

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

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

فرنسيس جانسون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson



Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Routes et Ouvrages

Thème

**Étude APD de la liaison autoroutière reliant SIDI BEL
ABBES-A.E.O, SAIDA sur 120 km tronçon du
PK 30+000 au PK 40+000 avec aménagement d'un
échangeur au PK 30+260**

❖ Présenté par :

- TALHA HOUDHEYFA
- AMINE OUBOUCHOU

❖ Encadreur :

- BOUZINA MOHAMMED

❖ Co-encadreur :

- BAKHTI RACHID

Promotion 2024 / 2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Résumé

Ce mémoire de fin d'études porte sur l'analyse d'un tronçon autoroutier entre Sidi Bel Abbès et Saïda, couvrant la section du PK 30+000 au PK 40+000, avec la conception d'un échangeur au PK 30+260. Le travail débute par une présentation générale du projet, soulignant son emplacement et son importance. L'étude de trafic a permis de déterminer le nombre de voies nécessaires, tandis que le tracé en plan, le profil en long et les profils en travers ont été réalisés selon les normes de l'ICTAAL à l'aide du logiciel Civil3D. L'étude géotechnique a permis de caractériser les sols et d'évaluer leur exploitabilité. Le dimensionnement du corps de chaussée a été effectué sur la base du catalogue algérien. L'étude hydraulique, appuyée sur la carte d'état-major, a permis de délimiter les bassins versants et d'en extraire les paramètres essentiels. La conception de l'échangeur a suivi les normes ICTAAL et a été accompagnée d'une analyse de la signalisation et des impacts environnementaux. L'ensemble du projet s'est conclu par l'élaboration du devis quantitatif et estimatif.

Abstract

This report focuses on the analysis of a highway section between Sidi Bel Abbès and Saïda, covering the segment from PK 30+000 to PK 40+000, including the design of an interchange at PK 30+260. The work begins with a general presentation of the project, highlighting its location and strategic importance. The traffic study helped determine the required number of lanes, while the horizontal alignment, longitudinal profile, and cross-sections were developed in accordance with ICTAAL standards using Civil3D software. The geotechnical study allowed for soil classification and assessment of their suitability for construction. Pavement structure design was carried out based on the Algerian pavement design catalog. The hydraulic study, based on the topographic map, helped identify the catchment areas and extract their key characteristics. The interchange was designed according to ICTAAL standards and was complemented by a study of road signage and environmental impact. The project concluded with the preparation of the detailed quantity and cost estimate.

ملخص

يركز هذا مشروع على دراسة جزء من الطريق السيار الرابط بين سيدي بلعباس وسعيدة، ويمتد من النقطة الكيلومترية 30+000 إلى 40+000، مع تصميم محول طرقي عند النقطة 30+260. بدأ العمل بعرض عام للمشروع يوضح موقعه وأهميته الاستراتيجية. مكنت دراسة المرور من تحديد عدد المسارات اللازم إنجازها، كما تم إعداد المخطط الأفقي، والملف أما الدراسة الجيوتقنية فقد سمحت بتصنيف Civil3D باستخدام برنامج ICTAAL الطولي، والمقاطع العرضية وفقاً لمعايير التربة وتحليل مدى صلاحيتها للاستعمال في المشروع. تم تصميم جسم الطريق اعتماداً على الكتلوج الجزائري لتصميم الرصف. واستخدمت خريطة الحالة العامة لتحديد الأحواض المائية واستخراج خصائصها الهندسية في إطار الدراسة، وتم دعمه بدراسة خاصة بالإشارات الطرقية ICTAAL الهيدروليكية. أما تصميم المحول الطرقي فقد أنجز وفق معايير والتأثير البيئي. واختتم المشروع بإعداد الكشف الكمي والتقديري للتكلفة.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail, fruit de plusieurs années d'efforts, de patience et de persévérance :

À mes chers parents, pour leur amour infini, leurs prières silencieuses, leur soutien constant et leur confiance en moi. Rien de tout cela n'aurait été possible sans vous. Vous êtes ma plus grande source de force.

À mes frères et sœurs, pour leur présence réconfortante et leurs encouragements à chaque étape de mon parcours.

À mon binôme et frère Amine Oubouchou, pour la complicité, l'entraide et les moments partagés dans la rigueur comme dans la joie.

À mes amis fidèles, compagnons de route et de cœur, qui ont rendu cette aventure plus belle et plus humaine :

Oussama Boudali, Islem Ait Chabbane, Siradj Zellagui, Toufik Mokdache, Mohamed Idir, Basset Benahmed, Mohammed Ysbaa, Asma Ouldkhlifa, Kamel Attiche, Basset Touati, Djabalah, Celia Sebihi, Lyna Idiri, Islem El Kebir, Sahnoune Yassine, Islem Djelfi, Ilyes dehbi, Omar Kadri, Ayoub Bouziane, Reda Mechemache, Halim, Djidjeli Alla, Slimane Khlefaoui, Othmane Hedjab et Noredine Ladjal youcef chelfi, guerbache amin, el mahi, sayoud khaadiaj boumaiza, messaoud.

Merci pour vos mots, votre amitié, vos conseils, vos sourires et votre présence à mes côtés. Vous avez, chacun à votre manière, marqué cette étape de ma vie.

À tous ceux que j'aime et qui ont cru en moi : cette réussite est aussi la vôtre.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui, par leur amour, leur présence ou leur amitié, ont illuminé mon chemin et soutenu ma progression.

À mes chers parents, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices silencieux et leur foi indéfectible en moi. Vous êtes mon pilier, ma force, mon refuge.

À mes frères et sœurs, pour leur tendresse, leur soutien moral et leur présence réconfortante dans les moments de doute comme dans les instants de joie.

À mes oncles maternels et paternels, qui m'ont toujours encouragé avec bienveillance et fierté, et dont les mots m'ont souvent servi de motivation.

À mon binôme et frère Talha Houdheyfa, avec qui j'ai partagé les défis, les efforts et les réussites de ce parcours, dans un esprit d'entraide, de respect et d'amitié.

À mes amis précieux, ceux qui ont été là dans les moments difficiles comme dans les instants de bonheur, pour un conseil, un sourire ou simplement une présence :

Oussama Bodbod, Islem Ait Chabbane, Messaoud, Siradj Zellagui, Basset Benahmed, Mohammed Ysbaa, Toufik Megdache, El Hadi Abiza, Rami Bella, Ilyes Dehbi, Akram Abdelhak, Maamar Djilali, Midou Hamani, Achraf Elorfi, Fares Gherbi, Rahim, Mohamed Belahoual, Lazlaoui Lina Meriem, Omar Benzenati, Djabalah, Celia Sebihi, Lyna Idiri, Omar Kadri, Ayoub Bouziane, Souhil Hafsaoui, Youcef Messaoudi, Abdesslam Zait, Zied Moncef, Taycim Benamrane, Youcef Chelfi, Amine Beskri, El Mahi, Yazid Dadou, amin guerbache, alla djidjeli Ayoub, hani bougelia, zaki, kader, youcef chikh et Rougi.

Chacun de vous a, à sa manière, laissé une trace dans cette étape importante de ma vie. Vos gestes, vos paroles et votre présence ont été un soutien précieux.

Merci à tous, du fond du cœur. Ce travail vous est dédié avec affection, respect et reconnaissance.

Remerciement

En achevant ce modeste travail, nous remercions tout d'abord Allah, Le Tout-Puissant, source de toute science et de toute sagesse.

La réalisation de ce mémoire n'aurait pu être possible sans l'appui et l'engagement de plusieurs personnes, que nous tenons à remercier sincèrement.

*Nous exprimons tout d'abord notre profonde gratitude à **Monsieur Mohammed Bouzina**, notre encadreur professionnel, pour sa disponibilité, sa patience et ses conseils avisés qui ont grandement contribué à l'orientation et à l'aboutissement de ce projet.*

*Nos remerciements les plus sincères vont également à **Monsieur Bakhti Rachid**, co-encadreur académique, pour son accompagnement, ses orientations pratiques et sa bienveillance.*

*Nous remercions chaleureusement **Monsieur Nabil Mechri**, directeur des études au CTP, pour la confiance qu'il nous a accordée et l'intérêt qu'il a porté à notre travail.*

*Nous adressons aussi notre reconnaissance à **Monsieur Kara Mme messaoudi**, Notre chères enseignants.*

*Nos vifs remerciements à **Monsieur Rahim Betaher**, le responsable de stage, pour son soutien, sa disponibilité durant notre période en entreprise.*

Enfin, nous remercions l'ensemble des enseignants et administratifs de département matériaux et structure qui ont contribué à notre formation, ainsi que tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé à la réalisation de ce mémoire. Leur accompagnement, qu'il soit pédagogique, professionnel ou moral, a été précieux à chaque étape de notre parcours.

À tous, nous exprimons notre sincère reconnaissance et notre profond respect.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET	3
I.1. Introduction :	4
I.2. Objectif des projet :	5
I.3. Presentation de projet :	5
I.3.2. EOMORPHOLOGIE ET TOPOGRAPHIE GENERALE :	5
I.3.3. Hydrologie générale :	6
I.4. Caractéristique de projet :	6
CHAPITRE II : ETUDE DE TRAFIC	12
II.1. Introduction :	8
II.2. Définition de l'étude du trafic d'un projet routier :	8
II.3. Les différents types du trafic :	8
II.4. Calcul de TJMA à l'année horizon :	9
II.5. Calcul du trafic effectif :	9
II.6. Débit de pointe horaire normale :	9
II.7. Débit horaire admissible :	10
II.8. Calcul du nombre de voies :	11
II.9. Application au projet :	11
II.9.1. Les données de trafic :	11
II.9.2. Calcul :	11
CHAPITRE III : Etude geometrique.....	14
III.1. Trace en plan :	15
III.1.1. INTRODUCTION :	15
III.1.2. Règles à respecter dans le tracé en plan :	15
III.1.3. Éléments constituant tracé en plan :	15
III.1.4. Alignements droits :	16
III.1.5. Les arcs de cercle :	16
III.1.6. Surlargeur des courbes :	16
III.1.7. Les raccordements progressifs :	17
III.1.8. Enchaînement des éléments du tracé en plan :	17
III.1.9. CONTRAINTES RENCONTREES LORS DE L'ELABORATION DE NOTRE TRACE :	18
III.1.10. RECOMMANDATIONS ET REGLES A SUIVRE VIS-A-VIS DE CES CONTRAINTE.....	18
III.1.11. ELEMENT ER DECRPTION DE TRACE :	18
III.2. Profile en long.....	19
III.2.1. INTRODUCTION :	19

III.2.2. Déclivité :.....	19
III.2.3. Raccordements en profil en long	20
III.2.4. Coordination entre le tracé en plan et le profil en long :	21
III.3. Profile en travers :	21
III.3.1. Introduction :	21
III.3.2. ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS :	22
III.3.3. Les éléments du profil en traverses :	22
III.3.4. Application au projet :	23
III.3.5. Pentes transversales :	24
CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE	25
IV.1. INTRODUCTION :	26
IV.2. Contraintes géotechniques :	26
IV.3. Contexte géologique :	27
IV.4. Reconnaissance géotechnique :	27
IV.4.1. Essais en laboratoire :	27
IV.4.2. Essais In Situ :	28
IV.5. Puits de reconnaissance :	29
IV.5.1. Résultat De Puits De Reconnaissance :	30
IV.6. CLASSIFICATION DES SOLS :	30
IV.6.1. Classification GTR :	30
IV.6.2. Exemple de classification GTR.....	31
IV.6.3. Classification LCPC	31
IV.7. Réemploi des matériaux :	33
IV.7.1. Conditions d'utilisation des sols en remblai et en couche de forme :	33
IV.8. Stabilité des talus :	34
IV.8.1. Généralités sur les glissements de terrain :	34
IV.8.1.1. Types de glissement de terrain :	34
IV.9. Définition des pentes des talus.....	35
IV.10. Vérifications de stabilité des talus	35
IV.10.1. Analyse de stabilité de déblai	35
Les Coefficients sismique :	36
IV.10.2. Analyse de stabilité de Remblai :	38
CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE	40
V.1. INTRODICTON :	41
V.2. L'objective de dimensionnement :	41
V.3. Les Méthodes de dimensionnement :	42
V.4. La Méthode CBR :	42
V.4.1. Données et hypothèses de dimensionnement structurel :	42

V.4.2. Les données :	42
V.4.3. Répartition transversale sur la voie la plus chargée :	43
V.4.4. L'épaisseur équivalente :	43
V.5. Méthode du catalogue Algérien de dimensionnement :	44
V.5.1. données climatiques :	44
V.5.2. Les données de trafic :	45
V.5.3. Détermination la classe de trafic TPL :	45
V.5.4. Le trafic cumulé de poids lourds (TCi) :	46
V.5.5. Trafic cumulé équivalent TCEi :	46
V.5.6. Détermination du risque de calcul :	47
V.5.7. Détermination de la portance du sol support :	47
V.6. Sur classement avec couche de forme en matériaux non traité :	47
V.6.1. Choix des différentes couches constituantes de la chaussée :	48
V.7. Calcul de la déformation admissible :	49
V.7.1. Calcul de la déformation admissible (ϵ_z , adm.) du sol support :	49
V.7.2. Calcul de la déformation admissible de traction ϵ_t , adm :	50
V.7.3. Performances mécaniques des matériaux bitumineux :	50
V.7.4. Vérification de la fatigue des structures et de la déformation du sol support :	51
V.7.5. ALISÉ-LCPC :	51
CHAPITRE VI : assainissement	53
VI.1. Introduction :	54
VI.2. Systèmes et ouvrages de drainage transversal :	54
VI.3. Systèmes de drainage longitudinal :	55
VI.4. Étude hydrologique :	55
VI.4.1. Bassin versant :	55
VI.5. Les règles à respecter pour le dimensionnement des ouvrages :	57
VI.5.1. L'estimation du débit de pointe :	57
VI.5.2. Le Coefficient de ruissellement :	57
VI.5.3. Temps de concentration TC :	58
VI.5.4. Intensité de la pluie :	59
VI.6. Les résultats de calcul des débits :	59
VI.7. Critères de choix des ouvrages hydrauliques :	60
VI.8. Les types des ouvrages :	61
VI.9. Dimensionnement des ouvrages hydrauliques :	61
VI.9.1. Dimensionnement des buses :	61
VI.9.2. Dimensionnement des dalots :	64
VI.10. Les ouvrages hydrauliques longitudinaux (fossés) :	66
VI.10.1. Les surfaces des sous-bassins versants :	66

VI.10.2. Le débit d'apport :	67
VI.10.3. Dimensionnement de fossé :	68
CHAPITRE VII : CALCUL DES CUBATURES	69
VII.1. Cubatures.....	70
VII.2. Calcul des cubatures :	70
VII.3. VIII.3– Méthode utilisée pour le calcul des cubatures :	70
VII.4. Description de la méthode de calcul des cubatures.....	70
VII.1. MÉTHODE CLASSIQUE POUR CALCUL CUBATURES DES TERRASSEMENTS :	72
VII.2. Calcul de la nouvelle valeur de remblai :	72
CHAPITRE VIII : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT	74
VIII.1. INTRODUCTION :	75
VIII.2. OBJECTIF DE L'ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL D'UN PROJET ROUTIER.....	75
VIII.3. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX MAJEURS D'UN PROJET ROUTIER.....	75
VIII.4. STRATÉGIES D'ATTÉNUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX : ...	76
VIII.5. CONCLUSION :	76
CHAPITRE IX : SIGNALISATION	77
IX.1. Introduction :	78
IX.2. Les catégories de signalisation :	78
IX.3. Les différents types de signalisation.....	78
IX.3.1. Signalisation horizontale :	78
IX.3.2. Les catégories de marquage de la chaussée :	78
IX.3.3. Les lignes longitudinales :	78
IX.3.4. Point de convergence et de divergence :	82
IX.3.5. Couleur de marquage sur chaussée :	82
IX.4. Signalisation verticale :	82
IX.5. Les différents types de panneaux de signalisation :	82
IX.5.1. Panneaux de limitation de vitesse :	82
IX.5.2. Panneaux de direction :	82
IX.5.3. Panneaux de distances :	82
IX.5.4. Panneaux de services :	82
IX.5.5. Panneaux d'interdiction :	82
IX.5.6. Panneaux d'avertissement de danger :	82
IX.5.7. Panneaux de signalisation dynamique :	83
CHAPITRE X : CONCEPTION DE L'ÉCHANGEUR.....	87
X.1. INTRODUCTION :	88
X.2. Définition d'un échangeur :	88

X.3. La fonction de l'échangeur :.....	88
X.4. Les différents types d'échangeurs d'autoroute :	88
X.4.1. L'échangeur autoroutier en trèfle :	88
X.4.2. Échangeur en trompette :	89
X.4.3. changeur en losange :	89
X.4.4. Échangeur en demi-trèfle :	89
X.5. Application à notre projet :	90
X.6. Trace en plan :	90
X.6.1. Valeurs limites des rayons :	90
X.7. Enchaînement des éléments du tracé en plan :	91
X.7.1. Règles d'enchaînement – Branches :	91
X.7.2. Règles d'enchaînement – Bretelles :	91
X.8. Raccordement progressif :	91
X.9. Zone d'accélération :	91
X.10. Profile en long :	92
X.11. Profile en travers :	92
X.12. Dispositif de sortie :	93
X.13. Entrée en insertion :	93
X.14. La conception de notre Echangeur :	94
CHAPITRE XI : OUVRAGE D'ART	95
XI.1. INTRODUCTION	96
XI.2. CHOIX DU TYPE DE PONT :	96
XI.2.1. Variante n°1 : Pont en béton armée	96
XI.2.2. Variante n°2 : Pont à poutres en béton précontraint :	96
XI.3. Présentation des ouvrages choisi :	97
XI.3.1. Pont N1 :	97
XI.3.2. Pont N2 :	97
XI.3.3. Pont N3 :	98
XI.3.4. Pont N4 :	98
XI.3.5. Pont N5 :	98
CHAPITRE XII : DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF	99
XII.1. Le Devis Quantitatif Estimatif :	100
CONCLUSION	102
CONCLUSION :	103
BIBIOGRAPHIE	
ANNEXE	

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 Localisation Du Projet	4
Figure II.1 : les éléments du tracé en plan	15
Figure II.2 ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS	22
Figure IV.1 Carte Géologique de la Région d'Algerie.....	27
Figure IV.2 :Abaque de classification GTR	30
Figure IV.3 : Classification LCPC.....	31
Figure IV.4 : Diagramme de CASAGRANDE.....	32
Figure IV.5 : Glissement plan.....	34
Figure IV.6 Glissement rotationnel complexe.....	34
Figure IV.7 : classification sismique des wilayas.....	36
Figure IV.8 : vérification la stabilité de talus cas statique.....	37
Figure IV.9 : vérification la stabilité de talus cas dynamique	38
Figure IV.10 : vérification la stabilité de remblai cas statique	39
Figure IV.11 : vérification la stabilité de remblai cas dynamique.....	39
Figure V.1 : les Elément de chaussées	41
Figure V.2 : Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie (Fascicule 1).....	44
Figure V.I.3 : Choix de dimensionnement de corps de chaussée (Fascicule3)	49
Figure V.I.4 : Les résultats de calcul qui obtient par Alizé-LCPC	52
Figure I.5 : La structure de chaussée adoptée.....	52
Figure VI.1 : Les bassins versants délimités en utilisant le logiciel CIVIL3D.	56
Figure VI.2 : Schéma de la Buse	63
Figure VI.3 : Schéma d'un dalot 2 m × 2 m	65
Figure VI.4 : section transversale de fossé	68
Figure VII.1 : Positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné	71
Figure IX.1 : Les lignes longitudinales.....	80
Figure IX.2 :Les lignes de séparation des voiesE P.....	80
Figure IX.3 : Flèche de rabattement	81
Figure IX.4 : Flèches directionnelles.....	81
Figure IX.5 : Flèches convergence et divergence.....	82
Figure X.1 Trèfle complet	88
Figure X.2 : Echangeur de trompette.....	89
Figure X.3 : Losange	89
Figure X.4 : X.4.4. Échangeur en demi-trèfle	89
Figure X.5 : Sortie en déboîtement.....	93
Figure X.6 : Entrée en insertion.....	93
Figure X.7 : CONCEPTION DE NOTRE ECHANGEUR	94

LISTE DES TABLEAUX

Table 1 : coefficient d'équivalence [P].....	9
Table 2 : valeurs de K1	10
Table 3 : valeurs de K2	10
Table 4 : valeurs de capacité théorique Cth	10
Table 5 : Valeurs extrêmes des alignements droits du tracé en plan (ICTAAL 2015).....	16
Table 6Val : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (ICTAAL2015)	16
Table 7 : Valeurs limites des paramètres du profil en long	21
Table 8 : Profil en travers type	23
Table 9 : devers propose	24
Table 10 : résultats de sondage carotté	28
Table 11 : les essais effectués sur les échantillons et les normes	29
Table 12 : localisation des puits de reconnaissances	29
Table 13 : Les essais physiques et mécanique.....	30
Table 14 : Résultats de classification GTR (puits de reconnaissance)	31
Table 15 : Coefficient d'accélération A.....	36
Table 16 : Des paramètres de calcul de la stabilité du déblai	37
Table 17 : La charge sur chaussée	37
Table 18 : Des paramètres de calcul de la stabilité du remblai	38
Table 19 : Température équivalente :	44
Table 20 : donnees trafic	45
Table 21 : Classe TPL pour Rp1.....	45
Table 22 :valeur A	46
Table 23 : Les classe de portance du sol.....	47
Table 24 : Sur classement avec couche de forme en matériaux non traité.....	47
Table 25 : Les structure concernant Rp1	48
Table 26 : Fractile de la loi normale.....	50
Table 27 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux.....	51
Table 28 : Prédimensionnement des ouvrages (SETRA)	55
Table 29 : Caractéristiques Physiques Des Bassins Versants :.....	56
Table 30 : Coefficients de ruissellement – C1.....	57
Table 31 : Coefficients de ruissellement – C2.....	58
Table 32 : Coefficients de ruissellement – C3.....	58
Table 33 : Paramètres de Montana	59
Table 34 : Les résultats de calcul des débits.....	60
Table 35 : verifcaation des condition	62
Table 36 : Liste des dalots	66

Table 37 : Les surfaces des sous-bassins versants.....	66
Table 38 : Coefficient de ruissellement.....	67
Table 39 : Détermination des débits d'apports.....	67
Table 40 : largeur des ligne.....	79
Table 41 : Les caractéristiques des lignes longitudinales.....	79
Table 42 : Les caractéristiques de modulation des lignes discontinues.....	80
Table 43 : Valeurs limites des rayons.....	90

LISTE DES ABREVIATION

- **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.
- **IP** : indice de plasticité.
- **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.
- **PF_i**: Classe de plateforme.
- **TPL_i** : La classe de trafic de poids lourd.
- **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(%).
- TC_i :trafic cumulé de poids lourds.
- T_{eff} : 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.
- Q_{adm} : débit admissible par voie.
- ϵ_z : déformation verticale.
- ϵ_t :déformation horizontale.
- V_b : vitesse de base (km/h).
- R_m :rayon minimal.
- R_{nd} : rayon non déversé.
- R_{dn} : rayon minimal au divers normal.
- d_{min} : dévers minimal.
- d_{max} : dévers maximal.
- $I_{max, min}$: déclivité maximale, minimale.
- L : Longueur de raccordement.
- Δd : Variation des devers.
- l : largeur de la chaussée.
- w_p : Limite de plasticité.
- w_l : Limite de liquidité.
- I_p : L'indice de plasticité.
- A : facteur d'agressivité globale du trafic.
- C : facteur de cumul.
- E_{eq} : épaisseur équivalente.
- BV : bassin versant.

- H_{max} : altitude maximale (m).
- H_{min} : altitude minimale (m).
- $l_{c.e}$: longueur du thalweg (km).
- **I**: pente longitudinale du thalweg.
- **T_c** : 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).
- Q_a : débit d'apport.
- Q_s : débit de saturation.
- **I_t** : intensité de la pluie, mm/h.

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE :

En Algérie, le ministère des Travaux publics joue un rôle central dans la définition et la mise en œuvre d'une politique routière et autoroutière alignée sur le Schéma National d'Aménagement du Territoire (SNAT). Face à la saturation croissante des routes existantes, due à l'augmentation du parc automobile, la direction des travaux publics a opté pour des investissements dans de nouvelles infrastructures routières. Ces nouveaux axes et liaisons visent à soulager la congestion routière et à faciliter les déplacements vers les destinations désirées.

Ces dernières années, le secteur des transports en Algérie a connu une expansion notable, touchant les domaines routier, ferroviaire, maritime et aérien. Cette croissance se manifeste par l'amélioration et l'élargissement des infrastructures, avec un accent particulier sur le réseau routier. Des avancées significatives ont été réalisées dans toutes les catégories de routes, des chemins de wilaya aux autoroutes, consolidant ainsi la route comme principal moyen de transport du pays.

Compte tenu de l'étendue géographique de l'Algérie et de l'importance des échanges humains et commerciaux, les transports jouent un rôle essentiel dans le développement socio-économique. Le réseau routier, notamment les autoroutes, les routes nationales et les chemins de wilaya, facilite près de 90 % des échanges, contribuant ainsi au développement économique et à la cohésion sociale en assurant un certain niveau d'accessibilité pour toutes les populations.

Aujourd'hui, il est largement reconnu que les infrastructures routières sont des moteurs essentiels de l'économie nationale et constituent la base de toute politique d'aménagement du territoire. En Algérie, la route ne se limite pas à être un simple élément de développement socio-économique ; elle est également un instrument d'équité sociale, permettant de garantir un accès équitable aux services et opportunités pour l'ensemble de la population.

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

CHAPITRE I : PRESENTATION DE PROJET

I.1. INTRODUCTION :

La liaison autoroutière entre Sidi Bel Abbès et Saïda s'inscrit dans le cadre du Schéma National d'Aménagement du Territoire (SNAT), visant à renforcer les infrastructures de transport dans les Hauts Plateaux. Ce projet fait partie intégrante de l'Autoroute des Hauts Plateaux, une rocade autoroutière d'environ 120 m, conçue pour désenclaver les régions de l'intérieur et stimuler leur développement socio-économique .

Cette infrastructure moderne répond aux besoins croissants en matière de transport, facilitant les échanges entre Sidi Bel Abbès, Saïda et les autres régions couvertes par l'Autoroute Est-Ouest. Elle joue un rôle crucial dans la réduction des disparités régionales, en améliorant l'accessibilité et en soutenant la dynamique économique des Hauts Plateaux.

En reliant efficacement les zones urbaines et rurales, cette autoroute contribue à une meilleure intégration territoriale, favorisant ainsi la cohésion sociale et le développement équilibré du pays.



Figure I.1 Localisation Du Projet

CHAPITRE I : PRESENTATION DE PROJET

I.2. OBJECTIF DES PROJET :

L'objectif principal de notre projet est de créer une liaison entre les wilayas de Sidi bel Abbés- Saida, cet objectif aura comme conséquences :

- Répondre à la demande de trafic et aux besoins en matière de transport, et décongestionner les routes de la région ;
- Créer et valoriser les richesses locales ;
- Augmenter la sécurité des transports ;
- Augmenter le gain de temps pour les usagers ;
- Contribuer à un aménagement équilibré et rationnel du territoire ;
- Créer un nouvel espace socio-économique rentable et attractif pour l'investissement, que ce soit au niveau commercial, industriel ou touristique ;
- Créer un emploi important pendant la phase des travaux.
- Offre un nouvel axe de développement pour les deux wilayas

I.3. PRESENTATION DE PROJET :

I.3.1.1. Description de tracé :

Le tracé est d'une longueur d'environ 10 km se trouve au niveau de la wilaya de sidi bel abbés vers la wilaya de Saida traversant une zone montagneuse.

Dans mon tronçon en objet est prévue la réalisation des plusieurs ouvrages d'arts .

Les remblais prévus en projet ont une hauteur variable entre 1m et 9m .

Les excavations destinées aux déblais peuvent atteindre, voire dépasser, une hauteur de 23 mètres.

I.3.2. EOMORPHOLOGIE ET TOPOGRAPHIE GENERALE :

Après avoir analysé les coupes lithologiques issues des sondages carottés, des puits géotechniques et des essais pressiométriques réalisés par le Laboratoire des Travaux Publics d'Oran (LTPO), nous avons pu déterminer la nature géologique des terrains traversés par le tracé.

Les résultats montrent que les sols se situent au sud de la plaine de Sidi Bel Abbès. Ils sont principalement constitués de formations datant du Jurassique moyen et supérieur (calcaires et dolomies), ainsi que du Crétacé inférieur et moyen (calcaires dolomitiques et marnes). On retrouve aussi, de manière ponctuelle, des dépôts plus récents datant du Quaternaire (alluvions et colluvions), et du Plio-quaternaire (cailloutis, grès, conglomérats et marnes).

CHAPITRE I : PRESENTATION DE PROJET

I.3.3. Hydrologie générale :

Le tracé traverse une région de réseau hydrographique très dense.

Climatologie Des Wilayas :

- **Wilaya de Sidi Bel Abbés :**

La majeure partie de la wilaya se définit dans l'étage bioclimatique semi-aride continental (été très chaud et hivers assez froids).

- **Wilaya de Saida :**

Le climat dominant sur la wilaya est continental en été sec et chaud et à hiver froid.

Pluviométrie et Température des wilayas

- **Wilaya de Sidi Bel Abbés:**

L'isohyète des pluies varie entre **400** et **500 mm** par an. et la température moyenne annuelle est de **03** à **31 °C**.

- **Wilaya de Saida:**

L'isohyète des pluies varie entre **200** et **600 mm** par an. Et la température moyenne annuelle est de **0** à **35 °C**.

I.4. CARACTERISTIQUE DE PROJET :

Notre projet concerne la réalisation d'une liaison autoroutière. À ce titre, nous nous référons aux ICTAAL 2015 (Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison) pour définir les caractéristiques techniques de l'infrastructure.

- **Catégorie de l'autoroute :**

En raison de la complexité du relief traversé, ainsi que des contraintes économiques et environnementales liées au projet, l'autoroute est classée dans la catégorie L1, conformément aux dispositions de l'ICTAAL 2015.

- **Vitesse de référence :**

Pour une autoroute de type L1, l'ICTAAL 2015 fixe la vitesse maximale autorisée à 130 km/h.

**CHAPITRE II :
ETUDE DE TRAFIC**

II.1. INTRODUCTION :

L'étude du trafic constitue une étape essentielle et un pilier fondamental dans la planification des infrastructures de transport. Elle permet de définir les caractéristiques techniques de l'aménagement, qu'il s'agisse du nombre de voies, des types d'échangeurs à prévoir, ou encore du dimensionnement de la chaussée. Ce dernier repose notamment sur la connaissance du Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) ainsi que sur la répartition du trafic selon les différentes catégories de véhicules.

L'analyse du trafic comprend plusieurs phases clés :

- La reconstitution de la situation actuelle,
- Les prévisions de trafic,
- La modélisation, la simulation et l'évaluation de la rentabilité socio-économique du projet de contournement,
- La collecte de statistiques générales,
- Le comptage routier, manuel et/ou automatique,
- La réalisation d'enquêtes de circulation.

II.2. DEFINITION DE L'ETUDE DU TRAFIC D'UN PROJET ROUTIER :

L'étude du trafic est une étape importante pour la réalisation d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route ; cette étude débute par le recueil des données.

II.3. LES DIFFERENTS TYPES DU TRAFIC :

On distingue quatre types de trafics :

- **Trafic normal :**
- C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en compte le nouveau projet.
- **Trafic induit :**

C'est le trafic qui résulte : Des nouveaux déplacements qui s'effectuent en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier et qui ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.

Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due à une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

- **Trafic total :**

C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

II.4. CALCUL DE TJMA A L'ANNEE HORIZON :

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

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

- **TJMA_n** : Le trafic à l'année horizon.
- **TJMA₀** : Le trafic à l'année de référence.
- **n** : nombre d'années.
- **τ** : taux d'accroissement (%).

II.5. CALCUL DU TRAFIC EFFECTIF :

- C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de type de route et de l'environnement
- Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P). Le trafic effectif donné par la relation :

$$T_{eff} = TJMA_n[(1 - Z) + PZ]$$

- **T_{eff}** : trafic effectif à l'année horizon en (up/jour).
- **P** : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, dépend de la nature de la route.
- **Z** : pourcentage de PL (poids lourds) en (%).

Table 1 : coefficient d'équivalence [P]

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique.	2-3	2-6	8-12
Routes étroites ou à visibilité réduite.	3-6	6-12	16-24

II.6. DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMALE :

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

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

n : généralement 8 heures.

Q : débit de pointe horaire exprimé en (UVP/h).

CHAPITRE II : ETUDE DE TRAFIC

II.7. DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE :

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

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

K_1 : coefficient lié à l'environnement.

K_2 : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Table 2 : valeurs de K_1

Environnement	E1	E2	E3
K_1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Table 3 : valeurs de K_2

Environnement	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1	1	1	1	1
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Table 4 : valeurs de capacité théorique C_{th}

Type	Capacité théorique C_{th} (uvp /h)
Route à 2 voies de 3,5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3,5m	2400 à 3200
Route à 2 chaussées séparées	1500 à 1800

II.8. CALCUL DU NOMBRE DE VOIES :

- cas d'une chaussée bidirectionnelle

On compare Q à Q_{adm} et on prend le profil permettant d'avoir : $Q_{adm} \geq Q$.

- cas d'une chaussée unidirectionnelle

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

$$\text{D'où : } N = \left(\frac{S \times Q}{Q_{adm}} \right)$$

- N : nombre de voies de la chaussée : on prend le nombre entier le plus proche du rapport.
- S : coefficient de dissymétrie en général égale à 2 .
- Q_{adm} : débit admissible par voie.

II.9. APPLICATION AU PROJET :

II.9.1. Les données de trafic :

- Le trafic à l'année 2022 : $TJMA_{2022} = 12750$ v/j/sens.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 3.5\%$.
- La vitesse de base sur le tracé $V_b = 130$ Km/h
- Le pourcentage de poids lourds $Z = 27.4\%$.
- L'année de mise en service 2030.
- La durée de vie du projet : 20ans.
- Notre terrain est vallonné ce qui nous donne un environnement E2, Le coefficient d'équivalence de poids lourd : Pour une route à bonne caractéristique et un environnement E2 on a $P=4$.
- Les coefficients correcteurs : $K_1=0.85$ pour E2. $K_2= 0.99$ pour E2 et C1.
- La capacité théorique : $C_{th} = 1800$ (uvp/h) (E2, C1 et pour deux chaussées séparées à 2 voies).

II.9.2. Calcul :

II.9.2.1. TJMA a l'année de la mise en service admissible :

$$TJMA_{2030} = TJMA_{2022}(1 + 0.035)^8 = 12750(1 + 0.035)^8 = 16789(\text{véh/j/sens})$$

$$TJMA_{2028} = 16789 (\text{véh/j/sens})$$

II.9.2.2. TJMA a l'année horizon [2050] :

$$TJMA_{2050} = TJMA_{2030}(1 + 0.035)^{20} = TJMA_{2050} = 17479(1 + 0.035)^{20} = 33407(\text{véh/j/sens})$$

$$TJMA_{2050} = 33407 \text{ (véh/j/sens)}$$

II.9.2.3. Trafic effectif :

$$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ] \text{ Avec } P=4 \text{ et } Z= 27.4\%.$$

D'où

$$T_{eff2030} = 16789 [(1 - 0.274) + 4 \cdot 0.274] = 30589 \text{ (uvp/j/sens)}.$$

$$T_{eff2050} = 33407 [(1 - 0.274) + 4 \cdot 0.274] = 60867 \text{ (uvp/j/sens)}.$$

$$T_{eff2030} = 30589 \text{ (uvp/j/sens)} \quad \text{et} \quad T_{eff2050} = 60867 \text{ (uvp/j/sens)}.$$

II.9.2.4. Débit de pointe :

$$n=8 \rightarrow 1/8 = 0.12 \text{ donc } Q = 0.12 \times T \quad . \text{ (Référence B40).}$$

$$Q_{2030} = 0.12 \times T_{eff2030} = 0.12 \times 30589 = 3670 \text{ (uvp/h)}.$$

$$Q_{2050} = 0.12 \times T_{eff2050} = 0.12 \times 60867 = 7283 \text{ (uvp/h)}.$$

Donc :

$$Q_{2030} = 3670 \text{ (uvp/h)}$$

$$Q_{2050} = 7283 \text{ (uvp/h)}$$

II.9.2.5. Débit admissible :

$$Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C_{th} = 0.85 \times 0.99 \times 1800 = 1515 \text{ (uvp/h)}$$

$$\text{Donc : } Q_{adm} = 1515 \text{ (uvp/h)}$$

II.9.2.6. Nombre des voies :

$$N = \frac{s \times Q}{Q_{adm}} = \frac{2}{3} \times \frac{7283}{1515} = 3.2$$

$$N = 3 \text{ voie}$$

Donc on prend nombre de voies **3 par sens**. (2×3voie)

II.9.2.7. Calcul de l'année de saturation :

$$\text{On a } Q_{adm} = 1515 \text{ (uvp/h)} \text{ et } Q_{2030} = 3938 \text{ (uvp/h)}.$$

$$Q_{saturation} = Q_{adm} \times 6$$

Donc :

$$Q_{saturation} = 1515 \times 6$$

$$Q_{saturation} = 9090$$

II.9.2.8. Calcul de l'année de saturation :

Calcul de Qsat :

$$Q_{\text{saturation}} = Q_{2030} \times (1+T)^S$$

$$Q_{\text{sat}} = 3670 \times (1+0.035)^S = 3670 \times (1.035)^S$$

$$Q_{\text{adm}} = Q_{\text{saturation}}$$

$$9090 = 3670 \times (1.035)^S$$

$$S = \log(3.12) / \log(1.045)$$

$$S = 20 \text{ans}$$

D'où, l'année de saturation égale à : $2030 + 20 = 2050$

**CHAPITRE III :
ETUDE GEOMETRIQUE**

III.1. TRACE EN PLAN :

III.1.1. INTRODUCTION :

- Lors de la conception d'un projet routier, l'ingénieur doit d'abord rechercher le couloir de passage de la route sur le site concerné.
- Le tracé en plan correspond à une succession de lignes droites connectées par des courbes de liaison. Il représente la projection de l'axe de la route sur un plan horizontal, qui peut être soit une carte topographique, soit un relief schématisé par des courbes de niveau.
- Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent garantir à la fois le confort et la stabilité de la circulation. Elles sont directement définies dans les normes routières, en fonction de la vitesse de référence et du coefficient de frottement offert par la couche de roulement.

III.1.2. Règles à respecter dans le tracé en plan :

Les normes applicables à notre projet sont regroupées dans le document ICTAAL 2015. Leur respect est impératif tant lors de la conception que lors de la réalisation. Ci-dessous, nous présenterons certaines exigences qui nous paraissent particulièrement pertinentes.

- Adapter le tracé en plan aux caractéristiques du terrain naturel afin de minimiser les volumes de terrassement.
- Veiller à raccorder efficacement le nouveau tracé au réseau routier existant.
- Éviter le passage à travers les terrains agricoles et les zones forestières.
- Limiter autant que possible l'atteinte aux propriétés privées.
- Privilégier des tracés évitant le franchissement des oueds afin de réduire le recours aux ouvrages d'art et d'optimiser les coûts.

III.1.3. Éléments constituant tracé en plan :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession d'alignements droits, des arcs de cercles et certains courbes de raccordement appelées clothoïdes comme schématisé ci-dessous

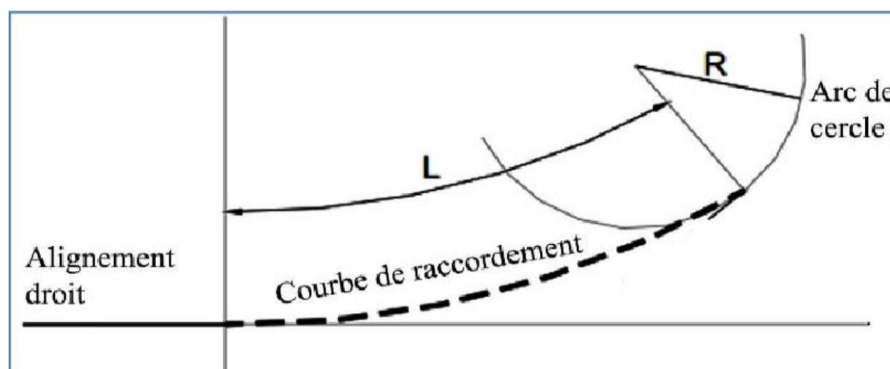


Figure III.1 : les éléments du tracé en plan

III.1.4. Alignements droits :

Il existe une longueur minimale d'alignement L_{min} qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles.

Table 5 : Valeurs extrêmes des alignements droits du tracé en plan (ICTAAL 2015)

Vitesse de base	$Vb(Km/h)$	110
La longueur minimale	$L_{min}(m)$	200
La longueur maximale	$L_{max}(m)$	2000

III.1.5. Les arcs de cercle :

La limitation des valeurs des rayons dépend de la stabilité des véhicules, l'inscription de véhicules longs dans les courbes et de la visibilité en courbe.

Table 6: Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (ICTAAL2015)

Catégorie		L1
RAYON MINIMALE	R_m	600 (m)
RAYON MINIMALE NON DÉVERSÉ	R_{nd}	1000(m)

III.1.6. Surlargeur des courbes :

Un véhicule long à deux essieux, lorsqu'il circule dans un virage, occupe en plan une bande de chaussée plus large que celle correspondant à son gabarit. Afin d'éviter que sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, une surlargeur est prévue sur la voie empruntée, par rapport à sa largeur normale en alignement droit.

$$S = \frac{L^2}{2R}$$

- L : longueur du véhicule
- R : rayon de l'axe de la route.

III.1.7. Les raccordements progressifs :

Les courbes de rayon inférieur à $1,5 R_{nd}$ sont introduites par des raccordements progressifs (Clothoïdes). Pour assurer les trois conditions suivantes :

- La condition optique.
- La condition de gauchissement.
- La condition de confort dynamique.

La longueur de clothoïde soit au moins égale à la plus grande de ces deux valeurs :

$$\{ 14|\Delta\delta| \text{ et } R/2 \} ; [\text{ICTAAL2015}].$$

- R (m) : le rayon de courbure.
- $|\Delta\delta|$ (%) : la différence des pentes transversales des éléments du tracé raccordés.

III.1.8. Enchaînement des éléments du tracé en plan :

Il est recommandé de remplacer les longs alignements droits par des courbes de rayon supérieur ou égal à $1,5 R_{nd}$, tout en respectant les exigences de confort et de visibilité. De plus, le tracé en plan doit respecter les règles d'enchaînement suivantes :

- Deux courbes successives doivent satisfaire la condition « $R1 \leq 1,5 R2$ », où $R1$ est le rayon de la première courbe rencontrée et $R2$ celui de la courbe suivante.
- Cette exigence est particulièrement impérative dans les sections à risque, notamment après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire de repos ou dans les zones fréquemment exposées au verglas.
- Lorsque deux courbes successives doivent être reliées, il est préférable d'intercaler un alignement droit d'au moins 200 mètres.
- Si cela n'est pas possible, le raccordement doit se faire selon les configurations suivantes :
 - Utilisation d'une courbe en C, d'une courbe à sommet ou d'une courbe ovale pour relier deux courbes de même sens.
 - Utilisation d'une courbe en S pour relier deux courbes de sens contraire.

Remarque :

Les calculs des éléments de tracé en plan sont faits à l'aide du logiciel Auto CAD Civil 3D 2024 et sont joints dans les annexes.

III.1.9. CONTRAINTES RENCONTREES LORS DE L'ELABORATION DE NOTRE TRACE :

- **PK 30 + 260** : Route Nationale n°17
- **PK 31 + 70** : Chemin de Wilaya n°4
- **PK 31 + 280** : Oued El Laouza
- **PK 31 + 840** : Piste
- **PK 32 + 160** : Piste
- **PK 32 + 380** : Ligne électrique
- **PK 32 + 700** : Écoulement d'eau
- **PK 33 + 380** : Chemin résidentiel
- **PK 34 + 400 à PK 34 + 560** : Forêt d'amandiers
- **PK 34 + 820 à PK 35 + 160** : Forêt
- **PK 35 + 340 à PK 35 + 770** : Forêt
- **PK 35 + 100 jusqu'à PK 35 + 200** : Amandiers
- **PK 36 + 620 à PK 36 + 680** : Ligne électrique à haute tension
- **PK 38 + 020** : Piste

III.1.10. RECOMMANDATIONS ET REGLES A SUIVRE VIS-A-VIS DE CES CONTRAINTES

- ✓ Prévoir des ouvrages d'art pour la route nationale ainsi le chemin de willaya , les oueds.....ects .
- ✓ Rétablissement des passages supérieur et inférieure pour tout les routes transversales.
- ✓ Respecter les règles et les paramètres énoncé dans l'ICTAAL cité précédemment.

III.1.11. ELEMENT ER DESCRIPTION DE TRACE :

Notre projet s'étend sur un linéaire de 10 km, allant du PK 30+000 au PK 40+000. Le tracé débute par un alignement droit d'une longueur de 1300 mètres.

L'ensemble de l'itinéraire est constitué principalement de succession de courbes et contre-courbes, avec l'utilisation de rayons supérieurs à 1,5 Rnd , garantissant ainsi une bonne fluidité et sécurité du tracé.

Le projet comprend également quelques alignements droits, dont la longueur maximale atteint 1420 mètres.

La section de tracé débute au niveau de l'intersection de la Route Nationale n°17 avec de notre projet .

La coordination avec les sections suivantes a été soigneusement assurée, tant sur le plan altimétrique que sur celui du profil en travers type, garantissant une continuité harmonieuse et conforme aux normes de l'infrastructure.

III.2. PROFILE EN LONG

III.2.1. INTRODUCTION :

Le profil en long se présente sous la forme d'un graphique représentant à la fois les points du terrain naturel et ceux correspondant à l'axe du projet de voirie. Il se compose de segments rectilignes (pentes ou rampes), définis par leur déclivité, ainsi que de raccordements courbes, caractérisés par leur rayon.

Lors de la conception, plusieurs éléments doivent être pris en considération :

- Il est généralement recommandé d'adopter un profil en long en léger remblai plutôt qu'un profil rasant, afin de faciliter les travaux de terrassement, la réalisation de la chaussée et l'évacuation des eaux.
- Il convient de ne pas dépasser la pente maximale autorisée par la réglementation en vigueur.
- Les fortes pentes prolongées sur de longues distances sont à éviter.
- Une pente minimale de 0,5 % doit être respectée pour garantir un bon écoulement des eaux.
- Une coordination cohérente entre le tracé en plan et le profil en long est essentielle pour assurer la continuité et la qualité du projet.

III.2.2. Déclivité :

La conception du profil en long doit prendre en compte diverses contraintes. Il est essentiel de maîtriser la pente pour garantir la sécurité, notamment lors du freinage en descente, et assurer le confort, en particulier pour les véhicules en montée dont la puissance est sollicitée.

Sur le plan technique, la déclivité correspond à la tangente de l'angle que forme la ligne rouge du profil en long avec l'horizontale. On parle de *pente* dans le cas d'une descente, et de *rampe* dans le cas d'une montée.

III.2.2.1. Déclivité minimale

Il est préférable d'éviter les tronçons de route strictement horizontaux, appelés *en palier*, en raison des problèmes qu'ils posent pour l'évacuation des eaux pluviales. La seule pente transversale de la chaussée étant insuffisante, l'eau doit pouvoir s'évacuer aussi longitudinalement, à l'aide de fossés ou de canalisations présentant une pente adéquate. Il est donc recommandé de ne pas descendre en dessous d'une pente de 0,5 %, et d'éviter strictement celles inférieures à 0,2 %, afin de prévenir toute stagnation d'eau.

III.2.2.2. Déclivité maximale

La déclivité maximale est conditionnée par l'adhérence entre les pneumatiques et la chaussée, ce qui affecte tous les types de véhicules. Elle influence également la réduction de la vitesse, notamment pour les poids lourds dont la capacité à gravir des rampes est plus limitée que celle des véhicules légers. Les pentes maximales sont admises essentiellement sur des distances courtes, inférieures à 1500 mètres.

III.2.3. Raccordements en profil en long

Les changements de déclivité constituent des points singuliers dans le profil en long. Pour assurer une transition progressive entre deux pentes différentes, ces variations doivent être adoucies par des raccordements circulaires, qui doivent satisfaire aux exigences de **visibilité** et de **confort**.

On distingue deux principaux types de raccordements :

III.2.3.1. Raccordements convexes (angles saillants) :

Les rayons minimaux admissibles pour les raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés en fonction de la position de l'œil du conducteur, des obstacles éventuels et des distances nécessaires à l'arrêt et à la visibilité. Leur conception doit respecter deux conditions fondamentales :

- **Condition de confort :**
Elle vise à limiter l'accélération verticale à laquelle le véhicule est soumis lors du franchissement d'une courbure convexe prononcée, afin d'assurer une conduite fluide et confortable.
- **Condition de visibilité :**
Elle concerne principalement les points hauts du profil. En complément de la condition de confort, elle impose que deux véhicules circulant en sens opposés puissent se voir à une distance minimale équivalente au double de la distance d'arrêt, garantissant ainsi une sécurité suffisante.

III.2.3.2. Raccordements concaves (angles rentrants) :

Dans les points bas du profil, la visibilité diurne n'est généralement pas problématique. Cependant, la visibilité nocturne devient primordiale : les phares des véhicules doivent éclairer une distance suffisante pour permettre au conducteur de percevoir à temps la présence d'un obstacle.

Valeurs limites :

En fonction de la catégorie retenue (catégorie **L1**), le guide **ICTAAL** (Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison) définit les déclivités maximales autorisées ainsi que les rayons minimaux à respecter pour les raccordements convexes et concaves.

Les paramètres adoptés pour le profil en long du projet doivent donc strictement respecter les limites définies dans le tableau ci-dessous :

Table 7 : Valeurs limites des paramètres du profil en long

Catégorie	L1
Déclivité maximale	5 %
Rayon minimal en angle saillant	12 500 m
Rayon minimal en angle rentrant	4 200 m

III.2.4. Coordination entre le tracé en plan et le profil en long :

La coordination entre le tracé en plan et le profil en long doit faire l'objet d'une étude globale afin d'assurer une intégration harmonieuse dans le site, de respecter les exigences de visibilité et d'offrir un bon confort visuel. Pour atteindre ces objectifs, il est recommandé de :

- Associer un profil en long légèrement concave aux courbes en plan nécessitant un large dégagement latéral, afin d'améliorer la perception de l'espace.
- Éviter les pertes de tracé, sauf si leur suppression entraîne un surcoût significatif. Lorsqu'elles sont inévitables, il convient de faire réapparaître la chaussée à une distance minimale de 500 mètres, de manière à créer une rupture visuelle suffisamment marquée pour éviter toute perception trompeuse.

III.3. PROFILE EN TRAVERS :

III.3.1. Introduction :

Après avoir étudié le tracé en plan et le tracé en profil en long, qui visent principalement à définir l'évolution de l'axe de la route, il convient désormais d'aborder le troisième élément d'un projet routier : le profil en travers.

Le profil en travers d'une route représente une coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée, incluant celle-ci ainsi que ses dépendances.

Dans tout projet routier, un grand nombre de profils en travers sont dessinés. Pour éviter de répéter les mêmes dimensions sur chaque profil, on établit au préalable un profil en travers type, qui rassemble toutes les dimensions et détails techniques : largeur des voies, de la chaussée et des bandes latérales, pentes des surfaces et des talus, dimensions des différentes couches de la superstructure, etc.

Les profils en travers servent à déterminer plusieurs éléments essentiels du projet, notamment :

- La position théorique des points d'entrée en terre pour les terrassements,
- L'assiette de la route et son emprise sur le terrain naturel,
- Les cubatures, c'est-à-dire les volumes de déblais et de remblais.

III.3.2. ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS :

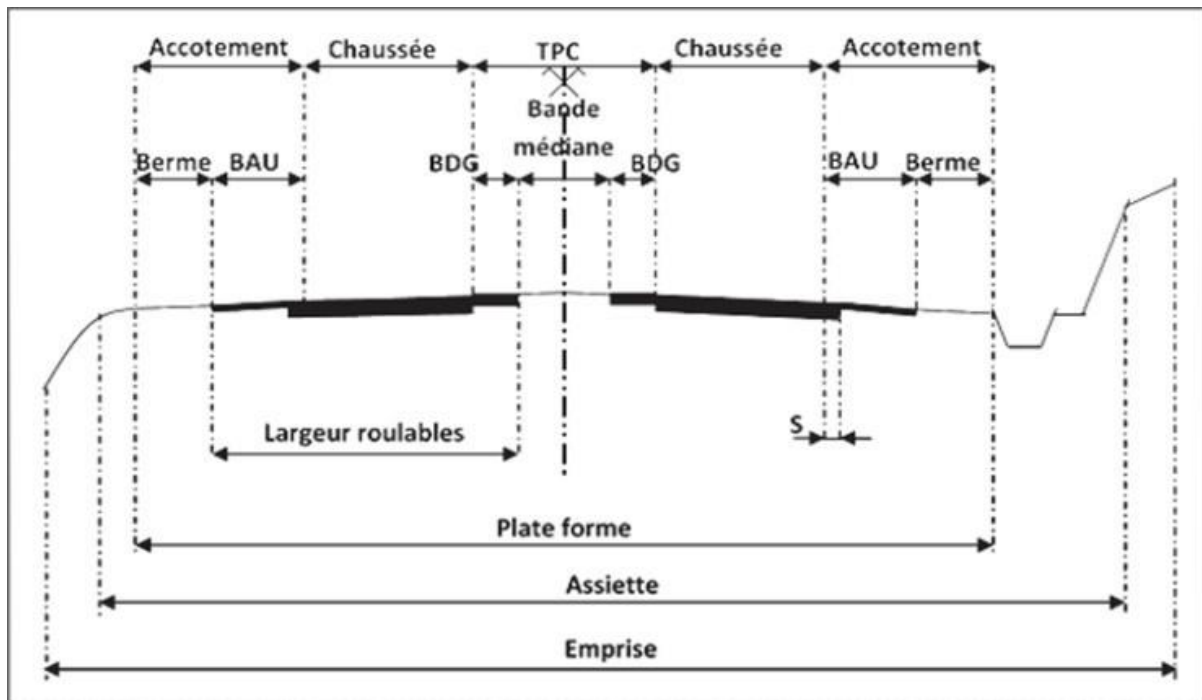


Figure I.2 :ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS

III.3.3. Les éléments du profil en traverses :

- **Chaussée :**

Chaque chaussée comporte un nombre de voies de **3.5 m** de larges.

- **Terre-plein central :**

Le terre-plein central assure la séparation matérielle des deux sens de circulation. Sa largeur résulte de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane

- **La bande dérasée gauche :**

Sa fonction est de permettre des ajustements mineurs de trajectoire et d'éviter un effet de paroi causé par les barrières de sécurité. Dans les virages à gauche, elle contribue au respect des règles de visibilité. Elle est dégagée de tout obstacle, pavée et se connecte à la chaussée sans aucun changement de niveau. Sa largeur est de **1,00** mètre.

- **La bande médiane :**

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux) et, le cas échéant, des piles d'ouvrages et des aménagements paysagers. Sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés.

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

- **L'accotement :**

L'accotement comprend la bande d'arrêt d'urgence et la berme.

- ✓ **La bande d'arrêt d'urgence :** Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire, l'évitement d'un obstacle sur la chaussée, l'intervention des services de secours, d'entretien et d'exploitation sa largeur est de **2,50 m**, ou de **3,00 m**.
- ✓ **La berme :**

Elle joue un rôle dans la création de zones dégagées pour une meilleure visibilité et permet la mise en place d'équipements tels que des barrières de sécurité et des panneaux de signalisation. Sa largeur minimale est de 1,00 mètre, mais elle peut également être intégrée à un système d'assainissement avec une pente maximale de 25%. La largeur dépend principalement de l'espace nécessaire au bon fonctionnement de la barrière de sécurité

III.3.4. Application au projet :

L'AutoRoute de sidi bel abbes vers saida s comporte un profil en travers type, qui contient :

- Deux chaussées de trois voies de 3.5m chacune : $(3 \times 3.5) \times 2 = 21.00\text{m}$
- Un terre-plein central de 3.5 m, composé de deux bandes dérasées de gauche (BDG) stabilisées et revêtues d'une largeur de 1 m chacune, plus une bande médiane d'une largeur de 1.5 m également stabilisée et revêtue.
- Accotement de 3.5m pour chaque côté, comprend une bande d'arrêt d'urgence (BAU) de 2.5m bordée à l'extérieur d'une berme de 1 m.

Table 8 : Profil en travers type

Description	Largeur(m)	Nombre	Largeur totale(m)
Voie de circulation 3×2	3.5	6	21
Accotement			7
- Bande d'arrêt d'urgence(BAU)	2.5	2	5
-Berme	1	2	2
Terre-plein central (T.P.C)			3.5
-Bande dérasée de gauche	1	2	2
-Bande médiane (BM)	1.5	1	1.5

III.3.5. Pentes transversales :

III.3.5.1. Valeurs du dévers :

- En alignement et en courbe non déversée, la pente transversale d'une chaussée est de 2,5 vers l'extérieur.
- Les courbes de rayon inférieur à R_{nd} sont déversées vers l'intérieur de la courbe. La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de $1/R$, entre 2,5% pour R_{nd} et 7% pour R_m .
- La berme extérieure présente une pente transversale de 8% qui peut être portée jusqu'à 25% dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement. (Source ICTAVRI)

Table 9 : devers propose

DEVERS PROPOSES	
- Chaussée	2,5 % vers l'extérieur
- (B.D.G)	2,5 % vers l'extérieur
- Band d'arrêt d'urgence (B.A.U)	2.5 % vers l'extérieur
-Berme extérieure	8% vers l'extérieur

III.3.5.2. Changement du dévers

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

- **Point de rotation des dévers :**

Le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plate-forme.

- **Évacuation des eaux de ruissellement :**

Lorsqu'il est nécessaire d'introduire un changement de dévers, la longueur de la chaussée sur laquelle règnent les dévers compris entre -1% et +1% est déterminée de manière à ne compromettre ni l'écoulement des eaux de ruissellement, ni l'aspect du tracé.

Dans la zone de basculement du dévers, l'évacuation des eaux de ruissellement sur la chaussée requiert une pente résultante de 0,5% en tout point de la chaussée.

En courbe déversée, le T.P.C. est équipé de façon à évacuer les eaux de ruissellement de la chaussée extérieure. (Source ICTAVRI)

**CHAPITRE IV :
ETUDE GEOTECHNIQUE**

IV.1. INTRODUCTION :

La géotechnique routière est une branche de la géotechnique qui s'intéresse aux problématiques liées à la route dans toutes ses composantes. Elle porte particulièrement sur l'étude des remblais, des fondations de chaussée et de la construction des différentes couches de la chaussée. Elle permet de localiser et caractériser les diverses couches du sol, en fournissant des informations précises sur leurs propriétés mécaniques et physiques.

Les principaux objectifs d'une étude géotechnique au niveau du Lot Route sont les suivants :

- Déterminer les mouvements de terres (déblais et remblais)
- Évaluer la stabilité des déblais, des versants, notamment ceux de grande hauteur ou situés en pente
- Définir les méthodes de stabilisation des talus
- Reconnaître et caractériser les matériaux d'emprunt destinés aux remblais, aux couches de forme, aux corps de chaussée, ainsi qu'aux bétons et pavés.

IV.2. CONTRAINTES GEOTECHNIQUES :

Les contraintes identifiées sur le site résultent de plusieurs facteurs :

- **Géomorphologiques** : le tracé présente un relief peu vallonné entre PK 30 et le PK 40
- **Hydrologiques** : la zone est caractérisée par un réseau hydrographique très dense
- **Géologiques** : la présence de formations rocheuses telles que le grès et le calcaire constitue un élément notable
- **Géotechniques** : des zones inondables ont été relevées en début de projet, représentant une contrainte majeure à prendre en compte.



IV.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE :

L'étude géologique constitue une étape essentielle pour:

- Identifier les caractéristiques géologiques du site retenu pour le projet, notamment ses aspects stratigraphiques, structuraux et hydrauliques ;
- Déterminer les facteurs pouvant influencer la stabilité ou l'instabilité du substrat géologique ;
- Analyser les interactions entre les éléments géologiques, hydrauliques et géotechniques, ainsi que leurs impacts potentiels sur le projet de construction ;
- Localiser les gisements de matériaux exploitables pour les travaux de construction (routes, infrastructures, remblais, etc.).

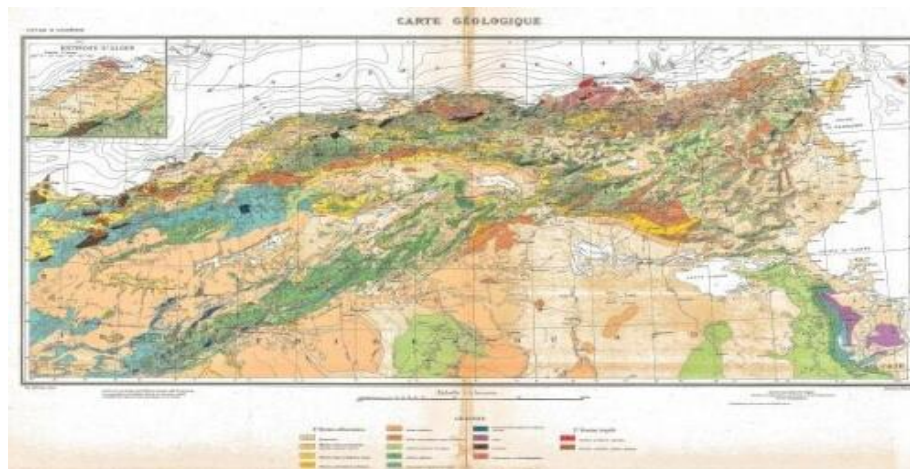


Figure IV.1 Carte Géologique de la Région d'Algerie

IV.4. RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE :

IV.4.1. Essais en laboratoire :

IV.4.1.1. Essais physico-chimiques :

Les analyses effectuées sur les échantillons prélevés comprennent :

- Des essais granulométriques et sédimentométriques afin de déterminer la distribution des particules
- La mesure des densités sèche (γ_s) et humide (γ_n), ainsi que du degré de saturation (S_r)
- La détermination des limites d'Atterberg : teneur en eau naturelle (W), limite de liquidité (W_l) et indice de plasticité (I_p) ;
- Un essai au bleu de méthylène pour évaluer la teneur en argile (argilosité) de la formation étudiée
- Des analyses chimiques sommaires sur certains échantillons afin d'estimer le degré d'agressivité du sol vis-à-vis des fondations des ouvrages d'art et des structures courantes

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

IV.4.1.2. Essais mécaniques :

- **Lot Chaussée :**
 - Essai Proctor modifié : pour déterminer la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale
 - Essai CBR (California Bearing Ratio) : pour évaluer la portance du sol de fondation.
- **Lot Terrassement et Ouvrages d'art :**
 - *Essais triaxiaux* à court terme (UU : non drainé, non consolidé) et à long terme (CD : consolidé drainé) pour étudier le comportement au cisaillement ;
 - Essais à l'odomètre pour mesurer la compressibilité des sols fins (argiles, limons, vases).
- **Lot Gîtes à matériaux :**
 - Essai Los Angeles (LA) : pour évaluer la résistance à l'usure des granulats
 - Essai Micro-Deval (MDE) : pour mesurer la résistance à l'abrasion par friction humide
 - Essai d'équivalent de sable : pour déterminer la propreté et la qualité des sables issus des gîtes. la propreté et la qualité des sables issus des gîtes.

IV.4.2. Essais In Situ :

Aux fins de déterminer d'une part, la nature géologique du terrain et d'autre part, les caractéristiques géotechniques des sols on a le programme de reconnaissance suivant :

- Sondages carotté.
- Puit de reconnaissance.

- **Sondage Carotté :**

Le forage s'effectue à l'aide d'un carottier fixé à la machine, qui pénètre le sol grâce à une rotation sous pression hydraulique. Un fluide, souvent de l'eau, est utilisé pour refroidir la couronne pendant l'opération :

N°	PK	Type zone	Hauteur
SC.04	34+250	Déblai	25

Table 10 : résultats de sondage carotté

Sondage	PK	Profondeur	Nature
Sondage carotté 4	34+250	0,00 à 2,30 m	Mélange de sable fin jaunâtre et quelques graviers arrondis à sub arrondis
		2,30 à 10,50m	Grès à grain fin à moyen
		10,50 à 15,30m	Marne verdâtre légèrement schisteuse
		15,30 à 17,00m	Grès à grains fins à moyens jaunâtres
		17,00 à 25,00m	Marne bleue compacte schisteuse

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

IV.5. Puits de reconnaissance :

Table 11 : les essais effectués sur les échantillons et les normes

Essais physiques	
Essais	Normes
Teneur en eau naturelle VV	N P 94-050
Masse volumique des particules solides des sols	N P 94-054
Masse volumique des sols fins	N P 94-053
Limites d'Atterberg (WL)	N P 94-051 ou NF P 94-052-1
Analyse granulométrique (tamisage à sec)	N P 94-056
Analyse granulométrique (par sédimentométrie)	N P 94-057
Teneur en carbonates (CaCO ₃)	N P 94-048
Équivalent de sable (ES)	N P.18-598

Essais mécaniques	
Essais	Normes
Essai Proctor normal et modifié	N P 94-093
Portance CDR imbibé et immédiat	N P 94-078

Table 12 : localisation des puits de reconnaissances

PuitN°	PK	Profondeur	X	Y
7	30+000	3	175 746,4425	3 878 373,2188
8	35+000	3	180 039,5255	3 880 014,8614
9	40+000	3	184 539,1584	3 881 765,3448

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

IV.5.1. Résultat De Puits De Reconnaissance :

Table 13 : Les essais physiques et mécanique

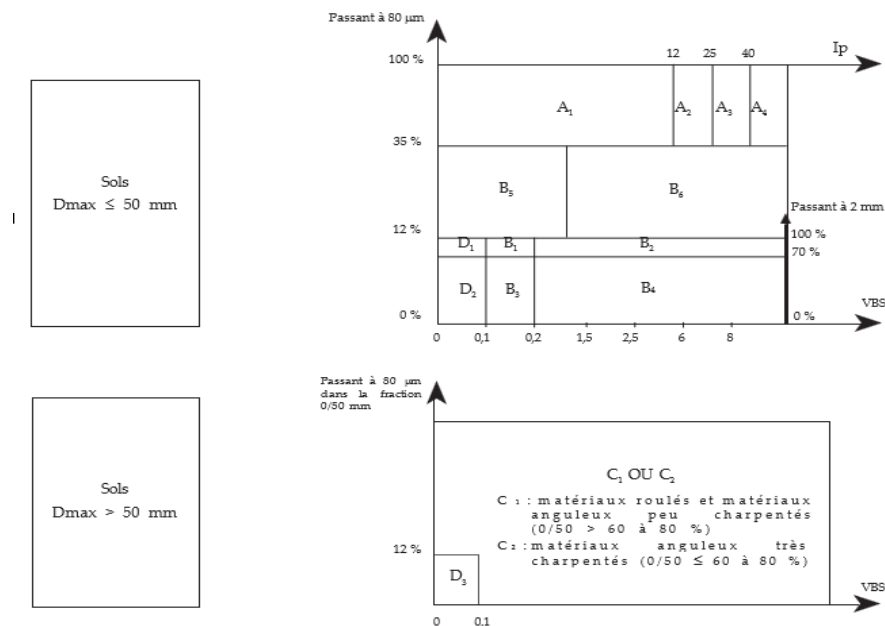
N° puits	% Fines	Wnat %	Proctor Modifié		Proctor normal	
			Wopm %	γ_{dopm} t/m ³	Wopm %	γ_{dopm} t/m ³
7	50	12	7,8	2,00	10	1,86
8	42	5,30	10,20	1,82	12,80	1,82
9	24	11,70	8,20	1,99	10,20	1,92

N° puits	ES %	CaCo3 %	Ip %	WL %	CBR 100% imbibé	CBR 100%immédiat	VBS gr/100gr	P
7	25,60	7	10,7	25,50	5,90	76,80	1,63	10,80
8	11,10	14	21,20	45,60	10,10	50,20	1,21	37,10
9	22,40	4,67	NM	21,50	7,50	54,70	1,17	25,80

IV.6. CLASSIFICATION DES SOLS :

IV.6.1. Classification GTR :

Selon le Guide des terrassements routiers (GTR – SETRA/LCPC- Fascicules I et II), les paramètres retenus pour la classification des sols se rangent en deux (2) catégories :



IV.6.2. Exemple de classification GTR

➤ Classement selon la nature :

1. Paramètre de nature premier niveau de classification :

Puit 07 PK30+000 :

- $D_{max} < 50\text{mm}$ ➡ classe A sol fin.
- Tamisat a 80 um =52,71% >35%

2. Paramètre de nature deuxième niveau :

- classification : $VBS=1.63 < 2.5$ ➡ Sous classe A₁

➤ Classement selon l'état hydrique :

- $W_{opn} = 10\%$; $W_n = 12\%$
- $IPI=10.8 < 25$ ➡ A_{1m}

Table 14 : Résultats de classification GTR (puits de reconnaissance)

PK	Classification GTR	Nature de sol
35+000	A _{1ts}	Argile
40+000	B _{5m}	Sable limoneux

IV.6.3. Classification LCPC

La classification LCPC repose sur l'utilisation d'abaques et du diagramme de plasticité de Casagrande. Elle présente l'avantage de fournir des désignations claires et concrètes des sols, ce qui facilite leur identification à partir d'un nombre limité d'essais. Cependant, cette méthode ne permet pas de prendre en compte le comportement évolutif de certains sols, ni de décrire précisément leur état (teneurs en eau et en air) ou leurs conditions d'extraction.

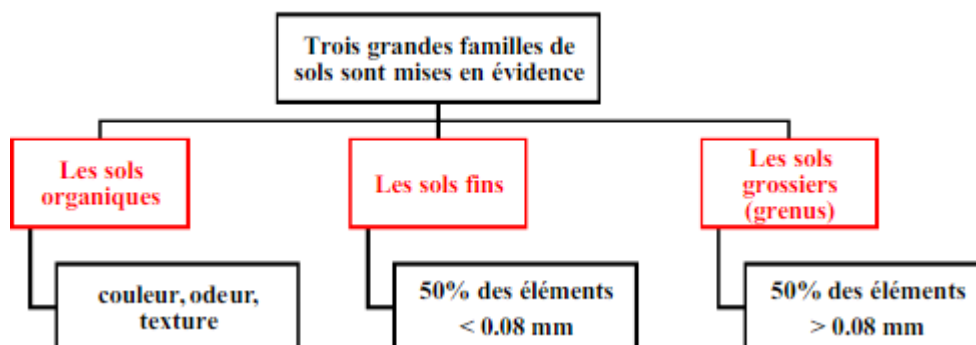


Figure IV.3 : Classification LCPC

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

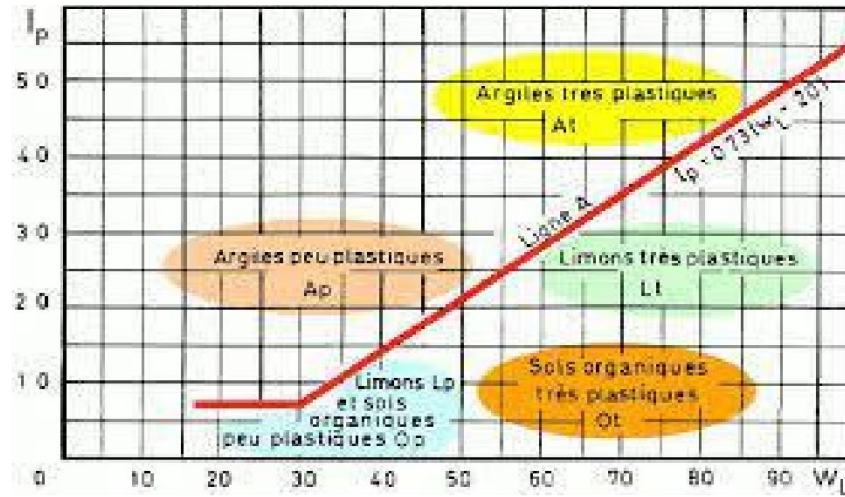


Figure IV.4 : Diagramme de CASAGRANDE

- Exemple de classification LCPC PK (35+000)

On a : tamisat à 80 μm < 35% (retenus au tamis 2mm) \Rightarrow sols fin

WL = 25.5% et $I_p = 10.7\%$ (abaque de casagrande) \Rightarrow Argile peu plastique AP

PK	Condition	Classification de LCPC	Nature de sols
35+000	WL=45 , IP=21.2	AP	Argile peu plastique

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

IV.7. REEMPLOI DES MATERIAUX :

Le réemploi des matériaux en remblai doit respecter les prescriptions du Guide des Terrassements Routiers (GTR), notamment en ce qui concerne l'état hydrique des sols.

IV.7.1. Conditions d'utilisation des sols en remblai et en couche de forme

En fonction des principaux paramètres techniques, tels que les caractéristiques géotechniques des matériaux, les conditions météorologiques et les techniques d'exécution courantes, les conditions d'utilisation recommandées par le GTR sont présentées dans les tableaux suivants :

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai
A_{1m}	Ces sols s'emploient facilement mais sont très sensibles aux conditions météorologiques qui peuvent très rapidement interrompre le chantier à cause d'un excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un matériau sec difficile à compacter	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes E : extraction frontale
		pluie faible	C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne ($\leq 10m$)
		ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen
		évaporation importante	Solution 1 : arrosage superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne ($< 10m$) Solution 3 : extraction frontale E : extraction frontale
A_{1ts}	Sols normalement inutilisables en l'état		
	Leur humidification pour les ramener dans l'état s voire m peut être envisagée sous réserve d'une étude spécifique		

B_{5m}	Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique, qui peut très rapidement interrompre le chantier à cause de l'excès de teneur en eau ou au contraire, conduire à un matériau sec, difficile à compacter	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai, avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne ($\leq 10m$)	2 0 0 0 0 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2
		-	évaporation importante	Solution 1 : arrosage W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense	0 0 0 0 0 1

IV.8. STABILITE DES TALUS :

IV.8.1. Généralités sur les glissements de terrain :

Un glissement de terrain désigne le déplacement d'un volume de sol par rapport au reste du massif, le long d'une surface de glissement qui peut avoir n'importe quelle forme. Ce phénomène peut affecter uniquement les couches superficielles du sol ou atteindre des profondeurs importantes, parfois de plusieurs dizaines de mètres. Dans ce dernier cas, les masses de terrain déplacées peuvent être très volumineuses. On distingue principalement trois types de glissements de terrain, qui seront présentés dans la suite.

IV.8.1.1. Types de glissement de terrain :

Glissement plane :

Ce type de glissement survient lorsque le massif en pente est composé, par exemple, de sols meubles reposant sur un substratum rigide, ou lorsque la surface de rupture potentielle est beaucoup plus longue que l'épaisseur du sol concerné.

La dimension de ces glissements peut varier considérablement, allant de quelques mètres carrés à plusieurs hectares. Les formations géologiques telles que les flyschs, les schistes marno-calcaires ou encore les schistes métamorphiques sont particulièrement sensibles à ce type de phénomène.

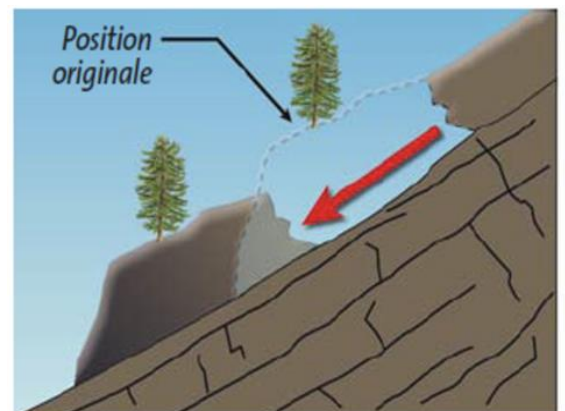


Figure IV.5 : Glissement plan

Glissement rotationnel simple

Le glissement rotationnel se caractérise par le déplacement de la masse de sol vers l'aval suivant une surface de rupture de forme circulaire.

En général, ce type de glissement implique des volumes relativement faibles, avec un déplacement limité des matériaux.

Il se manifeste principalement dans des terrains meubles homogènes, notamment ceux à dominante argileuse ou silteuse.

Dans le cas d'un glissement rotationnel simple, la surface de rupture présente une géométrie régulière, souvent assimilable à un cylindre.

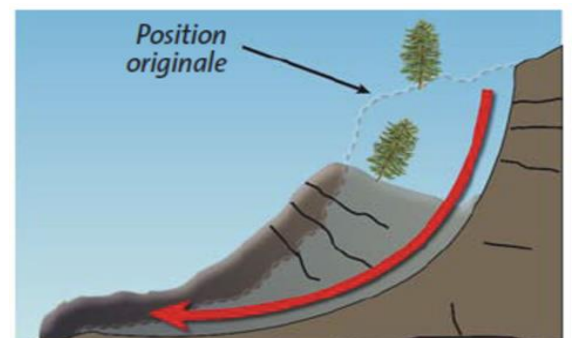


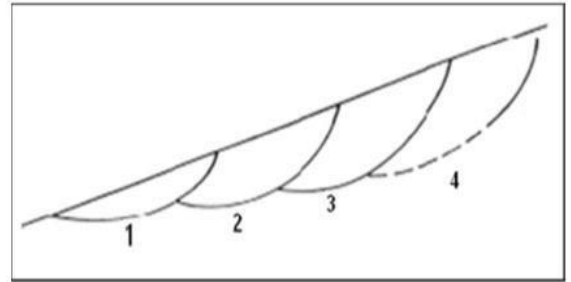
Figure IV.6 Glissement rotationnel complexe

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

Glissement rotationnel complexe :

Il s'agit d'une forme complexe de glissement rotationnel, caractérisée par une succession de glissements emboîtés.

Un premier glissement déclenche une réaction en chaîne en supprimant le soutien de la masse située en amont, provoquant ainsi d'autres glissements successifs.



IV.9. DEFINITION DES PENTES DES TALUS

Les pentes des talus des déblais ont été définies en fonction de plusieurs Paramètres :

- Profondeur des déblais,
- Lithologie et résistance du terrain (C , ϕ),
- La considération d'une stabilité à court et long terme, l'intégration paysagiste adaptée,
- Et surtout la prise en compte du problème de l'expropriation des terrains,

Tous ces paramètres réunis nous ont incités à considérer lors de notre vérification de la stabilité des déblais importants notamment, des pentes de talus variant entre 1/1 (H/V),

1/2 (H/V), 2/1 (H/V), 3/2 (H/V). Le choix des pentes de talus par zone a été fait de la manière suivante :

- Pente 3/2 (H/V) pour les formations schisteuses.
- Pente 1/1 et 2/1 (H/V) pour les formations de flyschs.
- Pente 1/2 (H/V) pour la formation des granitoïdes de Thénia.

Pente 2/1, 1/1 et 3/2 (H/V) pour les formations marneuses du Miocène

IV.10. VÉRIFICATIONS DE STABILITÉ DES TALUS

- La vérification se fait par logiciel **GeoStudio**, méthode de BISHOP.

IV.10.1. Analyse de stabilité de déblai

- Les surface de ruptures supposées circulaire.
- L'aspect sismique a été pris en considération.
- La pente de talus 3(H) :1(V).
- Banquâtes de 6 m (V) ; 3 m (H).

On prend le cas le plus défavorable qui se situe au PK 34km+800m à une hauteur de **23.5 m**.

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

Les Coefficients sismique :

Table 15 : Coefficient d'accélération A

Groupe	Zone			
	I	II a	II b	III
1A	0.15	0.25	0.3	0.4
1B	0.12	0.20	0.25	0.3
2	0.10	0.15	0.20	0.25
3	0.07	0.10	0.14	0.18

La carte de zonage sismique ci-dessous, révèle l'appartenance de la région de Sidi Bel Abbes à la **Zone I**, le coefficient d'accélération à prendre en compte est **A = 0,12**, avec :

Calcul des coefficients sismique horizontales et verticales

$$K_h = 0.5A \quad ; \quad K_v = 0.3K_h$$

Les composantes sismiques K_h et K_v utilisées lors de la modélisation sont respectivement **0.06** et **0.018**.

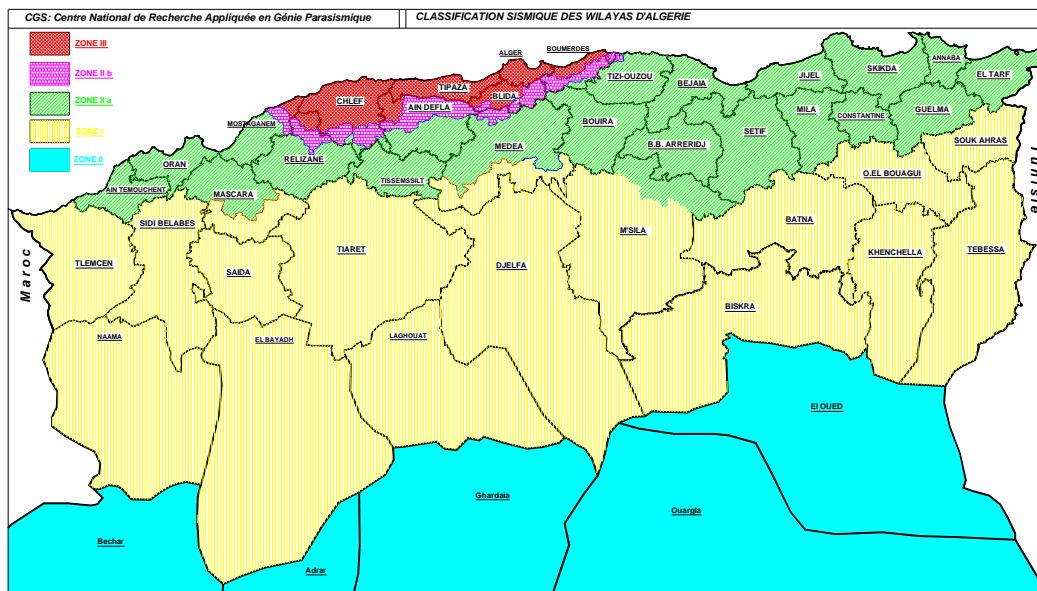


Figure IV.7 : classification sismique des wilayas

Nous avons considéré comme coefficient de sécurité minimal permettant une stabilité à long terme (cas statique) de **FS >= 1.5** et (cas dynamique) **FS >= 1.1**

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

Table 16 : Des paramètres de calcul de la stabilité du déblai

Couche	Poids volumique γ_h (KN/m ³)	Angle de frottement ϕ (°)	Cohésion (kpa)	Epaisseur (m)
Sable et gravier	20	23	10	2.3
Grés à grain fin à moyen	20	28	20	8.2
Marne Verdâtre Schisteuse	20	18	25	4.8
Grés jaunâtre à grain fin	20	30	32	1.7
Marne bleu Compacte	20	18	30	8

Table 17 : La charge sur chaussée

La charge Q (kpa)	Largeur chargeable (m)
10	14

Facteur de sécurité (par GEOSTUDIO) cas statique :

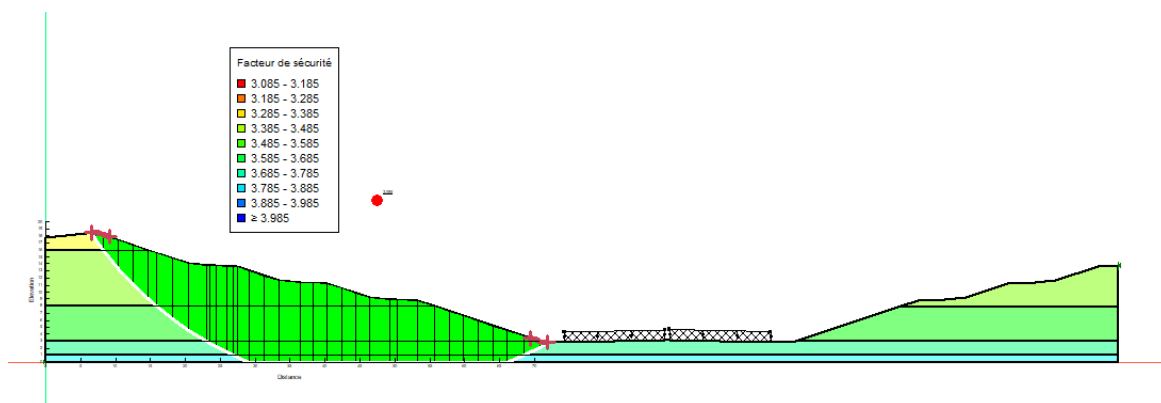


Figure IV.8 : vérification la stabilité de talus cas statique

Résultat de vérification :

$F_s = 3.085 \geq 1.5$ **vérifier.**

Donc la stabilité de tous les déblais est vérifiée

Facteur de sécurité (par GEOSTUDIO) cas dynamique :

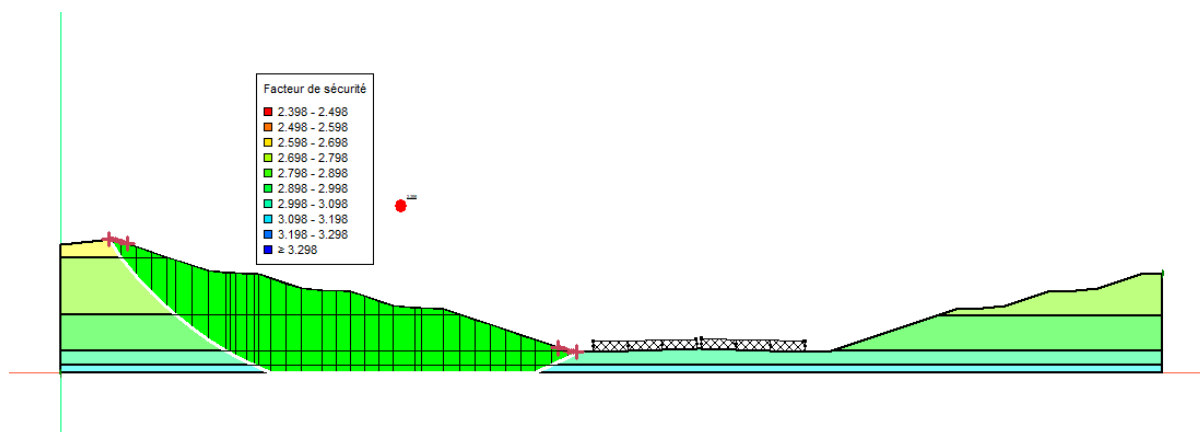


Figure IV.9 : vérification la stabilité de talus cas dynamique

Résultat de vérification :

$F_s = 2,398 \geq 1.1$ **vérifier.**

Donc la stabilité de tous les déblais est vérifiée

IV.10.2. Analyse de stabilité de Remblai :

Le cas le plus défavorable a été retenu au PK 37+380, à une hauteur de 8.47 mètres.

- L'aspect sismique a été pris en compte dans l'analyse.
- La pente du talus est de 2 horizontale pour 1 verticale (2H:1V).
- Banquâtes de 8 m (V) ; 3 m (H).
- Les surfaces de rupture ont été supposées circulaires.
- Les coefficients de sécurité minimaux adoptés pour garantir la stabilité à long terme de l'ouvrage sont : $FS \geq 1,5$ en conditions statiques et $FS \geq 1,1$ en conditions dynamiques.

Table 18 : Des paramètres de calcul de la stabilité du remblai

Poids volumique γ_h (KN/m ³)	Angle de Frottement ϕ (°)	Cohésion C (kpa)
20	30	5

Facteur de sécurité (par GEOSTUDIO) cas statique :

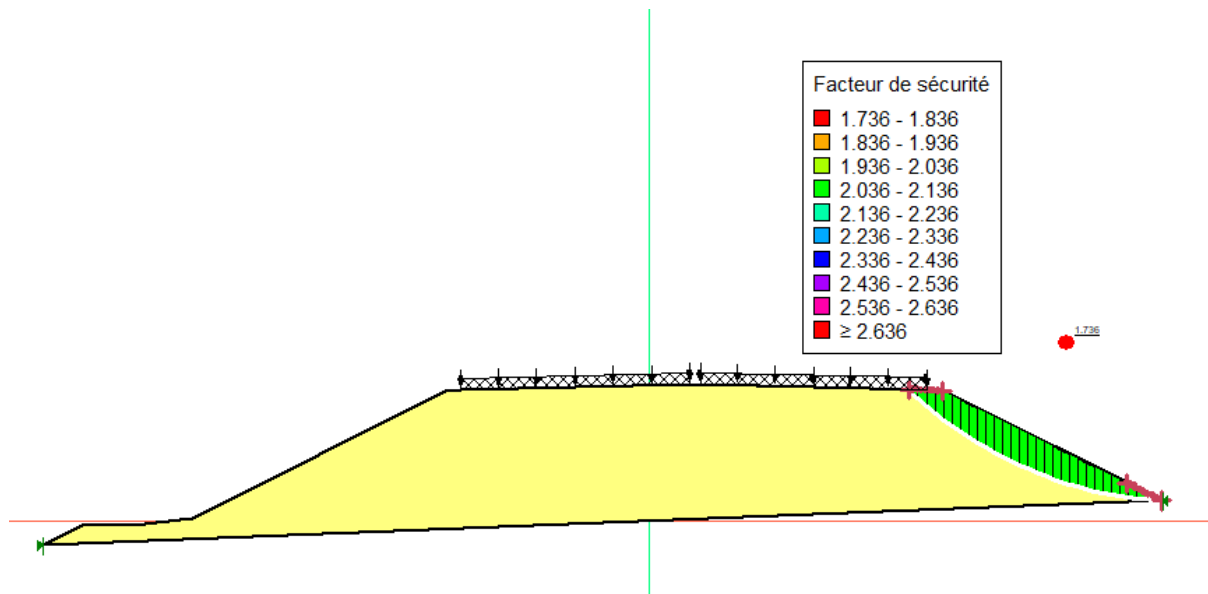


Figure IV.10 : vérification la stabilité de remblai cas statique

Résultat de vérification :

$F_s = 1.736 \geq 1.5$ vérifier.

Donc la stabilité de tous les remblais sont vérifie

Facteur de sécurité (par GEOSTUDIO) cas dynamique :

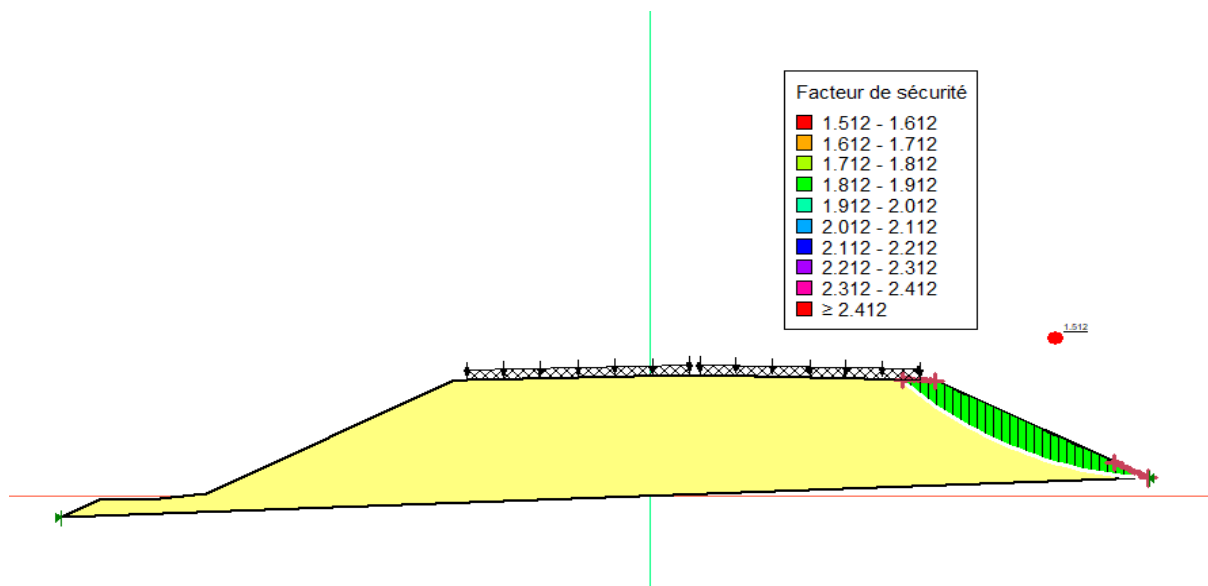


Figure IV.11 : vérification la stabilité de remblai cas dynamique

$F_s = 1.512 \geq 1.1$ Vérifier.

Donc la stabilité de tous les remblais sont vérifie

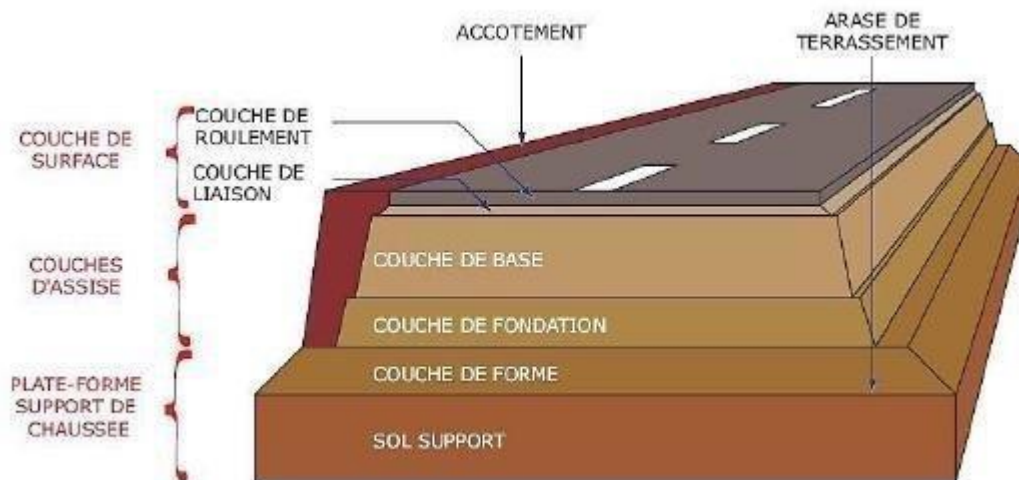
**CHAPITRE V :
DIMENSIONNEMENT DU
CORPS DE CHAUSSEE**

V.1. INTRODUCTION :

La conception d'un projet routier ne se limite pas uniquement au choix d'un tracé optimal ou à l'établissement d'un profil en long adapté. Une fois mise en service, la route devra faire face à diverses contraintes climatiques telles que la pluie, la neige, le gel ou encore le verglas.

C'est pourquoi la qualité de la chaussée revêt une importance capitale. Elle doit non seulement répondre à des exigences géométriques précises, mais également posséder des caractéristiques mécaniques suffisamment robustes pour résister aux différentes charges tout au long de sa durée de vie.

Cela nécessite une bonne connaissance du sol support, ainsi qu'un choix réfléchi des matériaux à intégrer dans la structure de la chaussée.



FigureV.1 : les Elément de chaussées

V.2. L'OBJECTIVE DE DIMENSIONNEMENT :

Selon les paramètres mentionnés précédemment, il sera nécessaire de calculer les épaisseurs des différentes couches qui composent la structure, qui sont :

- La couche surface.
- La couche de base.
- La couche fondation.

C'est là le but principal des méthodes de dimensionnement des structures de chaussées.

V.3. LES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

Il y'a deux méthodes utilisées en Algérie pour le dimensionnement du corps de chaussée :

- **La Méthode du catalogue de dimensionnement Algérien,**
- **La Méthode CBR.**

V.4. LA METHODE CBR :

Cette méthode empirique repose sur l'essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support .

V.4.1. Données et hypothèses de dimensionnement structurel :

Les facteurs pris en compte pour le dimensionnement des chaussées sont les suivants :

- La plate-forme support de chaussée,
- Le trafic, pourcentage de poids lourd, taux de croissance et de la durée de vie de projection du trafic ainsi que du risque de calcul
- L'environnement climatique (température),
- Les caractéristiques des matériaux de chaussée (Module d'élasticité et coefficient de poisson),

V.4.2. Les données :

Les données de calcul :

Le trafic journalier moyen annuel {l'année 2022, TJMA2022= 12750v/j/sens}.

- Année de mise en service : 2030.
- L'environnement : E2, catégorie C1.
- Le pourcentage des poids lourds : $Z = 27.4\%$.
- Taux de croissance annuelle de trafic : $\tau = 3.5\%$.
- La durée de vie : 20ans.
- Trois sondages carottés ont été réalisés aux points kilométriques PK 30, PK 35 et PK 40. L'analyse des résultats a permis d'identifier l'indice **CBR le plus faible** parmi les trois emplacements, qui servira de référence pour le dimensionnement de la chaussée .
- L'épaisseur totale du corps de chaussée est donnée par la formule suivant :

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

Avec :

- e : épaisseur équivalente.
- I : indice CBR (sol support).
- N : désigne le nombre journalier de camions de plus 1500 kg à vide
- P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Calculer N :

$$T_{PL2050} = T_{JMA2050} * 2/3 * Z$$

Application : $T_{PL2050} = 33407 * 2/3 * 0.274 = 2897.55$ v/j/sens.

V.4.3. Répartition transversale sur la voie la plus chargée :

Nous avons des chaussées bidirectionnelles de 3 voies (2x3) donc 50% du trafic PL.

$$N = 0.5 * T_{PL2050} = 1448.77 \text{ v/j/sens.}$$

$$\text{Donc } e = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log(\frac{3051}{10}))}{5.9 + 5}$$

$$e = 56 \text{ cm}$$

V.4.4. L'épaisseur équivalente :

$$E_{eq} = a_1 * e_1 + a_2 * e_2 + a_3 * e_3$$

Avec :

- e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.
- a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence.

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	$a_1 = 2.00$
Grave bitume	$a_2 = 1.20 \text{ à } 1.70$
Grave non traite	$a_3 = 1.00$

On propose deux épaisseurs et on calcule le troisième

- Pour le BB on pose : $e_1 = 8 \text{ cm.}$
- Pour le GB on pose : $e_2 = 10 \text{ cm.}$
- Pour le GNT on pose : $e_3 = X.$

$$E_{totale} = a_1 * e_1 + a_2 * e_2 + a_3 * e_3 \quad \text{Donc : } e_3 = 23 \text{ cm.}$$

Épaisseur réelle : $E_{réel} = 8 + 10 + 23 = 56 \text{ cm}$

Notre structure de chaussée par la méthode de CBR est :

- Couche de roulement en béton bitumineux : 8BB.
- Couche de base en grave bitume : 10GB.
- Couche de fondation en grave non traité : 23GNT.

$$8BB + 10GB + 23GNT$$

V.5. METHODE DU CATALOGUE ALGERIEN DE DIMENSIONNEMENT

:

Les données essentielles pour le dimensionnement de la chaussée sont :

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

V.5.1. données climatiques :

✓ Classification de la zone d'étude :

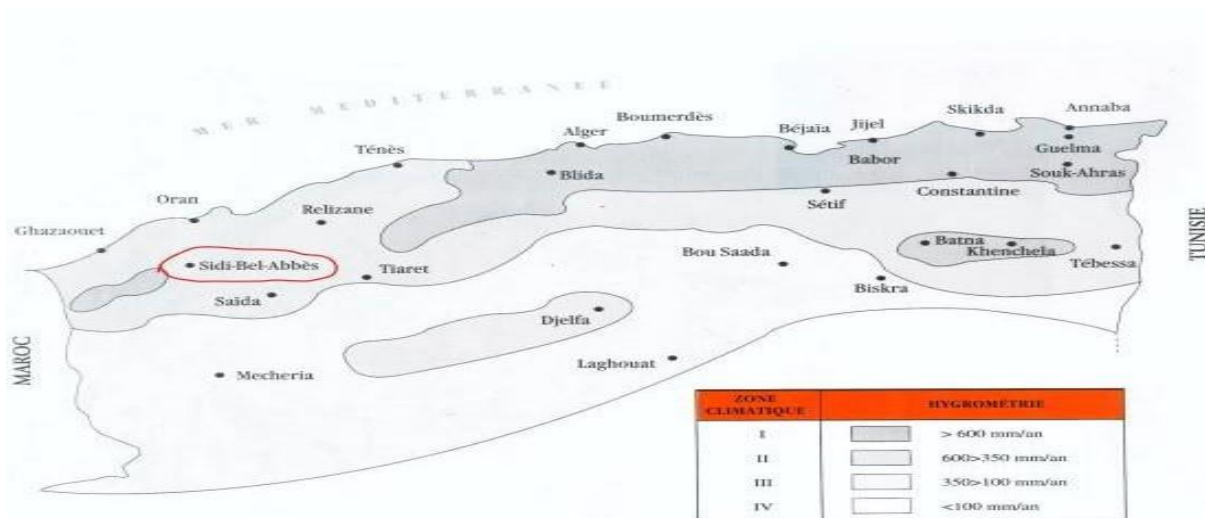


Figure V.2 : Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie (Fascicule 1)

Température équivalente :

Table 19 : Température équivalente :

Zone climatique			
Température Équivalente $\Theta_{eq}(^{\circ}C)$	I et II	III	IV
		20	25

V.5.2. Les données de trafic :

Table 20 : données trafic

Trafic (V/J)	Réseau principale
>1500 v/j	Rp1
<1500 v/j	Rp2

V.5.3. Détermination la classe de trafic TPL :

Les caractéristiques de trafic sont les suivantes :

- Pourcentage de poids lourds 27.4%.
- La durée de vie est de 20 ans.
- Taux de croissance de poids lourds $\tau = 3.5\%$.
- $TJMA_{2030} = 16789 \text{ v/j}$.
- $TPL_{2030} = TJMA_{2028} * Z$

On a : répartition transversale sur la voie la plus chargée : on a **80%** du trafic PL sur la voie lente de droite (chaussées unidirectionnelles à 3 voies).

$$TPL_{2030} = 16798 \times 0.274 \times 0.8 = 3680.149 \text{ PL/j/sens.}$$

La classe de trafic TPL_i est déterminée à partir du trafic poids lourds par jour par sens sur la voie la plus chargée à l'année de référence.

Table 21 : Classe TPL pour Rp1

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

D'après la classification du catalogue de dimensionnement nous sommes dans un réseau principal de classe **TPL7** pour un **TPL=3680 pl/j/sens** entre (3000 et 6000).

V.5.4. Le trafic cumule de poids lourds (TCi) :

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

$$TCi = TPLi \times 365 \times \frac{(1 + (1 + \tau)^{\pi-1}}{\tau}$$

$$TCi = 3680.149 \times 365 \times \frac{(1 + 0.035)^{\pi-1}}{0.035}$$

$$TCi = 37.987 \times 10^6 PL$$

Niveau de réseau Principal (Rpi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
Rp1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB, GB/Tuf, BCg /GC...	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants Hydrauliques GL/GL, BCg /GC	1


Table 22 :valeur A

V.5.5. Trafic cumulé équivalent TCEi :

TCEi correspond au nombre cumulé d'essieux équivalent à 13 tonnes pour la durée de vie considérée.

$$TCEi = TCi \times A.$$

A : coefficient d'agressivité de poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes. En fonction du réseau principal **Rpi**.

Notre choix de Chaussées à matériaux traités au bitume :  **A=0.6**

Donc : **TCEi = 0.6 × TCi = 22.8 × 10⁶ PL**

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

V.5.6. Détermination du risque de calcul :

D'après le catalogue de dimensionnement algérien :

RISQUE (R%)	Classe de trafic	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
	GB/GB, GB/GNT	20	15	10	5	2

Nous avons un risque de $r= 2\%$

V.5.7. Détermination de la portance du sol support :

Table 23 : Les classe de portance du sol

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

On a $CBR=5.9 >5$ donc la portance du sol est : **S3**

V.6. SUR CLASSEMENT AVEC COUCHE DE FORME EN MATERIAUX NON TRAITE :

Table 24 : Sur classement avec couche de forme en matériaux non traité

Classe de portance du sol terrasse	Matériau de couche de forme	Épaisseur de Matériau couche de forme	Classe de portance du sol- support visée
<S4	Matériaux non traité	50 cm (En couches)	S3
S4	//	35cm	S3
S4	//	60cm (En 2 couches)	S2
S3	//	40cm (En 2 couches)	S2
S3	//	70cm (2 couche)	S1

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Donc il faut faire une amélioration par deux couches de matériau non traité MNT (40cm) pour atteindre à la classe de portance S2 (deux couches de tufs 20cm pour chacune).

V.6.1. Choix des différentes couches constituant de la chaussée :

V.6.1.1. Les structures possibles de chaussée d'après le catalogue :

Les structures concernant Rp1 :

Table 25 : Les structure concernant Rp1

Type de matériaux	Fiche structure n°	Type de structure	Zone climatique (*)
1-MTB (matériaux traités au bitume)	1	GB/GB	I.II
	2	GB/GNT	I.II
	3	GB/GNT	III
	4	GB/SGI	IV
	5	GB/TUFI	III
2-MTH (matériaux traités au liant hydrauliques)	6	GL/GL	I.II
	7	BCg/GC	I.II

Nous avons dans la zone **II** matériaux traités au bitume (**MTB**) :

- Couche de base en grave bitume et Couche de fondation en grave bitume : **GB/GB**.
- Couche de base en grave bitume et Couche de fondation en grave non traité : **GB/GNT**.

Choix de dimensionnement du corps de chaussée

Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique **II**, durée de vie de **20 ans**, la classe de trafic **TPL7** et un taux d'accroissement moyen (**3.5%**).

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

TPLi PL/j/sens	Si	S2	S1	S0
		50 MPa	125 MPa	200 MPa
6000		8 BB 14 GB 15 GB	8 BB 12 GB 13 GB	8 BB 11 GB 11 GB
TPL7				
3000				
3000		8 BB 12 GB 13 GB	8 BB 11 GB 11 GB	8 BB 10 GB 10 GB
TPL6				
1500				
1500		6 BB 11 GB 12 GB	6 BB 10 GB 10 GB	
TPL5				
600				
600		6 BB 10 GB 10 GB		
TPL4				
300				

Figure V.I.3 : Choix de dimensionnement de corps de chaussée (Fascicule3)

Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (fascicule N°3) propose la structure suivante :

- Couche de roulement : **BB = 8 cm.**
- Couche de base : **GB = 14cm.**
- Couche de fondation : **GB = 15cm.**

Choi final de la structure chaussée : **8B + 14GB + 15GB**

Et nous avons choisi aussi pour la couche de forme le matériaux non traite 40cm (20cm par couches) **TUF.**

V.7. CALCUL DE LA DEFORMATION ADMISSIBLE :

V.7.1. Calcul de la déformation admissible ($\epsilon_{z, adm.}$) du sol support :

$$\epsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times TCEi^{-0.235}$$

Application numérique : $\epsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (22.8 \times 10^6)^{-0.235}$

$$\epsilon_{z, adm} = 410 \times 10^{-6}$$

V.7.2. Calcul de la déformation admissible de traction $\epsilon_{t, adm}$

La valeur admissible de tractions est donnée par la relation suivante :

$$\epsilon_{t,m} = \epsilon_6(10^\circ c, 25Hz) \times k_{ne} \times k_{\theta} \times k_r \times k_c$$

$\epsilon_6(10^\circ c, 25hZ)$: déformation limite détenue au bout de 106 cycles avec une probabilité de

- rupture de 50% à 10°C et 25Hz (essai de fatigue).
- K_{θ} : facteur lié à la température.
- K_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- K_r : facteur lié au risque et aux dispersions.
- K_c : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée.

Avec : $K_r = 10^{-tb\delta}$, $K_{ne} = (TCE_i / 106)^b$, $K_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^\circ c)}{E_{\theta eq}}}$

D’ou :

$$\epsilon_{t,adm} = \zeta_6(10^\circ C, 25Hz) \times (TCE_i / 106)^b \times K_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^\circ c)}{E_{\theta eq}}} \times 10^{-tb\delta} \times K_c$$

- b : pente de la droite de fatigue ($b < 0$).
- $E(10^\circ c)$: module complexe du matériau bitumineux à 10°C.
- $E(\theta_{eq})$: module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.
- δ : La dispersion
- SN : dispersion sur la loi de fatigue.
$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} Sh\right)^2}$$
- Sh : dispersion sur les épaisseurs.
- c : coefficient égal à 0.02
- t : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté ($r\%$).
-

Table 26 : Fractile de la loi normale

r%	2	3	5	7	10	15	20
t	-2.054	-1.881	-1.654	-1.520	-1.282	-1.175	1.036
r%	20	23	25	30	35	40	50
t	-0.824	-0.739	-0.674	-0.524	-0.385	-0,253	0

V.7.3. Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Es performances mécaniques relatives aux différents types de matériaux sont données dans le tableau suivant :

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Table 27 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux

MTB	E Mpa (30c,10Hz)	E Mpa (25c,10Hz)	E Mpa (20c,10Hz)	E Mpa (10c,10Hz)	ϵ_6 Mpa (10c,25Hz) 10^{-6}	-1/b	SN	Sh (cm)	v	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	0.86	2.5	0.45	1.3

D'après le tableau au dessus on obtient :

- θ_{eq} = température équivalent ($\theta_{eq} = 20c^\circ$) => **E (20° ,10HZ)=7000 MPa.**

Classe de trafic (**TPL7**).

- Risque adopté pour le réseau RP1 et la classe du trafic **TPL7 (r=2%)**.
- c : coefficient égal 0.02
- t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté donc (**t=-2.054**).

Application numérique :

$$\text{Donc on a : } \delta = \sqrt{0.45^2 \times \left(\frac{0.02}{-0.146}\right) \times 3)^2}$$

$$\delta = 0.609$$

Donc

$$\epsilon_{t,adm} = 72.23 \times 10^{-6}$$

V.7.4. Vérification de la fatigue des structures et de la déformation du sol support

Pour la vérification il faut vérifier que les déformations ϵ_t et ϵ_z de la structure calculée à l'aide d'Alizé-LCPC, sont inférieurs aux valeurs admissibles ($\epsilon_{t,adm}$ et $\epsilon_{z,adm}$) calculées

$$\epsilon_z < \epsilon_{z,adm} \quad \text{Et} \quad \epsilon_t < \epsilon_{t,adm}$$

V.7.5. ALISÉ-LCPC :

Logiciel **ALISÉ-LCPC** est le programme de référence utilisé pour les calculs de dimensionnement des charges en France, il permet de réaliser les calculs des déformations de structures chaussées.

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

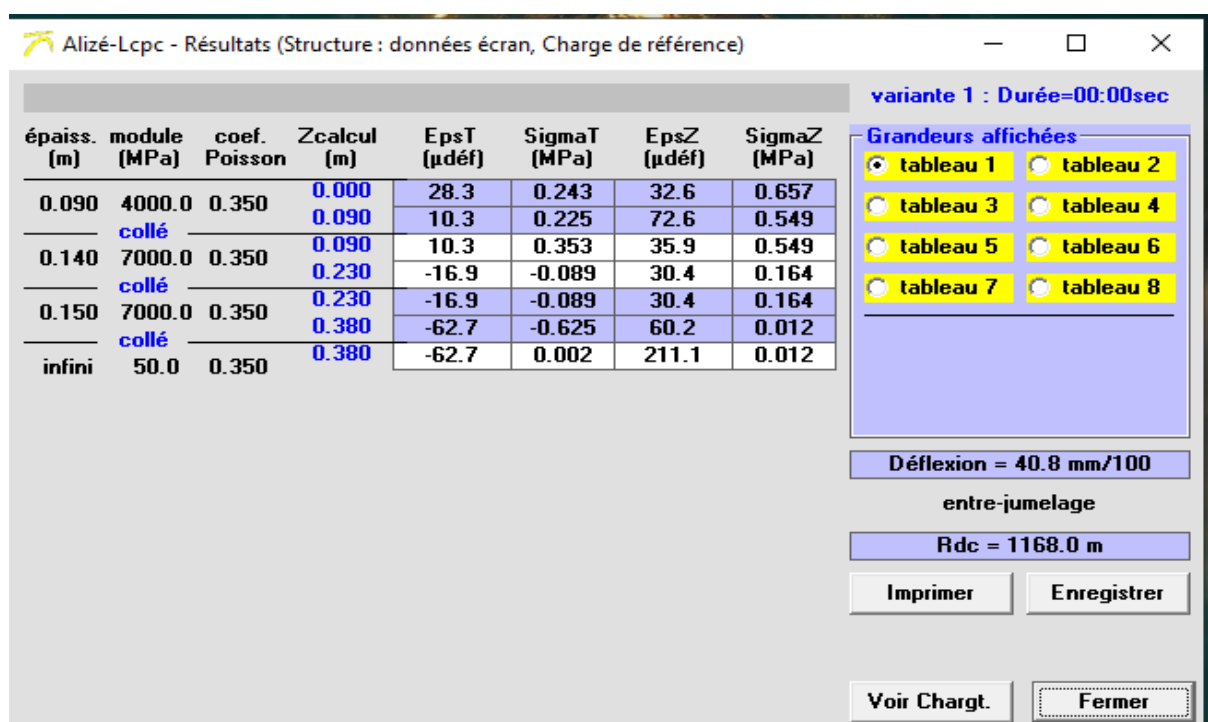


Figure V.I.4 : Les résultats de calcul qui obtient par Alizé-LCPC

$$\epsilon_z = 211.1 \cdot 10^{-6} < \epsilon_{z, adm} = 410 \times 10^{-6} \text{ vérifier}$$

$$\epsilon_t = 62.7 \cdot 10^{-6} < \epsilon_{t, adm} = 72.23 \text{ vérifier}$$

donc on a :

- Couche de roulement : **BB = 8 cm.**
- Couche de base : **GB = 14cm.**
- Couche de fondation : **GB = 15cm.**

Choi final de la structure chaussée : **8BB + 14GB + 15GB+40TUF**

Figure I.5 : La structure de chaussée adoptée

8BB
14GB
15GB
20TUF
20TUF

**CHAPITRE VI :
ASSAINISSEMENT**

VI.1. INTRODUCTION :

L'assainissement routier constitue un élément fondamental dans la conception, la réalisation et l'exploitation des infrastructures linéaires. Les ouvrages hydrauliques doivent être dimensionnés de manière à permettre le rétablissement adéquat des écoulements naturels, afin de prévenir les risques d'inondation et d'érosion des terrains environnants. Par ailleurs, ils doivent assurer la stabilité de l'infrastructure en limitant les infiltrations susceptibles d'affecter la portance du corps de chaussée.

Le réseau d'assainissement a pour mission de recueillir les eaux de ruissellement issues des bassins versants routiers et des talus, pour ensuite les diriger vers des exutoires adaptés. Ce réseau se développe généralement le long de l'infrastructure selon une logique gravitaire, reliant les points hauts aux points bas, grâce à l'assemblage d'ouvrages élémentaires (linéaires ou ponctuels, enterrés ou à ciel ouvert).

Un réseau mal conçu peut entraîner divers désordres en surface, tels que des débordements d'ouvrages ou des inondations, mais également des dégradations structurelles de la chaussée à moyen terme. Ces défaillances représentent un danger pour la sécurité des usagers et compromettent la durabilité de l'infrastructure. En outre, les eaux de ruissellement évacuées hors de la plateforme peuvent avoir un impact non négligeable sur l'environnement.

VI.2. SYSTEMES ET OUVRAGES DE DRAINAGE TRANSVERSAL

Le drainage transversal a pour objectif de recueillir les eaux s'écoulant perpendiculairement à l'axe de la chaussée, qu'elles proviennent de la surface de roulement ou des accotements. Il s'appuie principalement sur des ouvrages spécifiques tels que...

- **Les ponts.**
- **Les dalots.**
- **Le passage busé.**
- **Caniveaux :** Ce sont des fossés situés de part et d'autre de la chaussée, destinés à recueillir l'eau de ruissellement. Leur pente transversale dirige l'eau vers le drainage longitudinal.
- **Exutoires :** Ce sont des points de sortie de l'eau collectée dans les caniveaux. Ils peuvent prendre la forme de fossés latéraux, de canalisations souterraines ou de regards connectés au drainage longitudinal.
- **Descendants d'accotement :** Ce sont des dispositifs qui permettent à l'eau de s'écouler des accotements vers les caniveaux. Ils peuvent être constitués de caniveaux en béton, en gabions ou de simples pentes en terre compactée.

CHAPITRE VI : ASSAINISSEMENT

VI.3. SYSTEMES DE DRAINAGE LONGITUDINAL :

Le drainage longitudinal vise à collecter l'eau drainée par le drainage transversal et à l'acheminer vers un exutoire final. Les principaux ouvrages de drainage longitudinal comprennent :

- **Caniveaux longitudinaux** : Fossés en bord de chaussée
- **Collecteurs** : Canalisations souterraines acheminant l'eau des caniveaux sur de longues distances, en béton, PVC ou autres matériaux.

VI.4. ÉTUDE HYDROLOGIQUE :

L'étude hydrologique consiste en une analyse détaillée du cycle de l'eau au sein d'un bassin versant donné, en intégrant les phénomènes de précipitation, d'infiltration, de ruissellement, d'évaporation et d'écoulement des cours d'eau.

Table 28 : Prédimensionnement des ouvrages (SETRA)

Début cure	Q50<1.25	1.25<Q<2.25	2.25<Q<Q50<4.2	4.25<Q50<5
Type	Buse	Buse	Buse	Dalot
Dimensionnement	1-1φm	1-1.2φm	1.1.5φm	1-1.5×1.5m
5.5<Q50<9.5	9.5<Q50<14	14<Q50<28	28<Q50<35	35<Q50<42.5
Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot
1-2×2m	1-3×2m	1-4×3m	2-3×2m	2-4×3

VI.4.1. Bassin versant :

Un bassin versant est une portion de territoire naturellement délimitée par des lignes de crête (collines, montagnes, etc.), à l'intérieur de laquelle toutes les eaux de pluie ou de fonte des neiges s'écoulent, en suivant la pente du terrain, vers un même point de concentration appelé exutoire (tel qu'un cours d'eau, un lac ou un ouvrage de drainage). Il comprend l'ensemble du réseau hydrographique (ruisseaux, rivières, affluents) qui draine ces eaux. La connaissance du bassin versant est essentielle en hydrologie, en gestion des eaux pluviales et en prévention des risques d'inondation, car il conditionne le volume, la vitesse et la direction des écoulements.

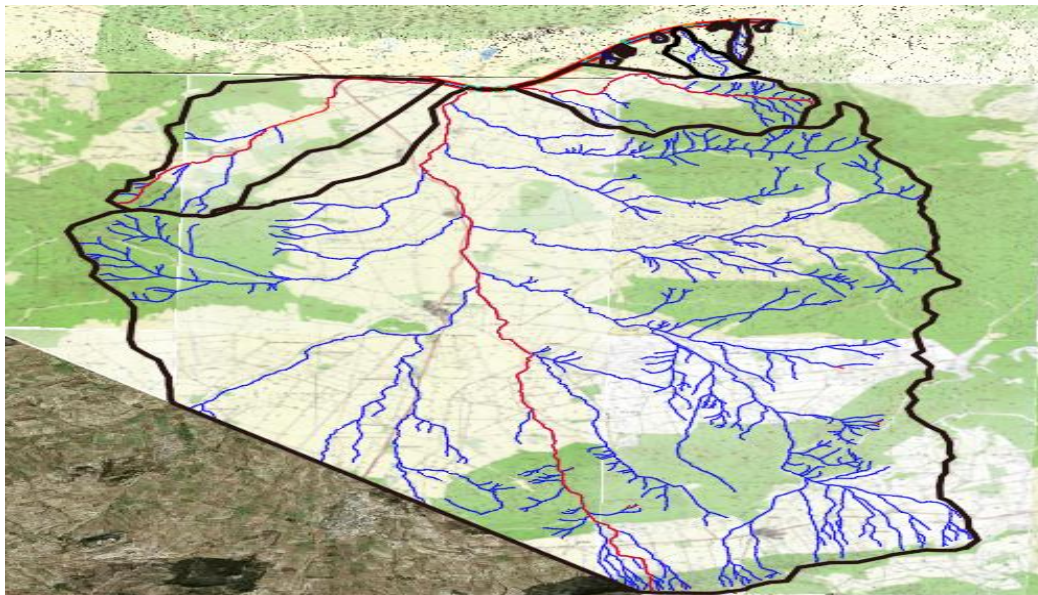


Figure VI.1 : Les bassins versants délimités en utilisant le logiciel CIVIL3D.

Table 29 : Caractéristiques Physiques Des Bassins Versants :

N°BV	S(km ²)	Périm	Ld(m)	Hmax(m)	Hmin(m)	Pente I(m/m)
1	32.239	1.10	12736	1102.00	626.00	0.0374
2	436.018	1.73	31593	1286.00	629.00	0.0208
3	19.688	0.84	9736	965.00	632.00	0.0342
4	0.208	14.98	588	751.00	642.00	0.1854
5	0.073	1.32	169	717.00	640.00	0.4553
6	0.069	1.08	177	703.00	632.00	0.4007
7	0.074	8.11	294	692.00	615.00	0.2618
8	0.131	2.86	344	629.00	605.00	0.0698
9	2.804	26.23	3123	908.00	601.00	0.0983
10	0.048	2.87	310	617.00	597.00	0.0645
11	0.019	1.27	180	606.00	596.00	0.0556
12	0.041	5.52	412	617.00	597.00	0.0485
13	0.040	4.45	394	618.00	598.00	0.0507
14	0.846	1.48	2323	818.00	597.00	0.0952
15	0.141	1.44	562	601.00	581.00	0.0356

VI.5. LES REGLES A RESPECTEES POUR LE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES

Lors du dimensionnement d'un ouvrage de franchissement, les règles à respecter :

- L'ouvrage hydraulique ne doit pas fonctionner en charge.
- Le volume de l'ouvrage peut être utilisé jusqu'à 80 % de sa hauteur.
- Le calage de l'ouvrage doit permettre un remous en amont acceptable par rapport à l'état initial, tout en évitant des vitesses trop élevées en aval susceptibles de provoquer des désordres à la sortie.
- Les dérivations temporaires doivent reproduire les caractéristiques hydrauliques du cours d'eau initial.

VI.5.1. L'estimation du débit de pointe

Le calcul se fait par la méthode rationnelle dont la formule s'écrit :

$$Q_a = 0.278 \times C \times I \times A$$

- **Q_a** : Débit de pointe de crue en (m³/s).
- **K** : Coefficient de conversion des unités $K = 1000/3600 = 0.278$.
- **C** : Coefficient de ruissellement.
- **I** : Intensité moyenne de l'averse décennale en (mm/h).
- **A** : Superficie du bassin versant en (km²).

VI.5.2. Le Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement C représente la part d'eau de pluie qui s'écoule sur un sol déjà saturé. Il est calculé selon la méthode de Kenessey en additionnant trois coefficients spécifiques.

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

- ✓ C₁ : Coefficient associé à la pente.
- ✓ C₂ : Coefficient associé à la nature du sol.
- ✓ C₃ : Couverture végétale

Table 30 : Coefficients de ruissellement – C₁

Pente	C ₁		
≤ 3.5 %	0.01	0.03	0.05
Entre 3.5 et 11 %	0.06	0.08	0.10
Entre 11 et 35 %	0.12	0.16	0.20
> à 35 %	0.22	0.26	0.30

Table 31 : Coefficients de ruissellement – C2

Nature du sol	C2		
Imperméable	0.22	0.26	0.30
Peu perméable	0.10	0.15	0.20
Perméable	0.06	0.08	0.10
Très perméable	0.03	0.04	0.05

Table 32 : Coefficients de ruissellement – C3

Couverture végétale	C3		
Rocheux	0.22	0.26	0.30
Prairie	0.17	0.21	0.25
Labours champs	0.07	0.11	0.15
Forêt et territoire sableux	0.03	0.04	0.05

VI.5.3. Temps de concentration TC :

C'est le temps que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée pour parvenir à l'exutoire.

- Formule de Ventura $S < 5 \text{ km}^2$

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{2S}{P}}$$

- Formule de passini $5 < S < 25 \text{ km}$

$$Tc = 0.108 \frac{\sqrt[3]{S \times L}}{\sqrt{P}}$$

- Formule de Giandotti $25 < S < 125 \text{ km}^2$

$$Tc = \frac{4 \times \sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

CHAPITRE VI : ASSAINISSEMENT

Avec :

- Tc : temps de concentration (heures) ; S : superficie du bassin (km²) ;
- P : Pente moyenne du bassin versant en m/m ; L : longueur du thalweg principal (km)
- H : Hmoy - Hmin en m ;
- Hmoy : altitude moyenne (m)= (Hmax+Hmin) /2 ;
- Hmax : altitude maximale (m) ;
- Hmin : altitude minimale (m).

VI.5.4. Intensité de la pluie

L'intensité de la pluie est calculée avec la formule de Montana :

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

- I : Intensité de pluie exprimé en mm/h
- T : Période de retour exprimé en ans
- tc : temps exprimé en heures
- a et b : paramètres de Montana.

Table 33 : Paramètres de Montana

b = 0.60						
T (ans)	2	5	10	20	50	100
a (T)	12.10	17.60	21.20	24.70	29.20	32.60

VI.6. LES RESULTATS DE CALCUL DES DEBITS :

On utilise la méthode rationnelle pour le calcul du débit de pointe d'une crue. Cette méthode repose sur le principe de transformation d'une pluie de projet, caractérisée par son intensité, supposée uniforme et constante dans le temps, en un débit maximal instantané au temps de concentration, moment où tout le bassin contribue au débit.

Elle convient pour estimer le débit centennal sur des surfaces où le temps de concentration est court. Les débits de pointe obtenus avec la méthode rationnelle, pour une période de retour de cent ans, sont calculés pour des bassins versants de 25 km² de surface ou plus .

$$Q_{100} = \frac{Cr \times I_{100} \times S}{3.6}$$

CHAPITRE VI : ASSAINISSEMENT

Table 34 : Les résultats de calcul des débits

Pk	Cr	N de bassin	Tc (h)	S (km ²)	I20 (mm/h)	I50 (mm/h)	I100 (mm/h)	Q20 (m ³ /s)	Q50 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)
30+260	0.35	1	3.39	32.24	11.88	14.04	15.68	37.23	44.01	49.14
31+300	0.30	2	9.03	436.02	6.60	7.80	8.71	239.69	283.35	316.35
32+680	0.30	3	3.37	19.69	11.92	14.09	15.73	19.56	23.12	25.82
35+640	0.45	4	0.13	0.21	82.30	97.29	108.62	2.14	2.53	2.82
35+950	0.55	5	0.05	0.07	147.31	174.15	194.43	1.65	1.95	2.18
36+090	0.65	6	0.05	0.07	144.15	170.42	190.26	1.81	2.14	2.38
36+300	0.55	7	0.07	0.07	124.58	147.28	164.43	1.40	1.66	1.85
37+380	0.45	8	0.17	0.13	70.57	83.43	93.15	1.15	1.36	1.52
38+010	0.45	9	0.68	2.80	31.18	36.86	41.15	10.93	12.92	14.42
39+010	0.45	10	0.11	0.05	92.93	109.86	122.65	0.56	0.66	0.74
39+090	0.45	11	0.07	0.02	117.74	139.19	155.40	0.28	0.33	0.37
39+240	0.45	12	0.12	0.04	89.60	105.92	118.26	0.46	0.54	0.61
39+320	0.45	13	0.11	0.04	91.54	108.21	120.81	0.46	0.54	0.60
39+820	0.45	14	0.38	0.85	44.24	52.30	58.39	4.68	5.53	6.17
40+530	0.45	15	0.25	0.14	56.34	66.61	74.36	0.99	1.17	1.31

VI.7. CRITERES DE CHOIX DES OUVRAGES HYDRAULIQUES :

Le choix d'un ouvrage hydraulique adéquat dépend étroitement des caractéristiques hydrauliques et géométriques du cours d'eau. Ainsi, plusieurs éléments doivent être pris en compte :

- Le débit à évacuer, qui influe directement sur la dimension de la section d'écoulement ainsi que sur le type d'ouvrage à adopter.
- La hauteur disponible entre la cote du projet et le fond du talweg, qui conditionne le type d'aménagement possible.
- La facilité et la rapidité de mise en œuvre des solutions industrialisées, constituées d'éléments préfabriqués transportables et assemblés sur site, représentent un avantage notable pour optimiser les délais et réduire les coûts de construction.
- Les contraintes de délai d'exécution, particulièrement dans les zones à accès difficile, où une réalisation rapide est primordiale.

VI.8. LES TYPES DES OUVRAGES :

- **Les ouvrages hydrauliques transversaux (Buses/Dalots) :**

Ils doivent être conçus pour assurer le transit des débits de crues sans risque de déversement sur la voie ferrée.

- **Les ouvrages hydrauliques longitudinaux (fossés) :**

Ils destinés à recueillir les eaux de ruissellement et à les conduire le long de la voie jusqu'à l'angle transversale (écoulement, point bas) la plus proche. En général, les fossés ont des sections trapézoïdales ou triangulaires.

- **Capacité de débit des ouvrages hydrauliques :**

La méthode utilisée pour calculer le débit de saturation est celle de Manning-Strickler, selon la formule suivante :

VI.9. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES :

VI.9.1. Dimensionnement des buses :

Les buses sont fréquemment privilégiées dans les projets en raison de leur coût avantageux. Pour assurer un dimensionnement optimal, on utilise la formule de Manning-Strickler et on veille au respect des conditions d'auto-curage, afin de garantir la sécurité et la pérennité des ouvrages envisagés.

- **Prédimensionnement :**

- Surface mouillée : $S_m = \frac{\pi d^2}{4}$
- Périmètre mouillé : $P_m = \pi d$

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{\pi d^2/4}{\pi d} = \frac{d}{4}$$

$$Q_s = Q_{100} = K \times S_m \times R_h^{2/3} \times \sqrt{i} \quad \text{Donc} \quad d = \left(\frac{Q_{100} \times 4^{5/3}}{K \times \pi \times \sqrt{i}} \right)^{3/8}$$

- Le choix de Φ qui est supérieur au diamètre calculé.

Vérification de conditions suivantes :

- $Q_{100} < Q_{PS} \rightarrow V < 4 \text{ m/s}$ Avec $R_q = Q_{100}/Q_{ps}$
- Pour $R_q = Q_{100}/Q_s = 0.1$ il faut que $V > 0.6 \text{ m/s}$
- Pour $R_q = Q_{100}/Q_s = 0.01$ il faut que $V < 0.3 \text{ m/s}$

$i \geq 0.2\%$ (dépend du terrain sur le site du projet)

Le taux de remplissage recommandé ($R_q = Q/Q_{ps}$) varié entre 70% et 80%

➤ **Application de ce projet : on prend le bassin versant n°15**

On a $Q_{100} = 6.43 \text{ m}^3/\text{s}$, $K = 80$ (en beton), $i = 0.01 = 1\%$

- **Formule**

$$d = \left(\frac{Q_{100} \times 4^{5/3}}{K \times \pi \times \sqrt{i}} \right)^{3/8}$$

- **Applications numérique**

$$d = \left(\frac{1.31 \times 4^{5/3}}{80 \times \pi \times \sqrt{0.01}} \right)^{3/8}$$

- **Résultat**

$$d = 0.785$$

Alors on choisit $\Phi = 1500 \text{ mm} = 1,5 \text{ m}$ $Sm = \frac{\pi \Phi^2}{4} = 0.44$ $Pm = \pi \Phi = 4.71$

- **Formule**

$$Q_{ps} = k \times \frac{\pi \times \Phi^2}{4} \times \left(\frac{\Phi}{4} \right)^{2/3} \times \sqrt{i}$$

- **Applications numérique**

$$Q_{ps} = 80 \times \frac{\pi \times (1.5)^2}{4} \times \left(\frac{1.5}{4} \right)^{2/3} \times \sqrt{0.01}$$

- **Résultat**

$$Q_s = 7.35 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ **Vérification des conditions suivantes :**

Table 35 : verification des condition

$Q_{100} < Q_{ps}$	✓ $1.31 \text{ m}^3/\text{s} < 7.35 \text{ m}^3/\text{s}$	Vérifie
$V < 4 \text{ m/s}$	✓ $Rq = Q_{100}/Q_{ps} = 0.18$ ✓ $V / VPS = 0.76$ ✓ $v = 3.13 < 4 \text{ m/s}$	Vérifie
$Rq = 0,1$, vaut que $V > 0.6 \text{ m/s}$	✓ $V / VPS = 0.64$ ✓ $v = 2.66 > 0.6 \text{ m/s}$	Vérifie
$Rq = 0.01$,vaut que $V > 0.3 \text{ m/s}$	✓ $V / VPS = 0.32$ ✓ $v = 1.33 > 0.3 \text{ m/s}$	vérifie

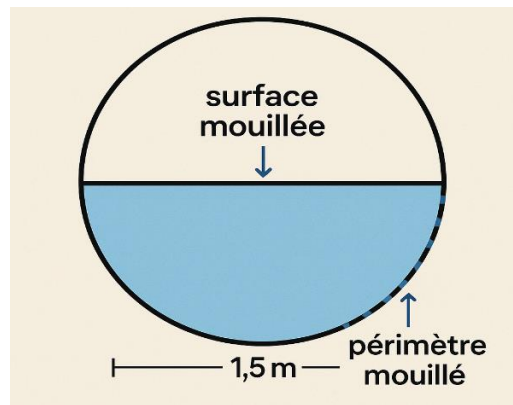


Figure VI.2 : Schéma de la Buse

➤ Liste des buse :

Tableau VI-1: Liste des buses.

N° de BV	PK	d calculé (m)	Φ (mm)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Q _{PS} (m ³ /s)	V _{PS} (m/s)	R _q	R _v	I (m/m)	V (m/s)
5	35+950	1.083	1000	2.18	5.60	3.56	0.38	0.93	0.005	3.30
6	36+090	1.12	1000	2.38	5.60	3.56	0.42	0.95	0.005	3.39
7	36+300	1.019	1200	1.85	2.87	2.54	0.640	1.06	0.005	2.70
8	37+380	0.831	1200	1.52	4.05	3.59	0.370	0.92	0.01	3.29
10	39+010	0.634	1200	0.74	4.05	3.59	0.180	0.76	0.01	2.74
11	39+090	0.488	1000	0.37	2.49	3.17	0.140	0.71	0.01	2.26
12	39+240	0.670	1000	0.61	1.76	2.24	0.340	0.90	0.005	2.02
13	39+320	0.587	1000	0.60	2.49	3.17	0.240	0.82	0.01	2.61
15	40+530	0.786	1500	1.31	7.35	4.16	0.170	0.75	0.01	3.13

VI.9.2. Dimensionnement des dalots :

Les dalots sont généralement utilisés pour des débits supérieurs à 10 m³/s. Toutefois, les débits admissibles peuvent varier de manière significative et atteindre des valeurs très élevées. Dans ces situations, lorsqu'elle est favorable, la topographie du site permet de recourir à une batterie de dalots ou de buses.

- **Prédimensionnement :**

Nous utilisons une méthode d'itération pour obtenir les meilleures dimensions B et H pour les dalots, satisfaisant les conditions suivantes :

Vérification de conditions suivantes :

- $Q_{100} < Q_{PS} \rightarrow V < 4 \text{ m/s}$ Avec $R_q = Q_{100}/Q_{ps}$
- Pour $R_q = Q_{100}/Q_s = 0.1$ il faut que $V > 0.6 \text{ m/s}$
- Pour $R_q = Q_{100}/Q_s = 0.01$ il faut que $V < 0.3 \text{ m/s}$
- $i \geq 0.2\%$ (dépend du terrain sur le site du projet)
- Le taux de remplissage recommandé ($R_q = Q/Q_{ps}$) varié entre 70% et 80%

Et pour obtenir le débit correspondant aux dimensions B et H choisies On a

- Surface mouillée : $S_m = B \times H$
- Périmètre mouillée : $P_m = B + (2 \times H)$

$$Rh = \frac{S_m}{P_m} = \frac{B \times H}{B + 2 \times H}$$
$$Q_s = Q_{100} = K \times S_m \times Rh^{2/3} \times \sqrt{i}$$

- **Application de ce projet : on prend le bassin versant n°14**

On a $Q_{100} = 6.17 \text{ m}^3/\text{s}$, $K = 70$ (en béton), $i = 0.005 = 1\%$

- **Formule**

- $S_m = B \times H$
- $Rh = \frac{B \times H}{B + 2 \times H} d$
- $Q_s = K \times S_m \times Rh^{2/3} \times \sqrt{i}$

- **Applications numérique**

- $S_m = 2 \times 2$
- $Rh = \frac{2 \times 2}{2 + 2 \times 2}$
- $Q_s = 70 \times 4 \times 0.67 \times \sqrt{0.005}$

- **Résultats**

- $S_m = 4 \text{ m}^2$
- $Rh = 0.67$
- $Q_s = 15.11 \text{ m}^3/\text{s}$

CHAPITRE VI : ASSAINISSEMENT

➤ Vérification des conditions suivantes :

VI.9.2.1. Tableau 8 : vérification des conditions

$Q_{100} < Q_{ps}$	✓ $6.17 \text{ m}^3/\text{s} < 15.11 \text{ m}^3/\text{s}$	Vérifie
$V < 4 \text{ m/s}$	✓ $R_q = Q_{100}/Q_{ps} = 0.4$ ✓ $V / V_{PS} = 0.94$ ✓ $v = 3.5 < 4 \text{ m/s}$	Vérifie
$R_q = 0,1$, vaut que $V > 0.6 \text{ m/s}$	✓ $V / V_{PS} = 0.64$ ✓ $v = 2.41 > 0.6 \text{ m/s}$	Vérifie
$R_q = 0.01$, vaut que $V > 0.3 \text{ m/s}$	✓ $V / V_{PS} = 0.32$ ✓ $v = 1.2 > 0.3 \text{ m/s}$	vérifie

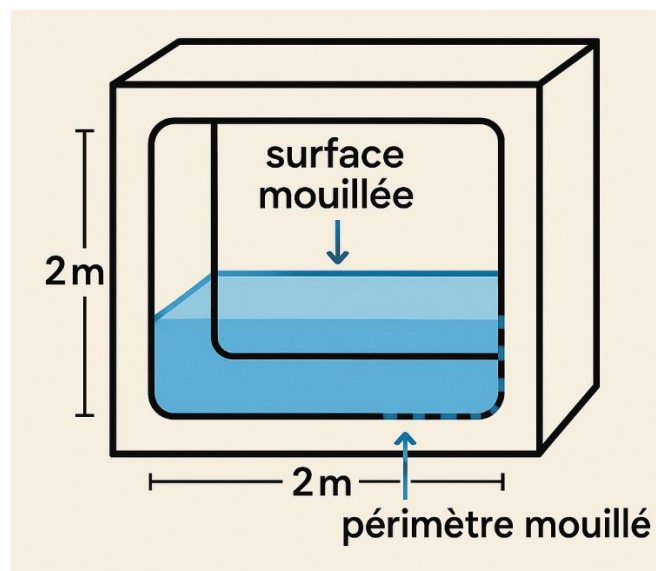


Figure VI.3 : Schéma d'un dalot 2 m × 2 m

➤ **Liste des dalots :**

Table 36 : Liste des dalots .

N° de BV	PK	B (m)	H (m)	S _m (m ²)	P _m (m)	R _h (m)	i (m/m)	Q100 (m ³ /s)	QPS (m ³ /s)	VPS (m/s)	R _q	R _v	V (m/s)
1	30+260	3.75	3.5	13.13	10.75	1.22	0.002	49.14	46.94	3.58	1.040	1.13	3.95
3	32+680	3	3	9.00	9.00	1.00	0.002	25.82	28.17	3.13	0.910	1.13	3.55
4	35+640	1.5	1.5	2.25	4.50	0.50	0.005	2.82	7.02	3.12	0.400	0.94	2.93
9	38+010	3	2	6.00	7.00	0.86	0.003	14.42	20.76	3.46	0.690	1.08	3.73
14	39+820	2	2	4.00	6.00	0.67	0.005	6.17	15.11	3.78	0.400	0.94	3.55

VI.10. LES OUVRAGES HYDRAULIQUES LONGITUDINAUX (FOSES):

Le drainage longitudinal de l'emprise et de la plateforme a pour objectif d'assurer la pérennité et la sécurité de la chaussée. Il a pour fonction de collecter et d'évacuer :

- Les eaux de pluie s'écoulant sur la plateforme en direction des couches de structure,
- Les écoulements provenant des talus et des bassins versants.

Le dimensionnement du réseau d'assainissement de la plateforme se base généralement sur une période de retour de 10 ans.

VI.10.1. Les surfaces des sous-bassins versants

On prend le déblai le plus grand pour le dimensionnement des fossés. (L=800m)

Table 37 : Les surfaces des sous-bassins versants

SBV	Largeur(m)	Surface (m ²)	Pente (%)
Chaussée + BAU + BDG	14	11480	2.5
Berme	1	820	8
Talus de déblai	23.5	19270	33.33

CHAPITRE VI : ASSAINISSEMENT

VI.10.2. Le débit d'apport :

$$Q_a = 0.278 \times C \times I_t \times A$$

Avec $Q_a = Q_c + Q_B + Q_T$

Avec :

- Q_c : débit d'apport de (chaussée + BAU+BDG) ;
- Q_B : débit d'apport de Berme ;
- Q_T : débit d'apport de Talus.

Temps de concentration TC :

La surface inférieure a inférieure a 5 km^2 : $T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{S}{P}}$

Intensité (T=10 ans) : $I(t, T) = \frac{a(T)}{t c^{b(T)}}$ Avec : **a= 21.2 ; b=0.6.**

Table 38 : Coefficient de ruissellement

Type de chaussée	Valeur de C	Choi de valeur
Chaussée revêtement en enrobés	0.8-0.95	0.95
Accoutument	0.10-0.40	0.40
Talus	0.10-0.30	0.30

Table 39 : Détermination des débits d'apports

SBV	S(km ²) 10 ⁻⁶	C	p (%)	Tc(h)	I(mm/h)	Qa (m ³ /s)	Qaeq
1	11480	0.95	2.5	0.086	92.39	0.28	0.592
2	820	0.40	8	0.013	287.06	0.026	
3	19270	0.3	33.33	0.03	173.80	0.286	

VI.10.3. Dimensionnement de fossé :

On pose l'angle $\alpha = 45^\circ$

pour simplifier les calculs ($e = h$).

section mouillée : $S_m = h(b + h)$

périmètre mouillé : $P_m = 2\sqrt{2}h + b$

Rayon mouillé : $R_m = \frac{S_m}{P_m}$

$Q_a = Q_s = K_{st} \times I^{1/2} \times R_m^{3/2} \times S_m$

On constate h :

$$Q_a = K_{st} \times I^{1/2} \times \left(\frac{h(b + h)}{2\sqrt{2}h + h} \right)^{3/2} \times h(h + b)$$

$$h = \left(\frac{Q_a}{K_{st} \times I^{1/2} \times b} \right)^{\frac{3}{5}} \times \left(\frac{1 + 2\sqrt{2\frac{h}{b}}}{1 + \left(\frac{h}{b}\right)} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Avec :

Les fossées en béton armé collé sur place, donc le coefficient de rugosité $K_{st} = 70$;

La pente de fossé $I = 1\%$.

On pose $B = 50 \text{ cm}$

Application :

On propose $h = 50$ après deux itérations en trouve : $h = 50 \text{ cm}$

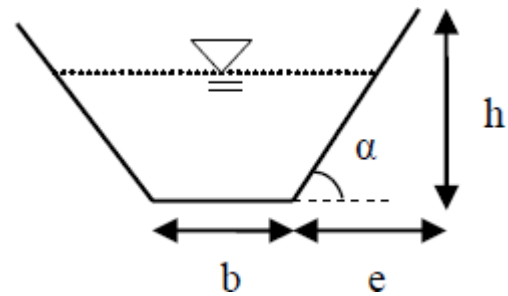


Figure VI.4 : section transversale de fossé

CHAPITRE VII : CALCUL DES CUBATURES

VII.1. CUBATURES

Les cubatures de terrassement représentent l'évolution des volumes de déblais tout au long du projet, dans le but d'obtenir une surface uniforme, parallèle et adjacente à la ligne du projet. Les éléments nécessaires à cette évaluation sont :

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

VII.2. CALCUL DES CUBATURES :

Le calcul des cubatures consiste à déterminer les volumes de déblais et de remblais requis pour les travaux de terrassement. Il peut être effectué en comparant :

- Un plan topographique avec un plan de terrassement, ou
- Le profil en long du terrain naturel avec le profil en long du projet.

VII.3. VIII.3- METHODE UTILISEE POUR LE CALCUL DES CUBATURES :

Parmi les différentes méthodes de calcul de volume, celle utilisée dans notre cas est la méthode de **la moyenne des aires**. Il s'agit d'une méthode simple, mais qui présente une marge d'erreur. Pour compenser cette incertitude et garantir une certaine sécurité, les résultats obtenus sont majorés d'un coefficient de 10 %.

VII.4. DESCRIPTION DE LA METHODE DE CALCUL DES CUBATURES

Le volume entre deux profils successifs est calculé à l'aide de la formule de la moyenne des aires :

$$V = \frac{h}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_0)$$

Où , h, S₁, S₂ et S₀ désignent respectivement :

- la distance (ou hauteur) entre deux profils successifs,
- les surfaces des profils en travers aux deux extrémités,
- la surface intermédiaire située à mi-distance entre les deux profils.

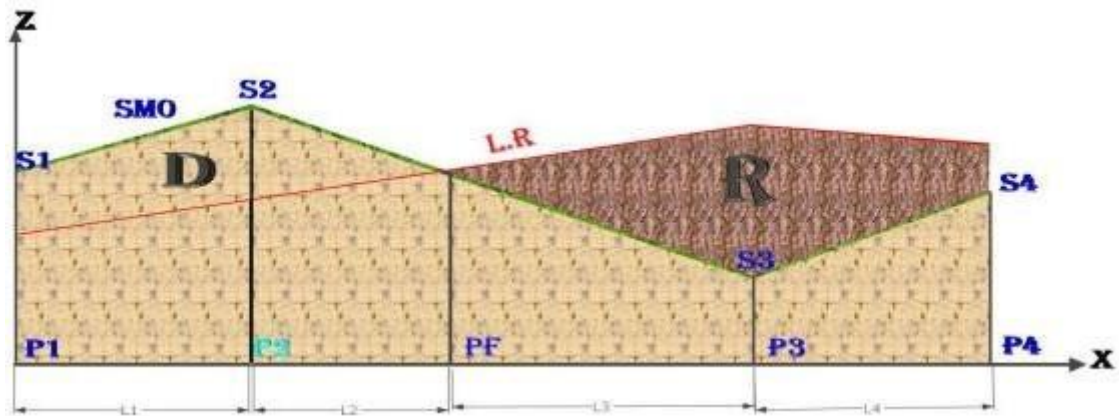


Figure VII.1 : Positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

Le volume compris entre les deux profils en travers P1 et P2 de section S1 et S2 sera égale à :

$$V = \frac{l_1}{6} \times (S1 + S2 + 4S_{moy})$$

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions Smoy est :

$$S_{moy} = \frac{(S1+S2)}{2}$$

Ceci donne :

$$V = \frac{l_1}{2} \times (S1 + S2)$$

Donc les volumes seront :

- Entre P1 et P2

$$V1 = \frac{l1}{2} \times (S1 + S2)$$

- Entre P2 et PF

$$V2 = \frac{l2}{2} \times (S2 + 0)$$

- Entre PF et P3

$$V3 = \frac{l3}{2} \times (0 + S3)$$

- Entre P3 et P4

$$V4 = \frac{l4}{2} \times (S3 + S4)$$

CHAPITRE VII : CALCUL DES CUBATURE

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

$$V = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2) + \frac{l_2}{2} \times (S_2 + 0) + \frac{l_3}{2} \times (0 + S_3) + \frac{l_4}{2} \times (S_3 + S_4)$$

On voit l'utilité de placer les profils PF puisqu'ils neutralisent en quelque sorte une certaine longueur du profil en long, en y produisant un volume nul.

VII.1. MÉTHODE CLASSIQUE POUR CALCUL CUBATURES DES TERRASSEMENTS :

Dans cette méthode, on distingue deux sous-méthodes de calcul. La première, dite méthode de **Gulden**, consiste à multiplier les surfaces des profils par la longueur d'application mesurée au niveau du centre de gravité de chaque profil, en tenant compte de la courbure à cet emplacement. En revanche, la méthode classique applique les quantités des profils à une longueur projetée sur l'axe, sans considérer la courbure. Dans notre cas, le calcul automatique des courbures a été effectué à l'aide du logiciel **Civil 3D (version 2024)**. Les résultats détaillés figurent en **les annexe dessous** mais le tableau ci-dessous présente le **volume final de remblais et de déblais**.

- **Volume de remblais = 1008543.53m³**
- **Volume de déblais = 1152433.97m³**

Remarque :

A cause des ouvrages qui on a introduits, la valeur de remblai a été diminuée

VII.2. CALCUL DE LA NOUVELLE VALEUR DE REMBLAI :

Le calcul se fait par cette méthode :

valeur finale de remblai = valeur obtenu par C3D – valeur des remblais des ouvrages d'art

CHAPITRE VII : CALCUL DES CUBATURE

Table 40 : calcul de volume de remblai

Remblai n°	PK (km + m)		Volume de remblai V_i	ΣV_i
	Début	Fin		
1	30+280	30+200	15323.11	982410.67
2	30+280	31+300	7888.64	
3	34+340	35+800	2921.02	

La valeur finale de remblai :

- $V=982410.76\text{m}^3$

CHAPITRE VIII : IMPACT SUR L'ENVIRONNENT

VIII.1. INTRODUCTION :

Les projets routiers engendrent des impacts environnementaux importants et diversifiés, touchant les écosystèmes naturels ainsi que la qualité de l'air, de l'eau et des sols. Ils peuvent provoquer la déforestation, fragmenter les habitats, perturber les cours d'eau et contribuer à la pollution atmosphérique par les émissions des véhicules. Par ailleurs, la construction de routes peut également affecter les populations locales en bouleversant leurs moyens de subsistance et en modifiant leurs modes de vie traditionnels.

VIII.2. OBJECTIF DE L'ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL D'UN PROJET ROUTIER

L'objectif principal de l'étude d'impact environnemental d'un projet routier est d'identifier, d'évaluer et de prévenir les effets négatifs que les travaux de construction et l'exploitation de l'infrastructure peuvent engendrer sur les composantes naturelles, physiques et humaines de l'environnement. Cette démarche permet non seulement de limiter les atteintes irréversibles à l'écosystème, mais aussi d'intégrer des mesures correctrices dans la planification du projet afin d'en assurer une meilleure durabilité.

L'étude vise également à informer les parties prenantes (collectivités locales, citoyens, pouvoirs publics) sur les conséquences écologiques, économiques et sociales du projet et à proposer des stratégies d'atténuation.

VIII.3. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX MAJEURS D'UN PROJET ROUTIER

- **Pollution de l'eau** : La construction d'une route entraîne une pollution des eaux de surface et souterraines, notamment par les hydrocarbures, les huiles usées, les détergents et les rejets de chantiers. Les travaux de terrassement, de déboisement et d'excavation modifient le régime d'écoulement des eaux, provoquant l'érosion, la sédimentation et la contamination des cours d'eau à proximité.
- **Pollution de l'air** : Lors de la phase de chantier, la circulation des engins lourds génère des poussières et des particules fines nocives pour la santé des riverains et des ouvriers. En phase d'exploitation, les émissions de gaz d'échappement (CO, NO_x, hydrocarbures, métaux lourds) contribuent à la détérioration de la qualité de l'air et peuvent provoquer des troubles respiratoires.
- **Effets sur les habitants** : Les nuisances sonores (bruits des engins, vibrations) et les émissions de polluants affectent directement les populations vivant à proximité. Le projet peut entraîner des expropriations, la fragmentation des territoires et une dégradation de la qualité de vie. Les coupures d'eau, d'électricité et de réseaux de communication sont aussi des perturbations fréquentes.

- **Impacts sur l'agriculture** : Le tracé routier consomme des terres agricoles, coupe des exploitations et modifie le microclimat local. Cela entraîne une baisse de la productivité, un morcellement des parcelles et une altération des sols agricoles (érosion, pollution, modification de l'humidité).
- **Atteinte à la biodiversité** : La faune et la flore sont affectées par la fragmentation des habitats, la destruction de couverts végétaux et la pollution. Des espèces animales sont déplacées ou menacées. Les oiseaux et les petits mammifères sont particulièrement vulnérables aux bruits et aux mouvements d'engins.

VIII.4. STRATÉGIES D'ATTÉNUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX :

Pour minimiser les effets négatifs des projets routiers sur l'environnement, il est nécessaire d'adopter une approche intégrée basée sur les principes du développement durable. Voici quelques stratégies :

- **Prévention à la source** : Choisir des tracés qui évitent les zones sensibles (zones humides, forêts denses, terres agricoles fertiles).
- **Techniques de construction propres** : Utiliser des équipements moins polluants, arroser régulièrement les pistes pour limiter les poussières, prévoir des stations de traitement des eaux usées.
- **Protection des sols et de l'eau** : Mettre en place des dispositifs de drainage, des fosses septiques, et assurer la gestion sécurisée des déchets et des hydrocarbures.
- **Réhabilitation écologique** : Reboisement, restauration des zones dégradées et création de corridors écologiques pour la faune.
- **Suivi environnemental** : Mettre en place un plan de suivi et de surveillance pendant et après les travaux pour ajuster les mesures correctives.
- **Concertation avec les populations locales** : Informer et consulter les habitants sur les phases du projet, prévoir des compensations justes en cas d'expropriation.

VIII.5. CONCLUSION :

Notre projet traverse des régions montagneuses, des zones riches en végétation ainsi que des réseaux hydrauliques, ce qui impose une prise en compte rigoureuse de ses effets sur ces milieux sensibles. Le principal enjeu réside dans l'intégration harmonieuse des infrastructures au paysage, tout en réduisant au maximum les impacts sur l'environnement humain et en les nuisances sonores dues au trafic.

**CHAPITRE IX :
SIGNALISATION**

IX.1. INTRODUCTION :

La signalisation routière est un ensemble de dispositifs visuels, et parfois sonores, utilisés sur les voies de circulation pour informer, orienter et réguler le déplacement des usagers, qu'ils soient conducteurs ou piétons. Elle joue un rôle essentiel dans la sécurité routière en transmettant des informations cruciales telles que les limitations de vitesse, les itinéraires à suivre, les dangers potentiels ou encore les règles de priorité. Ce système comprend divers éléments comme les panneaux, les feux, les marquages au sol et d'autres dispositifs, conçus pour délivrer des messages clairs et compréhensibles. En général, leur conception et leur mise en œuvre sont encadrées par des normes et des réglementations définies par les autorités compétentes de chaque pays.

IX.2. LES CATEGORIES DE SIGNALISATION :

- Signalisation par panneaux
- Signalisation par feux
- Signalisation par marquages au sol
- Signalisation par balisage
- Signalisation de bornage

IX.3. LES DIFFERENTS TYPES DE SIGNALISATION

- **Signalisation horizontale**
- **Signalisation verticale**

IX.3.1.1. Signalisation horizontale :

La signalisation horizontale a pour but de délimiter de manière précise les zones de la chaussée réservées à différents sens de circulation ou à des usages spécifiques. Elle contribue de manière significative à l'organisation du trafic et à la sécurité routière, en complétant efficacement la signalisation verticale.

IX.3.2. Les catégories de marquage de la chaussée :

Les marquages au sol sont classés selon leur fonction et leur emplacement sur la chaussée. Ils permettent d'organiser la circulation, de renforcer la sécurité et de compléter la signalisation verticale.

IX.3.3. Les lignes longitudinales :

Les lignes longitudinales sont tracées dans le sens de la circulation afin de délimiter les voies et de guider les usagers. On distingue principalement deux types :

CHAPITRE IX : SIGNALISATION

- **Les lignes continues :**

Elles indiquent les zones où le franchissement est interdit, notamment dans les secteurs à visibilité réduite ou présentant un danger potentiel. Elles servent à interdire les dépassements ou les changements de voie.

- **Les lignes discontinues :**

Elles permettent une circulation plus souple en autorisant le franchissement lorsque les conditions de sécurité le permettent. Ces lignes jouent un rôle de guidage et sont caractérisées par un module, qui correspond au rapport entre la longueur des traits et celle des intervalles. On distingue plusieurs types normalisés :

- **T1** : ligne de rive
- **T2** : ligne de guidage
- **T3** : ligne de changement de voie
- **T4** : ligne d'avertissement

Table 41 : largeur des ligne

Type de routes	Valeur de "u"
Autoroutes	7,5 cm

Table 42 : Les caractéristiques des lignes longitudinales

Type de Modulation	Ligne	Largeur
Contenue	Délimitation de TPC	3u
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2u
T2	Ligne de délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5u
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2u
T'3	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	3u
T4	Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, en section courante sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés	3u

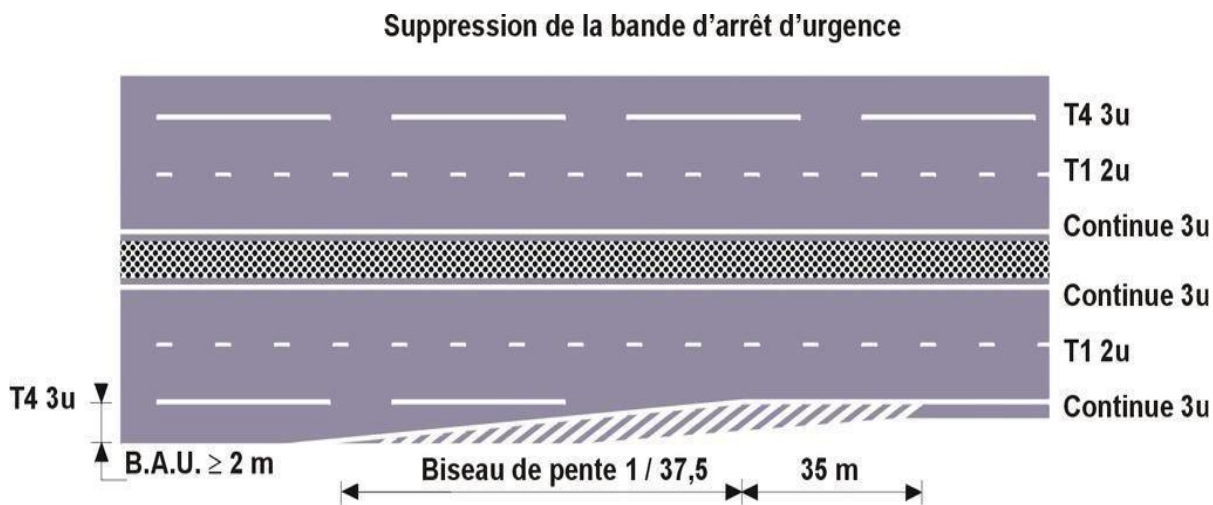


Figure IX.1 : Les lignes longitudinales

- **Modulation des lignes discontinues :**

Elles sont basées sur une longueur périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Table 43 : Les caractéristiques de modulation des lignes discontinues

Type de modalisation	Longueur de trait	Distance entre trait
T1	3.00	10
T2	3.00	3.5
T3	3.00	1.33
T'3	20	6
T4	39	13

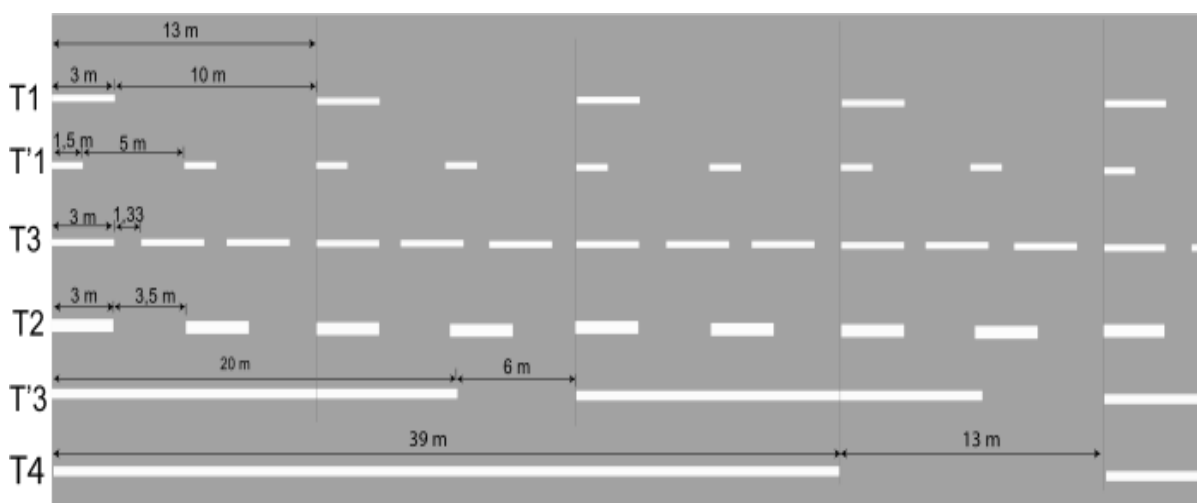
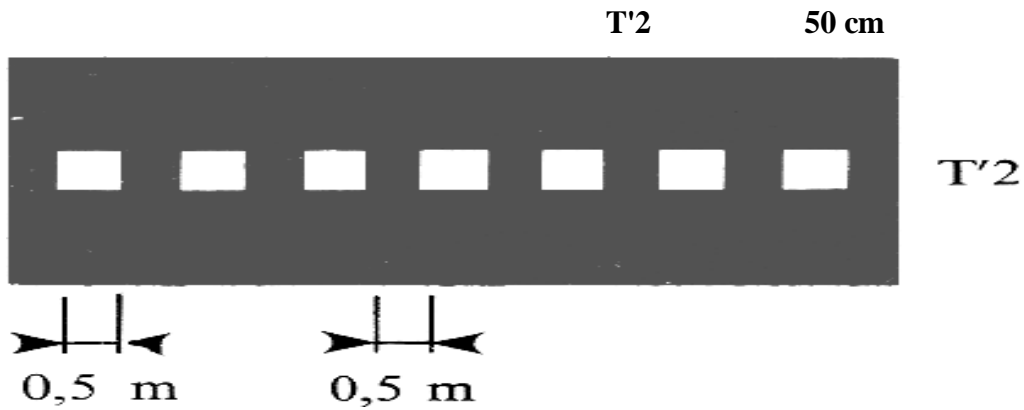


Figure IX.2 : Les lignes de séparation des voies E P



- **Flèche de rabattement :**

Elle signale aux conducteurs de changer de voie avant un rétrécissement ou une sortie, assurant ainsi la fluidité et la sécurité du trafic.

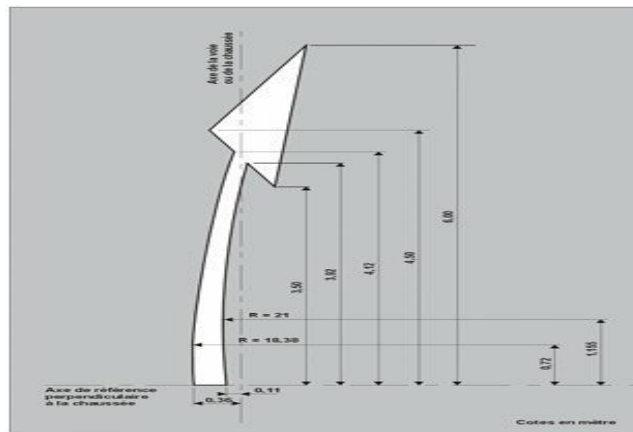


Figure IX.3 : Flèche de rabattement

- **Flèches directionnelles :**

Elles sont utilisées aux jonctions pour indiquer la direction à suivre pour rejoindre une sortie ou changer de voie.

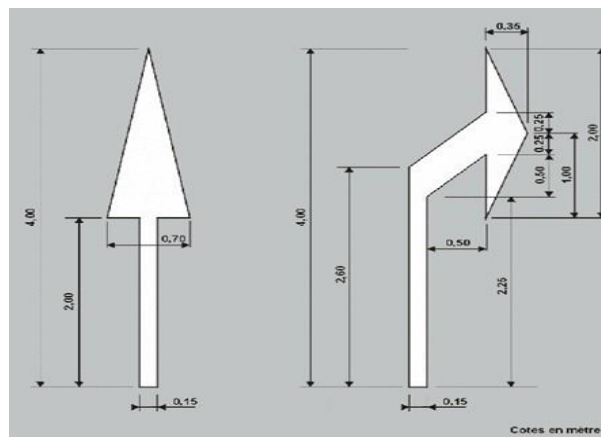
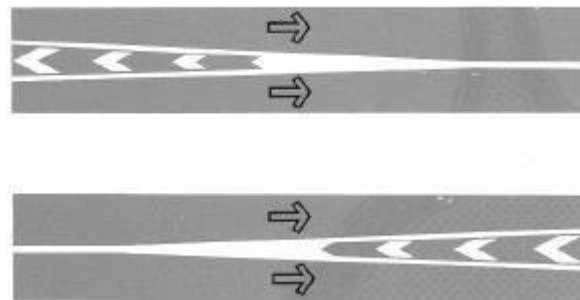


Figure IX.4 : Flèches directionnelles

IX.3.4. Point de convergence et de divergence :

Ces points matériellement constitués d'un musoir sont normalement délimités par des lignes continues marquant la limite de la zone non circulée.



IX.3.5. Couleur de marquage sur chaussée :

Pour les couleurs des marquages sur chaussée on utilise la couleur jaune pour BAU, et les marquages temporaire et la couleur blanc pour les autres marquages.

Figure IX.5 : Flèches convergence et divergence

IX.4. SIGNALISATION VERTICALE :

La signalisation verticale informe, avertit et guide les conducteurs par des panneaux, contribuant à la régulation du trafic et à la sécurité routière.

IX.5. LES DIFFERENTS TYPES DE PANNEAUX DE SIGNALISATION :

IX.5.1. Panneaux de limitation de vitesse :

Ils indiquent la vitesse maximale autorisée sur un tronçon donné, en particulier sur les autoroutes. Ces panneaux sont essentiels pour garantir une circulation fluide et sécurisée.

IX.5.2. Panneaux de direction :

Utilisés pour orienter les usagers, ils indiquent les sorties, les destinations, les grandes villes ou les changements de direction à suivre pour atteindre un point donné.

IX.5.3. Panneaux de distances :

Ils renseignent sur la distance restante jusqu'à certaines villes, sorties ou points de repère, permettant aux conducteurs de mieux organiser leur trajet.

IX.5.4. Panneaux de services :

Ces panneaux signalent la présence de services accessibles à proximité, comme les stations-service, les aires de repos, les restaurants ou les hôtels.

IX.5.5. Panneaux d'interdiction :

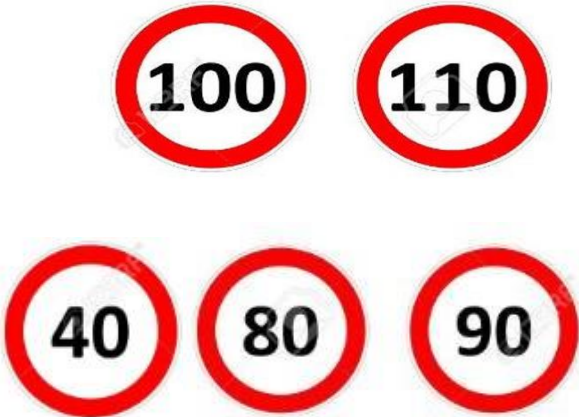


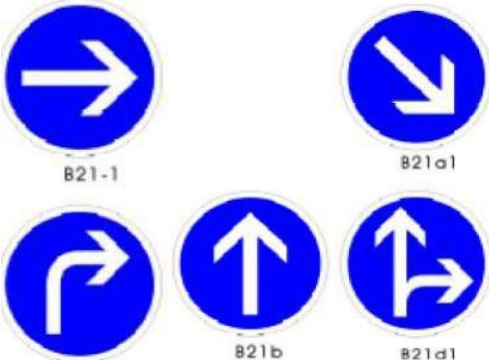
Ils informent des actions interdites sur une portion de route, telles que le dépassement, le demi-tour ou l'accès à certains véhicules.

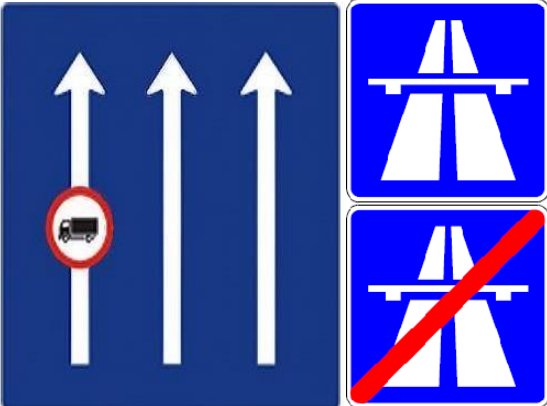


IX.5.6. Panneaux d'avertissement de danger :

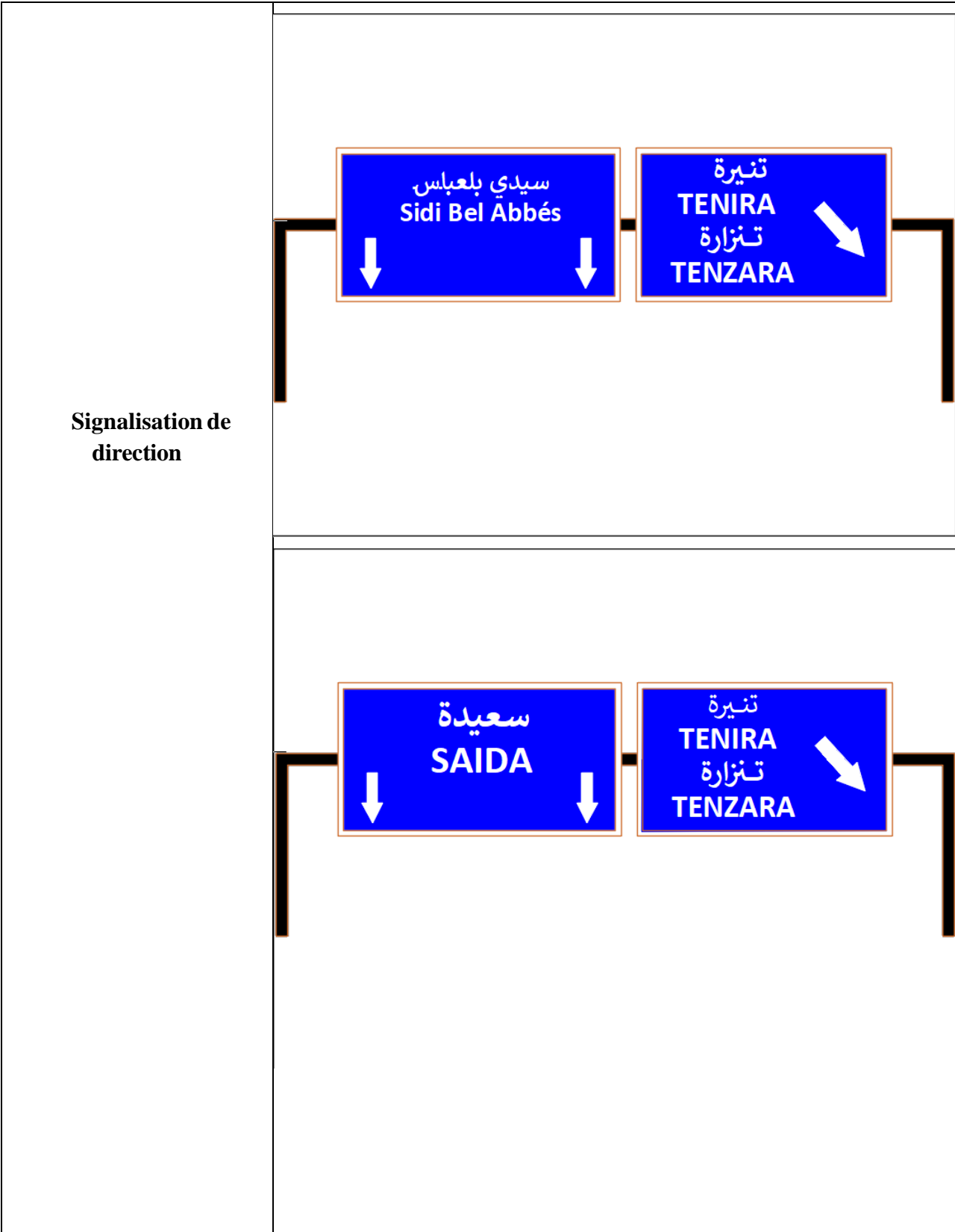
Ils préviennent les usagers de la présence de dangers potentiels : virages serrés, travaux en cours, chaussée glissante, vent latéral, etc.

IX.5.7. Panneaux de signalisation dynamique :




Installés principalement sur les grands axes et les autoroutes, ces panneaux électroniques peuvent afficher des messages en temps réel concernant les conditions de circulation, les incidents, les travaux ou les alertes météorologiques.

Nom de panneau	Schéma
<p>Limitation de vitesse (B14)</p>	
<p>Signalisation de danger</p>	
<p>Signalisation d'intersection</p>	
<p>Signalisation d'obligation</p>	

<p>Signaux d'indication entrée/sortie de l'autoroute (C24a/E14/E150)</p>	
<p>Signalisation de passage supérieure limitation de hauteur (C6)</p>	
<p>Signalisation temporaire</p>	



CHAPITRE IX : SIGNALISATION

<p>Signalisation sur la glissière de sécurité</p>	
<p>Signalisation de giratoire</p>	
<p>Balise de musoir (j14a)</p>	

CHAPITRE X : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

X.1. INTRODUCTION :

Cette partie de notre étude est consacrée à la conception d'un échangeur assurant la liaison entre la RN17 et le projet d'autoroute reliant Sidi Bel Abbès à Saïda. Avant de présenter les caractéristiques de l'échangeur retenu, il convient de rappeler brièvement quelques définitions essentielles.

X.2. DEFINITION D'UN ECHANGEUR :

Un échangeur autoroutier est un aménagement routier constitué de bretelles permettant le passage d'un réseau routier à un autre par exemple, d'une route classique ou d'une voie rapide vers une autoroute, ou entre deux autoroutes. Implantés aux jonctions de réseaux de types différents, les échangeurs ont pour rôle principal d'éliminer les croisements à niveau afin de fluidifier la circulation et de réduire les ralentissements.

X.3. LA FONCTION DE L'ECHANGEUR :

- D'une route à une autoroute (on parle ici de diffuseur plutôt que d'échangeur) ;
- D'une autoroute à une autre.

Cet aménagement routier présente l'avantage de permettre aux usagers de changer d'itinéraire en toute simplicité, en évitant les croisements dangereux avec les autres conducteurs. En effet, les échangeurs sont plus sécurisés que les intersections classiques (comme les ronds-points et les feux de signalisation par exemple).

X.4. LES DIFFERENTS TYPES D'ECHANGEURS D'AUTOROUTE :

Les échangeurs d'autoroute sont des infrastructures imposantes qui possèdent un pont avec une ou plusieurs bretelles. Certains d'entre eux possèdent deux, trois, voire quatre voies. Il existe ainsi trois types d'échangeurs

X.4.1. L'échangeur autoroutier en trèfle :

est un type d'échangeur à quatre voies, caractérisé par sa forme en boucles qui permet aux automobilistes de changer de direction ou d'autoroute. En Algérie, ce type d'échangeur est peu répandu, car ses virages serrés présentent un risque élevé de sortie de route. Les derniers échangeurs de ce genre sont situés dans la région de Lorraine.



Figure X.1 Trèfle complet

X.4.2. Échangeur en trompette :

Ce type d'échangeur comprend un alignement droit commun à toutes les bretelles, ainsi qu'une boucle (d'entrée ou de sortie) et des bretelles diagonales (également d'entrée ou de sortie). Il s'agit de la configuration la plus courante sur les autoroutes, permettant de relier efficacement la voie principale à une voie transversale.

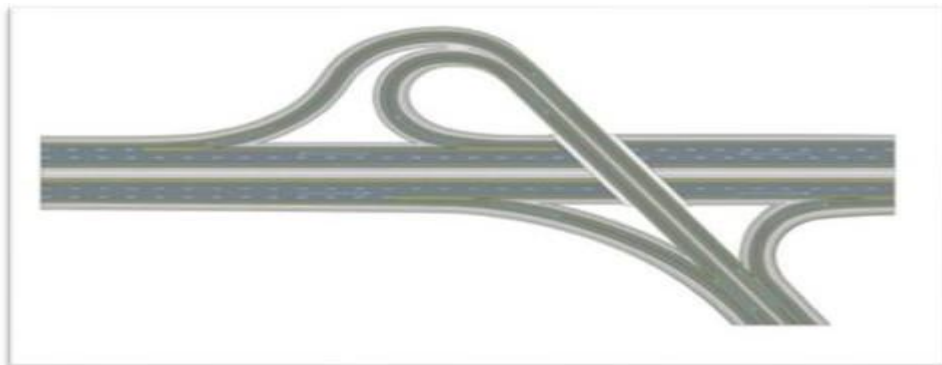


Figure X.2 : Echangeur de trompette

X.4.3. changeur en losange :

Il se compose de quatre bretelles diagonales unidirectionnelles disposées de manière symétrique, ce qui permet une répartition équilibrée du trafic entre les voies en échange.

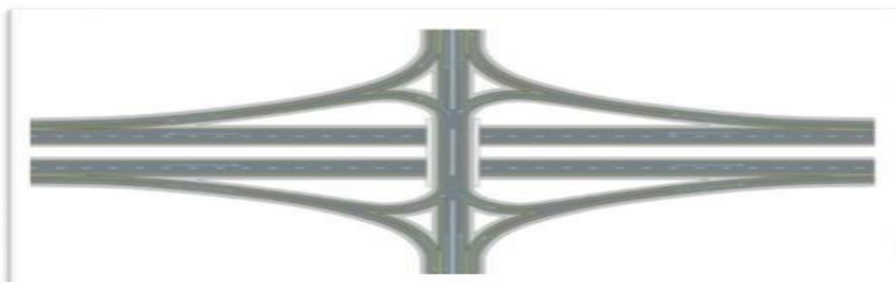


Figure X.3 : Losange

X.4.4. Échangeur en demi-trèfle :

Cette configuration à quatre branches ressemble à celle de l'échangeur en losange, mais s'en distingue par une répartition nettement asymétrique des flux de circulation entre les voies d'échange :

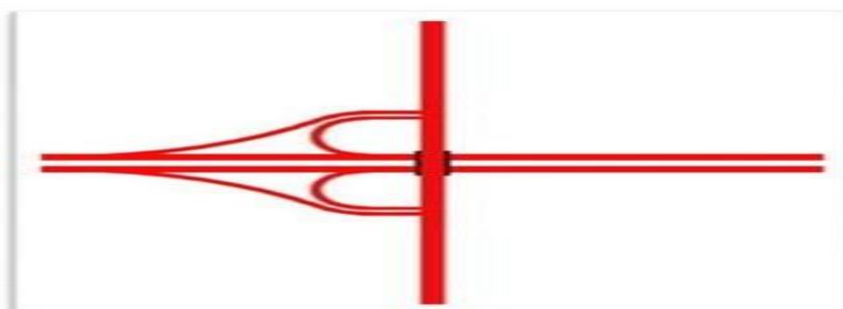


Figure X.4 : X.4.4. Échangeur en demi-trèfle

CHAPITRE X: CONCEPTION DE L'ÉCHANGEUR

X.5. APPLICATION A NOTRE PROJET :

Le choix du type d'échangeur repose principalement sur les critères suivants :

- Type de terrain : Le site prévu pour notre projet se situe sur un terrain vallonné.
- Type de route à raccorder : L'échangeur à réaliser doit connecter l'autoroute à la RN17,
- ce qui en fait un échangeur de type mineur.
- Distribution du trafic : L'échangeur permettra la distribution du trafic dans trois directions.
- Vitesse sur les bretelles :
- Vitesse maximale sur l'autoroute : 110 km/h
- Vitesse maximale sur la RN17 : 80 km/h
- Vitesse maximale sur l'échangeur :
 - Sur la boucle : 40 km/h
 - Sur les bretelles : 60 km/h

Compte tenu de ces paramètres, l'échangeur demis trèfle avec giratoire est le plus adapté. Ce choix se justifie par sa capacité à relier efficacement une voie principale à une voie transversale, précisément au point kilométrique **PK 30+260**, où il sera implanté.

X.6. TRACE EN PLAN :

X.6.1. Valeurs limites des rayons :

Table 44 : Valeurs limites des rayons

	Rayon minimal au dévers normal (R_{dn})	Rayon minimal déversé à 7 % (R_m)
Branche à deux voies circulable 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 1 ^{er} rencontré hors sortie en boucle)

la vitesse praticable sur une bretelle à une voie circulable à 70 km/h ou moins varie selon sa géométrie et le dévers associé. Elle n'est donc pas uniforme sur toute la longueur. Selon l'annexe 2 :

- Une vitesse d'au moins 70 km/h est possible si le rayon de courbure est au moins de 125 m avec un dévers de 7 %.
- Pour des rayons entre 54 m et 125 m, la vitesse est d'au moins 50 km/h.
- En dessous de 54 m, la vitesse tombe en dessous de 50 km/h.

X.7. ENCHAÎNEMENT DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

X.7.1. Règles d'enchaînement – Branches :

- Deux courbes consécutives doivent respecter : $R1 < 1,5 R2$, sauf si $R2 > 1,5 Rdn$.
- Si les deux courbes ont un rayon $< 1,5 Rdn$, elles doivent être séparées par un alignement droit d'au moins 100 m, sauf si elles sont de sens contraire et reliées progressivement.
- Le premier rayon en sortie doit être $\geq 1,5 Rdn$, sauf si la chaussée émettrice permet un rayon plus faible selon les règles ci-dessus. En cas de contrainte, il peut être abaissé jusqu'à Rdn , sous justification.

X.7.2. Règles d'enchaînement – Bretelles :

- Deux courbes consécutives doivent satisfaire à $R1 < 2 R2$, sauf si $R2 > 1,5 Rdn$.
- Si elles sont de même sens et ont un rayon $< 1,5 Rdn$, elles doivent être séparées par un alignement droit de 60 m minimum (hors clothoïdes), sauf si $R1 < R2$.
- Le **premier rayon en sortie** sur une bretelle à une voie doit être au moins de 100 m, sauf en cas de boucle.

X.8. RACCORDEMENT PROGRESSIF :

Les courbes circulaires de rayon $\leq 1,5 Rdn$ doivent être encadrées par deux **clothoïdes**. Si cette exigence est trop restrictive, elle peut être limitée aux courbes de rayon $\leq Rdn$ dans le cas des bretelles.

La longueur minimale des clothoïdes (**Lcl**) dépend du type de voie :

- **Voies à une seule voie** : $Lcl = \max(6 \times R^{0,4} ; 7 \times |\Delta\delta|)$
- **Voies à deux voies** : $Lcl = \max(R/9 ; 14 \times |\Delta\delta|)$

X.9. ZONE D'ACCELERATION :

La zone d'accélération, inclinée de 3 à 5 % par rapport à l'autoroute, doit permettre au conducteur de passer de la vitesse de la dernière courbe à 55 km/h au point E.1,00 m, avec une accélération constante de 1 m/s^2 .

Cette zone s'étend entre la fin de la dernière courbe circulaire et le point E.1,00 m. Sa longueur minimale se calcule selon la formule :

$$La = \frac{(Ve^2 - Vr^2)}{2(1 - 10p)}$$

- Ve est la vitesse finale (55 km/h),
- Vr est la vitesse liée au rayon de la dernière courbe,
- a est l'accélération (1 m/s^2),
- p est la pente longitudinale exprimée en pourcentage.

X.10. PROFILE EN LONG :

	Rayon minimal en angle saillant	Rayon minimal en angle rentrant	Déclivité maximale
Branche à deux voies circulable à 110 km/h	6 000 m	3 000 m	6 %
Branche/bretelle à deux voies ou une voie circulable à 90 km/h	2 700 m	1 900 m	6 %
Branche/bretelle à une voie circulable à 70 km/h	1 500 m	1 200 m	6 %
Bretelle à une voie circulable à 70 km/h ou moins	1 500 m	800 m	6 %

X.11. PROFILE EN TRAVERS :

Aménagements en bordure de chaussée :

- La chaussée est bordée par une bande dérasée (BDD) ou une bande d'arrêt d'urgence (BAU), suivie d'une berme.
- La BAU a le même revêtement que la chaussée.
- La BDD a aussi un revêtement identique sur au moins 1,00 m de large.
- La berme mesure au minimum 0,75 m sans dispositif de retenue, et au moins 1,00 m si un tel dispositif est présent, en fonction de sa largeur de fonctionnement.
- Si la pente transversale est inférieure à 25 %, la berme peut être intégrée au dispositif d'assainissement

Nœuds :

- **Branches à deux voies :**
Suivent les règles des sections courantes. BAU adaptée au trafic poids lourds :
 - 3,00 m si > 1 000 PL/jour,
 - 2,50 m sinon.
- **Branches à une voie :**
 - Vitesse 90 km/h : → BAU 2,50 m + chaussée 3,50 m + BDG 0,75 m.
 - Vitesse 70 km/h : → BDD 2,00 m + chaussée 3,50 m + BDG 0,50 m.

Diffuseurs :

- **Bretelles** : Profil : BDD 1,00 m + chaussée 3,50 m par voie + BDG 0,50 m.
- **Courbes avec rayon < 100 m** : Une surcharge de $50/R$ par voie est ajoutée à l'intérieur de la courbe, progressivement le long de la clothoïde.
- **Enjeux spécifiques (fort trafic PL ou dispositifs de retenue des deux côtés)** : La plateforme peut être élargie pour offrir au moins 6 m de largeur roulable, permettant le dépassement d'un PL à l'arrêt.

X.12. DISPOSITIF DE SORTIE :

On choisit la Sortie en déboîtement montré en figure ci-dessous :

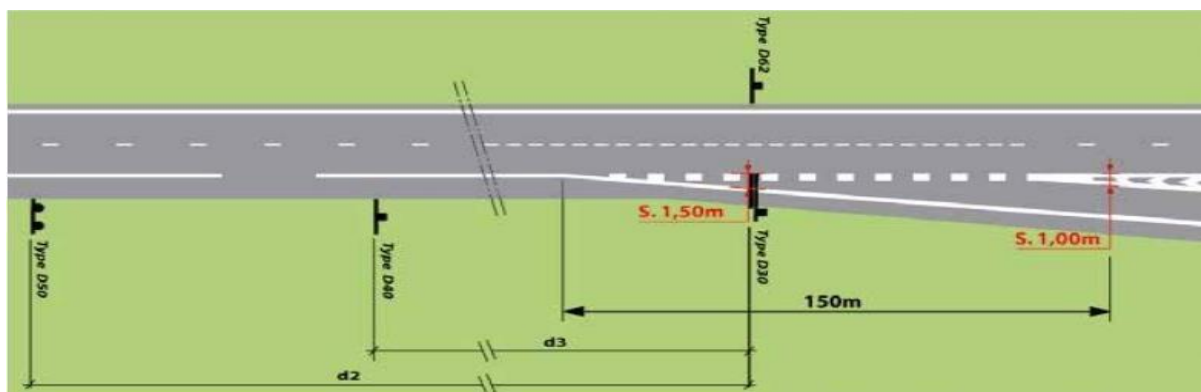


Figure X.5 : Sortie en déboîtement

X.13. ENTREE EN INSERTION :

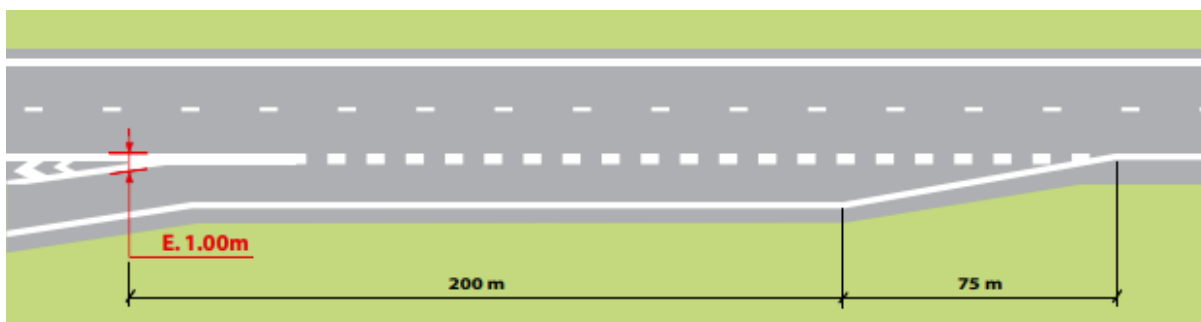


Figure X.6 : Entrée en insertion.

X.14. LA CONCEPTION DE NOTRE ECHANGEUR :

La conception de l'Echangeur a été fait par logiciel CIVI 3D :

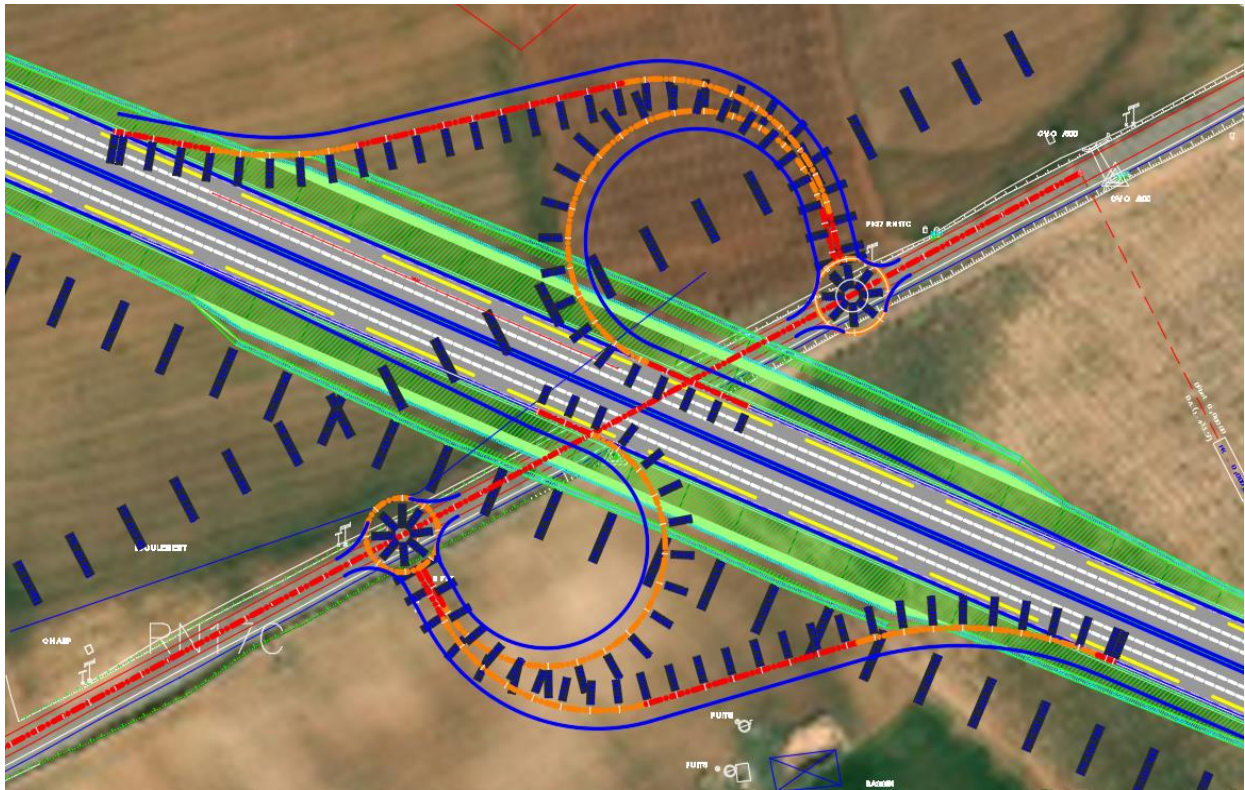


Figure X.7 : CONCEPTION DE NOTRE ECHANGEUR

**CHAPITRE XI : OUVRAGE
D'ART**

XI.1. INTRODUCTION

La construction de routes nécessite souvent le franchissement d'obstacles naturels ou artificiels tels que les oueds, les rivières, les montagnes, les voies ferrées ou encore d'autres routes. Pour surmonter ces obstacles, on recourt à des structures spécifiques appelées **ouvrages d'art**.

Ces ouvrages sont essentiels pour garantir une circulation sûre et continue dans les réseaux de transport modernes. Leur conception exige une maîtrise technique approfondie, alliant des connaissances théoriques solides à une expérience pratique, faisant ainsi de l'ingénieur un acteur central de leur réussite.

Le **choix du type d'ouvrage** dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- La portée et l'importance de l'ouvrage à réaliser.
- Les caractéristiques du sol, notamment son agressivité.
- La disposition et le nombre d'appuis nécessaires.
- Les contraintes liées aux conditions d'exécution et à l'accessibilité du site.

XI.2. CHOIX DU TYPE DE PONT :

XI.2.1. . Variante n°1 : Pont en béton armée

➤ **Avantages :**

- Durable et résistant aux agressions.
- Faible besoin d'entretien.
- Permet des formes variées et complexes.

➤ **Inconvénients :**

- Très lourd, nécessite de solides fondations.
- Construction plus lente (temps de prise).
- Risque de fissuration s'il est mal exécuté.

XI.2.2. Variante n°2 : Pont à poutres en béton précontraint :

CHAPITRE XI : OUVRAGE D'ART

Avantages :

- Solution économique adaptée aux portées courtes et moyennes.
- Bonne durabilité et exécution aisée.
- Possibilité d'intégrer des éléments préfabriqués.

Inconvénients :

- Portée limitée.
- Masse importante.
- Susceptible de présenter des fissures.

XI.3. PRESENTATION DES OUVRAGES CHOISI :

XI.3.1. Pont N1 :

L'ouvrage est en précontraint (post-tension), un passage supérieure qui franchit la **RN17**.

	PK	LANGUEUR (m)	LARGEUR (m)	HAUTEUR DE GABARIT (m)	HAUTEUR TOTALE (m)
PONT N1	30+300	40	32	5.25	6.85

XI.3.2. Pont N2 :

L'ouvrage est en précontraint (post-tension), un passage inférieure qui franchit la **CW4**.

	PK	LANGUEUR (m)	LARGEUR (m)	HAUTEUR DE GABARIT (m)	HAUTEUR TOTALE (m)
PONT N2	31+080	36	8	5.25	6.75

CHAPITRE XI : OUVRAGE D'ART

XI.3.3. Pont N3 :

L'ouvrage est en Béton armé, qui franchit **Oued laouza** .

PONT N3	PK	LANGUEUR (m)	LARGEUR (m)	HAUTEUR DE GABARIT (m)	HAUTEUR TOTALE (m)
	31+300	25	32	5.95	7.45

XI.3.4. Pont N4 :

L'ouvrage est un pont cadre (béton armé), un passage supérieure qui franchit **une piste**.

PONT N4	PK	LANGUEUR (m)	LARGEUR (m)	HAUTEUR DE GABARIT (m)	HAUTEUR TOTALE (m)
	32+160	5	32	3	3.5

XI.3.5. Pont N5 :

L'ouvrage est en précontrainte (post-tension), un passage inférieure qui franchit **un chemin résidentiel**.

PONT N5	PK	LANGUEUR (m)	LARGEUR (m)	HAUTEUR DE GABARIT (m)	HAUTEUR TOTALE (m)
	33+420	36	7	5.25	6.75

**CHAPITRE XII : DEVIS
QUANTITATIF ESTIMATIF**

CHAPITRE XII : DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF

XII.1. LE DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF :

Designation des Travaux	L` unite	La quantite	Prix par unite (DA)	Prix total (DA)
Installation du chantier	FORFAIT	3% (3+4+5)	-	145893563.50
1/-TOTAL	96,117,703.36			
Nettoyage d`emprise	ha	33	900000.00	29700000.00
2/-TOTAL	29,700,000.00			
Déplacement des poteaux électriques de moyenne tension (MT).	U	2	4000000.00	8000000.00
3/-TOTAL	8,000,000.00			
Décapage de la terre végétale e=25cm.	m3	78750	390.00	30712500.00
Transport et mise en place des remblais	m3	982410.76	1000.00	982410760.00
Déblai meuble mis en dépôt	m3	460973.59	500.00	230486795.00
Déblai meuble mis en remblai	m3	691460.38	690.00	477107662.20
4/-TOTAL	1,720,717,717.20			
Couche de forme (TUF)	m3	137421.52	1200.00	164905824.00
Couche de foundation (GB2)	t	119649.17	9000.00	1076842530.00
Couche de base (GB1)	t	100880	9000.00	907920000.00
Couche de roulement (BB)	t	58466.208	11000.00	643128288.00
Mise en Ouvre du berme	m3	4419.32	1200.00	5303184.00
Couche d`imprégnation	m2	296072	250.00	74018000.00
Couche d`accrochage	m2	592144	200.00	118428800.00
5/-TOTAL	2,990,546,626.00			
Fossés trapézoïdaux en béton ep=45cm	ml	23000	5000.00	115000000.00
Dalots (3,75×3,75) en beton arme	m3	387.27	35000.00	13554450.00
Dalots (3×3) en beton arme	m3	180	35000.00	6300000.00
Dalots (1,5×1,5) en beton arme	m3	126	35000.00	4410000.00
Dalots (2×2) en beton arme	m3	96	35000.00	3360000.00
Dalots (2,5×2,5) en beton arme	m3	150	35000.00	5250000.00
Buse Φ 1200 en beton	ml	179	30000.00	5370000.00
Buse Φ 800 en beton	ml	142	15000.00	2130000.00

CHAPITRE XII : DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF

Buse Φ 600 en beton	ml	110	10000.00	1100000.00
Buse Φ 1500 en beton	ml	50	45000.00	2250000.00
6/-TOTAL			158,724,450.00	
3 Ouvrage d'art (en precontrainte)	m2	1820	350000.00	637000000.00
2 Ouvrage d'art (en BA)	m2	960	250000.00	240000000.00
7/-TOTAL			877,000,000.00	
Les lignes de délimitation (T4)	ml	15864	300.00	4759200.00
Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes à trois voies.(CONTINUE)	ml	21148	350.00	7401800.00
Ligne axiale ou de délimitation de voie. (T1)	ml	9756	300.00	2926800.00
Marquage de flèche de rabattement	U	4	3000.00	12000.00
Panneau type: A, AB, B, C, CE	U	15	40000.00	675000.00
Panneau de direction de type E/B	U	2	1800000.00	3600000.00
8/-TOTAL			18,699,800.00	
Barrière en béton extrudé de type GBA (simple talon)	ml	40000	8000.00	320,000,000.00
9/-TOTAL			320,000,000.00	
Impact sur l'environnement	FORFAIT	1% (3+4+5)	-	48,631,187.83
10/-TOTAL			32,039,234.45	
Contrôle (Bureau d'Etudes et Laboratoire)	FORFAIT	3% (3+4+5)	-	145,893,563.50
11/-TOTAL			145,893,563.50	
TOTAL			6,607,661,348.02	
TVA (19%)			1,255,455,656.12	
Totale général (TTC)			7,863,117,004.15	

Soit en lettre : Sept milliards huit cent soixante-trois millions cent dix-sept mille quatre dinars et quinze centimes.

CONCLUSION

CONCLUSION

CONCLUSION :

Pendant la réalisation de ce mémoire de fin d'études, nous avons vécu notre première véritable immersion dans un projet concret. Cette expérience nous a permis de mesurer toute l'importance des enseignements théoriques reçus durant notre formation à l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics, en les mettant en application dans un contexte réel.

Ce projet nous a confrontés à des problématiques techniques et administratives similaires à celles rencontrées sur les chantiers routiers, enrichissant ainsi notre compréhension des défis liés à la conception et à la réalisation d'infrastructures.

Le travail porte sur l'étude avant-projet détaillé (APD) d'un tronçon de **10 km** de la liaison autoroutière entre **Sidi Bel Abbès et Saïda**, s'étendant du **PK 30+000 au PK 40+000**, incluant la conception d'un échangeur permettant la connexion à la **RN 17**.

L'objectif principal de cette étude est de contribuer au développement durable du pays, en proposant des infrastructures performantes et adaptées aux besoins croissants en matière de mobilité. Ces infrastructures sont pensées pour garantir un haut niveau de service aux usagers tout en respectant les exigences de sécurité, de durabilité et de qualité.

Dans le cadre de cette étude, nous avons suivi les différentes étapes de conception d'une autoroute en nous appuyant sur les normes et guides techniques de référence, notamment :

le Guide des Terrassements Routiers (GTR fascicules 1 et 2),

le Catalogue Algérien de Dimensionnement des Chaussées Neuves (CTTP),

et l'ICTAAL.

Nous avons également utilisé plusieurs logiciels spécialisés dans le domaine des travaux publics, tels que **AutoCAD**, **Civil 3D**, **ALIZE** et **GEOSTUDIO** (pour les analyses de stabilité des pentes). Ces outils nous ont permis d'effectuer des calculs précis, de produire des plans détaillés et de valider les choix techniques de manière rigoureuse.

L'étude a porté sur l'analyse géométrique de l'axe autoroutier, en intégrant les profils en long, en travers et le tracé en plan, dans le respect des exigences de visibilité et des contraintes du site. Grâce à cela, nous avons pu :

- Définir la forme générale de l'axe autoroutier.
- Déterminer les largeurs des voies de circulation, des accotements, des fossés et de l'emprise.
- Maîtriser les pentes des talus et les pentes transversales nécessaires à la stabilité et à une bonne évacuation des eaux pluviales.

En conclusion, ce projet de fin d'études a représenté une étape décisive dans notre parcours, marquant nos premiers pas dans le monde professionnel. Il a constitué une véritable opportunité d'apprentissage, en renforçant nos compétences techniques et notre capacité à aborder un projet d'envergure avec méthode, rigueur et professionnalisme

BIBLIOGRAPHIE

- ❖ Organisme national de contrôle technique des travaux publics CTTTP. 2001 « Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 3 », *Ministère des travaux publics, Direction des routes, Algerie.*
- ❖ Organisme national de contrôle technique des travaux publics CTTTP. 2001 « Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 2 », *Ministere des travaux publics, Direction des routes, Algerie.*
- ❖ Organisme national de contrôle technique des travaux publics CTTTP. 2001 « Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 1 », *Ministère des travaux publics, Direction des routes, Algerie.*
- ❖ SETRA. Assainissement routiers, Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes..
- ❖ SETRA. Guide d'aménagement des échangeurs – ICTAAL 2015, Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes..
- ❖ *SETRA. Guide des terrassements routiers (GTR)*, Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes.
- ❖ Pour les illustrations et les images (Google).
- ❖ Ancien projet de fin d'étude .
- ❖ Les cours de l'école pendant 3 ans (hydraulique, Route, Esquisse, GTR, MDS...).

Logiciels utilisés :

- ❖ AUTOCAD 2018
- ❖ CIVIL 3D
- ❖ Alise
- ❖ GeoStudio
- ❖ Microsoft office 2016
- ❖ Google Earth pro

ANNEXE

ANNEXE A : ELEMENT DU TRACE EN PLAN :

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			30+000.00	175295.9502	3878665.5027
DR1	ANG=125.7514 (g)	1298.024			
			31+298.02	176489.2213	3878154.6508
CLO2	A=274.226				
	R=800.000	94.000			
			31+392.02	176576.3298	3878119.3607
ARC3	XC=176847.4535				
	YC=3878872.0173				
	R=800.000	212.318			
			31+604.34	176783.2390	3878074.5986
CLO4	A=274.226				
	R=800.000	94.000			
			31+698.34	176877.1449	3878070.7287
DR5	ANG=101.3754 (g)	326.633			
			32+024.98	177203.7021	3878063.6725
CLO6	A=274.226				
	R=800.000	94.000			
			32+118.98	177297.6875	3878063.4825
ARC7	XC=177267.9779				
	YC=3878862.9307				
	R=800.000	298.720			
			32+417.70	177587.2653	3878129.4079
CLO8	A=274.226				
	R=800.000	94.000			
			32+511.70	177671.9061	3878170.2641
DR9	ANG=70.1237 (g)	713.185			
			33+224.88	178307.9863	3878492.8073

ARC10	XC=177629.5997				
	YC=3879830.6382				
	R=1500.000	399.239			
			33+624.12	178635.9859	3878718.3492
DR11	ANG=53.1795 (g)	1420.798			
			35+044.92	179689.5448	3879671.5971
ARC12	XC=177676.7724				
	YC=3881896.1751				
	R=3000.000	77.406			
			35+122.32	179746.2671	3879724.2655
DR13	ANG=51.5369 (g)	1203.201			
			36+325.52	180617.3487	3880554.2718
CLO14	A=274.226				
	R=800.000	94.000			
			36+419.52	180686.6479	3880617.7612
ARC15	XC=181203.5541				
	YC=3880007.1811				
	R=800.000	62.535			
			36+482.06	180735.9057	3880656.2612
CLO16	A=274.226				
	R=800.000	94.000			
			36+576.06	180814.2537	3880708.1734
DR17	ANG=63.9935 (g)	682.199			
			37+258.26	181390.2165	3881073.7725
ARC18	XC=182194.0853				
	YC=3879807.3623				
	R=1500.000	234.421			
			37+492.68	181597.1237	3881183.4571
DR19	ANG=73.9427 (g)	769.896			
			38+262.57	182303.4238	3881489.8560

ARC20	XC=182900.3854				
	YC=3880113.7612				
	R=1500.000	336.551			
			38+599.13	182624.5538	3881588.1821
DR21	ANG=88.2263 (g)	734.249			
			39+333.38	183346.2820	3881723.2015
ARC22	XC=183897.9452				
	YC=3878774.3598				
	R=3000.000	53.371			
			39+386.75	183398.8273	3881732.5486
DR23	ANG=89.3589 (g)	194.483			
			39+581.23	183590.5993	3881764.9052
ARC24	XC=183840.1583				
	YC=3880285.8108				
	R=1500.000	302.628			
			39+883.86	183892.0509	3881784.9129
DR25	ANG=102.2028 (g)	689.458			
			40+573.32	184581.0965	3881761.0610

ANNEXE B : ELEMENT DU PROFIL EN LONG :

Élément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			30+128.47	630.160
PAR0	S= 30+294.08 Z=632.852			
	R= 12600.000	331.227		
			30+459.69	631.191
D1	PENTE= -1.00%	228.984		
			30+688.68	628.894
PAR1	S= 30+758.20 Z=628.197			
	R= 5000.000	139.046		

			30+827.72	629.433
D2	PENTE= 1.78%	53.484		
			30+881.21	630.384
PAR2	S= 31+065.06 Z=633.652			
	R= 13000.000	367.705		
			31+248.91	631.721
D3	PENTE= -1.05%	106.024		
			31+354.94	630.607
PAR3	S= 31+408.43 Z=630.045			
	R= 6000.000	106.984		
			31+461.92	630.437
D4	PENTE= 0.73%	674.013		
			32+135.93	635.373
PAR4	S= 32+153.43 Z=635.501			
	R= 20000.000	34.985		
			32+170.92	635.599
D5	PENTE= 0.56%	604.244		
			32+775.16	638.967
PAR5	S= 32+797.79 Z=639.094			
	R= 5000.000	45.261		
			32+820.42	639.425
D6	PENTE= 1.46%	576.208		
			33+396.63	647.853
PAR6	S= 33+437.75 Z=648.454			
	R= 5000.000	82.245		
			33+478.88	649.732
D7	PENTE= 3.11%	506.018		
			33+984.89	665.457
PAR7	S= 34+491.66 Z=681.206			
	R= 12501.000	1013.533		

			34+998.43	655.867
D8	PENTE= -5.00%	589.571		
			35+588.00	626.389
PAR8	S= 35+686.47 Z=621.465			
	R= 4500.000	196.935		
			35+784.93	620.851
D9	PENTE= -0.62%	1730.415		
			37+515.35	610.059
PAR9	S= 37+518.53 Z=610.040			
	R= 5000.000	6.363		
			37+521.71	610.024
D10	PENTE= -0.50%	510.969		
			38+032.68	607.487
PAR10	S= 38+048.91 Z=607.407			
	R= 12600.000	32.461		
			38+065.14	607.284
D11	PENTE= -0.75%	941.835		
			39+006.98	600.183
PAR11	S= 39+046.75 Z=599.883			
	R= 6000.000	79.550		
			39+086.53	600.110
D12	PENTE= 0.57%	440.243		
			39+526.77	602.628
PAR12	S= 39+707.66 Z=603.662			
	R= 12600.000	361.782		
			39+888.55	599.503
D13	PENTE= -2.30%	265.375		
			40+153.93	593.400
PAR13	S= 40+171.27 Z=593.002			
	R= 13000.000	34.685		

			40+188.61	592.557
D14	PENTE= -2.57%	384.702		
			40+573.32	582.684

ANNEXE C : CALCUL DES CUBATURES :

<u>Abscisse</u>	<u>Surface de déblai (m2)</u>	<u>Volume de déblai (m3)</u>	<u>Volume réutilisable (m3)</u>	<u>Surface de remblai (m2)</u>	<u>Volume de remblai (m3)</u>	<u>Vol. déblai Cum. (m3)</u>	<u>Vol. remblai Cum. (m3)</u>
30+000.000	1.07	0.00	0.00	56.63	0.00	0.00	0.00
30+020.000	1.06	21.31	21.31	74.64	1312.74	21.31	1312.74
30+040.000	1.06	21.27	21.27	91.13	1657.73	42.58	2970.47
30+060.000	1.07	21.35	21.35	106.13	1972.59	63.94	4943.06
30+080.000	1.07	21.41	21.41	119.91	2260.33	85.34	7203.39
30+100.000	1.07	21.41	21.41	136.90	2568.09	106.75	9771.48
30+120.000	1.07	21.44	21.44	156.56	2934.65	128.19	12706.13
30+140.000	1.07	21.43	21.43	177.32	3338.80	149.62	16044.93
30+160.000	1.07	21.42	21.42	196.56	3738.78	171.04	19783.72
30+180.000	1.07	21.39	21.39	212.79	4093.53	192.43	23877.25
30+200.000	1.07	21.35	21.35	227.97	4407.59	213.78	28284.83
30+220.000	1.08	21.47	21.47	245.62	4735.86	235.25	33020.69
30+240.000	1.11	21.92	21.92	264.70	5103.18	257.17	38123.87
30+260.000	1.09	21.98	21.98	279.80	5445.02	279.16	43568.88
30+280.000	1.32	24.02	24.02	259.33	5391.37	303.18	48960.25
30+300.000	1.10	24.18	24.18	250.11	5094.41	327.36	54054.66
30+320.000	1.07	21.73	21.73	233.63	4837.33	349.08	58891.99
30+340.000	1.08	21.51	21.51	248.47	4820.99	370.59	63712.98
30+360.000	1.10	21.84	21.84	259.76	5082.31	392.43	68795.29
30+380.000	1.11	22.18	22.18	251.98	5117.35	414.61	73912.63
30+400.000	1.09	22.08	22.08	228.39	4803.64	436.69	78716.27
30+420.000	1.10	21.90	21.90	202.80	4311.87	458.59	83028.14

30+440.000	1.07	21.65	21.65	176.25	3790.53	480.25	86818.67
30+460.000	1.10	21.73	21.73	153.37	3296.20	501.98	90114.87
30+480.000	1.09	21.97	21.97	133.66	2870.26	523.95	92985.13
30+500.000	1.12	22.18	22.18	116.99	2506.48	546.13	95491.61
30+520.000	1.10	22.23	22.23	103.91	2208.98	568.35	97700.59
30+540.000	1.10	22.01	22.01	90.07	1939.82	590.37	99640.42
30+560.000	1.07	21.76	21.76	76.68	1667.53	612.12	101307.94
30+580.000	1.08	21.55	21.55	66.64	1433.21	633.67	102741.15
30+600.000	1.08	21.63	21.63	56.83	1234.75	655.30	103975.89
30+620.000	1.08	21.58	21.58	46.60	1034.35	676.88	105010.24
30+640.000	1.08	21.57	21.57	37.03	836.35	698.44	105846.59
30+660.000	1.08	21.57	21.57	27.03	640.64	720.01	106487.23
30+680.000	1.07	21.50	21.50	18.02	450.49	741.51	106937.72
30+700.000	1.08	21.49	21.49	10.25	282.66	763.00	107220.39
30+720.000	1.28	23.58	23.58	6.24	164.90	786.58	107385.28
30+740.000	1.36	26.44	26.44	5.29	115.30	813.03	107500.58
30+760.000	1.16	25.25	25.25	7.18	124.68	838.27	107625.26
30+780.000	1.07	22.32	22.32	12.40	195.77	860.60	107821.03
30+800.000	1.07	21.45	21.45	20.66	330.61	882.04	108151.63
30+820.000	1.08	21.50	21.50	30.67	513.33	903.55	108664.97
30+840.000	1.07	21.45	21.45	42.35	730.19	925.00	109395.16
30+860.000	1.07	21.41	21.41	54.39	967.39	946.41	110362.55
30+880.000	1.00	20.73	20.73	63.97	1183.55	967.15	111546.10
30+900.000	1.12	21.18	21.18	72.86	1368.30	988.33	112914.40
30+920.000	1.11	22.25	22.25	79.52	1523.81	1010.57	114438.20
30+940.000	1.09	21.95	21.95	81.21	1607.24	1032.52	116045.44
30+960.000	1.07	21.58	21.58	79.57	1607.73	1054.10	117653.18
30+980.000	1.07	21.42	21.42	76.41	1559.80	1075.52	119212.98
31+000.000	1.07	21.39	21.39	73.77	1501.79	1096.91	120714.77
31+020.000	1.08	21.44	21.44	69.57	1433.33	1118.35	122148.10
31+040.000	1.09	21.67	21.67	63.48	1330.49	1140.02	123478.59

31+060.000	1.08	21.76	21.76	56.54	1200.23	1161.78	124678.82
31+080.000	1.08	21.62	21.62	48.49	1050.33	1183.40	125729.15
31+100.000	1.03	21.05	21.05	66.35	1148.41	1204.46	126877.56
31+120.000	1.01	20.37	20.37	102.42	1687.73	1224.83	128565.29
31+140.000	1.09	20.99	20.99	134.96	2373.85	1245.82	130939.14
31+160.000	1.11	21.99	21.99	157.14	2921.02	1267.81	133860.16
31+180.000	1.06	21.65	21.65	168.11	3252.46	1289.46	137112.61
31+200.000	1.05	21.02	21.02	173.21	3413.15	1310.48	140525.76
31+220.000	1.04	20.84	20.84	178.44	3516.52	1331.32	144042.29
31+240.000	1.07	21.06	21.06	184.91	3633.51	1352.38	147675.80
31+260.000	1.08	21.45	21.45	185.34	3702.47	1373.83	151378.26
31+280.000	1.01	20.82	20.82	194.33	3796.71	1394.65	155174.97
31+300.000	1.31	23.16	23.16	214.86	4091.93	1417.81	159266.90
31+320.000	1.08	23.90	23.90	166.54	3814.01	1441.72	163080.91
31+340.000	1.08	21.64	21.64	148.30	3148.39	1463.36	166229.30
31+360.000	1.08	21.62	21.62	133.10	2814.02	1484.98	169043.32
31+380.000	1.08	21.57	21.57	121.76	2550.51	1506.56	171593.84
31+400.000	1.08	21.57	21.57	113.43	2356.16	1528.13	173950.00
31+420.000	1.09	21.65	21.65	106.74	2206.39	1549.78	176156.38
31+440.000	1.08	21.72	21.72	100.91	2080.22	1571.50	178236.61
31+460.000	1.07	21.54	21.54	93.77	1949.57	1593.04	180186.18
31+480.000	1.11	21.82	21.82	84.66	1786.58	1614.86	181972.75
31+500.000	1.14	22.53	22.53	72.10	1569.65	1637.39	183542.40
31+520.000	1.10	22.42	22.42	56.49	1288.14	1659.81	184830.54
31+540.000	1.05	21.58	21.58	43.29	1000.82	1681.39	185831.35
31+560.000	1.03	20.91	20.91	42.34	859.56	1702.31	186690.92
31+580.000	1.07	21.10	21.10	47.94	905.87	1723.41	187596.79
31+600.000	1.07	21.41	21.41	54.15	1024.16	1744.82	188620.95
31+620.000	1.07	21.42	21.42	58.41	1128.25	1766.24	189749.19
31+640.000	1.06	21.36	21.36	58.98	1174.78	1787.60	190923.97
31+660.000	1.05	21.06	21.06	60.91	1198.90	1808.66	192122.87

31+680.000	1.05	20.97	20.97	58.48	1193.97	1829.62	193316.84
31+700.000	1.15	22.02	22.02	47.45	1059.32	1851.65	194376.16
31+720.000	1.16	23.15	23.15	36.59	840.39	1874.79	195216.54
31+740.000	1.26	24.22	24.22	38.53	751.16	1899.02	195967.70
31+760.000	1.06	23.17	23.17	44.51	830.38	1922.18	196798.08
31+780.000	1.04	20.99	20.99	44.12	886.29	1943.18	197684.37
31+800.000	1.02	20.56	20.56	33.64	777.54	1963.74	198461.91
31+820.000	0.99	20.05	20.05	21.25	548.84	1983.79	199010.75
31+840.000	0.99	19.82	19.82	7.77	290.14	2003.60	199300.89
31+860.000	5.84	68.35	68.35	0.54	83.07	2071.96	199383.96
31+880.000	21.21	270.57	270.57	0.00	5.40	2342.53	199389.36
31+900.000	19.46	406.77	406.77	0.06	0.61	2749.29	199389.97
31+920.000	12.37	318.37	318.37	0.11	1.69	3067.66	199391.66
31+940.000	3.44	158.18	158.18	6.27	63.77	3225.83	199455.43
31+960.000	1.07	45.10	45.10	24.50	307.72	3270.94	199763.16
31+980.000	1.09	21.54	21.54	46.13	706.38	3292.48	200469.54
32+000.000	1.09	21.79	21.79	69.66	1157.91	3314.27	201627.45
32+020.000	1.09	21.85	21.85	81.11	1507.70	3336.12	203135.16
32+040.000	1.08	21.76	21.76	85.36	1664.71	3357.88	204799.87
32+060.000	1.09	21.69	21.69	92.08	1774.39	3379.56	206574.26
32+080.000	1.08	21.68	21.68	99.39	1914.75	3401.25	208489.01
32+100.000	1.08	21.61	21.61	103.17	2025.62	3422.85	210514.63
32+120.000	1.08	21.57	21.57	104.64	2081.29	3444.42	212595.92
32+140.000	1.08	21.56	21.56	105.82	2109.32	3465.98	214705.24
32+160.000	1.08	21.61	21.61	107.40	2137.03	3487.59	216842.27
32+180.000	1.09	21.72	21.72	108.21	2160.96	3509.30	219003.23
32+200.000	1.09	21.83	21.83	108.03	2167.55	3531.13	221170.78
32+220.000	1.11	22.01	22.01	103.92	2125.65	3553.14	223296.43
32+240.000	1.14	22.48	22.48	93.51	1982.02	3575.62	225278.46
32+260.000	1.05	21.91	21.91	71.85	1661.98	3597.53	226940.44
32+280.000	1.06	21.15	21.15	49.96	1226.01	3618.68	228166.45

32+300.000	1.33	23.89	23.89	28.95	795.49	3642.57	228961.94
32+320.000	1.62	29.40	29.40	22.53	519.74	3671.97	229481.68
32+340.000	1.90	34.98	34.98	21.46	444.57	3706.95	229926.25
32+360.000	1.87	37.37	37.37	20.01	419.22	3744.32	230345.47
32+380.000	2.60	44.30	44.30	14.79	351.85	3788.61	230697.32
32+400.000	5.67	81.87	81.87	6.82	218.80	3870.48	230916.11
32+420.000	5.56	111.14	111.14	4.32	113.04	3981.62	231029.15
32+440.000	3.62	91.01	91.01	3.05	74.57	4072.64	231103.72
32+460.000	2.97	65.86	65.86	2.07	51.22	4138.50	231154.93
32+480.000	2.43	53.99	53.99	1.53	36.04	4192.49	231190.97
32+500.000	2.93	53.59	53.59	1.60	31.30	4246.08	231222.28
32+520.000	3.03	59.54	59.54	1.73	33.31	4305.62	231255.59
32+540.000	2.13	51.55	51.55	2.82	45.55	4357.17	231301.14
32+560.000	1.27	33.96	33.96	5.71	85.35	4391.14	231386.49
32+580.000	1.08	23.53	23.53	10.57	162.84	4414.66	231549.32
32+600.000	1.09	21.72	21.72	17.60	281.69	4436.39	231831.01
32+620.000	1.09	21.77	21.77	32.17	497.63	4458.16	232328.64
32+640.000	1.10	21.93	21.93	49.43	815.95	4480.08	233144.59
32+660.000	1.12	22.22	22.22	69.87	1193.02	4502.30	234337.61
32+680.000	1.13	22.52	22.52	83.20	1530.69	4524.82	235868.31
32+700.000	1.06	21.93	21.93	60.72	1439.15	4546.75	237307.45
32+720.000	1.08	21.44	21.44	47.81	1085.29	4568.20	238392.75
32+740.000	1.08	21.68	21.68	30.96	787.66	4589.88	239180.41
32+760.000	1.07	21.57	21.57	16.20	471.54	4611.45	239651.95
32+780.000	2.03	31.08	31.08	5.45	216.48	4642.53	239868.43
32+800.000	5.02	70.50	70.50	0.65	60.98	4713.03	239929.41
32+820.000	4.89	99.09	99.09	0.61	12.60	4812.12	239942.01
32+840.000	2.47	73.65	73.65	3.43	40.46	4885.77	239982.47
32+860.000	1.85	43.22	43.22	7.39	108.19	4928.99	240090.66
32+880.000	1.76	36.06	36.06	5.76	131.42	4965.05	240222.07
32+900.000	2.16	39.14	39.14	4.67	104.24	5004.19	240326.31

32+920.000	2.88	50.36	50.36	1.95	66.16	5054.55	240392.47
32+940.000	2.07	49.49	49.49	2.48	44.24	5104.04	240436.70
32+960.000	1.14	32.15	32.15	7.64	101.16	5136.20	240537.86
32+980.000	1.01	21.58	21.58	13.76	213.95	5157.78	240751.81
33+000.000	1.01	20.24	20.24	20.66	344.15	5178.02	241095.96
33+020.000	0.92	19.26	19.26	26.49	471.55	5197.29	241567.51
33+040.000	0.82	17.32	17.32	31.73	582.29	5214.61	242149.80
33+060.000	1.23	20.43	20.43	43.10	748.31	5235.04	242898.12
33+080.000	1.47	27.00	27.00	69.24	1123.34	5262.04	244021.46
33+100.000	1.57	30.40	30.40	71.92	1411.61	5292.44	245433.07
33+120.000	1.42	29.89	29.89	52.88	1248.03	5322.33	246681.10
33+140.000	1.36	27.82	27.82	39.51	923.95	5350.15	247605.05
33+160.000	1.35	27.12	27.12	47.10	866.13	5377.27	248471.18
33+180.000	1.33	26.80	26.80	59.80	1068.94	5404.08	249540.12
33+200.000	1.28	26.10	26.10	70.36	1301.59	5430.17	250841.70
33+220.000	1.25	25.27	25.27	82.57	1529.34	5455.44	252371.04
33+240.000	1.24	24.83	24.83	78.69	1612.57	5480.27	253983.61
33+260.000	1.06	22.96	22.96	70.38	1490.68	5503.23	255474.29
33+280.000	1.08	21.39	21.39	58.05	1284.29	5524.62	256758.58
33+300.000	0.99	20.66	20.66	53.77	1118.16	5545.28	257876.74
33+320.000	1.00	19.82	19.82	46.54	1003.07	5565.10	258879.81
33+340.000	1.12	21.19	21.19	51.21	977.43	5586.30	259857.24
33+360.000	1.16	22.81	22.81	44.10	953.04	5609.11	260810.28
33+380.000	1.11	22.71	22.71	37.94	820.43	5631.82	261630.72
33+400.000	1.39	25.07	25.07	30.08	680.22	5656.89	262310.94
33+420.000	1.03	24.20	24.20	18.47	485.50	5681.09	262796.44
33+440.000	1.30	23.22	23.22	22.34	408.14	5704.31	263204.59
33+460.000	1.17	24.65	24.65	16.63	389.72	5728.96	263594.31
33+480.000	1.18	23.54	23.54	21.92	385.47	5752.50	263979.77
33+500.000	1.15	23.36	23.36	29.37	512.91	5775.86	264492.69
33+520.000	1.14	22.90	22.90	28.90	582.73	5798.77	265075.42

33+540.000	1.14	22.76	22.76	27.80	566.97	5821.52	265642.39
33+560.000	1.18	23.13	23.13	29.73	575.25	5844.65	266217.64
33+580.000	1.13	23.08	23.08	27.85	575.80	5867.73	266793.44
33+600.000	1.43	25.59	25.59	28.33	561.85	5893.32	267355.29
33+620.000	2.93	43.61	43.61	25.91	542.38	5936.94	267897.68
33+640.000	7.38	103.15	103.15	18.12	440.29	6040.09	268337.97
33+660.000	15.32	227.05	227.05	8.80	269.19	6267.14	268607.16
33+680.000	27.22	425.42	425.42	3.45	122.44	6692.56	268729.60
33+700.000	27.51	547.27	547.27	4.64	80.86	7239.83	268810.46
33+720.000	28.03	555.38	555.38	5.34	99.82	7795.21	268910.29
33+740.000	24.54	525.64	525.64	8.87	142.16	8320.85	269052.45
33+760.000	24.60	491.32	491.32	14.47	233.41	8812.17	269285.86
33+780.000	14.38	389.78	389.78	24.29	387.61	9201.95	269673.47
33+800.000	3.51	178.90	178.90	40.41	646.99	9380.85	270320.46
33+820.000	1.28	47.89	47.89	70.03	1104.43	9428.74	271424.89
33+840.000	1.28	25.60	25.60	106.87	1769.08	9454.34	273193.97
33+860.000	1.26	25.37	25.37	150.83	2576.99	9479.71	275770.96
33+880.000	1.25	25.10	25.10	198.94	3497.69	9504.81	279268.65
33+900.000	1.16	24.10	24.10	225.26	4242.02	9528.91	283510.66
33+920.000	1.17	23.32	23.32	242.89	4681.51	9552.22	288192.17
33+940.000	1.15	23.20	23.20	238.20	4810.90	9575.42	293003.07
33+960.000	1.08	22.31	22.31	230.79	4689.88	9597.73	297692.96
33+980.000	1.08	21.67	21.67	225.28	4560.70	9619.40	302253.66
34+000.000	1.08	21.64	21.64	220.97	4462.48	9641.04	306716.14
34+020.000	1.07	21.55	21.55	219.95	4409.22	9662.59	311125.37
34+040.000	1.04	21.19	21.19	215.65	4356.08	9683.77	315481.45
34+060.000	1.05	20.95	20.95	213.03	4286.86	9704.72	319768.30
34+080.000	1.07	21.18	21.18	208.35	4213.80	9725.91	323982.10
34+100.000	1.05	21.15	21.15	209.50	4178.52	9747.05	328160.62
34+120.000	1.09	21.39	21.39	193.46	4029.65	9768.44	332190.28
34+140.000	1.20	22.89	22.89	175.95	3694.14	9791.33	335884.42

34+160.000	1.26	24.58	24.58	155.05	3310.07	9815.91	339194.49
34+180.000	1.06	23.26	23.26	120.08	2751.36	9839.17	341945.85
34+200.000	1.08	21.40	21.40	84.48	2045.60	9860.57	343991.45
34+220.000	1.09	21.65	21.65	44.85	1293.24	9882.23	345284.69
34+240.000	1.39	24.82	24.82	34.17	790.18	9907.05	346074.87
34+260.000	1.16	25.53	25.53	33.04	672.15	9932.59	346747.02
34+280.000	1.69	28.53	28.53	11.79	448.31	9961.12	347195.33
34+300.000	3.22	49.14	49.14	3.31	150.95	10010.26	347346.28
34+320.000	15.09	183.16	183.16	0.17	34.75	10193.42	347381.03
34+340.000	47.57	626.61	626.61	0.00	1.69	10820.03	347382.72
34+360.000	90.87	1384.39	1384.39	0.00	0.00	12204.43	347382.72
34+380.000	143.84	2347.11	2347.11	0.00	0.00	14551.54	347382.72
34+400.000	185.15	3289.94	3289.94	0.00	0.00	17841.48	347382.72
34+420.000	252.13	4372.87	4372.87	0.00	0.00	22214.34	347382.72
34+440.000	312.96	5650.89	5650.89	0.00	0.00	27865.24	347382.72
34+460.000	393.85	7068.07	7068.07	1.67	16.68	34933.31	347399.40
34+480.000	489.63	8834.83	8834.83	0.00	16.68	43768.14	347416.08
34+500.000	804.91	12945.46	12945.46	0.00	0.00	56713.60	347416.08
34+520.000	1039.31	18442.19	18442.19	0.00	0.01	75155.78	347416.09
34+540.000	1390.08	24293.85	24293.85	0.00	0.01	99449.63	347416.10
34+560.000	1738.31	31283.90	31283.90	0.00	0.00	130733.53	347416.10
34+580.000	1933.56	36718.72	36718.72	0.00	0.00	167452.25	347416.10
34+600.000	2025.18	39587.38	39587.38	0.00	0.00	207039.63	347416.10
34+620.000	1979.45	40046.29	40046.29	0.00	0.00	247085.92	347416.10
34+640.000	1933.37	39128.21	39128.21	0.00	0.00	286214.14	347416.10
34+660.000	1883.12	38164.85	38164.85	0.00	0.00	324378.98	347416.10
34+680.000	1730.67	36137.90	36137.90	0.00	0.00	360516.88	347416.10
34+700.000	1593.18	33238.54	33238.54	0.00	0.00	393755.43	347416.10
34+720.000	1405.77	29989.53	29989.53	0.00	0.00	423744.96	347416.10
34+740.000	1536.07	29418.47	29418.47	0.00	0.00	453163.42	347416.10
34+760.000	2360.61	38966.88	38966.88	0.00	0.00	492130.31	347416.10

34+780.000	2463.21	48238.23	48238.23	0.00	0.00	540368.54	347416.10
34+800.000	3081.75	55449.56	55449.56	0.00	0.00	595818.10	347416.10
34+820.000	2267.32	53490.66	53490.66	0.00	0.00	649308.76	347416.10
34+840.000	2017.06	42843.74	42843.74	2.07	20.71	692152.50	347436.81
34+860.000	1762.11	37791.62	37791.62	0.00	20.71	729944.13	347457.52
34+880.000	1563.53	33256.34	33256.34	1.76	17.61	763200.46	347475.13
34+900.000	1356.98	29205.06	29205.06	0.00	17.61	792405.52	347492.74
34+920.000	1017.90	23748.75	23748.75	0.00	0.00	816154.27	347492.74
34+940.000	867.62	18855.21	18855.21	0.08	0.83	835009.48	347493.56
34+960.000	885.83	17534.54	17534.54	1.73	18.16	852544.02	347511.72
34+980.000	1797.62	26834.45	26834.45	3.61	53.41	879378.47	347565.13
35+000.000	1707.09	35047.09	35047.09	5.06	86.71	914425.56	347651.84
35+020.000	1506.71	32138.00	32138.00	5.69	107.57	946563.56	347759.41
35+040.000	1131.32	26380.30	26380.30	0.00	56.94	972943.86	347816.35
35+060.000	793.29	19246.14	19246.14	0.00	0.00	992190.00	347816.35
35+080.000	462.67	12559.65	12559.65	0.00	0.00	1004749.65	347816.35
35+100.000	311.07	7737.47	7737.47	0.00	0.00	1012487.12	347816.35
35+120.000	177.96	4890.38	4890.38	0.00	0.00	1017377.50	347816.35
35+140.000	78.18	2561.43	2561.43	3.01	30.11	1019938.93	347846.46
35+160.000	35.73	1139.07	1139.07	17.42	204.28	1021077.99	348050.74
35+180.000	2.84	385.70	385.70	57.56	749.81	1021463.69	348800.55
35+200.000	1.04	38.79	38.79	90.04	1476.00	1021502.49	350276.55
35+220.000	1.07	21.03	21.03	119.24	2092.76	1021523.52	352369.31
35+240.000	1.05	21.18	21.18	147.87	2671.08	1021544.69	355040.39
35+260.000	1.13	21.79	21.79	160.64	3085.13	1021566.48	358125.52
35+280.000	1.13	22.62	22.62	159.44	3200.81	1021589.10	361326.33
35+300.000	1.17	23.07	23.07	163.12	3225.60	1021612.17	364551.93
35+320.000	0.98	21.52	21.52	159.93	3230.50	1021633.69	367782.43
35+340.000	1.11	20.93	20.93	167.21	3271.34	1021654.63	371053.77
35+360.000	1.30	24.11	24.11	196.64	3638.49	1021678.74	374692.26
35+380.000	1.22	25.19	25.19	217.80	4144.41	1021703.93	378836.67

35+400.000	1.14	23.66	23.66	201.76	4195.60	1021727.59	383032.27
35+420.000	1.07	22.13	22.13	147.21	3489.73	1021749.72	386522.00
35+440.000	1.05	21.16	21.16	122.19	2693.97	1021770.87	389215.97
35+460.000	1.02	20.67	20.67	111.47	2336.56	1021791.54	391552.53
35+480.000	1.01	20.32	20.32	126.10	2375.72	1021811.86	393928.25
35+500.000	1.06	20.68	20.68	129.84	2559.46	1021832.54	396487.71
35+520.000	1.40	24.57	24.57	129.58	2594.19	1021857.11	399081.90
35+540.000	1.25	26.52	26.52	162.06	2916.34	1021883.63	401998.24
35+560.000	1.01	22.62	22.62	78.51	2405.66	1021906.25	404403.90
35+580.000	1.14	21.49	21.49	71.46	1499.68	1021927.74	405903.58
35+600.000	0.93	20.69	20.69	85.17	1566.30	1021948.43	407469.88
35+620.000	3.16	40.92	40.92	163.28	2484.48	1021989.35	409954.36
35+640.000	2.09	52.52	52.52	214.93	3782.11	1022041.87	413736.47
35+660.000	2.02	41.12	41.12	142.24	3571.75	1022082.99	417308.22
35+680.000	4.76	67.84	67.84	64.51	2067.49	1022150.82	419375.71
35+700.000	2.26	70.27	70.27	36.34	1008.48	1022221.09	420384.19
35+720.000	1.93	41.99	41.99	61.52	978.60	1022263.08	421362.80
35+740.000	1.13	30.68	30.68	52.04	1135.59	1022293.76	422498.38
35+760.000	1.29	24.22	24.22	68.70	1207.41	1022317.98	423705.80
35+780.000	3.94	52.32	52.32	23.04	917.40	1022370.30	424623.20
35+800.000	4.72	86.65	86.65	17.36	404.04	1022456.95	425027.25
35+820.000	4.45	91.67	91.67	16.75	341.11	1022548.63	425368.36
35+840.000	4.13	85.74	85.74	16.33	330.77	1022634.36	425699.13
35+860.000	3.51	76.33	76.33	19.66	359.91	1022710.69	426059.04
35+880.000	2.69	61.94	61.94	24.74	444.02	1022772.64	426503.06
35+900.000	1.81	45.04	45.04	34.34	590.83	1022817.67	427093.89
35+920.000	1.11	29.29	29.29	50.31	846.49	1022846.96	427940.38
35+940.000	1.12	22.34	22.34	67.26	1175.66	1022869.30	429116.03
35+960.000	1.14	22.58	22.58	77.10	1443.58	1022891.88	430559.61
35+980.000	1.09	22.31	22.31	74.98	1520.80	1022914.19	432080.42
36+000.000	1.11	22.04	22.04	86.22	1612.03	1022936.23	433692.45

36+020.000	1.11	22.19	22.19	99.11	1853.32	1022958.42	435545.77
36+040.000	1.10	22.04	22.04	112.51	2116.22	1022980.46	437661.99
36+060.000	1.07	21.69	21.69	129.95	2424.65	1023002.15	440086.64
36+080.000	1.19	22.67	22.67	178.89	3088.39	1023024.82	443175.03
36+100.000	1.17	23.67	23.67	169.13	3480.14	1023048.49	446655.17
36+120.000	1.09	22.68	22.68	128.65	2977.75	1023071.17	449632.92
36+140.000	1.09	21.88	21.88	126.45	2551.00	1023093.05	452183.93
36+160.000	1.04	21.34	21.34	127.65	2541.00	1023114.39	454724.92
36+180.000	0.94	19.78	19.78	125.21	2528.52	1023134.17	457253.44
36+200.000	1.24	21.81	21.81	166.87	2920.80	1023155.99	460174.24
36+220.000	1.16	24.03	24.03	180.42	3472.94	1023180.01	463647.18
36+240.000	1.15	23.04	23.04	139.31	3197.26	1023203.05	466844.44
36+260.000	1.09	22.40	22.40	106.92	2462.23	1023225.45	469306.67
36+280.000	1.08	21.70	21.70	85.25	1921.70	1023247.15	471228.37
36+300.000	1.31	23.86	23.86	135.97	2212.23	1023271.02	473440.61
36+320.000	1.09	24.00	24.00	88.70	2246.71	1023295.01	475687.31
36+340.000	1.11	21.94	21.94	97.98	1866.82	1023316.95	477554.13
36+360.000	1.11	22.21	22.21	109.65	2076.35	1023339.16	479630.49
36+380.000	1.11	22.25	22.25	122.04	2316.96	1023361.41	481947.44
36+400.000	1.11	22.21	22.21	135.19	2572.29	1023383.62	484519.73
36+420.000	1.12	22.30	22.30	149.16	2859.84	1023405.91	487379.58
36+440.000	1.11	22.27	22.27	161.27	3124.88	1023428.19	490504.45
36+460.000	1.10	22.10	22.10	171.34	3347.64	1023450.29	493852.10
36+480.000	1.12	22.19	22.19	183.73	3572.60	1023472.48	497424.70
36+500.000	1.07	21.81	21.81	201.56	3870.41	1023494.29	501295.11
36+520.000	1.10	21.59	21.59	216.79	4194.14	1023515.88	505489.25
36+540.000	1.10	21.91	21.91	242.30	4590.90	1023537.79	510080.14
36+560.000	1.21	23.01	23.01	245.01	4873.12	1023560.80	514953.27
36+580.000	1.11	23.19	23.19	214.51	4595.28	1023584.00	519548.55
36+600.000	1.12	22.36	22.36	223.88	4383.94	1023606.36	523932.49
36+620.000	1.10	22.21	22.21	179.32	4032.04	1023628.56	527964.52

36+640.000	1.13	22.23	22.23	166.48	3458.02	1023650.80	531422.55
36+660.000	1.11	22.36	22.36	165.02	3315.02	1023673.16	534737.57
36+680.000	1.12	22.33	22.33	178.68	3437.08	1023695.49	538174.64
36+700.000	1.15	22.71	22.71	188.11	3667.93	1023718.20	541842.57
36+720.000	1.12	22.71	22.71	190.26	3783.72	1023740.91	545626.29
36+740.000	1.13	22.50	22.50	192.20	3824.58	1023763.41	549450.87
36+760.000	1.14	22.62	22.62	193.67	3858.61	1023786.03	553309.49
36+780.000	1.15	22.81	22.81	195.44	3891.06	1023808.84	557200.55
36+800.000	1.10	22.47	22.47	201.80	3972.42	1023831.31	561172.97
36+820.000	1.14	22.39	22.39	202.47	4042.69	1023853.70	565215.66
36+840.000	1.09	22.27	22.27	203.21	4056.76	1023875.97	569272.43
36+860.000	1.12	22.13	22.13	205.62	4088.29	1023898.10	573360.71
36+880.000	1.12	22.45	22.45	203.08	4087.00	1023920.55	577447.72
36+900.000	1.12	22.40	22.40	200.31	4033.91	1023942.95	581481.63
36+920.000	1.11	22.32	22.32	196.68	3969.89	1023965.27	585451.52
36+940.000	1.11	22.27	22.27	194.02	3906.96	1023987.54	589358.48
36+960.000	1.12	22.30	22.30	192.11	3861.25	1024009.84	593219.73
36+980.000	1.12	22.36	22.36	189.97	3820.74	1024032.20	597040.47
37+000.000	1.13	22.45	22.45	188.21	3781.73	1024054.64	600822.20
37+020.000	1.30	24.29	24.29	189.84	3780.45	1024078.93	604602.65
37+040.000	1.16	24.63	24.63	192.19	3820.30	1024103.57	608422.95
37+060.000	1.12	22.83	22.83	194.11	3863.03	1024126.40	612285.97
37+080.000	1.13	22.49	22.49	201.69	3958.03	1024148.89	616244.01
37+100.000	1.08	22.10	22.10	240.47	4421.62	1024170.99	620665.62
37+120.000	1.03	21.14	21.14	220.62	4610.92	1024192.13	625276.54
37+140.000	1.11	21.37	21.37	222.30	4429.16	1024213.50	629705.70
37+160.000	1.11	22.17	22.17	235.56	4578.58	1024235.67	634284.28
37+180.000	1.11	22.19	22.19	251.44	4870.04	1024257.86	639154.32
37+200.000	1.12	22.24	22.24	264.75	5161.89	1024280.10	644316.21
37+220.000	1.12	22.35	22.35	278.69	5434.38	1024302.45	649750.59
37+240.000	1.12	22.38	22.38	293.06	5717.49	1024324.83	655468.08

37+260.000	1.12	22.41	22.41	307.90	6009.56	1024347.23	661477.64
37+280.000	1.12	22.44	22.44	326.67	6345.70	1024369.67	667823.34
37+300.000	1.12	22.38	22.38	345.99	6726.64	1024392.05	674549.97
37+320.000	1.11	22.29	22.29	356.94	7029.27	1024414.34	681579.25
37+340.000	1.09	22.08	22.08	365.52	7224.54	1024436.41	688803.78
37+360.000	1.10	21.94	21.94	373.58	7391.00	1024458.35	696194.78
37+380.000	1.10	21.99	21.99	374.63	7482.09	1024480.34	703676.87
37+400.000	1.09	21.91	21.91	363.19	7378.15	1024502.25	711055.02
37+420.000	1.10	21.94	21.94	355.18	7183.69	1024524.19	718238.71
37+440.000	1.09	21.93	21.93	350.75	7059.30	1024546.12	725298.01
37+460.000	1.14	22.35	22.35	348.39	6991.39	1024568.47	732289.41
37+480.000	1.15	22.91	22.91	336.99	6853.84	1024591.38	739143.24
37+500.000	1.12	22.70	22.70	324.77	6617.68	1024614.08	745760.93
37+520.000	1.10	22.23	22.23	312.07	6368.45	1024636.30	752129.37
37+540.000	1.07	21.71	21.71	301.12	6131.92	1024658.01	758261.30
37+560.000	1.07	21.45	21.45	296.35	5974.70	1024679.46	764235.99
37+580.000	1.10	21.70	21.70	295.35	5917.02	1024701.17	770153.01
37+600.000	1.09	21.90	21.90	299.86	5952.15	1024723.06	776105.16
37+620.000	1.13	22.23	22.23	308.18	6080.44	1024745.29	782185.61
37+640.000	1.12	22.48	22.48	297.11	6052.90	1024767.77	788238.51
37+660.000	1.10	22.15	22.15	280.75	5778.58	1024789.91	794017.08
37+680.000	1.08	21.81	21.81	267.31	5480.58	1024811.72	799497.66
37+700.000	1.08	21.68	21.68	254.16	5214.69	1024833.41	804712.35
37+720.000	1.09	21.78	21.78	241.67	4958.26	1024855.19	809670.61
37+740.000	1.09	21.83	21.83	226.66	4683.20	1024877.02	814353.81
37+760.000	1.13	22.18	22.18	213.38	4400.32	1024899.20	818754.14
37+780.000	1.14	22.65	22.65	200.02	4134.00	1024921.85	822888.13
37+800.000	1.10	22.31	22.31	179.53	3795.55	1024944.15	826683.68
37+820.000	1.08	21.77	21.77	157.46	3369.90	1024965.93	830053.58
37+840.000	1.08	21.56	21.56	144.64	3021.00	1024987.49	833074.58
37+860.000	1.08	21.60	21.60	134.27	2789.10	1025009.09	835863.69

37+880.000	1.08	21.69	21.69	122.39	2566.58	1025030.78	838430.26
37+900.000	1.10	21.85	21.85	113.30	2356.86	1025052.63	840787.12
37+920.000	1.09	21.92	21.92	104.86	2181.53	1025074.55	842968.66
37+940.000	1.18	22.72	22.72	94.87	1997.22	1025097.27	844965.88
37+960.000	1.15	23.33	23.33	84.60	1794.65	1025120.60	846760.53
37+980.000	1.10	22.50	22.50	92.98	1775.84	1025143.11	848536.36
38+000.000	1.09	21.89	21.89	114.32	2073.04	1025165.00	850609.40
38+020.000	1.06	21.51	21.51	108.47	2227.93	1025186.51	852837.34
38+040.000	1.08	21.40	21.40	100.71	2091.80	1025207.91	854929.14
38+060.000	1.08	21.63	21.63	93.34	1940.47	1025229.54	856869.61
38+080.000	1.08	21.66	21.66	83.72	1770.60	1025251.20	858640.21
38+100.000	1.08	21.67	21.67	74.42	1581.44	1025272.86	860221.65
38+120.000	1.08	21.67	21.67	65.33	1397.53	1025294.53	861619.19
38+140.000	1.09	21.77	21.77	57.20	1225.32	1025316.29	862844.51
38+160.000	1.08	21.72	21.72	49.68	1068.79	1025338.01	863913.30
38+180.000	1.08	21.62	21.62	46.63	963.07	1025359.63	864876.37
38+200.000	1.09	21.73	21.73	46.42	930.55	1025381.37	865806.92
38+220.000	1.08	21.74	21.74	47.73	941.50	1025403.10	866748.42
38+240.000	1.10	21.83	21.83	46.08	938.08	1025424.93	867686.50
38+260.000	1.12	22.16	22.16	40.65	867.29	1025447.10	868553.79
38+280.000	1.11	22.25	22.25	37.43	780.78	1025469.35	869334.56
38+300.000	1.09	22.01	22.01	33.73	711.66	1025491.36	870046.23
38+320.000	1.10	21.96	21.96	35.05	687.86	1025513.33	870734.09
38+340.000	1.08	21.80	21.80	33.64	686.96	1025535.13	871421.05
38+360.000	1.08	21.53	21.53	31.98	656.20	1025556.66	872077.25
38+380.000	1.08	21.54	21.54	37.64	696.12	1025578.20	872773.37
38+400.000	1.08	21.56	21.56	41.66	792.93	1025599.76	873566.30
38+420.000	1.11	21.91	21.91	54.13	957.90	1025621.67	874524.20
38+440.000	1.14	22.51	22.51	70.68	1248.17	1025644.18	875772.38
38+460.000	1.08	22.20	22.20	93.09	1637.74	1025666.38	877410.12
38+480.000	1.06	21.42	21.42	78.38	1714.72	1025687.80	879124.83

38+500.000	1.11	21.69	21.69	67.52	1458.98	1025709.48	880583.82
38+520.000	1.07	21.76	21.76	57.33	1248.42	1025731.24	881832.23
38+540.000	1.11	21.75	21.75	55.10	1124.23	1025752.99	882956.47
38+560.000	1.12	22.23	22.23	56.94	1120.38	1025775.22	884076.84
38+580.000	1.09	22.05	22.05	45.22	1021.57	1025797.27	885098.41
38+600.000	1.14	22.33	22.33	39.18	843.93	1025819.60	885942.34
38+620.000	1.11	22.56	22.56	36.08	752.59	1025842.16	886694.93
38+640.000	1.12	22.36	22.36	33.01	690.98	1025864.52	887385.91
38+660.000	1.22	23.43	23.43	29.57	625.85	1025887.95	888011.76
38+680.000	1.48	27.00	27.00	23.95	535.17	1025914.95	888546.93
38+700.000	1.83	33.07	33.07	17.01	409.57	1025948.01	888956.50
38+720.000	2.29	41.17	41.17	14.02	310.33	1025989.18	889266.83
38+740.000	2.60	48.90	48.90	13.52	275.38	1026038.08	889542.20
38+760.000	4.70	72.94	72.94	8.49	220.09	1026111.02	889762.30
38+780.000	4.53	92.21	92.21	9.01	175.08	1026203.24	889937.38
38+800.000	3.75	82.79	82.79	10.54	195.57	1026286.02	890132.95
38+820.000	2.99	67.42	67.42	10.20	207.46	1026353.45	890340.41
38+840.000	2.18	51.68	51.68	12.56	227.66	1026405.13	890568.08
38+860.000	1.66	38.38	38.38	16.18	287.45	1026443.51	890855.53
38+880.000	1.25	29.06	29.06	20.58	367.67	1026472.57	891223.20
38+900.000	1.09	23.39	23.39	25.94	465.22	1026495.96	891688.42
38+920.000	1.09	21.78	21.78	31.28	572.21	1026517.75	892260.63
38+940.000	1.09	21.78	21.78	33.74	650.25	1026539.53	892910.88
38+960.000	1.09	21.81	21.81	35.79	695.35	1026561.34	893606.23
38+980.000	1.08	21.73	21.73	43.95	797.47	1026583.07	894403.69
39+000.000	1.07	21.54	21.54	55.98	999.35	1026604.61	895403.05
39+020.000	1.08	21.49	21.49	67.28	1232.58	1026626.10	896635.62
39+040.000	1.09	21.64	21.64	81.79	1490.71	1026647.74	898126.33
39+060.000	1.04	21.21	21.21	87.76	1695.57	1026668.95	899821.90
39+080.000	1.01	20.44	20.44	95.24	1830.01	1026689.40	901651.91
39+100.000	1.02	20.27	20.27	90.98	1862.22	1026709.66	903514.14

39+120.000	1.08	21.02	21.02	86.66	1776.43	1026730.68	905290.57
39+140.000	1.09	21.79	21.79	90.66	1773.22	1026752.47	907063.79
39+160.000	1.09	21.87	21.87	94.26	1849.19	1026774.34	908912.99
39+180.000	1.11	22.06	22.06	97.29	1915.49	1026796.40	910828.48
39+200.000	1.13	22.40	22.40	96.73	1940.28	1026818.80	912768.75
39+220.000	1.08	22.06	22.06	90.05	1867.89	1026840.86	914636.64
39+240.000	1.09	21.74	21.74	101.31	1913.67	1026862.60	916550.32
39+260.000	1.09	21.88	21.88	128.68	2299.96	1026884.48	918850.28
39+280.000	0.99	20.80	20.80	126.85	2555.31	1026905.28	921405.59
39+300.000	1.00	19.90	19.90	114.28	2411.25	1026925.18	923816.84
39+320.000	0.98	19.85	19.85	99.55	2138.27	1026945.03	925955.11
39+340.000	1.01	19.91	19.91	95.34	1948.90	1026964.95	927904.02
39+360.000	1.03	20.36	20.36	91.73	1870.67	1026985.31	929774.68
39+380.000	1.07	20.97	20.97	90.69	1824.11	1027006.28	931598.79
39+400.000	1.10	21.67	21.67	89.48	1801.63	1027027.95	933400.42
39+420.000	1.09	21.91	21.91	88.90	1783.76	1027049.86	935184.18
39+440.000	1.09	21.81	21.81	90.43	1793.34	1027071.66	936977.52
39+460.000	1.09	21.76	21.76	90.07	1805.03	1027093.42	938782.55
39+480.000	1.09	21.77	21.77	87.80	1778.65	1027115.19	940561.21
39+500.000	1.08	21.73	21.73	86.14	1739.34	1027136.92	942300.54
39+520.000	1.09	21.72	21.72	84.69	1708.27	1027158.64	944008.81
39+540.000	1.09	21.77	21.77	87.94	1726.33	1027180.40	945735.14
39+560.000	1.11	21.98	21.98	96.79	1847.36	1027202.38	947582.50
39+580.000	1.10	22.09	22.09	106.19	2029.80	1027224.48	949612.30
39+600.000	1.12	22.20	22.20	114.43	2206.14	1027246.68	951818.44
39+620.000	1.12	22.36	22.36	113.18	2276.11	1027269.04	954094.55
39+640.000	1.12	22.35	22.35	106.16	2193.49	1027291.39	956288.04
39+660.000	1.09	22.11	22.11	100.93	2070.90	1027313.51	958358.94
39+680.000	1.09	21.79	21.79	106.11	2070.40	1027335.30	960429.34
39+700.000	1.05	21.33	21.33	116.62	2227.31	1027356.63	962656.65
39+720.000	1.04	20.84	20.84	154.90	2715.12	1027377.47	965371.77

39+740.000	1.10	21.42	21.42	186.91	3418.08	1027398.88	968789.85
39+760.000	1.13	22.30	22.30	193.15	3800.66	1027421.19	972590.51
39+780.000	1.04	21.70	21.70	185.71	3788.61	1027442.89	976379.13
39+800.000	1.03	20.70	20.70	204.74	3904.53	1027463.59	980283.65
39+820.000	1.18	22.11	22.11	245.23	4499.75	1027485.70	984783.40
39+840.000	1.04	22.25	22.25	136.21	3814.40	1027507.95	988597.80
39+860.000	1.08	21.18	21.18	71.92	2081.31	1027529.13	990679.11
39+880.000	1.08	21.61	21.61	65.27	1371.90	1027550.74	992051.01
39+900.000	1.09	21.70	21.70	57.46	1227.33	1027572.44	993278.34
39+920.000	1.08	21.70	21.70	50.28	1077.46	1027594.14	994355.80
39+940.000	1.09	21.71	21.71	44.19	944.71	1027615.85	995300.51
39+960.000	1.09	21.82	21.82	37.73	819.16	1027637.67	996119.67
39+980.000	1.09	21.83	21.83	30.35	680.73	1027659.50	996800.40
40+000.000	1.09	21.75	21.75	25.47	558.14	1027681.25	997358.54
40+020.000	1.20	22.85	22.85	22.04	475.07	1027704.10	997833.60
40+040.000	1.38	25.84	25.84	19.08	411.23	1027729.94	998244.84
40+060.000	1.59	29.74	29.74	16.35	354.33	1027759.68	998599.16
40+080.000	2.09	36.75	36.75	13.54	298.93	1027796.43	998898.09
40+100.000	2.64	47.21	47.21	11.06	246.09	1027843.64	999144.18
40+120.000	3.22	58.56	58.56	8.88	199.41	1027902.20	999343.59
40+140.000	3.89	71.11	71.11	6.66	155.41	1027973.31	999499.00
40+160.000	2.83	67.25	67.25	7.48	141.42	1028040.57	999640.42
40+180.000	1.98	48.14	48.14	7.84	153.15	1028088.70	999793.56
40+200.000	1.94	39.16	39.16	6.16	139.94	1028127.87	999933.51
40+220.000	2.21	41.46	41.46	4.71	108.67	1028169.33	1000042.18
40+240.000	2.25	44.61	44.61	4.27	89.83	1028213.94	1000132.01
40+260.000	1.82	40.74	40.74	3.70	79.75	1028254.68	1000211.76
40+280.000	2.41	42.28	42.28	2.24	59.39	1028296.97	1000271.15
40+300.000	2.26	46.63	46.63	2.57	48.04	1028343.60	1000319.18
40+320.000	1.89	41.44	41.44	4.42	69.87	1028385.04	1000389.05
40+340.000	1.64	35.23	35.23	8.24	126.59	1028420.28	1000515.64

40+360.000	1.64	32.72	32.72	12.22	204.59	1028452.99	1000720.23
40+380.000	1.72	33.55	33.55	13.54	257.66	1028486.55	1000977.89
40+400.000	3.84	55.60	55.60	10.33	238.71	1028542.14	1001216.60
40+420.000	8.11	119.50	119.50	8.91	192.39	1028661.64	1001408.98
40+440.000	1.14	92.48	92.48	29.92	388.28	1028754.13	1001797.27
40+460.000	1.15	22.89	22.89	50.40	803.17	1028777.01	1002600.44
40+480.000	1.14	22.88	22.88	60.91	1113.14	1028799.90	1003713.58
40+500.000	1.16	22.97	22.97	59.09	1200.06	1028822.87	1004913.64
40+520.000	1.14	23.01	23.01	63.40	1224.89	1028845.88	1006138.53
40+540.000	1.19	23.29	23.29	58.68	1220.76	1028869.18	1007359.30
40+560.000	1.16	23.50	23.50	35.87	945.46	1028892.67	1008304.75
40+573.315	18555.41	123541.30	123541.30	0.00	238.78	1152433.97	1008543.53

ANNEXE D : VOLUME DES MATERIAUX DE CORPE CHAUSSEE :

	Type de surface	Surface	Vol.Inc.	Vol.Cum.
Abscisse: 40+000.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23040.00
	C.base	4.06	81.20	40600.00
	C.fondation	4.82	96.38	48155.73
	C.Forme 1er couche	6.48	129.58	64640.76
	C.Forme 2em couche	6.56	131.25	65353.37
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4179.69
Abscisse: 40+020.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23086.08
	C.base	4.06	81.20	40681.20
	C.fondation	4.82	96.38	48252.11

	C.Forme 1er couche	6.48	129.58	64770.34
	C.Forme 2em couche	6.56	131.25	65484.62
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4188.05
Abscisse: 40+040.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23132.16
	C.base	4.06	81.20	40762.40
	C.fondation	4.82	96.38	48348.49
	C.Forme 1er couche	6.48	129.58	64899.92
	C.Forme 2em couche	6.56	131.25	65615.87
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4196.41
Abscisse: 40+060.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23178.24
	C.base	4.06	81.20	40843.60
	C.fondation	4.81	96.26	48444.75
	C.Forme 1er couche	6.43	129.06	65028.99
	C.Forme 2em couche	6.47	130.31	65746.18
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4204.77
Abscisse: 40+080.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23224.32
	C.base	4.06	81.20	40924.80
	C.fondation	4.81	96.14	48540.90
	C.Forme 1er couche	6.43	128.54	65157.53
	C.Forme 2em couche	6.47	129.38	65875.55
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4213.13

Abscisse: 40+100.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23270.40
	C.base	4.06	81.20	41006.00
	C.fondation	4.81	96.15	48637.04
	C.Forme 1er couche	6.43	128.54	65286.07
	C.Forme 2em couche	6.47	129.37	66004.93
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4221.48
Abscisse: 40+120.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23316.48
	C.base	4.06	81.20	41087.20
	C.fondation	4.81	96.15	48733.19
	C.Forme 1er couche	6.43	128.54	65414.61
	C.Forme 2em couche	6.47	129.37	66134.30
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4229.84
Abscisse: 40+140.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23362.56
	C.base	4.06	81.20	41168.40
	C.fondation	4.81	96.15	48829.33
	C.Forme 1er couche	6.43	128.54	65543.15
	C.Forme 2em couche	6.47	129.37	66263.68
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4238.20
Abscisse: 40+160.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23408.64
	C.base	4.06	81.20	41249.60

	C.Forme 1er couche	6.43	128.54	65671.70
	C.Forme 2em couche	6.47	129.37	66393.05
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4246.56
Abscisse: 40+180.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23454.72
	C.base	4.06	81.20	41330.80
	C.fondation	4.81	96.14	49021.62
	C.Forme 1er couche	6.43	128.54	65800.24
	C.Forme 2em couche	6.47	129.38	66522.43
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4254.92
Abscisse: 40+200.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23500.80
	C.base	4.06	81.20	41412.00
	C.fondation	4.81	96.14	49117.77
	C.Forme 1er couche	6.43	128.54	65928.78
	C.Forme 2em couche	6.47	129.38	66651.80
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4263.28
Abscisse: 40+220.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23546.88
	C.base	4.06	81.20	41493.20
	C.fondation	4.81	96.15	49213.91
	C.Forme 1er couche	6.43	128.54	66057.32
	C.Forme 2em couche	6.47	129.38	66781.18
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4271.64

Abscisse: 40+240.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23592.96
	C.base	4.06	81.20	41574.40
	C.fondation	4.81	96.15	49310.06
	C.Forme 1er couche	6.43	128.54	66185.86
	C.Forme 2em couche	6.47	129.37	66910.55
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4280.00
Abscisse: 40+260.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23639.04
	C.base	4.06	81.20	41655.60
	C.fondation	4.81	96.14	49406.20
	C.Forme 1er couche	6.43	128.54	66314.40
	C.Forme 2em couche	6.47	129.37	67039.93
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4288.36
Abscisse: 40+280.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23685.12
	C.base	4.06	81.20	41736.80
	C.fondation	4.81	96.14	49502.35
	C.Forme 1er couche	6.43	128.54	66442.95
	C.Forme 2em couche	6.47	129.37	67169.30
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4296.72
Abscisse: 40+300.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23731.20
	C.base	4.06	81.20	41818.00

	C.fondation	4.82	96.26	49598.61
	C.Forme 1er couche	6.48	129.06	66572.01
	C.Forme 2em couche	6.56	130.31	67299.62
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4305.08
Abscisse: 40+320.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23777.28
	C.base	4.06	81.20	41899.20
	C.fondation	4.81	96.26	49694.87
	C.Forme 1er couche	6.43	129.06	66701.07
	C.Forme 2em couche	6.47	130.31	67429.93
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4313.44
Abscisse: 40+340.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23823.36
	C.base	4.06	81.20	41980.40
	C.fondation	4.81	96.14	49791.02
	C.Forme 1er couche	6.43	128.54	66829.61
	C.Forme 2em couche	6.47	129.37	67559.30
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4321.80
Abscisse: 40+360.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23869.44
	C.base	4.06	81.20	42061.60
	C.fondation	4.82	96.26	49887.28
	C.Forme 1er couche	6.48	129.06	66958.67
	C.Forme 2em couche	6.56	130.31	67689.62

	C,Acc TUF	0.42	8.36	4330.16
Abscisse: 40+380.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23915.52
	C.base	4.06	81.20	42142.80
	C.fondation	4.81	96.26	49983.54
	C.Forme 1er couche	6.43	129.06	67087.74
	C.Forme 2em couche	6.47	130.31	67819.93
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4338.52
Abscisse: 40+400.000				
	C.roulement	2.30	46.08	23961.60
	C.base	4.06	81.20	42224.00
	C.fondation	4.81	96.14	50079.69
	C.Forme 1er couche	6.43	128.54	67216.28
	C.Forme 2em couche	6.47	129.38	67949.30
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4346.88
Abscisse: 40+420.000				
	C.roulement	2.30	46.08	24007.68
	C.base	4.06	81.20	42305.20
	C.fondation	4.81	96.14	50175.83
	C.Forme 1er couche	6.43	128.54	67344.82
	C.Forme 2em couche	6.47	129.38	68078.68
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4355.23
Abscisse: 40+440.000				
	C.roulement	2.30	46.08	24053.76

	C.base	4.06	81.20	42386.40
	C.fondation	4.82	96.26	50272.09
	C.Forme 1er couche	6.48	129.06	67473.88
	C.Forme 2em couche	6.56	130.31	68208.99
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4363.59
Abscisse: 40+460.000				
	C.roulement	2.30	46.08	24099.84
	C.base	4.06	81.20	42467.60
	C.fondation	4.82	96.38	50368.47
	C.Forme 1er couche	6.48	129.58	67603.47
	C.Forme 2em couche	6.56	131.25	68340.24
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4371.95
Abscisse: 40+480.000				
	C.roulement	2.30	46.08	24145.92
	C.base	4.06	81.20	42548.80
	C.fondation	4.82	96.38	50464.85
	C.Forme 1er couche	6.48	129.58	67733.05
	C.Forme 2em couche	6.56	131.25	68471.49
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4380.31
Abscisse: 40+500.000				
	C.roulement	2.30	46.08	24192.00
	C.base	4.06	81.20	42630.00
	C.fondation	4.82	96.38	50561.23
	C.Forme 1er couche	6.48	129.58	67862.63

	C.Forme 2em couche	6.56	131.25	68602.74
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4388.67
Abscisse: 40+520.000				
	C.roulement	2.30	46.08	24238.08
	C.base	4.06	81.20	42711.20
	C.fondation	4.82	96.38	50657.61
	C.Forme 1er couche	6.48	129.58	67992.22
	C.Forme 2em couche	6.56	131.25	68733.99
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4397.03
Abscisse: 40+540.000				
	C.roulement	2.30	46.08	24284.16
	C.base	4.06	81.20	42792.40
	C.fondation	4.82	96.38	50753.99
	C.Forme 1er couche	6.48	129.58	68121.80
	C.Forme 2em couche	6.56	131.25	68865.24
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4405.39
Abscisse: 40+560.000				
	C.roulement	2.30	46.08	24330.24
	C.base	4.06	81.20	42873.60
	C.fondation	4.82	96.38	50850.37
	C.Forme 1er couche	6.48	129.58	68251.38
	C.Forme 2em couche	6.56	131.25	68996.49
	C,Acc TUF	0.42	8.36	4413.75
Abscisse: 40+573.315				

	C.roulement	2.30	30.68	24360.92
	C.base	4.06	54.06	42927.66
	C.fondation	4.82	64.17	50914.54
	C.Forme 1er couche	6.48	86.27	68337.65
	C.Forme 2em couche	6.56	87.38	69083.87
	C,Acc TUF	0.42	5.57	4419.32

ANNEXE D : VALEUR DE Rq , Rv RH :

Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh
0,0482	0,514	0,149	0,1061	0,650	0,220	0,1640	0,735	0,273	0,2219	0,802	0,320	0,2798	0,856	0,362	0,3377	0,903	0,401
0,0493	0,518	0,151	0,1072	0,652	0,221	0,1651	0,737	0,274	0,2230	0,803	0,321	0,2809	0,857	0,363	0,3388	0,904	0,401
0,0503	0,521	0,152	0,1082	0,654	0,222	0,1661	0,738	0,275	0,2241	0,804	0,321	0,2820	0,858	0,363	0,3399	0,904	0,402
0,0514	0,524	0,154	0,1093	0,656	0,223	0,1672	0,739	0,276	0,2251	0,805	0,322	0,2830	0,859	0,364	0,3410	0,905	0,403
0,0525	0,527	0,155	0,1104	0,658	0,224	0,1683	0,741	0,277	0,2262	0,806	0,323	0,2841	0,860	0,365	0,3420	0,906	0,403
0,0535	0,530	0,157	0,1115	0,660	0,225	0,1694	0,742	0,278	0,2273	0,807	0,324	0,2852	0,861	0,365	0,3431	0,906	0,404
0,0546	0,533	0,158	0,1125	0,662	0,226	0,1704	0,744	0,279	0,2283	0,808	0,325	0,2863	0,861	0,366	0,3442	0,907	0,405
0,0557	0,536	0,160	0,1136	0,664	0,227	0,1715	0,745	0,280	0,2294	0,809	0,325	0,2873	0,862	0,367	0,3452	0,908	0,405
0,0568	0,539	0,161	0,1147	0,665	0,228	0,1726	0,746	0,280	0,2305	0,811	0,326	0,2884	0,863	0,368	0,3463	0,909	0,406
0,0578	0,542	0,163	0,1157	0,667	0,229	0,1737	0,748	0,281	0,2316	0,812	0,327	0,2895	0,864	0,368	0,3474	0,909	0,407
0,0589	0,545	0,164	0,1168	0,669	0,230	0,1747	0,749	0,282	0,2326	0,813	0,328	0,2905	0,865	0,369	0,3485	0,910	0,407
Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh
0,3495	0,911	0,408	0,4074	0,949	0,444	0,4653	0,981	0,479	0,5233	1,010	0,514	0,5812	1,036	0,548	0,6391	1,059	0,581
0,3506	0,911	0,409	0,4085	0,949	0,445	0,4664	0,982	0,480	0,5243	1,011	0,514	0,5822	1,037	0,548	0,6402	1,059	0,582
0,3517	0,912	0,409	0,4096	0,950	0,445	0,4675	0,982	0,481	0,5254	1,011	0,515	0,5833	1,037	0,549	0,6412	1,059	0,583
0,3527	0,913	0,410	0,4107	0,951	0,446	0,4686	0,983	0,481	0,5265	1,012	0,516	0,5844	1,038	0,549	0,6423	1,060	0,583
0,3538	0,913	0,411	0,4117	0,952	0,447	0,4696	0,984	0,482	0,5275	1,012	0,516	0,5855	1,038	0,550	0,6434	1,060	0,584
0,3549	0,914	0,411	0,4128	0,952	0,447	0,4707	0,984	0,482	0,5286	1,013	0,517	0,5865	1,038	0,551	0,6444	1,061	0,584
0,3560	0,915	0,412	0,4139	0,953	0,448	0,4718	0,985	0,483	0,5297	1,013	0,518	0,5876	1,039	0,551	0,6455	1,061	0,585
0,3570	0,916	0,413	0,4149	0,954	0,449	0,4729	0,985	0,484	0,5308	1,014	0,518	0,5887	1,039	0,552	0,6466	1,062	0,586
0,3581	0,916	0,413	0,4160	0,954	0,449	0,4739	0,986	0,484	0,5318	1,014	0,519	0,5897	1,040	0,553	0,6477	1,062	0,586
0,3592	0,917	0,414	0,4171	0,955	0,450	0,4750	0,987	0,485	0,5329	1,015	0,519	0,5908	1,040	0,553	0,6487	1,062	0,587
0,3603	0,918	0,415	0,4182	0,956	0,451	0,4761	0,987	0,486	0,5340	1,015	0,520	0,5919	1,041	0,554	0,6498	1,063	0,588
0,3613	0,918	0,415	0,4192	0,956	0,451	0,4771	0,988	0,486	0,5351	1,016	0,521	0,5930	1,041	0,554	0,6509	1,063	0,588
0,3624	0,919	0,416	0,4203	0,957	0,452	0,4782	0,988	0,487	0,5361	1,016	0,521	0,5940	1,041	0,555	0,6519	1,064	0,589
0,3635	0,920	0,417	0,4214	0,957	0,453	0,4793	0,989	0,488	0,5372	1,017	0,522	0,5951	1,042	0,556	0,6530	1,064	0,589
0,3645	0,921	0,417	0,4225	0,958	0,453	0,4804	0,989	0,488	0,5383	1,017	0,523	0,5962	1,042	0,556	0,6541	1,064	0,590
0,3656	0,921	0,418	0,4235	0,959	0,454	0,4814	0,990	0,489	0,5393	1,018	0,523	0,5973	1,043	0,557	0,6552	1,065	0,591
0,3667	0,922	0,419	0,4246	0,959	0,455	0,4825	0,991	0,490	0,5404	1,018	0,524	0,5983	1,043	0,558	0,6562	1,065	0,591
0,3678	0,923	0,419	0,4257	0,960	0,455	0,4836	0,991	0,490	0,5415	1,019	0,524	0,5994	1,043	0,558	0,6573	1,066	0,592
0,3688	0,923	0,420	0,4267	0,960	0,456	0,4847	0,992	0,491	0,5426	1,019	0,525	0,6005	1,044	0,559	0,6584	1,066	0,592
0,3699	0,924	0,421	0,4278	0,961	0,457	0,4857	0,992	0,492	0,5436	1,020	0,526	0,6015	1,044	0,559	0,6595	1,066	0,593
0,3710	0,925	0,421	0,4289	0,962	0,457	0,4868	0,993	0,492	0,5447	1,020	0,526	0,6026	1,045	0,560	0,6605	1,067	0,594

Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh	Rq	Rv	Rh
0,697	1,080	0,615	0,755	1,099	0,650	0,813	1,114	0,685	0,871	1,126	0,723	0,929	1,135	0,763	0,987	1,139	0,810
0,698	1,080	0,616	0,756	1,099	0,651	0,814	1,115	0,685	0,872	1,126	0,723	0,930	1,135	0,764	0,988	1,139	0,811
0,699	1,080	0,617	0,757	1,100	0,651	0,815	1,115	0,686	0,873	1,126	0,724	0,931	1,136	0,764	0,989	1,139	0,812
0,700	1,081	0,617	0,758	1,100	0,652	0,816	1,115	0,687	0,874	1,126	0,725	0,932	1,136	0,765	0,990	1,139	0,813
0,701	1,081	0,618	0,759	1,100	0,653	0,817	1,115	0,687	0,875	1,126	0,726	0,933	1,136	0,766	0,991	1,139	0,813
0,702	1,081	0,619	0,760	1,100	0,653	0,818	1,116	0,688	0,876	1,126	0,726	0,934	1,136	0,767	0,992	1,139	0,814
0,703	1,082	0,619	0,761	1,101	0,654	0,819	1,116	0,689	0,877	1,126	0,727	0,935	1,137	0,767	0,993	1,139	0,815
0,705	1,082	0,620	0,762	1,101	0,654	0,820	1,116	0,689	0,878	1,127	0,728	0,936	1,137	0,768	0,994	1,139	0,816
0,706	1,082	0,620	0,764	1,101	0,655	0,821	1,117	0,690	0,879	1,127	0,729	0,937	1,137	0,769	0,995	1,139	0,817
0,707	1,083	0,621	0,765	1,102	0,656	0,823	1,117	0,691	0,880	1,127	0,729	0,938	1,137	0,770	0,996	1,139	0,818
0,708	1,083	0,622	0,766	1,102	0,656	0,824	1,117	0,691	0,881	1,127	0,730	0,939	1,138	0,770	0,997	1,139	0,819
0,709	1,084	0,622	0,767	1,102	0,657	0,825	1,117	0,692	0,883	1,127	0,731	0,940	1,138	0,771	0,998	1,139	0,820
0,710	1,084	0,623	0,768	1,102	0,658	0,826	1,118	0,693	0,884	1,127	0,732	0,942	1,138	0,772	0,999	1,139	0,821
0,711	1,084	0,624	0,769	1,103	0,658	0,827	1,118	0,693	0,885	1,127	0,732	0,943	1,138	0,773	1,001	1,139	0,822
0,712	1,085	0,624	0,770	1,103	0,659	0,828	1,118	0,694	0,886	1,128	0,733	0,944	1,138	0,773	1,002	1,139	0,823
0,713	1,085	0,625	0,771	1,103	0,660	0,829	1,119	0,695	0,887	1,128	0,734	0,945	1,139	0,774	1,003	1,139	0,824
0,714	1,085	0,626	0,772	1,104	0,660	0,830	1,119	0,695	0,888	1,128	0,735	0,946	1,139	0,775	1,004	1,139	0,825
0,715	1,086	0,626	0,773	1,104	0,661	0,831	1,119	0,696	0,889	1,128	0,735	0,947	1,139	0,776	1,005	1,139	0,826
0,716	1,086	0,627	0,774	1,104	0,662	0,832	1,119	0,696	0,890	1,128	0,736	0,948	1,139	0,777	1,006	1,139	0,827
0,717	1,086	0,628	0,775	1,104	0,662	0,833	1,120	0,697	0,891	1,128	0,737	0,949	1,139	0,777	1,007	1,139	0,828
0,718	1,087	0,628	0,776	1,105	0,663	0,834	1,120	0,698	0,892	1,129	0,738	0,950	1,139	0,778	1,008	1,139	0,829
0,720	1,087	0,629	0,777	1,105	0,664	0,835	1,120	0,698	0,893	1,129	0,738	0,951	1,139	0,779	1,009	1,139	0,830
0,721	1,087	0,629	0,779	1,105	0,664	0,836	1,121	0,699	0,894	1,129	0,739	0,952	1,139	0,780	1,010	1,139	0,831
0,722	1,088	0,630	0,780	1,106	0,665	0,838	1,121	0,700	0,895	1,129	0,740	0,953	1,139	0,781	1,011	1,139	0,832
0,723	1,088	0,631	0,781	1,106	0,665	0,839	1,121	0,700	0,897	1,129	0,741	0,954	1,139	0,782	1,012	1,139	0,833
0,724	1,089	0,631	0,782	1,106	0,666	0,840	1,121	0,701	0,898	1,129	0,741	0,955	1,139	0,783	1,013	1,139	0,834
0,725	1,089	0,632	0,783	1,106	0,667	0,841	1,121	0,702	0,899	1,129	0,742	0,957	1,139	0,784	1,014	1,139	0,835

CHAPITRE XI : ANNEXE
