les dalots sont généralement utilisés lorsque les débits attendus dépassent la capacité des buses.

6.1. Dimensionnement des buses :

Les ouvrages de drainage transversal sont construits pour évacuer les eaux des fossés vers les cours d'eau. Ils peuvent être réalisés en béton armé, qui offre une résistance aux chocs. Les deux types de buses couramment utilisées sont les buses en béton et les buses métalliques. Le dimensionnement d'une buse est basé sur la comparaison entre le débit d'apport calculé lors de l'étude hydrologique et le débit de saturation de la buse, déterminé à l'aide de la formule de Manning Strickler.

A. Calcule du diamètre de la buse :

On prend : BV = 5, avec S= 0.766 km2, L= 1.9km, Ic= 0.939h, I10= 20.2 mm/h, Q10=1.72 m3/s,
Pour le dimensionnement des buses, on utilise l'égalité entre le débit d'apport (Qa) et le débit de saturation (Qs). Ainsi, la formule de Manning-Strickler peut être adaptée de la manière suivante :

$$\mathbf{Qa = Qs = Sm \times Kst \times RH^{2/3} \times I^{1/2}}$$

- **Sm = π.R² ;** **Pm = 2.π.R ;** **RH = R/2 ;** Avec : R : rayon de la buse
- Donc on aura cette formule pour tirer R : Qa= (π.R²). Kst. $(R/2)^{2/3}$. $I^{1/2}$
- On prend la pente de pose de l'ouvrage hydraulique à I =1% ;

On trouve : $R = \left(\frac{Qa}{Kst.\pi.0,5^{\frac{2}{3}}I^{\frac{1}{2}}}\right)^{3/8} = \left(\frac{1.72}{80.\pi.0.5^{\frac{2}{3}}.0.01^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{8}} = 435.01mm$

Le débit est assuré pour un diamètre : Ø = 2R = 870.02mm.

Donc pour le BV N°=4, on prend une buse de diamètre **Ø =1200mm.**

B. Condition d'auro-curage :

Dans le cas des eaux pluviales, les conditions d'auto-curage à vérifier sont les suivantes :

- **V >0.6m/s pour Q = 0.1 Qps**
- **V > 0.3m/s pour Q = 0.01 Qps**

Pour le calcul de Qps on utilise la formule de Chezzy :

- **Qps** = $\frac{1}{n}Rh^{2/3}.S.I^{1/2}$ = 80.$(0.6/2)^{2/3}$.π.0.6^2.$(0.01)^{1/2}$ = **4.05 m3/s**.
- **Vps** = $\frac{Qps}{S} = \frac{4.05}{\pi x 0.6^2}$ = **3.58 m3/s.**
- $\frac{Q}{Qps}$ = 0.1 ➔ $\frac{V}{Vps}$ = 0.6 ➔ **V = 2.148 m/s** > 0.6 m/s ➔ **Condition Verifier.**
- $\frac{Q}{Qps}$ = 0.01 ➔ $\frac{V}{Vps}$ = 0.3 ➔ **V = 1.0744 m/s** > 0.3 m/s ➔ **Condition verifier.**

Les résultats calculés dans le cadre de notre projet sont récapitulés dans le tableau suivant :

BV	Q_{50} (m³/s)	P	R(m)	V (m/s)	Ø (mm)
BV 1	1.45	0.01	0.546	1.65	1200
BV 3	0.98	0.01	0.483	2.148	1200
BV 5	2.2	0.01	0.435	1.87	1200

Tableau 07 : les résultats des calculs des buses

6.2. Dimensionnement des dalots :

Les dalots, utilisés en Algérie, sont généralement de forme rectangulaire, bien que d'autres formes soient également possibles. Les dimensions des dalots dépendent du débit maximum des eaux de ruissellement qu'ils sont conçus pour capter.

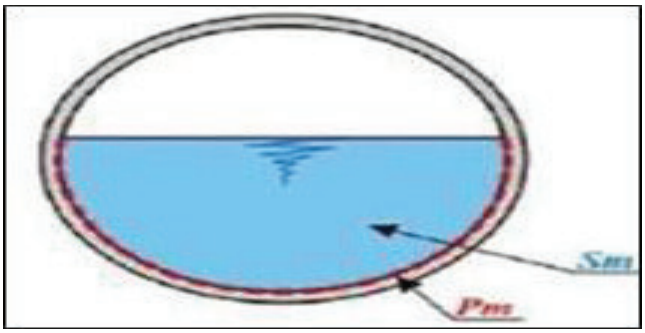


Figure 02 : caractéristique d'un dalot.

$$Hr = 0.8H.$$

$$Qs = Sm.kst.R^{\frac{2}{3}}.I^{\frac{1}{2}}$$

- Kst : Coefficient d'écoulement de Manning Strickler = 70 pour les dalots.
- La surface mouillée : Sm = 0.8H × B.
- Le périmètre mouillé : Pm = 1.6H + B
- Le rayon hydraulique : RH = $\frac{Sm}{Pm} = \frac{0.8H \times B}{1.6H+B}$
- $Q\alpha = Qs = Sm.kst.R^{\frac{2}{3}}.I^{\frac{1}{2}}$ $\Rightarrow$ $\mathbf{H} = \frac{1}{0.8B}\left(\frac{Q\alpha}{Kst.I^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{5}}(1.6H + B)^{\frac{2}{3}}$
- On fixe la valeur de B et on tire la hauteur H par itération.

A. Exemple de Calcule :

Pour BV 6. A = 1.98Km²; L =3.32m; Tc = 1.35h; I50 = 32.58mm/h , Q_{50} = 7.17m3/s;
En fixe le **B = 3 m** et par calcul itératif, on trouve la hauteur H,

$$\mathbf{H_0} = \frac{1}{0.8*3}\left(\frac{7.17}{70*0.01^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{5}} = 1.41,\ H_1 = 2.76,\ H_2 = 3.8,\ H_3 = 2.82,\ H_4 = 2.85$$

donc le **H = 3.00 m**
Alors on prend un dalots de 2 m de hauteur et 3.00m de largeur **2× (B=3 × H=2).**

BV	Q (m^3/s)	H_0 m	H_1 m	H_2 m	H_3 m	H_4 m	**Choix d'Ouvrages**	**Hc**
BV 6	7.17	1.76	2.76	3.8	3.83	3.85	**2. (B=3 × H=2)**	**1.58**
BV 4	11.4	1.15	1.19	1.32	1.38	1.39	**(B=3×H=2)**	**1.36**
BV 2	14.53	0.903	1.29	1.34	1.35	1.37	**(B=3×H=2)**	**1.03**

Tableau 08 : résultats des calculs des dalots.

6.3. Dimensionnement des fossé :

La forme trapézoïdale a été choisie pour la section des fossés en raison des avantages suivants :

- **Simplicité de mise en œuvre :** La construction et l'entretien des fossés de forme trapézoïdale sont relativement simples par rapport à d'autres formes complexes.
- **Optimisation de la section :** La section trapézoïdale peut être optimisée pour être circonscrite par un cercle, ce qui permet de maximiser l'espace disponible pour le débit d'eau.
- **Compatibilité avec les équipements de nettoyage :** Les fossés de forme trapézoïdale sont compatibles avec les équipements de nettoyage standard, ce qui facilite l'entretien régulier.

Lorsqu'on prend en compte la présence d'éléments tels que la chaussée, le BAU (Bord Amont de l'Urgence), le BDG (Bord Détail de Gouttière), la berme et le talus, il est nécessaire de calculer le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total. Cela permet d'évaluer la capacité du fossé à gérer efficacement les eaux de ruissellement.

Qa = Qc + Qb + Qt

Avec :

- Qc = K.I. $Cc.\ Ac$ ⟶ Débit rapporté par la chaussée Chaussée + B.A.U+BDG
- Qb= K.I. $Cb.\ Ab$ ⟶ Débit rapporté par la berme.
- Qt = K.I. $Ct.\ At$ ⟶ Débit rapporté par le talus.

- **La section mouillée :**

$$Sm = b\,h + 2\,\frac{eh}{2} \text{ avec : } \frac{1}{tan\,\alpha} = m \quad \text{D'où : } e = m.\,h$$

$$\Rightarrow \quad Sm = bh + mh^2 \Rightarrow \quad \boldsymbol{Sm = h\,(b + mh)}$$

- **Le périmètre mouillé :**

$$Pm = b + 2.B \qquad \Rightarrow \qquad \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + hm^2} = h^2\sqrt{h^2 + m^2}$$

$$\Rightarrow \mathbf{Pm = b + 2h\sqrt{h^2 + m^2}}$$

- **Le Rayon hydraulique**.

$$Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{h\,(b + mh)}{b + 2h\sqrt{h^2 + m^2}}$$

On applique légalités : $Qa = Qs$

$$\frac{1}{n} .I^{\frac{1}{2}} \left[\frac{h(b + mh)}{(b + 2h\sqrt{h^2 + m^2})}\right] \text{^}(\frac{2}{3}) \quad . \text{h (b + mh)}$$

i. **Fossé de pied de talus en déblaie :**

A. *Fossé de pied de talus en déblaie :*

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a une hauteur importante du déblaie h= **10 m**, D'après le profil en long, notre cas situé entre Pk 46+00 au Pk 46+290 avec une longueur de **L= 290** m et de pente **I= 2 %**

SBV	Largeur(m)	Pente (%)	Surface (m^2)
Chaussée+ B.A. U+BDG	14.5	2.5	4205
Berme	1	8	290
Talus de déblaie	13.94	66.67	4042.6

Tableau 09 : Les caractéristiques des sous bassins versants concernées.

- **Temps de concentration :** Les surfaces des bassins versant sont inférieures à 5 Km^2 donc on utilise la formule de **Tc = 0.127** $\sqrt{(\frac{A}{P})}$
- **Intensité de pluie :** Elle est calculée par la formule**, I(t, T) =** $\frac{a(T)}{t^b}$ avec

  $a(T)$ = 21.03 et b = 0.64 c'est pour 10 ans.
- **Coefficient de ruissellement (C) :** C'est le rapport du volume d'eau qui ruisselle sur une surface au volume d'eau tombe sur elle. Il dépend de la nature du sol, la forme et la pente du terrain, ainsi la couverture végétale.

Type de chaussée	Valeur de C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement : sol légèrement perméable	0.10 à 0.40	0.4
Talus	0.10 à 0.30	0.3

Tableau 10 : Les coefficients de ruissellements.

B. *Calcul de débit d'apport Qa :*

SBV	A (km²)	C	I(%)	tc(heure)	It(mm/h)	Q(m3 /s)
Chaussée +B.A.U+BDG	4.205×10^{-3}	0.95	2.5	5.208×10^{-3}	0.72	7.13×10^{-3}
Berme	0.29×10^{-3}	0.4	8	7.646×10^{-3}	0.929	5.7×10^{-5}
Talus du déblai	4.042×10^{-3}	0.3	66.67	9.933×10^{-4}	0.256	7.06×10^{-4}
Q_{totale}						**8.6×10^{-3}**

Tableau 11 : calcule de débit d'apport Qa.

D'après l'équation que vous avez fournie, Qa = Qs, où Qa représente le débit de calcul et Qs représente le débit de service. En utilisant cette équation, vous avez trouvé une hauteur de h = 0.25 m pour le fossé en béton, en fixant les valeurs suivantes :

- Kst (Coefficient de section transversale) = 70
- La pente longitudinale de fossé I = 2%
- La largeur de la base du fossé b = 0.4 m

En utilisant ces valeurs dans l'équation, vous avez itérativement calculé la hauteur h du fossé. La hauteur trouvée est de 0.25 m.

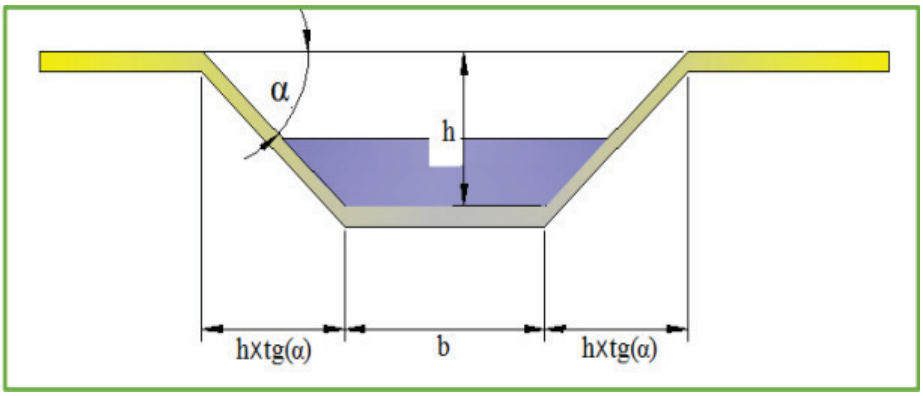


Figure 03 : un schéma de fossé

Pour **h =0.4m,** on trouve Qs > Qa, Donc le débit d'apport est nettement inférieur à celui de saturation, ce qui signifie que les dimensions du fossé proposées sont largement suffisantes pour faire passer les apports du bassin versant.

Donc pour assurer la sécurité et faciliter l'entretien de notre infrastructure, On propose fossés de dimensions : (**b=40cm, h=40 cm, α**= 45^0).

7. Conclusion :

Les ouvrages hydrauliques mentionnés ont été conçus pour collecter les eaux de ruissellement et ont été dimensionnés en fonction du débit et de la période de retour pour évacuer ces eaux vers des exutoires, assurant ainsi la durabilité de l'infrastructure.

Afin de maintenir le bon fonctionnement de ces ouvrages, un contrôle régulier est effectué après chaque saison pluvieuse et après chaque crue importante. L'objectif de ce contrôle est de détecter toute anomalie ou dégradation éventuelle.

L'entretien de ces ouvrages comprend les activités suivantes :

- Réparation des dégradations : Toute dégradation constatée sur les ouvrages est réparée afin de maintenir leur intégrité structurelle et leur efficacité.
- Nettoyage et entretien réguliers : Les ouvrages sont nettoyés régulièrement pour éliminer les débris, les sédiments ou tout autre matériau qui pourrait obstruer le bon écoulement des eaux. Cette mesure préventive permet de garantir le bon fonctionnement des ouvrages.

Ces activités d'entretien sont essentielles pour assurer la performance et la durabilité des ouvrages hydrauliques, en garantissant qu'ils restent en bon état et capables de gérer efficacement les eaux de ruissellement.

XI. CHAPITRE 11 : Conception de L'échangeur

1. INTRODUCTION :

La conception d'un projet est l'étape la plus importante et la plus déterminante, car elle tient compte du coût
du projet et sur sa durabilité et comme notre projet consiste à faire l'étude d'un échangeur, on doit préalablement connaitre les différents types d'échangeurs et leur condition d'implantation, afin de concevoir l'échangeur le plus adéquat.

2. DEFINITION :

Un échangeur est un carrefour qui relie deux routes avec des raccordements de circulation entre les voies. D'un point de vue technique, la disposition d'un échangeur doit être étudiée en fonction de plusieurs facteurs tels que l'importance des différents flux de circulation, le site d'implantation et le type de topographie du site. Il est également important d'éviter de placer un échangeur dans des sections présentant de fortes pentes ou des dévers importants. Les échangeurs sont désignés de différentes manières :
Nœuds : lorsqu'ils relient une voie rapide à une autre voie rapide ;
Diffuseurs : lorsqu'ils relient une voie rapide au réseau de voies urbaines classiques ;
Mixtes : lorsqu'ils permettent également la connexion de deux autoroutes.

3. ROLE D'UN ECHANGEUR :

L'échangeur joue un rôle essentiel en permettant l'accès à une autoroute ou la sortie de celle-ci, que ce soit pour rejoindre une autre autoroute ou pour emprunter le réseau routier conventionnel. Son objectif principal est d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions simultanément, en répartissant les flux de circulation dans les différentes directions en fonction de leur importance. L'objectif est de garantir des conditions de confort et de sécurité optimales, en évitant les points de conflit qui peuvent entraîner de graves accidents et en minimisant les points d'arrêt qui entraînent des pertes de temps.

4. CONSITUTUANTS D'UN ECHANGEUR :

Les échangeurs sont composés des éléments suivants :
Ouvrages d'art : ce sont des structures telles que des passages supérieurs ou inférieurs qui permettent le franchissement des voies de circulation ou d'autres obstacles.
Carrefour(s) plan(s) : ce sont des intersections où les différentes voies de circulation se croisent à un même niveau.
Bretelles : ce sont des rampes d'entrée et de sortie qui relient l'échangeur aux routes adjacentes. Les rampes d'entrée permettent aux véhicules de rejoindre l'autoroute depuis une route voisine, tandis que les rampes de sortie permettent aux véhicules de quitter l'autoroute et de se diriger vers une route adjacente.
On distingue 3 types de bretelles :

- Bretelles diagonales
- Bretelles anse
- Bretelles en boucle

5. LES DIFFERENTS TYPES D'ECHANGEURS :

La conception d'un échangeur est influencée par différents facteurs tels que la composition du trafic et la vitesse des véhicules. En fonction de l'importance des routes à connecter, on distingue deux classes d'échangeurs :

- **Échangeur majeur :** raccordement autoroute-autoroute.
- **Échangeur mineur :** raccordement autoroute-route.

5.1. ECHNAGEUR MAJEUR :

L'échangeur majeur raccorde entre autoroute et autoroute sans qu'il y a cisaillement dans les deux autoroutes à raccordement sont :

- Trèfle complet et Turbine quand il y a quatre branches à raccorder.
- Bifurcation « Y » quand il y a trois branches à raccorder

5.2. ECHANGEUR MINEUR :

Il est utilisé pour les raccordements entre une autoroute (route principale) et une route secondaire. Ce type de raccordement est réalisé à l'aide d'un échangeur en demi-trèfle, qui comprend deux boucles et deux diagonales. Il s'agit d'un carrefour à niveau sur la route secondaire.

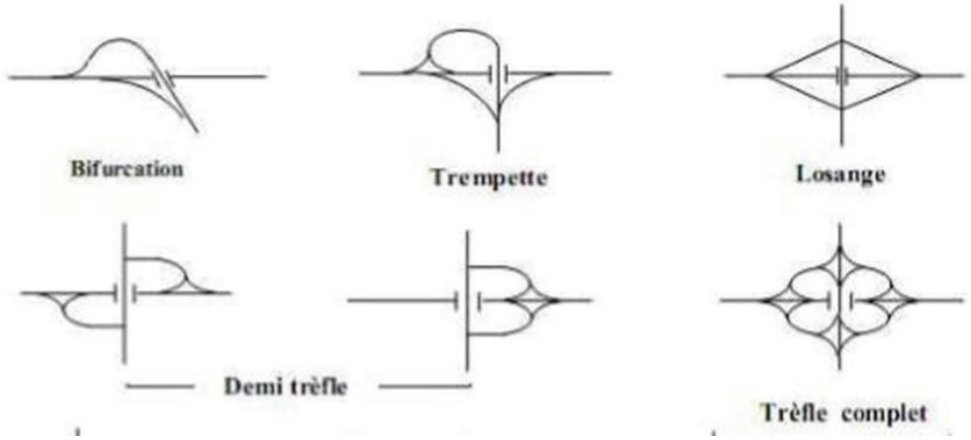


Figure 01 : différents types d'échangeurs

6. CHOIX DU TYPES DE L'ECHANGUER :

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, ainsi que de leurs propriétés, avantages, inconvénients et limites d'utilisation, permet de choisir la configuration la plus appropriée en fonction du cas spécifique. Par conséquent, une fois que certains paramètres spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre sont déterminés, le choix du type d'échangeur devient automatique. Pour faciliter ce processus de sélection, il est recommandé de suivre l'itinéraire suivant :

a) *Première étape :* Détermination du tracé à partir de :

- La nature de la route et du nombre de branches à connecter.

- Présentation du site d'implantation
- La répartition du trafic est influencée par les différents sens de parcours.
- La vitesse d'approche pratique est un facteur déterminant qui influence les caractéristiques de conception de la bretelle.

b) Deuxième étape : **La configuration du tracé** à adopter doit garantir un haut niveau de sécurité et de service. Cela peut être assuré en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume :

- Tracé respectant les valeurs limitées de conception (valeur de rayon, d'alignements).
- Longueurs des voies (insertion, décélération) réglementaires.

c) Troisième étape : **(L'analyse)**

Cette dernière étape de validation du choix du tracé est cruciale, car elle vise à garantir que le futur échangeur offre les meilleures conditions en termes de visibilité, de confort et de sécurité.

7. APPLICATION SUR NOTRE PROJET :

Le choix du type d'échangeur dépend de plusieurs paramètres, notamment :
Type de terrain : Le terrain du projet est vallonné, ce qui peut influencer la configuration de l'échangeur.
Type de route à raccorder : L'échangeur doit relier une autoroute à la RN 100.
Distribution du trafic : L'échangeur distribue le trafic dans deux directions.
Vitesse sur les bretelles : La vitesse maximale sur l'autoroute est de 130 km/h, tandis que la vitesse sur la RN 100 est de 80 km/h. La vitesse sur les bretelles de l'échangeur sera de 70 km/h
En prenant en compte tous ces critères, l'échangeur le mieux adapté serait l'échangeur de type losange. Ce choix est justifié par le fait qu'il relie une voie principale à une voie transversale, ce qui correspond à la configuration requise pour ce projet spécifique, situé au PK 48+150.2.

8. Caractéristiques géométriques des bretelles :

8.1. VALEURS LIMITES DES RAYON :

Selon le guide SETRA des échangeurs, les valeurs limites des rayons à utiliser pour le tracé des bretelles sont les suivantes : (Ce guide est un complément à l'ICTAAL du 12 décembre 2000.)

	Rayon minimal au dévers normal (Rdn)	Rayon minimal déversé à 7 % (Rm)
Branche à deux voies circulables à 110 km/h	650 m	400 m
Branche/bretelle à deux voies ou une voie circulable à 90 km/h	370 m	240 m
Branche/bretelle à une voie circulable à 70 km/h	300 m	125 m
Bretelle à une voie circulable à 70 km/h ou moins	300 m	40 m (avec 100 m minimum pour le 1er rencontré hors sortie en boucle)

Tableau 01 : tableau sur les valeurs limites des rayons.

8.2. ENCHAINEMENT DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

a) Les branches doivent respecter les règles d'enchaînement suivantes :
   - deux courbes successives doivent satisfaire à la condition R1 ≤ 1,5 R2 , où R1 et R2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées dans le sens de circulation, sauf si R2 ≥ 1,5 Rdn ;
   - deux courbes successives de rayons inférieurs à 1,5 Rdn doivent être séparées par un alignement droit d'au moins 100 m, sauf pour deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

   Le premier rayon rencontré en sortie sur une branche doit valoir au moins 1,5 Rdn , sauf si la configuration de chaussée émettrice rend possible l'emploi d'un rayon plus faible, en vertu des règles d'enchaînement ci-dessus. En cas de contrainte, cette valeur de 1,5 Rdn peut être abaissée jusqu'à Rdn sur justification.

b) Les bretelles doivent respecter les règles d'enchaînement suivantes :
   - deux courbes successives doivent satisfaire à la condition R1 < 2R2 où R1 et R2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées dans le sens de circulation, sauf si R2 ≥ 1,5 Rdn ; • deux courbes successives de même sens et de rayons inférieurs à 1,5 Rdn doivent être séparées d'un alignement droit d'au moins 60 m hors clothoïdes, sauf si R1 < R2 . Le premier rayon rencontré en sortie sur une bretelle à une voie doit valoir au moins 100 m hors cas d'une boucle.

8.3. RACCORDEMENT PROGRESSIF :

Une boucle sur une route comprend une courbe circulaire de rayon inférieur ou égal à 1.5Rdn encadrée par deux arcs de clothoïde. Cependant, si cette condition est trop restrictive, on peut limiter son application aux courbes de rayon inférieur ou égal à Rdn uniquement dans les bretelles.
Pour les bretelles ou les branches à deux voies, la valeur maximale entre R/9 et 14(Δd) est utilisée pour déterminer le rayon de courbure.

8.4. ZONE D'ACCELERATION ET DE D'DECELARATION :

Le raccordement d'une bretelle et de l'autoroute est réalisé en entrée par deux voies d'insertion, et en sortie par deux voies de décélération.

- **La zone d'accélération :** L'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3et5%, doit permettre d'amener le véhicule à une vitesse conventionnelle d'au moins 55km/h au niveau du point E.1,00 m avec une accélération de 1 m/s².

  La longueur d'accélération est donnée par : $La = \frac{(V0^2 - VR^2)}{2(1-10p)}$

  Avec : p : déclivités en valeur algébrique ;

  $V0$: (m/s) la vitesse conventionnelle au point E1.00m ;

  VR : (m/s) la vitesse initiale dépendant du rayon de la courbe amont.

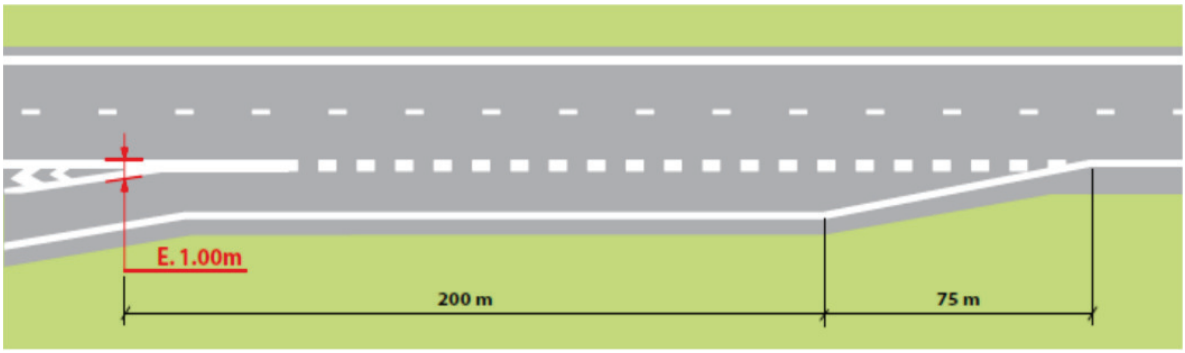


Figure 02 : zone d'accélération.

- **La zone de décélération :** Doit permettre à l'usager de passer de la vitesse conventionnelle de 70km/h au niveau de point S 1.00m, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontre, avec une décélération en palier de 1.5m/s².

Sa longueur minimale Lmin est donnée par : $Ld = \frac{(VS^2 - VR^2)}{2(1.5+10p)}$

Avec : p : déclivités en valeur algébrique ;

VS : (m/s) la vitesse conventionnelle au point S1.00m ;

VR : (m/s) la vitesse cible dépendant du rayon de la première courbe aval.

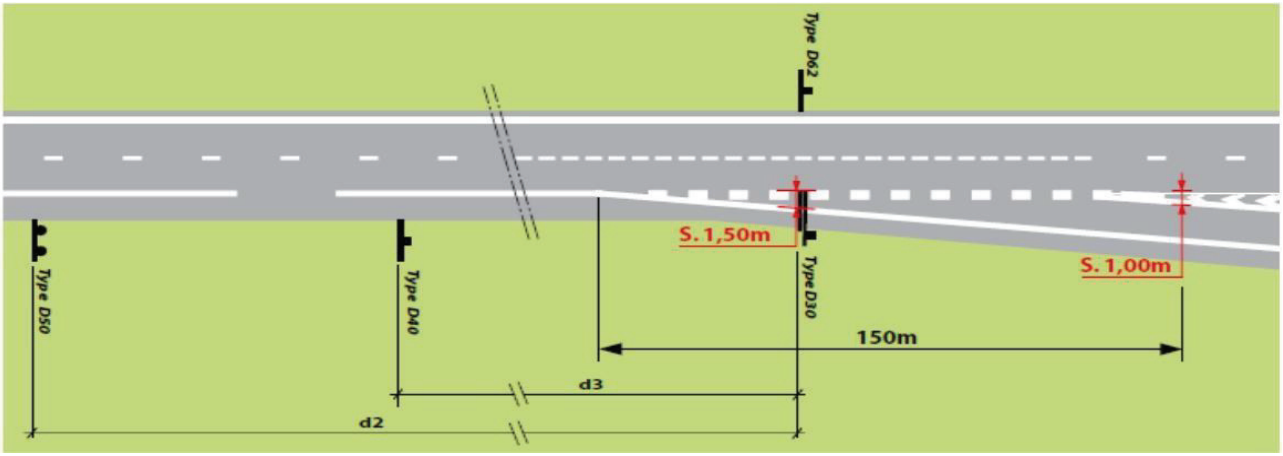


Figure 03 : zone de décélération.

8.5. *Profil en long :*

Les valeurs limites du profil en long pour une bretelle à 1 voie circulable à 70km/h ou moins,sont données par :

Déclivité maximale	6%
Rayon minimal en angle saillant	1500m
Rayon minimal en angle rentrant	1200m

Tableau 02 : les valeur limites du profil en long.

8.6. Profil en travers

La chaussée est bordée de part et d'autre par une bande d'arrêt d'urgence et par une berme qui peut être intégrée au dispositif d'assainissement si ce dernier est non agressif (pente transversale < 25%). La largeur de la berme est normalement égale à 1 m et en présence d'un dispositif de retenue elle est définie par sa largeur de fonctionnement.

Berme	BDG	BDD	Chaussée
1m	0.5m	1m	3.5

Tableau 03 : les largeur des composantes de la chaussée

9. CONCEPTION DE NOTRE ECHANGEUR :

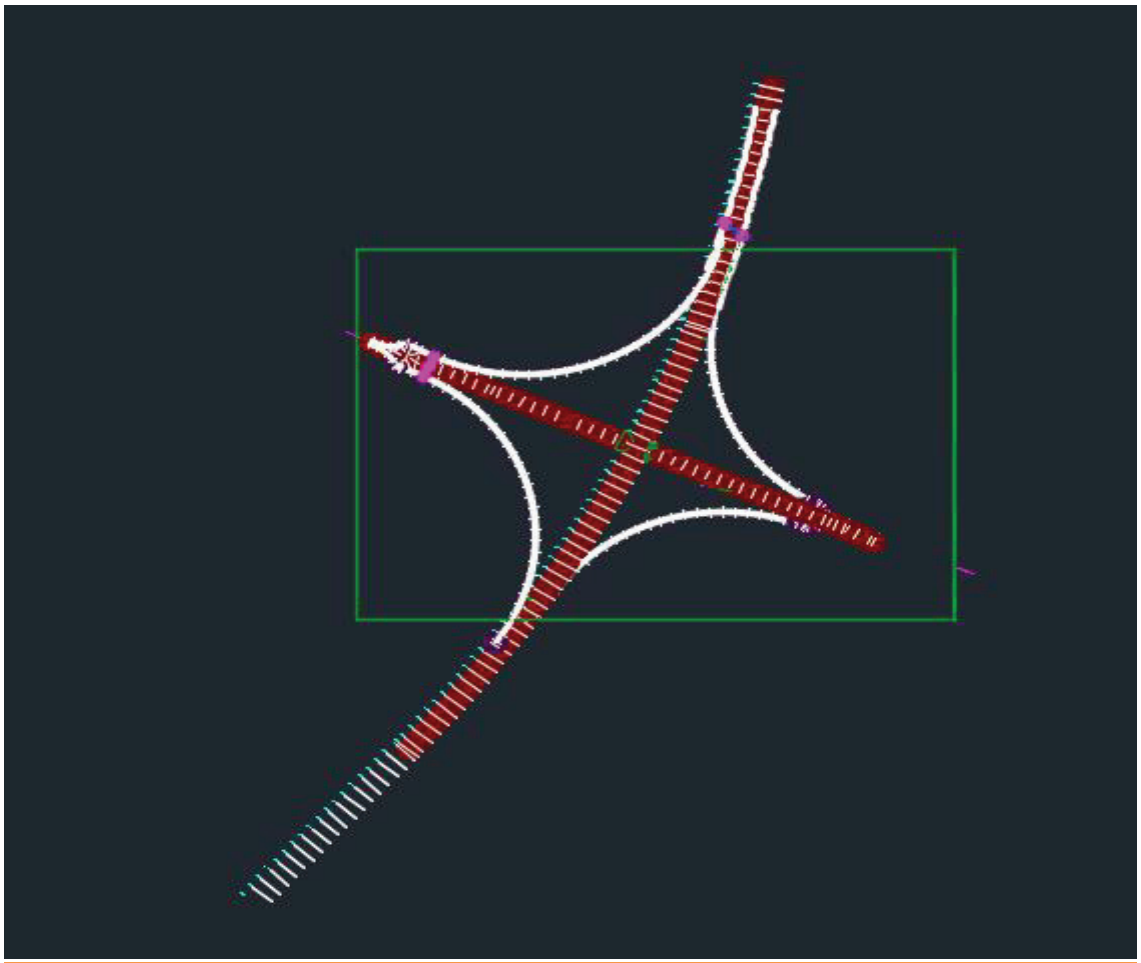


Figure 03 : l'échangeur de notre projet.

XII. CHAPITRE 12 : Signalisation Et Eclairage

1. INTRODUCTION :

1.1. DEFINITION DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :

La signalisation routière est un ensemble de dispositifs et de panneaux installés le long des routes pour informer les usagers de la route sur les règles de circulation, les dangers, les limitations de vitesse, les indications de direction et autres informations pertinentes pour leur sécurité et leur orientation. Elle est un élément clé de l'infrastructure routière, contribuant à améliorer la sécurité et la fluidité du trafic sur les routes. Le respect de la signalisation routière est important pour éviter les accidents et pour garantir une circulation efficace et ordonnée. Dans ce chapitre, nous allons explorer les différents types de signalisation routière, leur utilité et leur importance dans la conception et l'exploitation des routes.

1.2. IMPORTANCE DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :

La signalisation routière revêt une grande importance en matière de sécurité et d'efficacité du trafic sur les routes. Voici quelques raisons qui expliquent pourquoi la signalisation routière est

- Sécurité routière : La signalisation routière permet de réduire les risques d'accidents de la route en informant les usagers sur les dangers, les limitations de vitesse et les règles de circulation.
- Orientation des usagers : La signalisation routière aide les usagers à s'orienter sur la route et à trouver leur chemin par les panneaux d'indication.
- Amélioration de la fluidité du trafic : Une signalisation routière bien conçue permet de mieux gérer le trafic, de réduire les embouteillages et d'améliorer la fluidité du trafic sur les routes.
- Réglementation de la circulation : La signalisation routière joue un rôle important dans la réglementation de la circulation, par exemple : indiquent les zones de stationnement, les zones de limitation de vitesse et les voies réservées aux transports en commun.
- Adaptation aux besoins : La signalisation routière peut être adaptée en fonction des besoins spécifiques de chaque lieu, permettant ainsi d'améliorer la sécurité et la fluidité de la circulation dans les zones urbaines, les zones industrielles ou les zones rurales.

En somme, la signalisation routière est un élément clé de l'infrastructure routière, qui permet de garantir la sécurité et l'efficacité du trafic sur les routes.

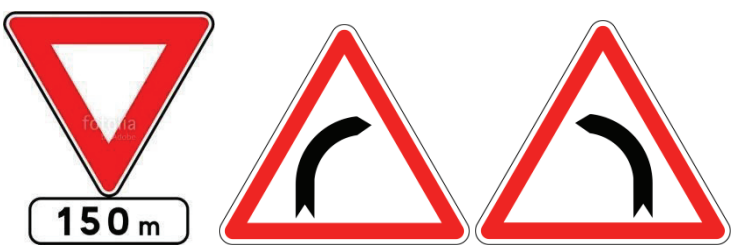
2. LES TYPES DE SIGNALISATION ROUTIERE :

Je suis désolé si ma réponse précédente était un peu longue. Pour être plus concis, la signalisation routière se divise en deux catégories principales :

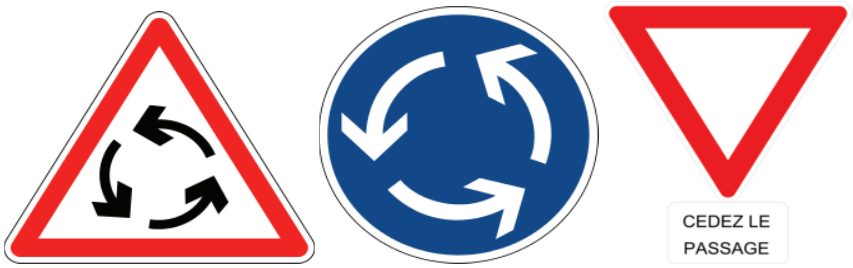
2.1. SINGALISATION VERTICALE :

Les panneaux de signalisation fixés sur des supports le long de la route

- SINGAALISATION DE DANGER :



- SINGALISATION DE DIRECTION :



- SIGNALISATION DE PRIORITE :



- AUTRE SIGNALISATION :

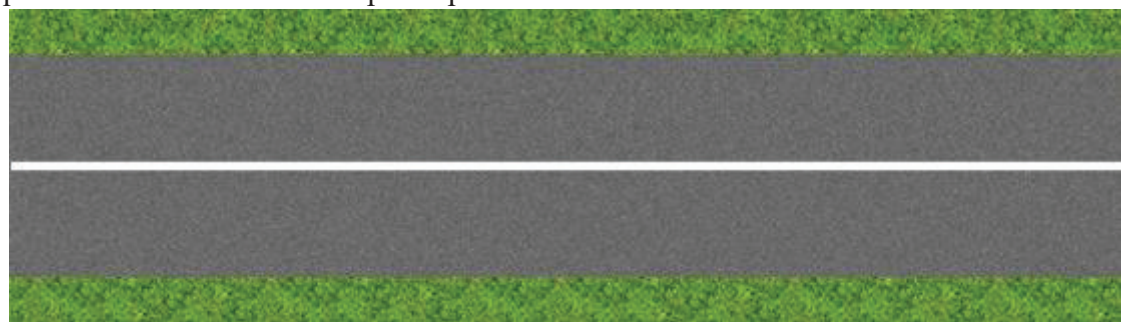


2.2. ***SIGNALISATION HORIZONTALE :***

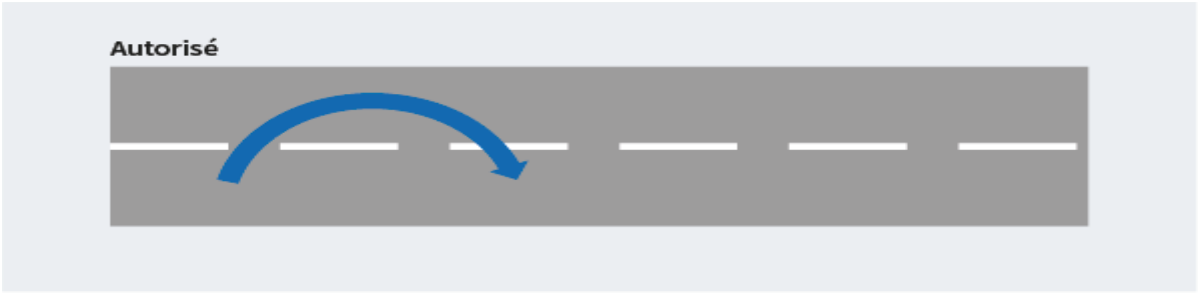
Cette forme de signalisation, appelée signalisation horizontale, englobe une variété de marquages peints sur la chaussée qui servent à indiquer et à délimiter les différentes parties de la route.
Il existe différents types de marquages au sol qui font partie de la signalisation horizontale,

notamment :

- **Les lignes longitudinales continues :** ce sont des lignes blanches continues qui indiquent aux conducteurs de ne pas dépasser et de rester dans leur voie de circulation.



- **Les lignes longitudinales discontinues :** ce sont des lignes blanches discontinues qui indiquent aux conducteurs qu'ils peuvent changer de voie s'ils le souhaitent, à condition de le faire en toute sécurité.



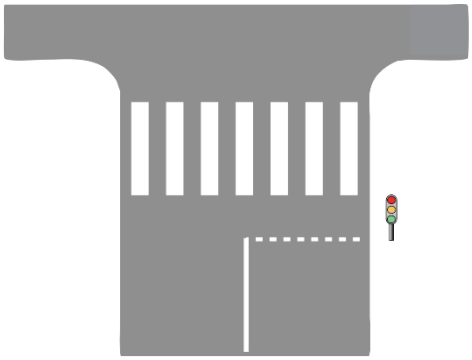
- **Les lignes transversales :** ce sont des lignes blanches ou jaunes qui indiquent aux conducteurs l'emplacement des intersections, des passages pour piétons, des passages à niveau et d'autres endroits importants sur la chaussée.

  - ❖ Flèches de rabattement.
  - ❖ Flèches de sélection unidirectionnelle.
  - ❖ Flèches de sélection bidirectionnelle.

- **Les flèches de direction :** ce sont des flèches blanches qui indiquent aux conducteurs la direction à suivre pour atteindre leur destination.



- **Les passages pour piétons :** ce sont des bandes blanches zébrées qui indiquent aux piétons où traverser la chaussée en toute sécurité.



- **Les symboles :** ce sont des dessins ou des symboles blancs qui indiquent aux conducteurs des informations telles que les limites de vitesse, les interdictions de stationnement ou les zones scolaires.
- **Les zonages :** ce sont des marquages de couleurs différentes qui indiquent aux conducteurs les zones de stationnement, les zones de chargement et de déchargement, et d'autres zones réservées à des usages spécifiques.

3. LES AUTRES DISPOSITIFS DE SIGNALISATION :

- **Barrières de sécurité :** dispositifs de sécurité routière pour empêcher les véhicules de quitter la chaussée.



- **Glissières de sécurité :** dispositifs de sécurité routière similaires aux barrières de sécurité, conçus pour les routes plus étroites.

- **Signaux lumineux :** dispositifs utilisant des lumières pour avertir les conducteurs de dangers.

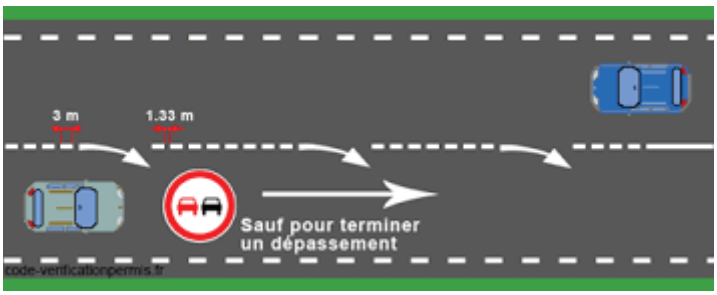


- **Panneaux temporaires pour travaux routiers :** panneaux de signalisation temporaires pour informer les conducteurs de travaux en cours sur la route.

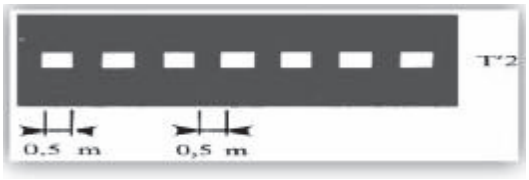


4. APPLICATION AU PROJET :

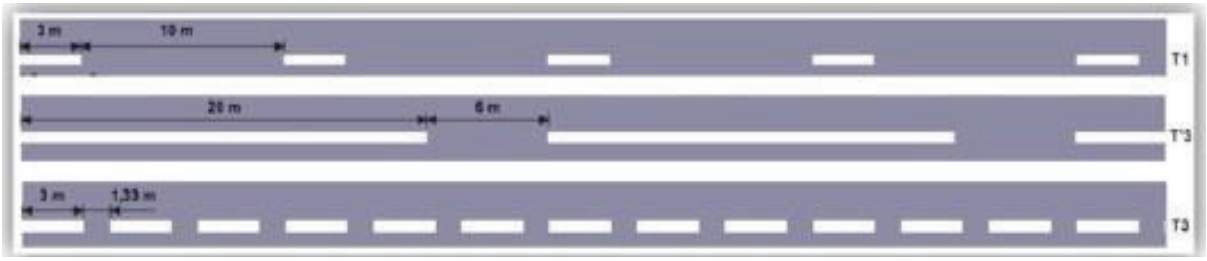
4.1. SIGNALISATION HORIZONTALE :



Les lignes de délimitation de voies dans le tracé

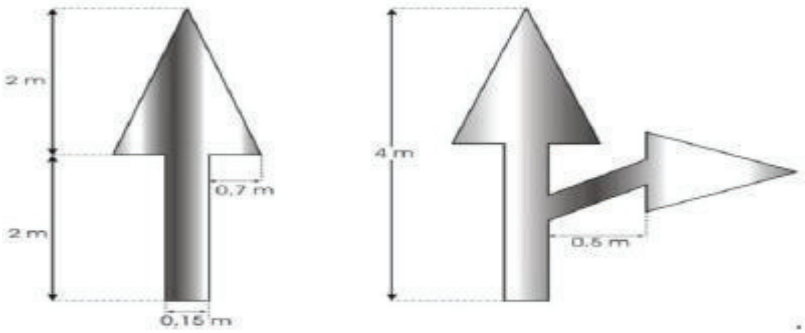


Lignes transversales



Les lignes longitudinales

4.2. ***LES FLECHE :***

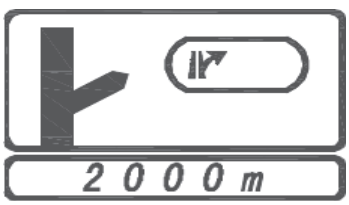


4.3. ***SIGNALISATION VERTICALS :***

❖ **SIGNALISATION DE RESTRICTION :**



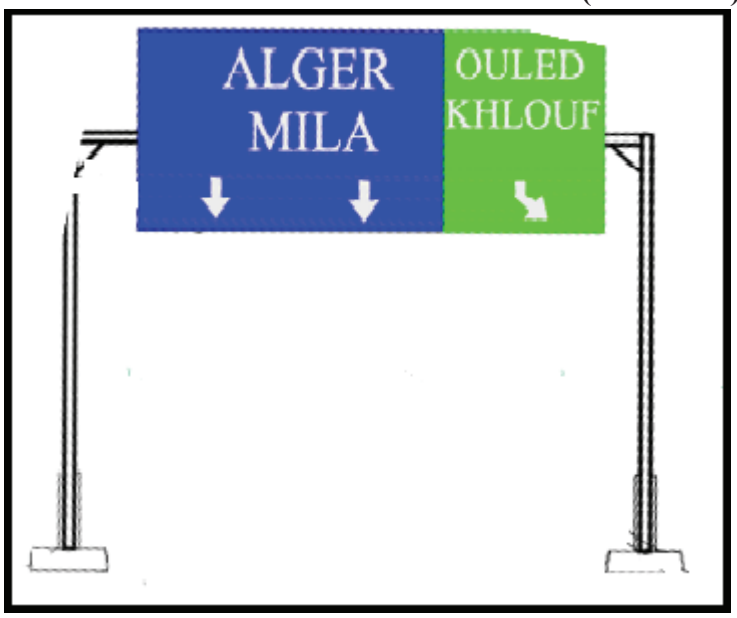
❖ **AVERTISSEMENT D50 :**



ECANGEURE A 2km DE NOTRE

POSITION.

❖ **SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4) :**



XIII. CHAPITRE 13 : Impact Sur L'Environnement

1. INTRODUCTION :

Dans ce contexte, le terme "environnement" englobe tous les aspects liés aux habitats des espèces animales et végétales. L'étude d'impact doit donc aborder les thématiques liées à l'eau, à l'air, à la faune, à la flore, ainsi qu'à l'environnement humain. Récemment, le code de l'environnement a introduit l'obligation d'évaluer l'impact d'un projet sur la santé humaine. Il est donc nécessaire de définir le périmètre pertinent pour chaque thème étudié, en prenant en compte les effets spatiaux spécifiques à chaque paramètre ainsi que les effets indirects résultant des relations fonctionnelles entre les différents composants de l'environnement.

2. CADRE JURIDIQUE :

En Algérie, l'étude d'impact d'un projet d'infrastructure est régie par le décret n° 90-78 du 27 février 1935, qui stipule que cette étude doit comprendre une analyse détaillée du projet, une analyse de l'état initial du site et de son environnement, une analyse des conséquences prévisibles à court, moyen et longs termes du projet sur l'environnement, ainsi que les justifications techniques et environnementales du choix du projet, y compris l'estimation des coûts associés.

3. OBJECTIF DE L'ETUDE D'IMPACTE :

Les objectifs généraux de l'étude d'impact sont les suivants :

- **Intégration de la route dans l'environnement :** Assurer une harmonie entre la route et son environnement naturel et bâti.
- **Prévention des dégradations environnementales :** Éviter ou limiter les impacts négatifs sur l'environnement, tels que la destruction d'habitats, la pollution de l'eau et de l'air, les nuisances sonores, etc.
- **Gestion et entretien des abords de la route :** Veiller à la gestion adéquate des zones environnantes de la route, en prenant en compte des aspects tels que la gestion des eaux pluviales, la végétation, la sécurité routière et la gestion des déchets.

En résumé, l'objectif global est d'intégrer la route de manière respectueuse de l'environnement, de prévenir les dommages écologiques et de gérer les zones environnantes de manière appropriée.

4. IDENTIFICATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT :

L'identification des impacts du projet repose sur l'analyse des relations potentiellement conflictuelles entre le milieu traversé et l'infrastructure à implanter. Cette analyse permet de mettre en évidence les sources d'impact associées aux différentes phases du projet (pré-construction, construction, exploitation) et les composantes du milieu qui pourraient être affectées. L'évaluation de l'importance des impacts environnementaux se base sur des paramètres tels que la valeur environnementale du milieu, le degré de perturbation ou d'amélioration, l'intensité de l'impact et la mise en place éventuelle de mesures d'atténuation.

4.1 IMPACTE SUR LE MILIEUX PHYSIQUE :

- La pollution atmosphérique ;
- Le déboisement qui peut déclencher des glissements de terrain ;

Diminution de la surface agricole et notamment le décroissement du potentiel agricole ;

- La pollution crée par les véhicules diminuera le rendement agricole ;
- Le déversement du Mazout conduira à la stérilisation des terrains agricoles.

4.2 IMPACTS SUR L'HYDROLOGIE ET L'HYDROGEOLOGIE :

La qualité de l'eau de surface et souterraine peut être affectée pendant la construction et l'exploitation de la route. L'érosion des sols pendant la construction peut entraîner la présence de particules en suspension dans l'eau de surface, tandis que les déversements accidentels d'hydrocarbures ou de matières dangereuses peuvent contaminer les eaux souterraines.

- Les principaux impacts comprennent le risque d'affecter les oueds (Nador, Mellah...) en raison du déversement des eaux de chaussée,
- La modification du profil hydraulique des oueds due à la construction de ponts et de viaducs,
- Le rabattement du niveau de la nappe lors des travaux de terrassement,
- La diminution du coefficient d'infiltration en raison du passage de machinerie et de véhicules lourds pendant la phase de chantier.

4.3 IMPACTE SUR LE CADRE HUMAIN :

- Perturbation temporaire des résidents : Les résidents vivant à proximité du tracé peuvent subir des perturbations temporaires dans leur vie quotidienne en raison des activités de construction.
- Risques d'accidents routiers : Pendant la phase de construction, la circulation de la machinerie peut augmenter les risques d'accidents routiers. De même, pendant la phase d'exploitation, la circulation des véhicules peut engendrer des accidents.
- Nuisances sonores : Les propriétés situées à moins de 100 mètres de la route peuvent être affectées par le bruit généré par le trafic routier.
- Modifications des réseaux de services : Les travaux peuvent entraîner des modifications des réseaux de drainage, d'eau potable, d'assainissement, d'électricité, de gaz et de télécommunications.
- Perturbations environnementales temporaires : Les activités de construction peuvent entraîner des perturbations environnementales telles que la génération de poussière et de bruit, ainsi que la dégradation de la chaussée existante due à la circulation de la machinerie.
- Potentiel archéologique : La zone d'étude traverse des zones présentant un potentiel archéologique qui peut varier en fonction de la proximité des agglomérations et des voies de déplacement.

Il est important de prendre en compte ces impacts sur les résidents, la sécurité, l'environnement et le patrimoine culturel lors de la planification et de la mise en œuvre du projet.

4.4 IMPACTS SUR LE PAYSAGE :

L'infrastructure routière a un impact significatif sur le paysage à travers lequel elle passe, bien que dans certains cas, les effets puissent être atténués par l'existence de talus et le relief naturel.
Pour évaluer ces impacts, on peut les regrouper en deux catégories :

- Les tronçons qui entraînent une dégradation esthétique du paysage en raison de la construction de la route en remblai à l'intérieur d'une zone où le terrain naturel est clairement visible même de loin.
- Les tronçons courts de l'infrastructure où différentes solutions techniques peuvent être envisagées pour réduire l'impact sur le paysage, notamment aux points de traversée des oueds, ainsi que pour les ouvrages d'art et les échangeurs.

La proportion importante entre la hauteur et la longueur des ouvrages d'art rendra les viaducs particulièrement visibles dans certaines zones.
Il est important de noter que certaines zones seront nécessairement remodelées pour permettre la construction de l'infrastructure routière.
Lors de la conception et de la planification de l'infrastructure, il convient de prendre en compte ces aspects pour minimiser l'impact sur le paysage et rechercher des solutions qui préservent au mieux l'intégration esthétique dans l'environnement environnant. Des mesures d'aménagement paysager, l'utilisation de matériaux naturels et la considération des caractéristiques locales peuvent être envisagées pour atténuer les effets visuels et préserver la qualité esthétique du paysage.

5. LES MESURE PRISES POUR MINIMISERLES IMPACTS :

Il est important de définir de manière détaillée et opérationnelle les mesures qui seront
Prises pour prévenir, atténuer ou réparer les conséquences dommageables du projet sur l'environnement. Les mesures que ces impacts sont susceptibles d'entraîner sont résumées dans le tableau suivant :

Impacts	Mesures
Eaux superficielles	Étanchéification des fossés Étanchéification de la plateforme. Construction de bassins de traitement des eaux de chaussée
Eaux souterraines	Étanchéification de la plateforme Construction de bassin de traitement des eaux de chaussée
Sécurité	Rétablissement des cheminements Installation des clôtures

	Construction des chemins
Bruit	Butte antibruit
Patrimoine naturel	Installation de clôture de limitation de chantier Rétablissement des cheminements de la faune
Patrimoine archéologique	Périmètre de protection
Forêt	Reboisements
Agriculture	Rétablissement des réseaux d'irrigation ou de drainage
Paysage	Plantation des abords et aménagements esthétiques Traitement architectural des ouvrages d'art.

Tableau 01 :

6. CONCLUSION :

En conclusion, la protection de l'environnement est une priorité essentielle dans ce projet d'infrastructure routière. Des précautions majeures ont été prises à chaque étape, de la conception à la construction et à l'exploitation, afin de minimiser l'impact sur la flore, la faune, les ressources en eau et l'environnement humain.
L'objectif est de concilier le développement des infrastructures avec la préservation des ressources naturelles, en adoptant des pratiques respectueuses de l'environnement et en intégrant les principes de durabilité. L'engagement constant envers la protection de l'environnement garantit une approche responsable et équilibrée tout au long de la vie de la route.

XIV. CHAPITRE 14 : Devis Quantitatif et Estimatif

1. Tableau avec toutes les données du devis :

Désignation	Unité	Prix unitaire(en DA)	Quantité	Montant
1) Acquisition de terrain	M2	1000	350000	350000000
Total(1)=			350 000 000	
2) Dégagement de l'emprise				
Débroussaillage d'arbre	Unité	1500	100	150000
Total(2)=			150 000 0	
3) Terrassement				
Décapage de terre végétale épaisseurs de 30 cm	M3	350	86763,76	8676376
Déblais mis en remblais	M3	450	0	0
Déblais mis en dépôts	M3	800	316246	252996800
Remblais d'emprunt	M3	1000	79902	79902000
Total(3)=			341 575 176	
4) chaussée				
Accotement en TVO	M3	800	0	0
Couche de forme en tuf 0/20	M3	2500	66546.82	166367050
Couche d'accrochage dosée 200 à 300 g/m.	T	5800	49	284200
Couche d'imprégnation en émulsion 700 à 800 g/m	T	7800	147	1146600
Couche de base et de fondation en grave bitume GB 0/20	T	8500	27727.84	235686640
Couche de roulement en bèton bitumineux BB 0/10	T	8500	8872.91	75419735
Total(4)=			478 904 225	
5) Ouvrage d'art(3 passages	M2	400000	645	225600000

supérieurs)				
Total(5)=	258 000 000			
Assainissement, réseaux et protections hydrauliques				
Fossé trapézoïdale en béton armé	Ml	2000	3604,53	7209060
Buse de diamètre 1200 mm	Ml	8000	0	0
Buse de diamètre 1200mm	Ml	10000	0	0
Buse de diamètre 1200 mm	Ml	150000	3	450000
Dalots en béton armé	M^3	65000	3	195000
Total(6)=	785 406 0			
6) Impact sur l'envirenement	F	1% du total (2+3+4)		
Total(7)=	385 444 10.0 66			
7) Signalisation et équipements routiers		5% du total (2+3+4)		
Total(8)=	192 722 050. 33			
Total (HT)	104 182 441 0			
TVA 17%	177 110 149. 8			
TTC (TOTAL HT) +TVA	121 893 456 0			

2. *Le montant total de notre projet est de :*

Un milliard deux cent dix-huit millions neuf cent trente-quatre mille cinq cent soixante.

Conclusion Générale

Le projet de fin d'études que nous avons mené constitue une précieuse occasion de mettre en pratique les connaissances théoriques et techniques acquises tout au long de notre formation à l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics.

Au cours de ce projet, nous avons été confrontés à des problèmes techniques et administratifs réels, propres aux projets routiers. Cela nous a permis d'appréhender concrètement le déroulement d'un projet dans le domaine des travaux publics, ainsi que l'utilisation des logiciels spécialisés tels que AUTOCAD, AUTOCAD CIVIL 3D (2023), Alizé Lcpc et Globale Mapper (20) tout en nous familiarisant avec les nouvelles technologies appliquées à notre domaine d'étude.

Dans notre étude, nous avons rigoureusement respecté les normes, directives et recommandations spécifiques au domaine routier afin de répondre aux contraintes rencontrées sur le terrain.

Nous avons accordé une importance primordiale au confort et à la sécurité des usagers de la route, ainsi qu'à l'aspect économique et environnemental lié à la réalisation de ce projet. Ces préoccupations ont guidé notre démarche et nous ont permis d'apporter des solutions adaptées.

Ce projet de fin d'études représente une étape décisive dans notre préparation à la vie professionnelle, en nous permettant de développer nos compétences pratiques et de mieux comprendre les enjeux concrets du secteur des travaux publics.

En résumé, notre travail a été réalisé avec rigueur, originalité et engagement. Nous sommes convaincus que cette expérience nous a permis d'acquérir des compétences précieuses et de nous préparer de manière adéquate à notre future carrière d'ingénieurs en travaux publics.

Bibliographie :

[1] - ICTAAL 2020 : Instructions sur les Conditions Technique d'Aménagement desAutoroutes de Liaison.

[2] - ICTAAL 2020 : Guide Echangeur.

[3] - Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroute SETRA

[4] - B40 Normes techniques d'aménagement des routes

[5] - GTR (Guide des Terrassement Routiers, Réalisation des remblais et des couches deformes, LCPC, SETRA ,1992) Norme NF-P 11-300.

[6] - RPA 99 : REGLES PARASISMIQUES ALGERIENNES VERSION 2003

[7] -. Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTTP ».

[8] - Cours de routes conception des tracés routiers-Normes-. Avec Mr.Mahrez

[9] - Cours d'esquisse route ENSTP 3ème année

[10] - Cours d'hydraulique ENSTP 2ème année.

[11] -MR.A. Lefkir Cours d'assainissement Enstp 4ème année

[12] - Documents Fournis par La DTP-Batna.

[13] - Mémoire Précédentes Enstp.

[14] -Wikipédia.

Annexe :

Axe En Plan :

Axe en plan : 2
Description :
Plage d'abscisse : Début : 0+000.00, Fin: 7+649.06

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	237354,4222	3991024,609
DR1	ANG=13.0381 (g)	489,454			
			0+489.45	237453,9637	3991503,835
ARC2	XC=232558.4565				
	YC=3992520.6973				
	R=5000.000	719,847			
			1+209.30	237549,2081	3992216,725
DR3	ANG=3.8727 (g)	278,266			
			1+487.57	237566,1251	3992494,477
ARC4	XC=235070.7494				
	YC=3992646.4631				
	R=2500.000	756,39			
			2+243.96	237498,0662	3993244,905
DR5	ANG=384.6114 (g)	186,948			
			2+430.91	237453,3151	3993426,418
ARC6	XC=232598.6814				
	YC=3992229.5343				
	R=5000.000	417,812			
			2+848.72	237336,4777	3993827,435
DR7	ANG=379.2916 (g)	1346,236			
			4+194.95	236906,2475	3995103,073
ARC8	XC=238801.3660				
	YC=3995742.2333				
	R=2000.000	0,519			
			4+195.47	236906,0816	3995103,565
DR9	ANG=379.3082 (g)	637,458			
			4+832.93	236702,5195	3995707,648
ARC10	XC=241440.7306				
	YC=3997304.3176				
	R=5000.000	262,706			
			5+095.64	236625,2058	3995958,687

DR11	ANG=382.6530 (g)	214,722			
			5+310.36	236567,4184	3996165,488
ARC12	XC=238975.1808				
	YC=3996838.3027				
	R=2500.000	1118,734			
			6+429.09	236513,368	3997273,593
DR13	ANG=11.1414 (g)	1000,246			
			7+429.34	236687,5271	3998258,561
DR14	ANG=12.9392 (g)	219,722			
			7+649.06	236731,8784	3998473,76

Profil En Long :

Profil en long : LROUGE1
Description :
Plage d'abscisse : Début : 0+000.00, Fin : 7+649.06
LONGUEUR DE L'AXE : 7649.060m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	913,917
D1	PENTE= -1.70%	748,793		
			0+748.79	901,191
PAR1	S= 0+787.50 Z=900.533			
	R= 13500.000	77,413		
			0+826.21	900,097
D2	PENTE= -1.13%	523,853		
			1+350.06	894,198
PAR2	S= 1+420.00 Z=893.411			
	R= 13500.000	139,882		
			1+489.94	891,898
D3	PENTE= -2.16%	221,226		
			1+711.17	887,115
PAR3	S= 1+730.74 Z=886.692			
	R= 8000.000	39,141		
			1+750.31	886,364
D4	PENTE= -1.67%	334,592		
			2+084.90	880,767
PAR4	S= 2+100.00 Z=880.514			
	R= 13500.000	30,199		
			2+115.10	880,228
D5	PENTE= -1.90%	411,028		
			2+526.13	872,432
PAR5	S= 2+561.69 Z=871.757			
	R= 8000.000	71,118		
			2+597.25	871,399
D6	PENTE= -1.01%	362,164		
			2+959.41	867,749
PAR6	S= 2+960.00 Z=867.743			
	R= 8000.000	1,179		
			2+960.59	867,737
D7	PENTE= -0.99%	376,17		
			3+336.76	864,002
PAR7	S= 3+340.00 Z=863.970			
	R= 8000.000	6,481		

			3+343.24	863,94
D8	PENTE= -0.91%	822,197		
			4+165.44	856,442
PAR8	S= 4+170.44 Z=856.397			
	R= 13500.000	10,008		
			4+175.44	856,347
D9	PENTE= -0.99%	644,888		
			4+820.33	849,988
PAR9	S= 4+840.00 Z=849.794			
	R= 8000.000	39,334		
			4+859.67	849,697
D10	PENTE= -0.49%	388,053		
			5+247.72	847,778
PAR10	S= 5+249.63 Z=847.769			
	R= 8000.000	3,82		
			5+251.54	847,76
D11	PENTE= -0.45%	371,97		
			5+623.51	846,099
PAR11	S= 5+650.00 Z=845.981			
	R= 13500.000	52,979		
			5+676.49	845,758
D12	PENTE= -0.84%	44,356		
			5+720.85	845,386
PAR12	S= 5+836.00 Z=844.420			
	R= 9000.000	230,307		
			5+951.15	846,4
D13	PENTE= 1.72%	331,967		
			6+283.12	852,11
PAR13	S= 6+362.27 Z=853.471			
	R= 13500.000	158,293		
			6+441.41	853,904
D14	PENTE= 0.55%	255,025		
			6+696.44	855,3
PAR14	S= 6+801.08 Z=855.873			
	R= 14000.000	209,284		
			6+905.72	854,881
D15	PENTE= -0.95%	404,208		
			7+309.93	851,051
PAR15	S= 7+310.00 Z=851.050			
	R= 5000.000	0,142		
			7+310.07	851,05
D16	PENTE= -0.94%	338,99		
			7+649.06	847,847

Profil en travers :

Axe en plan : 2
Description :
Plage d'abscisse : Début 0+000.00 - Fin 7+649.06

N°	PK	Z TN	Z PR	X	Y	Dev G	Dev D
0+000.00 (1)	0+000.00	913,917	913,917	237354,4222	3991024,609	vertical	vertical
0+025.00 (2)	0+025.00	913,991	913,492	237359,5065	3991049,087	vertical	vertical
0+050.00 (3)	0+050.00	913,834	913,067	237364,5908	3991073,565	vertical	vertical
0+075.00 (4)	0+075.00	913,636	912,642	237369,6751	3991098,042	vertical	vertical
0+100.00 (5)	0+100.00	913,445	912,218	237374,7594	3991122,52	vertical	vertical
0+125.00 (6)	0+125.00	913,342	911,793	237379,8437	3991146,997	vertical	vertical
0+150.00 (7)	0+150.00	913,281	911,368	237384,928	3991171,475	vertical	vertical
0+175.00 (8)	0+175.00	912,796	910,943	237390,0124	3991195,952	vertical	vertical
0+188.44	0+188.44	912,536	910,715	237392,7452	3991209,109	vertical	vertical
0+200.00 (9)	0+200.00	912,355	910,518	237395,0967	3991220,43	vertical	vertical
0+225.00 (10)	0+225.00	911,966	910,093	237400,181	3991244,907	vertical	vertical
0+250.00 (11)	0+250.00	910,833	909,668	237405,2653	3991269,385	vertical	vertical
0+275.00 (12)	0+275.00	909,65	909,243	237410,3496	3991293,862	vertical	vertical
0+300.00 (13)	0+300.00	908,706	908,819	237415,4339	3991318,34	vertical	vertical
0+325.00 (14)	0+325.00	908,002	908,394	237420,5182	3991342,817	vertical	vertical
0+350.00 (15)	0+350.00	907,45	907,969	237425,6026	3991367,295	vertical	vertical
0+375.00 (16)	0+375.00	907,114	907,544	237430,6869	3991391,772	vertical	vertical
0+400.00 (17)	0+400.00	906,717	907,119	237435,7712	3991416,25	vertical	vertical
0+425.00 (18)	0+425.00	906,248	906,694	237440,8555	3991440,728	vertical	vertical
0+450.00 (19)	0+450.00	905,843	906,269	237445,9398	3991465,205	vertical	vertical

0+475.00 (20)	0+475.00	905,33	905,844	237451,0241	3991489,683	vertical	vertical
0+500.00 (21)	0+500.00	904,819	905,419	237456,0975	3991514,162	vertical	vertical
0+525.00 (22)	0+525.00	904,377	904,995	237461,069	3991538,663	vertical	vertical
0+550.00 (23)	0+550.00	903,893	904,57	237465,9178	3991563,188	vertical	vertical
0+575.00 (24)	0+575.00	903,708	904,145	237470,644	3991587,738	vertical	vertical
0+600.00 (25)	0+600.00	903,499	903,72	237475,2474	3991612,31	vertical	vertical
0+625.00 (26)	0+625.00	903,236	903,295	237479,7279	3991636,905	vertical	vertical
0+650.00 (27)	0+650.00	902,818	902,87	237484,0853	3991661,523	vertical	vertical
0+675.00 (28)	0+675.00	902,411	902,445	237488,3196	3991686,161	vertical	vertical
0+700.00 (29)	0+700.00	902,014	902,02	237492,4306	3991710,821	vertical	vertical
0+725.00 (30)	0+725.00	901,596	901,596	237496,4183	3991735,501	vertical	vertical
0+750.00 (31)	0+750.00	901,192	901,171	237500,2826	3991760,2	vertical	vertical
0+775.00 (32)	0+775.00	900,776	900,771	237504,0232	3991784,919	vertical	vertical
0+800.00 (33)	0+800.00	900,342	900,418	237507,6403	3991809,656	vertical	vertical
0+825.00 (34)	0+825.00	899,507	900,111	237511,1336	3991834,411	vertical	vertical
0+850.00 (35)	0+850.00	898,843	899,829	237514,5031	3991859,182	vertical	vertical
0+875.00 (36)	0+875.00	898,246	899,548	237517,7488	3991883,971	vertical	vertical
0+900.00 (37)	0+900.00	897,844	899,266	237520,8704	3991908,775	vertical	vertical
0+925.00 (38)	0+925.00	897,49	898,985	237523,868	3991933,595	vertical	vertical
0+950.00 (39)	0+950.00	897,028	898,703	237526,7414	3991958,429	vertical	vertical
0+975.00 (40)	0+975.00	896,565	898,422	237529,4906	3991983,277	vertical	vertical
1+000.00 (41)	1+000.00	896,25	898,14	237532,1156	3992008,139	vertical	vertical
1+025.00 (42)	1+025.00	896,041	897,859	237534,6162	3992033,014	vertical	vertical
1+050.00 (43)	1+050.00	895,788	897,577	237536,9924	3992057,901	vertical	vertical
1+075.00 (44)	1+075.00	895,537	897,296	237539,2441	3992082,799	vertical	vertical
1+100.00 (45)	1+100.00	895,313	897,014	237541,3713	3992107,708	vertical	vertical
1+125.00 (46)	1+125.00	894,942	896,733	237543,374	3992132,628	vertical	vertical

1+150.00 (47)	1+150.00	894,605	896,451	237545,252	3992157,557	vertical	vertical
1+175.00 (48)	1+175.00	894,345	896,17	237547,0054	3992182,496	vertical	vertical
1+200.00 (49)	1+200.00	894,269	895,888	237548,634	3992207,442	vertical	vertical
1+225.00 (50)	1+225.00	894,175	895,607	237550,1625	3992232,396	vertical	vertical
1+250.00 (51)	1+250.00	894,226	895,325	237551,6824	3992257,349	vertical	vertical
1+275.00 (52)	1+275.00	894,231	895,044	237553,2022	3992282,303	vertical	vertical
1+300.00 (53)	1+300.00	894,226	894,762	237554,7221	3992307,257	vertical	vertical
1+325.00 (54)	1+325.00	894,139	894,481	237556,242	3992332,211	vertical	vertical
1+350.00 (55)	1+350.00	894,002	894,199	237557,7618	3992357,164	vertical	vertical
1+375.00 (56)	1+375.00	893,708	893,894	237559,2817	3992382,118	vertical	vertical
1+400.00 (57)	1+400.00	893,503	893,544	237560,8015	3992407,072	vertical	vertical
1+425.00 (58)	1+425.00	893,303	893,146	237562,3214	3992432,026	vertical	vertical
1+450.00 (59)	1+450.00	892,729	892,703	237563,8413	3992456,979	vertical	vertical
1+475.00 (60)	1+475.00	892,156	892,213	237565,3611	3992481,933	vertical	vertical
1+500.00 (61)	1+500.00	891,605	891,681	237566,8501	3992506,889	vertical	vertical
1+525.00 (62)	1+525.00	891,033	891,14	237568,121	3992531,856	vertical	vertical
1+550.00 (63)	1+550.00	890,462	890,6	237569,1422	3992556,835	vertical	vertical
1+575.00 (64)	1+575.00	889,853	890,059	237569,9136	3992581,823	vertical	vertical
1+600.00 (65)	1+600.00	889,311	889,519	237570,435	3992606,818	vertical	vertical
1+625.00 (66)	1+625.00	888,759	888,978	237570,7064	3992631,816	vertical	vertical
1+650.00 (67)	1+650.00	888,167	888,438	237570,7279	3992656,816	vertical	vertical
1+675.00 (68)	1+675.00	887,598	887,897	237570,4994	3992681,815	vertical	vertical
1+700.00 (69)	1+700.00	887,029	887,356	237570,0209	3992706,81	vertical	vertical
1+725.00 (70)	1+725.00	886,754	886,828	237569,2925	3992731,8	vertical	vertical
1+750.00 (71)	1+750.00	886,136	886,37	237568,3142	3992756,78	vertical	vertical
1+775.00 (72)	1+775.00	885,059	885,951	237567,0862	3992781,75	vertical	vertical
1+800.00 (73)	1+800.00	884,436	885,533	237565,6085	3992806,706	vertical	vertical

1+825.00 (74)	1+825.00	883,931	885,115	237563,8813	3992831,646	vertical	vertical
1+850.00 (75)	1+850.00	883,565	884,697	237561,9049	3992856,568	vertical	vertical
1+875.00 (76)	1+875.00	883,362	884,278	237559,6793	3992881,469	vertical	vertical
1+900.00 (77)	1+900.00	883,201	883,86	237557,2049	3992906,346	vertical	vertical
1+925.00 (78)	1+925.00	882,787	883,442	237554,4817	3992931,197	vertical	vertical
1+950.00 (79)	1+950.00	882,419	883,024	237551,5103	3992956,02	vertical	vertical
1+975.00 (80)	1+975.00	881,963	882,605	237548,2907	3992980,811	vertical	vertical
2+000.00 (81)	2+000.00	880,938	882,187	237544,8234	3993005,57	vertical	vertical
2+025.00 (82)	2+025.00	880,226	881,769	237541,1087	3993030,292	vertical	vertical
2+050.00 (83)	2+050.00	880,292	881,351	237537,147	3993054,976	vertical	vertical
2+075.00 (84)	2+075.00	880,418	880,932	237532,9386	3993079,619	vertical	vertical
2+100.00 (85)	2+100.00	880,514	880,506	237528,484	3993104,219	vertical	vertical
2+125.00 (86)	2+125.00	880,088	880,04	237523,7836	3993128,773	vertical	vertical
2+150.00 (87)	2+150.00	879,379	879,566	237518,8379	3993153,279	vertical	vertical
2+175.00 (88)	2+175.00	878,565	879,091	237513,6475	3993177,734	vertical	vertical
2+200.00 (89)	2+200.00	877,571	878,617	237508,2127	3993202,136	vertical	vertical
2+225.00 (90)	2+225.00	876,612	878,143	237502,5342	3993226,482	vertical	vertical
2+250.00 (91)	2+250.00	875,644	877,669	237496,6196	3993250,773	vertical	vertical
2+275.00 (92)	2+275.00	874,925	877,195	237490,6352	3993275,046	vertical	vertical
2+300.00 (93)	2+300.00	874,274	876,721	237484,6508	3993299,319	vertical	vertical
2+325.00 (94)	2+325.00	873,935	876,246	237478,6663	3993323,592	vertical	vertical
2+350.00 (95)	2+350.00	873,56	875,772	237472,6819	3993347,865	vertical	vertical
2+375.00 (96)	2+375.00	873,654	875,298	237466,6975	3993372,139	vertical	vertical
2+400.00 (97)	2+400.00	873,384	874,824	237460,7131	3993396,412	vertical	vertical
2+425.00 (98)	2+425.00	873,149	874,35	237454,7287	3993420,685	vertical	vertical
2+450.00 (99)	2+450.00	872,888	873,876	237448,7089	3993444,949	vertical	vertical
2+475.00 (100)	2+475.00	872,656	873,401	237442,5712	3993469,184	vertical	vertical

2+500.00 (101)	2+500.00	872,449	872,927	237436,3124	3993493,388	vertical	vertical
2+525.00 (102)	2+525.00	872,289	872,453	237429,9327	3993517,56	vertical	vertical
2+550.00 (103)	2+550.00	871,936	872,014	237423,4322	3993541,7	vertical	vertical
2+575.00 (104)	2+575.00	871,474	871,654	237416,8111	3993565,808	vertical	vertical
2+600.00 (105)	2+600.00	870,936	871,371	237410,0695	3993589,881	vertical	vertical
2+625.00 (106)	2+625.00	870,272	871,119	237403,2077	3993613,921	vertical	vertical
2+650.00 (107)	2+650.00	869,641	870,867	237396,2257	3993637,926	vertical	vertical
2+675.00 (108)	2+675.00	869,2	870,615	237389,1238	3993661,896	vertical	vertical
2+700.00 (109)	2+700.00	868,593	870,363	237381,9022	3993685,831	vertical	vertical
2+725.00 (110)	2+725.00	868,321	870,111	237374,5609	3993709,728	vertical	vertical
2+750.00 (111)	2+750.00	867,943	869,86	237367,1003	3993733,589	vertical	vertical
2+775.00 (112)	2+775.00	867,877	869,608	237359,5204	3993757,412	vertical	vertical
2+800.00 (113)	2+800.00	867,893	869,356	237351,8216	3993781,197	vertical	vertical
2+825.00 (114)	2+825.00	867,914	869,104	237344,0039	3993804,944	vertical	vertical
2+850.00 (115)	2+850.00	867,954	868,852	237336,0677	3993828,651	vertical	vertical
2+875.00 (116)	2+875.00	867,862	868,6	237328,0782	3993852,339	vertical	vertical
2+900.00 (117)	2+900.00	867,97	868,348	237320,0887	3993876,028	vertical	vertical
2+925.00 (118)	2+925.00	868,012	868,096	237312,0992	3993899,717	vertical	vertical
2+950.00 (119)	2+950.00	867,779	867,844	237304,1097	3993923,406	vertical	vertical
2+975.00 (120)	2+975.00	867,301	867,594	237296,1202	3993947,095	vertical	vertical
3+000.00 (121)	3+000.00	866,972	867,346	237288,1307	3993970,784	vertical	vertical
3+025.00 (122)	3+025.00	866,716	867,098	237280,1412	3993994,473	vertical	vertical
3+050.00 (123)	3+050.00	866,504	866,85	237272,1517	3994018,162	vertical	vertical
3+075.00 (124)	3+075.00	866,338	866,601	237264,1622	3994041,851	vertical	vertical
3+100.00 (125)	3+100.00	866,133	866,353	237256,1727	3994065,54	vertical	vertical
3+125.00 (126)	3+125.00	866,155	866,105	237248,1832	3994089,229	vertical	vertical
3+150.00 (127)	3+150.00	865,773	865,857	237240,1937	3994112,918	vertical	vertical

3+175.00 (128)	3+175.00	865,532	865,608	237232,2042	3994136,607	vertical	vertical
3+200.00 (129)	3+200.00	865,264	865,36	237224,2147	3994160,296	vertical	vertical
3+225.00 (130)	3+225.00	865,034	865,112	237216,2252	3994183,985	vertical	vertical
3+250.00 (131)	3+250.00	864,934	864,864	237208,2356	3994207,674	vertical	vertical
3+275.00 (132)	3+275.00	864,638	864,615	237200,2461	3994231,363	vertical	vertical
3+300.00 (133)	3+300.00	864,284	864,367	237192,2566	3994255,052	vertical	vertical
3+325.00 (134)	3+325.00	864,146	864,119	237184,2671	3994278,741	vertical	vertical
3+350.00 (135)	3+350.00	863,775	863,879	237176,2776	3994302,43	vertical	vertical
3+375.00 (136)	3+375.00	863,182	863,651	237168,2881	3994326,119	vertical	vertical
3+400.00 (137)	3+400.00	862,856	863,423	237160,2986	3994349,808	vertical	vertical
3+425.00 (138)	3+425.00	862,505	863,195	237152,3091	3994373,497	vertical	vertical
3+450.00 (139)	3+450.00	862,133	862,967	237144,3196	3994397,186	vertical	vertical
3+475.00 (140)	3+475.00	861,769	862,739	237136,3301	3994420,875	vertical	vertical
3+500.00 (141)	3+500.00	861,501	862,511	237128,3406	3994444,564	vertical	vertical
3+525.00 (142)	3+525.00	861,167	862,283	237120,3511	3994468,253	vertical	vertical
3+550.00 (143)	3+550.00	860,869	862,055	237112,3616	3994491,942	vertical	vertical
3+575.00 (144)	3+575.00	860,44	861,827	237104,3721	3994515,631	vertical	vertical
3+600.00 (145)	3+600.00	860,068	861,599	237096,3826	3994539,32	vertical	vertical
3+625.00 (146)	3+625.00	859,934	861,371	237088,3931	3994563,009	vertical	vertical
3+650.00 (147)	3+650.00	859,766	861,143	237080,4036	3994586,698	vertical	vertical
3+675.00 (148)	3+675.00	859,448	860,915	237072,4141	3994610,387	vertical	vertical
3+700.00 (149)	3+700.00	859,154	860,687	237064,4246	3994634,076	vertical	vertical
3+725.00 (150)	3+725.00	858,937	860,459	237056,4351	3994657,765	vertical	vertical
3+750.00 (151)	3+750.00	858,767	860,231	237048,4456	3994681,454	vertical	vertical
3+775.00 (152)	3+775.00	858,671	860,003	237040,4561	3994705,143	vertical	vertical
3+800.00 (153)	3+800.00	858,593	859,775	237032,4666	3994728,832	vertical	vertical
3+825.00 (154)	3+825.00	858,236	859,547	237024,4771	3994752,521	vertical	vertical

3+850.00 (155)	3+850.00	858,077	859,319	237016,4876	3994776,21	vertical	vertical
3+875.00 (156)	3+875.00	857,836	859,091	237008,4981	3994799,899	vertical	vertical
3+900.00 (157)	3+900.00	857,56	858,863	237000,5086	3994823,588	vertical	vertical
3+925.00 (158)	3+925.00	857,295	858,635	236992,5191	3994847,277	vertical	vertical
3+950.00 (159)	3+950.00	857,006	858,407	236984,5296	3994870,966	vertical	vertical
3+975.00 (160)	3+975.00	856,718	858,179	236976,5401	3994894,655	vertical	vertical
4+000.00 (161)	4+000.00	856,718	857,951	236968,5506	3994918,344	vertical	vertical
4+025.00 (162)	4+025.00	856,474	857,723	236960,5611	3994942,033	vertical	vertical
4+050.00 (163)	4+050.00	855,992	857,495	236952,5716	3994965,722	vertical	vertical
4+075.00 (164)	4+075.00	855,826	857,267	236944,5821	3994989,411	vertical	vertical
4+100.00 (165)	4+100.00	855,745	857,039	236936,5926	3995013,1	vertical	vertical
4+125.00 (166)	4+125.00	855,799	856,811	236928,6031	3995036,789	vertical	vertical
4+150.00 (167)	4+150.00	855,89	856,583	236920,6136	3995060,478	vertical	vertical
4+175.00 (168)	4+175.00	856,347	856,352	236912,624	3995084,167	vertical	vertical
4+200.00 (169)	4+200.00	855,925	856,105	236904,6357	3995107,856	vertical	vertical
4+225.00 (170)	4+225.00	855,546	855,859	236896,6524	3995131,547	vertical	vertical
4+250.00 (171)	4+250.00	855,214	855,612	236888,669	3995155,238	vertical	vertical
4+275.00 (172)	4+275.00	854,846	855,366	236880,6857	3995178,929	vertical	vertical
4+300.00 (173)	4+300.00	854,503	855,119	236872,7023	3995202,62	vertical	vertical
4+325.00 (174)	4+325.00	854,208	854,873	236864,719	3995226,311	vertical	vertical
4+350.00 (175)	4+350.00	853,85	854,626	236856,7356	3995250,002	vertical	vertical
4+375.00 (176)	4+375.00	853,437	854,38	236848,7523	3995273,693	vertical	vertical
4+400.00 (177)	4+400.00	852,874	854,133	236840,7689	3995297,384	vertical	vertical
4+425.00 (178)	4+425.00	852,572	853,886	236832,7856	3995321,075	vertical	vertical
4+450.00 (179)	4+450.00	852,33	853,64	236824,8022	3995344,766	vertical	vertical
4+475.00 (180)	4+475.00	852,358	853,393	236816,8189	3995368,458	vertical	vertical
4+500.00 (181)	4+500.00	852,408	853,147	236808,8355	3995392,149	vertical	vertical

4+525.00 (182)	4+525.00	852,486	852,9	236800,8522	3995415,84	vertical	vertical
4+550.00 (183)	4+550.00	852,036	852,654	236792,8688	3995439,531	vertical	vertical
4+575.00 (184)	4+575.00	851,61	852,407	236784,8855	3995463,222	vertical	vertical
4+600.00 (185)	4+600.00	851,77	852,161	236776,9021	3995486,913	vertical	vertical
4+625.00 (186)	4+625.00	851,577	851,914	236768,9188	3995510,604	vertical	vertical
4+650.00 (187)	4+650.00	851,344	851,668	236760,9354	3995534,295	vertical	vertical
4+675.00 (188)	4+675.00	850,91	851,421	236752,9521	3995557,986	vertical	vertical
4+700.00 (189)	4+700.00	850,629	851,175	236744,9687	3995581,677	vertical	vertical
4+725.00 (190)	4+725.00	850,281	850,928	236736,9854	3995605,368	vertical	vertical
4+750.00 (191)	4+750.00	850,181	850,682	236729,002	3995629,059	vertical	vertical
4+775.00 (192)	4+775.00	850,1	850,435	236721,0187	3995652,75	vertical	vertical
4+800.00 (193)	4+800.00	849,884	850,189	236713,0353	3995676,441	vertical	vertical
4+825.00 (194)	4+825.00	849,81	849,943	236705,052	3995700,132	vertical	vertical
4+850.00 (195)	4+850.00	849,772	849,751	236697,0962	3995723,833	vertical	vertical
4+875.00 (196)	4+875.00	849,394	849,621	236689,2531	3995747,57	vertical	vertical
4+900.00 (197)	4+900.00	849,172	849,498	236681,5288	3995771,347	vertical	vertical
4+925.00 (198)	4+925.00	848,862	849,374	236673,9235	3995795,162	vertical	vertical
4+950.00 (199)	4+950.00	848,793	849,25	236666,4373	3995819,015	vertical	vertical
4+975.00 (200)	4+975.00	848,5	849,127	236659,0705	3995842,905	vertical	vertical
5+000.00 (201)	5+000.00	848,197	849,003	236651,8233	3995866,831	vertical	vertical
5+025.00 (202)	5+025.00	847,992	848,879	236644,6957	3995890,794	vertical	vertical
5+050.00 (203)	5+050.00	847,804	848,756	236637,6881	3995914,792	vertical	vertical
5+075.00 (204)	5+075.00	847,821	848,632	236630,8005	3995938,824	vertical	vertical
5+100.00 (205)	5+100.00	847,809	848,509	236624,0314	3995962,89	vertical	vertical
5+125.00 (206)	5+125.00	847,78	848,385	236617,3032	3995986,968	vertical	vertical
5+150.00 (207)	5+150.00	847,63	848,261	236610,5751	3996011,045	vertical	vertical
5+175.00 (208)	5+175.00	847,397	848,138	236603,8469	3996035,123	vertical	vertical

5+200.00 (209)	5+200.00	847,265	848,014	236597,1188	3996059,201	vertical	vertical
5+225.00 (210)	5+225.00	847,457	847,891	236590,3906	3996083,278	vertical	vertical
5+250.00 (211)	5+250.00	847,765	847,767	236583,6625	3996107,356	vertical	vertical
5+275.00 (212)	5+275.00	847,419	847,656	236576,9343	3996131,434	vertical	vertical
5+300.00 (213)	5+300.00	846,964	847,544	236570,2062	3996155,511	vertical	vertical
5+325.00 (214)	5+325.00	846,861	847,432	236563,5193	3996179,6	vertical	vertical
5+350.00 (215)	5+350.00	846,988	847,321	236557,053	3996203,749	vertical	vertical
5+375.00 (216)	5+375.00	846,868	847,209	236550,8285	3996227,962	vertical	vertical
5+400.00 (217)	5+400.00	846,704	847,097	236544,8464	3996252,236	vertical	vertical
5+425.00 (218)	5+425.00	846,507	846,986	236539,1073	3996276,568	vertical	vertical
5+450.00 (219)	5+450.00	846,301	846,874	236533,6119	3996300,956	vertical	vertical
5+475.00 (220)	5+475.00	845,967	846,762	236528,3606	3996325,398	vertical	vertical
5+500.00 (221)	5+500.00	845,76	846,651	236523,354	3996349,892	vertical	vertical
5+525.00 (222)	5+525.00	845,557	846,539	236518,5925	3996374,434	vertical	vertical
5+550.00 (223)	5+550.00	845,4	846,427	236514,0768	3996399,023	vertical	vertical
5+575.00 (224)	5+575.00	845,472	846,316	236509,8071	3996423,655	vertical	vertical
5+600.00 (225)	5+600.00	845,585	846,204	236505,784	3996448,33	vertical	vertical
5+625.00 (226)	5+625.00	845,739	846,092	236502,0078	3996473,043	vertical	vertical
5+650.00 (227)	5+650.00	845,98	845,955	236498,4789	3996497,792	vertical	vertical
5+675.00 (228)	5+675.00	845,653	845,771	236495,1977	3996522,576	vertical	vertical
5+700.00 (229)	5+700.00	845,227	845,561	236492,1644	3996547,391	vertical	vertical
5+725.00 (230)	5+725.00	844,483	845,352	236489,3795	3996572,235	vertical	vertical
5+750.00 (231)	5+750.00	844,272	845,189	236486,8432	3996597,106	vertical	vertical
5+775.00 (232)	5+775.00	843,96	845,095	236484,5557	3996622,001	vertical	vertical
5+800.00 (233)	5+800.00	843,924	845,07	236482,5172	3996646,918	vertical	vertical
5+825.00 (234)	5+825.00	844,04	845,115	236480,728	3996671,854	vertical	vertical
5+850.00 (235)	5+850.00	843,847	845,229	236479,1883	3996696,806	vertical	vertical

5+875.00 (236)	5+875.00	843,51	845,413	236477,8982	3996721,773	vertical	vertical
5+900.00 (237)	5+900.00	843,38	845,666	236476,8577	3996746,751	vertical	vertical
5+925.00 (238)	5+925.00	843,352	845,989	236476,0672	3996771,738	vertical	vertical
5+950.00 (239)	5+950.00	843,406	846,381	236475,5265	3996796,732	vertical	vertical
5+975.00 (240)	5+975.00	843,539	846,81	236475,2358	3996821,731	vertical	vertical
6+000.00 (241)	6+000.00	843,791	847,24	236475,195	3996846,73	vertical	vertical
6+025.00 (242)	6+025.00	844,133	847,67	236475,4043	3996871,729	vertical	vertical
6+050.00 (243)	6+050.00	844,441	848,1	236475,8636	3996896,725	vertical	vertical
6+075.00 (244)	6+075.00	844,7	848,53	236476,5727	3996921,715	vertical	vertical
6+100.00 (245)	6+100.00	845,074	848,96	236477,5318	3996946,696	vertical	vertical
6+125.00 (246)	6+125.00	845,48	849,39	236478,7406	3996971,667	vertical	vertical
6+150.00 (247)	6+150.00	845,86	849,82	236480,199	3996996,624	vertical	vertical
6+175.00 (248)	6+175.00	846,302	850,25	236481,907	3997021,566	vertical	vertical
6+200.00 (249)	6+200.00	846,747	850,68	236483,8642	3997046,489	vertical	vertical
6+225.00 (250)	6+225.00	847,564	851,11	236486,0706	3997071,391	vertical	vertical
6+250.00 (251)	6+250.00	848,433	851,54	236488,5259	3997096,27	vertical	vertical
6+275.00 (252)	6+275.00	849,448	851,97	236491,2299	3997121,124	vertical	vertical
6+300.00 (253)	6+300.00	850,713	852,389	236494,1822	3997145,949	vertical	vertical
6+325.00 (254)	6+325.00	852,262	852,765	236497,3827	3997170,743	vertical	vertical
6+350.00 (255)	6+350.00	853,08	853,094	236500,8309	3997195,504	vertical	vertical
6+375.00 (256)	6+375.00	853,615	853,377	236504,5266	3997220,229	vertical	vertical
6+400.00 (257)	6+400.00	853,823	853,614	236508,4693	3997244,916	vertical	vertical
6+425.00 (258)	6+425.00	854,172	853,804	236512,6587	3997269,562	vertical	vertical
6+450.00 (259)	6+450.00	854,494	853,951	236517,0083	3997294,181	vertical	vertical
6+475.00 (260)	6+475.00	854,729	854,088	236521,3612	3997318,799	vertical	vertical
6+500.00 (261)	6+500.00	854,952	854,225	236525,7141	3997343,417	vertical	vertical
6+525.00 (262)	6+525.00	855,092	854,362	236530,0671	3997368,036	vertical	vertical

6+550.00 (263)	6+550.00	855,036	854,498	236534,42	3997392,654	vertical	vertical
6+575.00 (264)	6+575.00	855,019	854,635	236538,7729	3997417,272	vertical	vertical
6+600.00 (265)	6+600.00	855,055	854,772	236543,1258	3997441,89	vertical	vertical
6+625.00 (266)	6+625.00	855,126	854,909	236547,4787	3997466,508	vertical	vertical
6+650.00 (267)	6+650.00	855,202	855,046	236551,8316	3997491,126	vertical	vertical
6+675.00 (268)	6+675.00	855,239	855,183	236556,1845	3997515,744	vertical	vertical
6+700.00 (269)	6+700.00	855,289	855,319	236560,5374	3997540,362	vertical	vertical
6+725.00 (270)	6+725.00	855,341	855,427	236564,8903	3997564,981	vertical	vertical
6+750.00 (271)	6+750.00	855,404	855,491	236569,2432	3997589,599	vertical	vertical
6+775.00 (272)	6+775.00	855,591	855,509	236573,5961	3997614,217	vertical	vertical
6+800.00 (273)	6+800.00	855,865	855,484	236577,949	3997638,835	vertical	vertical
6+825.00 (274)	6+825.00	855,707	855,413	236582,3019	3997663,453	vertical	vertical
6+850.00 (275)	6+850.00	855,515	855,298	236586,6548	3997688,071	vertical	vertical
6+875.00 (276)	6+875.00	855,216	855,138	236591,0077	3997712,689	vertical	vertical
6+900.00 (277)	6+900.00	854,838	854,934	236595,3606	3997737,307	vertical	vertical
6+925.00 (278)	6+925.00	854,469	854,698	236599,7135	3997761,926	vertical	vertical
6+950.00 (279)	6+950.00	854,114	854,461	236604,0664	3997786,544	vertical	vertical
6+975.00 (280)	6+975.00	853,834	854,225	236608,4193	3997811,162	vertical	vertical
7+000.00 (281)	7+000.00	853,645	853,988	236612,7723	3997835,78	vertical	vertical
7+025.00 (282)	7+025.00	853,397	853,751	236617,1252	3997860,398	vertical	vertical
7+050.00 (283)	7+050.00	853,136	853,514	236621,4781	3997885,016	vertical	vertical
7+075.00 (284)	7+075.00	853,028	853,277	236625,831	3997909,634	vertical	vertical
7+100.00 (285)	7+100.00	852,868	853,04	236630,1839	3997934,252	vertical	vertical
7+125.00 (286)	7+125.00	852,608	852,803	236634,5368	3997958,871	vertical	vertical
7+150.00 (287)	7+150.00	852,17	852,566	236638,8897	3997983,489	vertical	vertical
7+175.00 (288)	7+175.00	851,721	852,329	236643,2426	3998008,107	vertical	vertical
7+200.00 (289)	7+200.00	851,099	852,093	236647,5955	3998032,725	vertical	vertical

7+225.00 (290)	7+225.00	851,398	851,856	236651,9484	3998057,343	vertical	vertical
7+250.00 (291)	7+250.00	851,464	851,619	236656,3013	3998081,961	vertical	vertical
7+275.00 (292)	7+275.00	850,726	851,382	236660,6542	3998106,579	vertical	vertical
7+300.00 (293)	7+300.00	850,606	851,145	236665,0071	3998131,197	vertical	vertical
7+325.00 (294)	7+325.00	850,238	850,909	236669,36	3998155,816	vertical	vertical
7+350.00 (295)	7+350.00	849,239	850,672	236673,7129	3998180,434	vertical	vertical
7+375.00 (296)	7+375.00	848,524	850,436	236678,0658	3998205,052	vertical	vertical
7+400.00 (297)	7+400.00	847,571	850,2	236682,4187	3998229,67	vertical	vertical
7+425.00 (298)	7+425.00	846,655	849,964	236686,7716	3998254,288	vertical	vertical
7+450.00 (299)	7+450.00	846,227	849,728	236691,6976	3998278,797	vertical	vertical
7+475.00 (300)	7+475.00	846,363	849,491	236696,7439	3998303,282	vertical	vertical
7+500.00 (301)	7+500.00	846,543	849,255	236701,7902	3998327,767	vertical	vertical
7+525.00 (302)	7+525.00	846,687	849,019	236706,8365	3998352,253	vertical	vertical
7+550.00 (303)	7+550.00	845,943	848,783	236711,8828	3998376,738	vertical	vertical
7+575.00 (304)	7+575.00	845,533	848,547	236716,9291	3998401,224	vertical	vertical
7+600.00 (305)	7+600.00	845,72	848,311	236721,9753	3998425,709	vertical	vertical
7+625.00 (306)	7+625.00	846,955	848,074	236727,0216	3998450,194	vertical	vertical
7+649.06 (307)	7+649.06	847,847	847,847	236731,8784	3998473,76	vertical	vertical