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

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Étude et conception d'un tronçon autoroutier dans la pénétrante de Tizi Ouzou, y compris l'étude et la conception géométrique d'un tunnel PK 13+000 au PK 23+000.

Présenté par :
AMANI Baya et ZERROUKI Younes

Encadré par :
Mr.GOUMETTRE Ahmed

Co-encadré par :
Mr.Taki

Promotion 2024/2025

© ENSTP-FJ - Garidi - Vieux Kouba


بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciement

Nous tenons à exprimer notre plus profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet de fin d'études. Leur présence, leur appui et leurs encouragements ont été une source précieuse de motivation tout au long de notre parcours.

Nos remerciements les plus sincères vont à l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP) pour son soutien inestimable. Un hommage particulier est adressé à Madame MEKIDECHE, dont le leadership, l'engagement et le soutien continu nous ont été d'une grande valeur. Nous remercions également Monsieur F. FEDGHOUCHE et Madame Y. MAHIAOUI pour leurs efforts et leur accompagnement tout au long de notre formation.

Nous tenons à saluer l'implication de l'administration du département Infrastructures de base, en particulier Madame I. MAKoudI, Madame M. BOUREBIA et Madame S. LOUNÈS, pour leur dévouement, leurs conseils avisés et leur disponibilité constante.

Nos remerciements vont aussi à nos encadrants, Monsieur A. GOUMETTRE et Monsieur TAKI, pour leur précieuse aide, leur encadrement rigoureux et leur suivi attentif. Leur accompagnement nous a permis de mener à bien ce projet avec méthode et assurance. Nous exprimons également toute notre reconnaissance à l'ensemble de nos enseignants, pour leur dévouement, leurs remarques constructives, leurs enseignements éclairés et leurs encouragements tout au long de notre cursus à l'école.

Nous adressons une pensée toute particulière à Monsieur Saïd MADANI, pour son soutien généreux, ses conseils techniques, son aide précieuse dans l'utilisation du logiciel Covadis, ainsi que pour son engagement et sa bienveillance.

Nos remerciements les plus chaleureux vont également à l'équipe du Groupement ONE et à l'ADA de Tizi-Ouzou, notamment Monsieur Hamza Mohamed EL Amin, Monsieur Mohamed SEDDIKI, Monsieur Hafed ZBIRI, Monsieur Lounis AIT MOHAMED ,Monsieur BAAZIZ, Monsieur BOUDAA Slimane pour leur accueil, leur encadrement, leur disponibilité et leur accompagnement technique tout au long de notre stage. Leur expérience sur le terrain et leurs explications ont été d'une grande richesse pour notre apprentissage.

Nous souhaitons également remercier très sincèrement Monsieur Saïd KHELLOUFI, Directeur de l'ADA Tizi-Ouzou, pour sa confiance et son appui durant cette période.

Un grand merci à Monsieur Malek ABDELHADJ, ingénieur, pour son aide précieuse dans l'utilisation des logiciels Geo5 et Alizé, et pour ses conseils pertinents qui ont grandement contribué à la qualité technique de notre projet.

Enfin, nous exprimons toute notre reconnaissance aux membres du jury pour le temps qu'ils ont consacré à l'évaluation de notre modeste travail, ainsi que pour leur regard critique et enrichissants.

Dédicace:

Je dédie ce travail à mes chers parents,
pour leur amour inconditionnel, leur patience infinie et leur soutien sans faille tout au long de mon parcours.
à mon oncle Amar pour sa bienveillance, son encouragement constant
À mes sœurs, de la plus petite à la plus grande: Yasmina, Ouardia, farida,Djamila, Rabiha ,Ouiza , Sadia, et à mon frère Rabah,
pour leur tendresse, leurs encouragements et leur présence réconfortante.
À mes chères amies Sabrina BENREJDAL et Chaima,
pour leur amitié fidèle, leur soutien moral et leurs mots toujours bienveillants.
À mes petites élèves Maïssa et Aniya,Khadidja
en leur souhaitant un avenir brillant et un parcours scolaire plein de réussite et de belles réussites.
Et enfin, à moi-même,
pour ma persévérance, ma détermination et ma capacité à relever les défis. Ce mémoire est le reflet de mes efforts et de ma croissance personnelle et académique.

Baya

Je dédie ce travail à mes chers parents,
pour l'amour inestimable, la patience exemplaire et le soutien indéfectible qu'ils m'ont témoigné tout au long de mon parcours académique.
À mes sœurs Meriem et Wahiba, ainsi qu'à mes frères Karim et Ali,
pour leur affection, leur encouragement constant et leur présence rassurante.
À l'ensemble de ma famille,
en témoignage de ma profonde reconnaissance pour leur confiance, leurs prières et leur appui moral.
À mon oncle Hamou MECHERI,
pour sa bienveillance, ses sages conseils et son soutien fidèle, qui ont grandement contribué à l'aboutissement de ce projet.
À mes cousins et amis :
Alla Eddine DJIDJELI, Ali MOUKRANI, Abdesslam GHARNAOUT, Amin GUERBACHE, Abdelmalek BELABBES,
dont l'amitié sincère, le soutien et les moments de partage ont été d'un grand réconfort.
Et enfin, à moi-même,
pour la persévérance dont j'ai su faire preuve, la résilience face aux défis, et la confiance que j'ai su conserver en mes capacités jusqu'à l'achèvement de ce mémoire.

Younes

الملخص

تتناول هذه المذكرة دراسة تفصيلية قبل المشروع (APD) تتعلق بتصميم ونمذجة مقطع طرقي بطول 10 كيلومترات، يقع بين النقطة الكيلومترية PK 13+000و PK 23+000ضمن الطريق الاجتنابي المؤدي إلى ولاية تيزي وزو، والذي يربطها بالطريق السيار شرق-غرب .وتشمل الدراسة أيضًا التصميم الهندسي لنفق طرقي.تم إنجاز هذا العمل وفقًا لمواصفات دليلICTAAL ، وبدأ بتقديم عام للمشروع، متبوعًا بدراسة لحركة المرور بهدف تحديد عدد المسارات اللازمة وتحديد بنية الرصف الطرقي.

شملت الدراسة المحاور التالية:

- الدراسة الهندسية لمسار الطريق :في الخطة الأفقية والطولية والعرضية؛
- الدراسة الجيوتقنية، لتقييم استقرار التربة وتكييف الأساسات مع طبيعة الأرض؛
- دراسة تصريف المياه السطحية والجوفية؛
- التصميم الهندسي للنفق، والذي تم وفقًا لتوصيات الملف النموذجي للأنفاق الصادر عن مركز دراسات الأنفاقCETU ؛
- أثر المشروع على البيئة؛
- البرمجة العامة للمشروع.

وقد اختُتمت الدراسة بوضع تقدير مالي يبلغ 68 مليار دينار جزائري، مبررً ا بطبيعة التضاريس الوعرة والحاجة إلى إنجاز العديد من المنشآت الفنية(جسور، أنفاق، قناطر).

أما الأدوات الرقمية التي تم استخدامها في هذه الدراسة فهي:

- AUTOPISTEلتصميم المسار الطرقي.
- AutoCADلإنجاز الرسومات التقنية.
- Global Mapperلتحديد أحواض التصريف.
- Alizéلحساب بنية طبقات الرصف.
- GEO5للتحقق من استقرار المنحدرات
- برنامج MS Project لتخطيط المشروع

Résumé :

Le présent mémoire porte sur une étude avant-projet détaillée (APD) relative à la conception et à la modélisation d'un tronçon autoroutier de 10 km, situé entre le PK 13+000 et le PK 23+000 dans la pénétrante autoroutière destinée à relier la wilaya de Tizi Ouzou à l'autoroute Est-Ouest. L'étude inclut également la conception géométrique d'un tunnel routier.

Ce travail a été réalisé conformément aux prescriptions de l'ICTAAL, et a débuté par la présentation générale du projet, suivie d'une étude de trafic, permettant de déterminer le nombre de voies et de dimensionner la structure de la chaussée.

Les points suivants ont été abordés dans l'étude :

- L'étude géométrique du tracé : en plan, en profil en long et en travers ;
- L'étude géotechnique, pour évaluer la stabilité du sol et adapter les fondations ;
- L'étude d'assainissement et de gestion des eaux ;
- La conception géométrique du tunnel, réalisée en s'appuyant sur les recommandations du dossier pilote des tunnels du CETU (Centre d'Études des Tunnels) ;
- L'impact environnemental du projet ;
- La planification globale du projet.

L'étude s'est conclue par l'établissement d'un devis estimatif de 68 milliards de dinars sralgériens (DA), justifié par la nature accidentée du terrain et la nécessité de plusieu .(ouvrages d'art (tunnels, viaducs, ponts

Les outils numériques utilisés dans cette étude sont :

- AUTOPISTE pour la conception routière ;
- AutoCAD pour les plans et les dessins techniques ;
- Global Mapper pour la délimitation des bassins versants ;
- Alizé pour le dimensionnement de la structure de chaussée ;
- GEO5 pour la vérification de la stabilité des talus.
- Ms Project pour la planification de projet

Summary

This final year project focuses on a detailed preliminary design study (APD) for a 10 km highway section, located between PK 13+000 and PK 23+000 in the Tizi-Ouzou penetrative highway, which aims to connect the wilaya of Tizi-Ouzou to the East-West Highway. The project also includes the geometric design of a twin-tube tunnel.

The study was conducted in accordance with ICTAAL standards, beginning with a general presentation of the project, followed by a traffic study to determine the number of lanes and to calculate the pavement structure.

The main components of the study include:

- Geometric design (horizontal alignment, longitudinal and cross profiles).
- Geotechnical study, assessing soil stability and foundation needs.
- Drainage and stormwater management.
- Tunnel geometric design, based on the CETU pilot tunnel guide.
- Environmental impact assessment.
- Project planning.

The study concludes with a cost estimate of 68 billion Algerian Dinars, justified by the .difficult terrain and the need for major structures such as tunnels, viaducts, and bridges

The following software tools were used:

- AUTOPISTE for road design.
- AutoCAD for technical drawings.
- Global Mapper for watershed delineation.
- Alizé for pavement structure design.
- GEO5 for slope stability analysis.
- MS Project for project planning.

Sommaire :

introduction générale 1

CHAPITRE I:Généralités 3

I.1. L'ICTAAL et la conception géométrique des autoroutes 3

I.2. Le rôle du CETU dans les projets de tunnels 3

I.3. Le dossier pilote tunnel 4

I.4. Les tunnels bitubes : une solution pour la sécurité et le débit 4

CHAPITRE II: Présentation du Projet 6

Introduction 6

II.1. Structure administrative et technique du projet 6

II.2. Localisation du tracé 7

II.3. Délimitation de la zone d'étude 7

II.4. Géologie 7

II.4.1. Géologie régionale 7

II.5. Géologie de trajet 8

II.6. Caractérisation hydrologique et hydrogéologique 9

II.6.1. Hydrogéologie 9

II.6.2. Hydrologie 9

II.7. Caractérisation séismique 10

CHAPITRE III:Etude de trafic 12

Introduction 12

III.1. Environnement de la route 12

.III.2 La catégorie de la route 12

III.3. Vitesse de référence 12

III.4. Données du trafic de projet 12

III.5. Etude de trafic de projet : 13

Conclusion 14

CHAPITRE IV:Etude geometrique 16

Introduction 16

IV.1. Tracé en plan 16

IV.1.1. Valeurs des rayons 16

IV.1.2. Enchaînement des éléments du tracé en plan 16
IV.1.3. Raccordements progressifs 17
IV.1.4. APPLICATION AU PROJET 17
IV.2. Profil en long 18
IV.2.1. Définition 18
IV.2.2. Règles de conception du profil en long 18
IV.2.3. Profile en long de notre projet 20
IV.3. Calcul manuel de l'axe de Projet 20
IV.4. Profile en travers type 24
IV.4.1. Introduction 24
IV.4.2. Profil en travers en section courante 24
IV.4.3. Pentes transversales 24
IV.4.4. En courbe déversée vers l'intérieur 25
IV.4.5. Évacuation des eaux de ruissellement 25
IV.4.6. Application sur le projet : 26
CHAPITRE V:Ouvrages d'art 30
V.1. Introduction 30
V.2. Présentation d'ouvrages 30
V.3. Profile en travers type des ouvrages d'art (Viaduc): Error! Bookmark not defined.
V.4. Conclusion 33
CHAPITRE VI:Les cubatures 35
Introduction 35
VI.1. Méthodes de calcul des cubatures 35
VI.1.1. Méthode de la moyenne des aires 35
VI.2. Résultat des cubatures de notre projet 36
CHAPITRE VII: Etude géotechnique et géologique 38
VII.1.1. Introduction 38
VII.2. Etudes des Sols Dans la Section : 38
VII.2.1. Géologie de la Zone d'étude : 38
VII.2.2. Essais au Laboratoire : 42
VII.2.3. Tests In-Situ : 43
VII.3. Analyse de Stabilité des talus dans l'autoroute : 43
VII.3.1. Analyse de Stabilité de talus cas Déblai de section PK 16+330 : 45
VII.3.2. Analyse de Stabilité de talus cas remblai de section PK 22+320 : 48
VII.4. Solutions en cas d'instabilité des talus ; 53
VII.5. Conclusion : 54

CHAPITRE VIII:dimensionnement de corps de chaussée _ 56

Introduction 56

VIII.1. Les différentes couches d'un corps de chaussée 56

VIII.2. Les principales méthodes de dimensionnement 56

VIII.3. Application sur le projet 57

VIII.3.1. Méthode CBR 57

VIII.3.2. Méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves 59

VIII.3.3. CONDITIONS PARTICULIERS DES CHAUSSES DANS LES TUNNELS67

VIII.4. Conclusion 71

CHAPITRE IX:Conception géométrique de Tunnel 73

Introduction 73

IX.1. Essai géophysique dans la section tunnel 73

IX.1.1. Sondages de reconnaissance 74

IX.2. Le tracé en plan de tunnel T1 75

IX.3. Profil en long de tunnel 75

IX.3.1. Distance de visibilité dans la section tunnel 76

IX.4. conception de la section transversale 77

IX.5. Choix de la section 77

IX.6. Les éléments de la section transversale 77

IX.6.1. Plateforme 78

IX.6.2. Gabarit en hauteur 78

IX.6.3. Les encombrements 79

IX.7. LES PENTES 79

IX.7.1. Pente longitudinale 79

IX.7.2. Pente transversale 79

IX.8. Autres dispositifs situés hors de la section transversale 79

IX.9. Équipements d'exploitation et de sécurité 80

IX.9.1. Ventilation 80

IX.9.2. Les différents types de niches de sécurité 81

IX.10. Application sur notre projet 81

IX.10.1. La plateforme 81

IX.10.2. Le gabarit 82

IX.10.3. Les encombrements 83

IX.10.4. La section transversale de notre tunnel 84

IX.10.5. Les pentes 85

Conclusion 86

CHAPITRE X:Etude Hydrologique et Hydraulique 88

Introduction 88

X.1. les principales caractéristiques des bassins versants hydrographiques : 88

X.1.1. Délimitation du bassin versant : 88

X.1.2. Caractéristiques morphométriques des bassins versants : 90

X.2. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT A PROJETER 92

X.2.1. Estimation des débits de crue 92

X.2.2. La formule rationnelle 92

X.2.3. Calcule de débit 98

X.3. Etude hydraulique 101

X.3.1. Méthode de Manning-Strickler 101

X.3.2. Dimensionnement des ouvrages transversaux : 101

X.3.3. : Système de drainage longitudinal 105

Conclusion : 107

CHAPITRE XI:Equipement de la route 109

Introduction 109

XI.1. Equipements de sécurité : 109

XI.1.1. Barrières de sécurité : 109

XI.2. Equipements de la signalisation 110

XI.2.1. Objectifs de la signalisation routière 110

XI.2.2. Règles à respecter pour la signalisation 110

XI.2.3. Catégories de signalisation 111

XI.2.4. Types de signalisation 111

XI.2.5. Marquages longitudinaux 113

XI.2.6. Marquages transversaux 115

XI.2.7. Autres marquages 115

XI.2.8. Application sur le projet 115

XI.3. Eclairage 120

XI.3.1. Catégories d'éclairage public 121

XI.3.2. Paramètres d'implantation des luminaires 121

CHAPITRE XII:Impact sur l'environnement 123

Introduction 123

XII.1. Cadre juridique 123

XII.2. Description du Site 124

XII.3. Analyse de l'état initial de la zone du projet 124

XII.3.1. Situation géographique et administrative de la wilaya de Tizi-Ouzou 124

XII.4. Ressources physiques biologiques et humaines de la région d'étude _ 125

XII.5. L'impact du projet _ 127

XII.5.1. Les impacts positifs 127

XII.5.2. Les impacts négatifs et les solutions d'atténuation envisagées 127

Conclusion 128

CHAPITRE XIII: Devis estimatif et quantitatif _ 130

CHAPITRE XIV: Planification du projet _ 133

Introduction 133

XIV.1. Objectifs de la planification _ 133

XIV.2. Le diagramme de Gantt _ 134

XIV.2.1. Utilité du diagramme de Gantt 134

XIV.2.2. Outil utilisé : « Microsoft Project »..... 134

XIV.3. Résumé de notre projet _ 134

Conclusion générale : 137

Annexe A : _ 139

Annexe B : Etude géotechnique et géologique : _ 141

XIV.4. Annexe C : hydraulique : _ 163

XIV.5. Annexe D :Chapitre de signalisation : _ 165

Liste des tableaux :

Tableau IV-1 : Les valeurs des *rayons* et les longueurs des clothoïdes *selon les dévers* déterminées en l'ICTAAL (L2 – relief difficile). 17

Tableau IV-2:valeurs minimales de rayons en profile en long pour une autoroute en relief difficile 19

Tableau VIII-1:coefficient d'équivalence 58

Tableau VIII-2:la structure de la chaussée conçue 58

Tableau VIII-3: Exigences minimales pour l'utilisation des enrobés selon la classe de portance de l'arase 61

Tableau VIII-4: Caractéristiques des matériaux routiers 62

Tableau VIII-5:Validation des valeurs admissibles pour le cas de remblai 65

Tableau VIII-6:Validation des valeurs admissibles pour le cas de déblai 66

Tableau VIII-7:Récapitulatif des valeurs admissibles pour les cas de remblai et déblai 67

Tableau VIII-8:déformabilité pouvant être exigée au moment de mise en œuvre de chaussée68

Tableau VIII-9:caractéristique des matériaux de la chaussée 69

Tableau VIII-10:Validation des résultats de calcul des valeurs admissibles de la chaussée dans le tunnel 70

Tableau IX-1:résultats des essais sismiques face à l'entrée de tunnel 73

Tableau IX-2:résultats des essais sismiques à la droite de l'entrée nord du tunnel 74

Tableau IX-3:Résultats des essais sismiques en haut de l'entrée nord du tunnel 74

Tableau IX-4:valeurs du RQD dans le massif 74

Tableau IX-5:distance de visibilité dans un tunnel 77

Tableau IX-6:conception de la plateforme de tunnel. 81

Tableau IX-7: Plateforme de notre projet (alignement droit) 82

Tableau IX-8:Conception de gabarit de tunnel 82

Tableau X-1:Caractéristiques morphométriques des bassins versants 91

Tableau X-2:Coefficient de Montana 93

Tableau X-3:calcul d'intensité pour chaque BV 94

Tableau X-4: La précipitation quotidienne maximale de notre projet 99

Tableau X-5:valeurs de débit pour T=10 ,50 et 100 ans 100

Tableau X-6:les informations de BV choisi 102

Tableau X-7: Tableau des ouvrages hydrauliques pour notre projet 105

Tableau XI-1:type de marque longitudinaux 113

Tableau XI-2: Modulations des marquages longitudinaux et transversaux 114

Tableau XI-3: Catégories d'éclairage public 121

Tableau XII-1:Quelques références légales et réglementaires 123

Tableau XII-2:Le Réseau Routier de Tizi-Ouzou 125

Tableau XII-3:Situation administrative de la wilaya de Tizi-Ouzou 125

Tableau XII-4:Ressources physiques biologiques et humaines de la zone d'étude 125

Tableau XII-5: Les impacts positifs de projet sur l'environnement 127

Tableau 0-1:Coefficient d'équivalence (P) 139

Tableau 0-2:Coefficient K1 140

Tableau 0-3:Coefficient K2 140

Tableau 0-4:Valeur de la capacité théorique 140

Liste des figures :

Figure II-1:Les deux axes majeurs de réseau routier national 6

Figure II-2: Tracé de la route sur Google Earth 7

Figure II-3:Coupe schématique du projet — Modifiée à partir de la Carte Géologique de l'Algérie 9

Figure II-4:La carte de zonage sismique selon RPA2024 10

Figure IV-1:valeurs des dévers et rayons et clothoïde pour notre autoroute 17

Figure IV-2:le tracé en plan de notre projet 18

Figure IV-3:valeurs limites de profile en long pour L2 relief difficile 19

Figure IV-4 : Le profil en long de notre projet 20

Figure IV-5:illustration d'un exemple de rayon convexe 21

Figure VI-1: Les position des sections dans un profil en long d'un tracé donné 36

Figure VII-1:Coefficient d'accélération de zone A. 38

Figure VII-2: Le sondage SC-77 39

Figure VII-3: Le sondage SC-78 39

Figure VII-4: Le sondage SC-27 40

Figure VII-5: Plan d'emplacement de recherche accompagné de la carte géologique entre PK 15+539 - PK 16+309 40

Figure VII-6: : Photos de caisses de carotte du sondage SC 108 41

Figure VII-7: Photos de caisses de carotte du sondage SC 59 42

Figure VII-8: Stabilité d'un talus, sollicitations et contraintes 44

Figure VII-9:les coefficients de sécurité exigés dans l'analyse de stabilité des talus 44

Figure VII-10: Plan d'emplacement de recherche accompagné de la carte géologique entre PK 16+000 - PK 17+000 45

Figure VII-11: : PK 16+330 Coupe transversale du déblai et des unités géologiques 46

Figure VII-12: Paramètres des couches de sols PK 16+330 46

Figure VII-13: Modèle de sol PK 16+330 (sans séisme) 47

Figure VII-14: Modèle de sol PK 16+330 (avec séisme) 47

Figure VII-15:Paramètres Mohr Coulomb 48

Figure VII-16:PK 22+320 Coupe transversale du remblai et des unités géologiques 49

Figure VII-17: Paramètres des couches de sols PK 22+320 49

Figure VII-18: Modèle de sol PK 22+320 (sans séisme) – talus gauche 50

Figure VII-19: Modèle de sol PK 22+320 (avec séisme) – talus gauche 51

Figure VII-20: Paramètres Mohr Coulomb 51

Figure VII-21: Modèle de sol PK 22+320 (sans séisme) – talus droite 52

Figure VII-22: Modèle de sol PK 22+320 (avec séisme) – talus droite 53

Figure VII-23: Paramètres Mohr Coulomb 53

Figure VIII-1:Une coupe transversale de la chaussée 56

Figure VIII-2: Critères de portance de la plateforme selon l'essai à la plaque (EV2, EV2/EV1, déflexion et densité sèche) 61

Figure VIII-3 : Résultats de Calcul des déformations admissibles de Corps de chaussée en remblai (Module minimum 50 MPa) par ALIZE 65

Figure VIII-4:Résultats de Calcul des déformations admissibles de Corps de chaussée en déblai (Module minimum 40 MPa) par ALIZE 66

Figure VIII-5: Résultats de Calcul des déformations admissibles de corps de chaussée dans le tunnel : 70

Figure IX-1:Le tracé en plan de tunnel d'Ait Yahia Moussa 75

Figure IX-2:Profil en long de tube droit de tunnel d'Ait Yahia Moussa 76

Figure IX-3:Profil en long de tube gauche de tunnel 76

Figure IX-4:Les éléments de la section transversale 78

Figure IX-5: Éléments du profil en travers 78

Figure IX-6:Gabarit de notre tunnel 83

Figure IX-7:les encombrements de tunnel 83

Figure IX-8:Section transversale type (radier contre- vouté)..... 84

Figure IX-9:les rayons de la section transversale type..... 84

Figure IX-10:les pentes de tube gauche de tunnel 85

Figure IX-11:les pentes de tube droit de tunnel 85

Figure X-1:délimitation des bassins versant de pk 13+330 au pk16+630 89

Figure X-2: délimitation des bassins versant de pk 19+980 au PK23+480 89

Figure X-3 : graphes IDF (Intensité-Durée-Fréquence) de la station pluviométrique de Tizi Ghenif..... 94

Figure X-4:Schéma d'une buse..... 102

Figure X-5:Les caractéristiques géométriques du dalot..... 104

Figure X-6 : Fossé cas chaussé (pied déblai) 106

Figure XI-1: Séparateurs en béton GBA et DBA..... 110

Figure XI-2:Panneaux de signalisation vertical 112

Figure XI-3:La modulation (lignes longitudinales) 114

Figure XI-4: La modulation T'2 (Lignes transversales) 114

Figure XI-5: Signalisation de danger - Type A (triangulaires) 115

Figure XI-6: Signalisation d'obligation - Type B (ronds)..... 116

Figure XI-7: panneaux d'interdiction type B(ronds)..... 116

Figure XI-8: Panneaux d'interdiction de circulation et de stationnement 116

Figure XI-9 : Panneaux d'indication - Type C (carrée ou rectangulaire) :..... 117

Figure XI-10: Lignes de délimitation de voies dans le tracé..... 118

Figure XI-11: Lignes transversales 118

Figure XI-12: Voies d'insertion, de décélération sans et avec affectation de voies 118

Figure XI-13: Cas de transitions entre amont et aval selon le nombre de voies 119

Figure XI-14: Schémas de marquage par hachures..... 119

Figure XI-15: Flèches de sélection..... 120

Figure XI-16: Flèches de rabattement..... 120

Figure XI-17: Paramètres de l'implantation des luminaires..... 121

Liste des abréviations

- **ICTAAL** : Instructions sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison.
- **TJMA** : Trafic moyen journalier annuel.
- **TPL** : trafic poids lourd.
- **(U.V.P)** : unités des véhicules particuliers
- $\mathbf{T_{eff}}$: trafic effectif à l'horizon
- **Q** : Le débit de point horaire normal
- **Qadm** : Le débit horaire maximal admissible.
- $\mathbf{V_b}$: Vitesse de base
- **NE** : Nombre de trafic équivalent
- ξ_{zadm} : la déformation verticale sur le sol support.
- $\xi_{t,adm}$: la déformation admissible de traction.
- **D** : Diamètre de la buse suivant la formule de Manning Strickler.
- $\mathbf{R_h}$: Rayon hydraulique.
- **TPC** : Terre-plein central.
- **BBMA** : béton bitumineux à module amélioré
- **BBME** :Béton bitumineux à module élevé
- **EME** :enrobé à module élevé
- **GNT** : grave non traité
- **CETU** : Centre d'Études des Tunnels

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

Le secteur des travaux publics et des transports est un levier essentiel du développement économique, assurant la mobilité des biens et des personnes. En Algérie, la modernisation du réseau routier constitue un enjeu stratégique pour fluidifier la circulation et soutenir la croissance nationale.

Dans ce contexte, la pénétrante autoroutière reliant Tizi Ouzou à l'autoroute Est-Ouest vise à désengorger la RN 25 en proposant une alternative routière plus rapide et sécurisée. Ce projet optimise la fluidité du trafic, réduit les temps de parcours et améliore la sécurité, tout en dynamisant l'économie locale par le renforcement des échanges régionaux.

La conception de cette infrastructure repose sur une analyse rigoureuse du trafic, le dimensionnement précis des chaussées, la définition du nombre de voies, ainsi que la prise en compte des contraintes géotechniques et environnementales. Dans ce cadre, nous avons réalisé la conception géométrique du tunnel situé entre les PK 13+000 et PK 23+000,

Ce projet de fin d'études consiste à réaliser l'Avant-Projet Détaillé (APD) de ce tronçon autoroutier, en conformité avec les normes techniques et réglementaires, sous la supervision de l'Agence des Autoroutes (ADA) d'Alger.

Notre APD se compose de 14 chapitres abordant :

- **Chapitre I et II** : Présenter les généralités sur les autoroutes et les tunnels, ainsi que les caractéristiques du projet étudié
- **Chapitre III et IV** : Analyser les données de trafic et concevoir le tracé géométrique de l'autoroute
- **Chapitre V et VI :** Présenter les ouvrages d'art du projet et estimer les cubatures de terrassement
- **Chapitre VII et VIII :** Étudier les caractéristiques géotechniques et dimensionner la structure de chaussée
- **Chapitre IX et X :** Concevoir géométriquement le tunnel et réaliser l'étude hydrologique et hydraulique
- **Chapitre XI et XII :** Définir les équipements de la route et évaluer l'impact environnemental du projet
- **Chapitre XIII et XIV :** Estimer le coût du projet et planifier son exécution

Chapitre I:
Généralités

CHAPITRE I: GENERALITES

I.1. L'ICTAAL et la conception géométrique des autoroutes

L'ICTAAL (Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison) est un document de référence majeur pour la conception des autoroutes. Il fixe les règles à suivre en matière de géométrie routière, en tenant compte des impératifs de sécurité, de confort et d'efficacité du trafic.

Ce guide définit notamment :

- les rayons minimaux de courbure en plan ;
- les pentes longitudinales maximales admissibles ;
- les largeurs de chaussées et d'accotements ;
- les éléments de sécurité latérale ;
- les conditions de visibilité (notamment en courbe et en rampe).

Dans les projets complexes comme les tronçons autoroutiers comportant un tunnel, l'ICTAAL est indispensable pour garantir la continuité géométrique du tracé à l'intérieur et à l'extérieur du tunnel.

I.2. Le rôle du CETU dans les projets de tunnels

Le CETU (Centre d'Études des Tunnels), basé en France, est un organisme public spécialisé dans les études techniques, la recherche et la normalisation liées aux tunnels routiers et ferroviaires. Il fournit des guides, recommandations et outils pour :

- la conception structurelle des tunnels ;
- les dispositifs de sécurité et d'évacuation ;
- la ventilation et le désenfumage ;
- la signalisation et la gestion du trafic en tunnel.

Les publications du CETU sont largement utilisées à l'échelle internationale comme base de conception fiable.

I.3. Le dossier pilote tunnel

Le dossier pilote tunnel est un document stratégique réalisé avant le démarrage des études détaillées. Il regroupe tous les éléments techniques et administratifs du projet, et permet de :

- centraliser les données géologiques, topographiques et hydrogéologiques ;
- définir la typologie du tunnel (bitube, monotube...) ;
- choisir la méthode de creusement (foreuse, explosifs, méthode conventionnelle) ;
- intégrer les mesures de sécurité (issues de secours, niches de sécurité, équipements...) ;planifier les phases de réalisation et les mesures environnementales.

Ce dossier est indispensable à la coordination entre tous les acteurs du projet (maîtrise d'ouvrage, bureaux d'études, entreprises de travaux…).

I.4. Les tunnels bitubes : une solution pour la sécurité et le débit

Un tunnel bitube est constitué de deux tubes distincts, chacun affecté à un seul sens de circulation. Ce type de conception est privilégié dans les projets autoroutiers à fort trafic, car il présente plusieurs avantages :

- Sécurité améliorée : les risques de collision frontale sont éliminés.
- Evacuation facilitée : en cas d'accident, un tube peut servir d'issue de secours pour l'autre.
- Exploitation optimisée : les opérations de maintenance peuvent être effectuées dans un tube pendant que l'autre reste ouvert à la circulation.
- Adaptation au trafic élevé : chaque tube peut accueillir plusieurs voies.

Ce type de tunnel est fortement recommandé voire obligatoire lorsque la densité du trafic dépasse un certain seuil, notamment sur les autoroutes interurbaines.

Chapitre II :
Présentation du projet

CHAPITRE II: PRESENTATION DU PROJET

Introduction

Dans le cadre de l'amélioration du réseau routier algérien, la réalisation de la pénétrante autoroutière de 48 km reliant Tizi Ouzou à l'autoroute Est-Ouest, au niveau de Djebahia, vise à moderniser ce réseau et à améliorer l'accessibilité des régions enclavées.

Ce projet s'inscrit dans le Schéma Directeur National des Infrastructures Routières, piloté par le ministère des Travaux Publics et mis en œuvre par l'Agence Nationale des Autoroutes (ANA).

Le réseau routier national repose sur deux axes majeurs :

- L'autoroute Est-Ouest, reliant les principales villes du nord du pays.
- L'autoroute des Hauts Plateaux, favorisant le développement de l'intérieur du territoire.

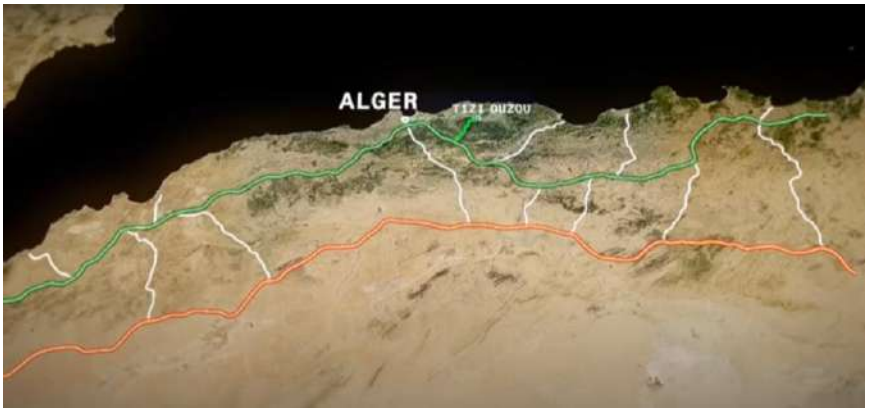


Figure II-1:Les deux axes majeurs de réseau routier national

II.1.Structure administrative et technique du projet

- Groupement d'entreprises réalisatrices

Composé de Özgün İnşaat, Nurol İnşaat et ENGOA, ce consortium a été sélectionné pour son expertise dans la réalisation de projets autoroutiers d'envergure.

- Maître d'Ouvrage :

Algérienne des Autoroutes (ADA) – organisme public responsable de la planification, du financement et du suivi des grandes infrastructures autoroutières à l'échelle nationale.

- Bureau de contrôle et de suivi :

CCTP (Centre de Contrôle Technique et de Prévention) – organisme de contrôle technique opérant en collaboration italo-algérienne, chargé de garantir la conformité du projet aux normes internationales de qualité, de sécurité et de performance.

II.2.Localisation du tracé

La pénétrante autoroutière Djebahia – Tizi Ouzou débute à proximité de la commune de Draa Ben Khedda, dans la wilaya de Tizi Ouzou (PK 00+000). Elle suit en parallèle Chemin Wilaya CW 128 jusqu'au PK 10+000, puis poursuit son tracé parallèlement à la route nationale RN 25, qui s'achève au niveau de l'échangeur de Djebahia, dans la wilaya de Bouira (PK 48+000).

II.3.Délimitation de la zone d'étude

Le tronçon PK 13+000 au PK 23+000 traverse l'une des zones les plus montagneuses du projet, nécessitant des solutions techniques avancées pour garantir la sécurité, la stabilité des infrastructures et le confort des usagers.



Figure II-2: Tracé de la route sur Google Earth

II.4.Géologie

II.4.1. Géologie régionale

Le projet de la pénétrante autoroutière reliant Tizi-Ouzou à l'autoroute Est-Ouest, au niveau de Djebahia, se situe dans le domaine interne du Tell. Cette région, également connue sous le nom de socle kabyle ou Kabylie, se caractérise par une structure géologique complexe constituée principalement de formations cristallophylliennes métamorphiques telles que les gneiss, marbres, amphibolites, micaschistes et schistes, ainsi que d'un ensemble sédimentaire paléozoïque faiblement métamorphisé.

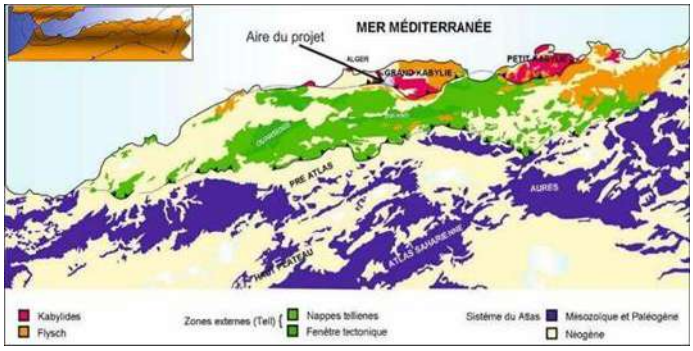


Figure III.2 : Ensemble géologique du Nord de l'Algérie

La partie 4 du tracé traverse une diversité de formations géologiques, comprenant des roches intrusives, métamorphiques et sédimentaires, ainsi que des unités sédimentaires récentes reposant sur ces formations. Selon les travaux de Chmiguirilov et al. (1986), les caractéristiques régionales de ces ensembles rocheux se présentent comme suit :

- Les roches métamorphiques affleurantes dans la région appartiennent à une série de phyllites et de gneiss d'âge précambrien.
- Les roches intrusives sont principalement constituées de granites d'âge paléozoïque, recoupant les unités métamorphiques. Ces intrusions se présentent généralement sous forme de granites à grain fin.
- Les formations sédimentaires identifiées sur le site sont composées de grès, conglomérats, calcaires, argiles calcaires et marnes.

II.5.Géologie de trajet

L'aire du projet comporte essentiellement trois ensembles géologiques différents qui sont du Nord au Sud:

- Le Mio-plio-quaternaire formant la dépression de Draa Ben Khedda au début du projet côte Tizi – Ouzou.
- Le socle kabyle qui affleure en forme de boutonnières en tronçon central.
- La dépression Oligo – miocène de Dra El Mizan – Boghni. Zone Sud du projet.

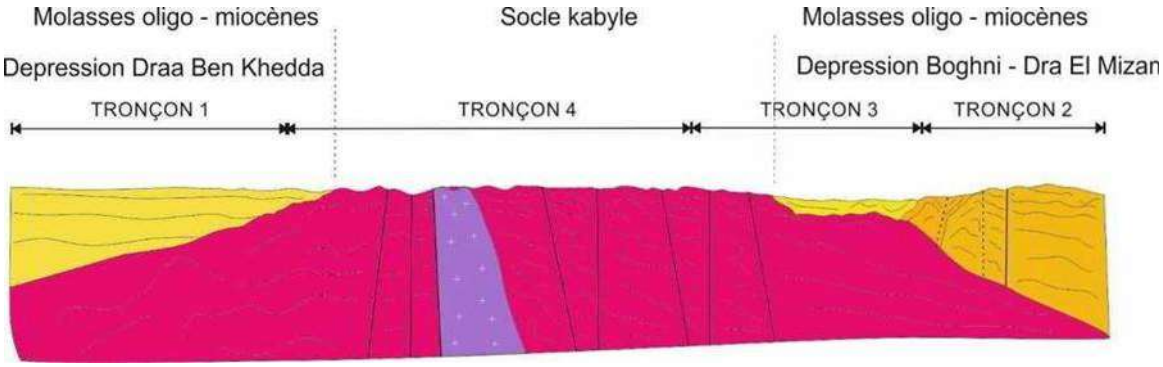


Figure II-3:Coupe schématique du projet — Modifiée à partir de la Carte Géologique de l'Algérie

II.6.Caractérisation hydrologique et hydrogéologique

II.6.1. Hydrogéologie

Les ressources en eau souterraines de la Wilaya de Tizi-Ouzou se concentrent essentiellement dans la nappe alluviale de l'oued Sébaou, alimentée par l'infiltration directe à partir des eaux de pluies dont la moyenne est de l'ordre de 1000 mm/an et des crues de l'Oued Sébaou et de ses affluents.

L'écoulement s'effectue d'amont en aval du bassin versant, avec des niveaux des eaux souterraines soumis à de grandes variations (2.5 m à 6 m) sur les pentes de la vallée (Hambli et Hamiche, 2017).

Dans la zone d'étude, on peut prévoir de ne pas trouver la nappe phréatique pendant l'exécution des travaux, et le fait que pendant l'excavation des déblais déjà réalisés on n'a pas détecté la présence d'eau.

II.6.2. Hydrologie

Le territoire de la wilaya est dominé par un réseau hydrographique composé d'un chevelu dense, bien hiérarchisé, et dont la majorité des oueds sont encaissé et présentant un régime irrégulier pendant toute l'année, mais ils sont souvent en crue.

Ce réseau et marqué principalement par l'Oued Sebaou qui recueille à travers ses affluents l'essentiel des eaux en provenance du Djurdjura. En parallèle, on trouve plusieurs qui coupent ce territoire, mais qui sont moins important tel que : Assif N'Boubehir, Oued Djemaa, Oued-Bougdoura, Assif Ousserdhoun, Assif-El Hammam, Oued-Aissi, oued Ksari, et oued Rabta (Berchiche, 2018).

II.7.Caractérisation séismique

La wilaya de Tizi-Ouzou est classée dans la zone V d'après le RPA version 2024 d'une sismicité élevée.

Selon la norme citée les ponts qui franchissent ou longent d'autoroutes, routes express et voies à grande circulation sont classés comme ponts importants, dans le groupe de commune A (Draa el Mizan), pour ce groupe, le coefficient d'accélération à prendre en compte est A = 0,20.

Selon l'Eurocode 8 les valeurs des accélérations horizontales et verticales sont calculées comme suit :

$kh = 0.5\ A = 0.1\ \text{m/}s^2$ =Forces horizontales

$kv = \pm\ 0{,}3\ kh = 0.033\ \text{m/}s^2$ = Forces verticales

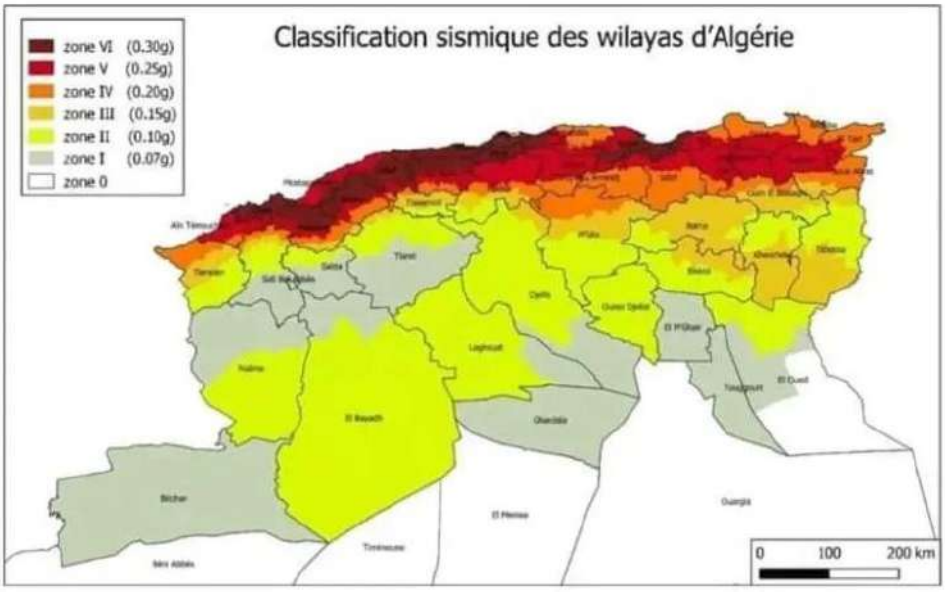


Figure II-4:La carte de zonage sismique selon RPA2024

Chapitre III:
Etude de trafic

CHAPITRE III: ETUDE DE TRAFIC

Introduction

Ce chapitre est consacré à l'étude du trafic, étape fondamentale en amont de toute planification d'un projet routier. Elle permet d'estimer l'intensité de la circulation, d'évaluer l'impact des flux, notamment la part des poids lourds, et de déterminer les besoins en capacité de l'infrastructure. Le dimensionnement du corps de chaussée repose principalement sur le trafic journalier moyen annuel (TJMA) et sur la répartition modale entre les différentes catégories de véhicules.

La conception du projet s'appuie sur les normes en vigueur définies par l'ICTAAL (Instruction pour les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison), qui régissent les autoroutes interurbaines de type 1, qu'il s'agisse de créations ou de réaménagements d'infrastructures existantes.

III.1. Environnement de la route

III.1.1.1. Classification de l'environnement routier

Notre projet contient un relief montagneux, donc nous sommes dans un environnement E3, selon le Tableau de l'environnement de la route (voir annexe A) .

III.2. La catégorie de la route

Dans notre conception, nous avons opté pour la **catégorie L2 relief difficile,** en raison des contraintes topographiques de la zone d'étude.

III.3. Vitesse de référence

La vitesse de référence de notre projet d'après le règlement ICTAAL est 90km/h.

III.4. Données du trafic de projet

- Le trafic journalier moyen annuel à l'année de comptage (2016):8016 v/j/sens
- L'année de mise en service : 2028 ;
- La durée de vie est de 20 ans ;
- Pourcentage de poids lourd : 15% (80% de poids lourd sur la voie lente de droite) ;
- Le taux d'accroissement : 4% ;
- Environnement : E3 (terrain montagneux) ;
- Catégorie de la route :C2

- On considère la prévision de mise en service du projet pour 2028.
- le coefficient d'équivalence P=8

III.5. Etude de trafic de projet :

Désignation	Paramètre	Formule	Application numérique	Résultat
Trafic de l'année de mise en service	$TJMA_h$	$TJMA_0\ (1+\tau)^n$	$8016 \times (1 + 0{,}04)^{12}$	**12834 v/j**
Trafic à l'année d'horizon	$TJMA_{2048}$	$TJMA_{2028}\ (1+\tau)^{20}$	$12834\times (1 + 0{,}04)^{20}$	**28121 v/j**
Trafic effectif de l'année mise en service	$Teff_{2028}$	$[(1-Z)+PZ] \times TJMA_{2028}$	$[(1-0.15) + 8\times0.15]$ 28121	**26309 uvp/j**
Trafic effectif à l'année horizon	$T_{eff_{2048}}$	$[(1-Z)+PZ]\times TJMA_{2048}$	$[(1-0.15) + 8\times0.15] \times 26309$	**57647 uvp/j**
Débit de pointe horizon de l'année mise en service	Q_{2028}	$(\frac{1}{n})\ Teff_{2028}$	0.12×26309	**3157 uvp/h**
Débit de pointe horaire à l'année horizon	Q_{2048}	$0.12 \times Teff_{2048}$	0.12×57647	**6918 upv/h**
Débit admissible	Q_{adm}	$K1\times K2\times Cth$	$0.91\times0.95\times 1800$	**1556upv/h**
Nombre des voies	n	$S\times \frac{Q}{Qadm}$	$\frac{2}{3}\times\frac{6918}{1556}$	**2.96 =3voies**
Débit de de saturation	$Q_{saturation}$	$(1+\tau)^n \times Q_{adm} =$ $3\times Qadm$	31556	**4668uvp/h**

Année de saturation	N	$\frac{\mathbf{Ln}(\frac{\mathbf{Q_{sat}}}{\mathbf{Q_{2028}}})}{\mathbf{Ln}(\mathbf{1}+\boldsymbol{\tau})}$	$\frac{\mathbf{Ln}(\frac{\mathbf{31556}}{\frac{\mathbf{2}}{\mathbf{3}}\times\mathbf{3157}})}{\mathbf{Ln}(\mathbf{1}+\mathbf{4}\%)}$	20.31 ≈21 ans

Conclusion

L'autoroute conçue est configurée en **2×3 voies**, afin de répondre efficacement aux besoins croissants du trafic à long terme.

Selon les prévisions établies lors des études de trafic, cette infrastructure atteindra son seuil de saturation environ **21 ans** après sa mise en service, soit à l'horizon 2049.

Cette anticipation permet :

- D'adapter la gestion future du trafic
- D'assurer une capacité optimale sur toute la durée de vie de l'ouvrage.

Chapitre IV :
Etude géométrique

CHAPITRE IV: ETUDE GEOMETRIQUE

Introduction

L'ingénierie routière s'appuie sur l'étude géométrique comme un pilier central pour garantir la sécurité, la performance et la durabilité d'une infrastructure routière.

Cette étape permet de déterminer le tracé le plus efficient, en conciliant performance technique, respect de l'environnement, contraintes topographiques et exigences liées au trafic. L'élaboration de cette étude repose sur une méthodologie rigoureuse, conforme aux normes et recommandations en vigueur dans le domaine routier.

Dans ce chapitre, nous réaliserons l'étude géométrique de notre projet, incluant : l'axe en plan, le profil en long, ainsi que le profil en travers.

IV.1. Tracé en plan

Le tracé en plan représente la vue horizontale d'une route, définie par une suite de droites reliées par des courbes. Il correspond à la projection des points de l'axe de la route sur un repère cartésien topographique.

L'élaboration du tracé général repose sur un ensemble de contraintes identifiées lors des études préliminaires, tenant compte de divers facteurs tels que l'environnement, la topographie, la géologie et l'urbanisation.

IV.1.1. Valeurs des rayons

- Le rayon minimum déversé (R_m) est réduit à 240 m.
- L'utilisation de rayons faibles ($R<1,5\ R_m$) nécessite une excellente lisibilité de la courbe
- L'emploi de rayons supérieurs ou égaux à $1,5\ R_{dn}$ est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité.
- Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des grands rayons.

IV.1.2. Enchaînement des éléments du tracé en plan

Des courbes circulaires de rayon modéré ($<1,5\ R_{dn}$) ne peuvent être utilisées qu'en respectant les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après :

- Introduire de telles courbes sur une longueur de 500 à 1 000 m à l'aide de courbes de plus grand rayon. En ce cas, deux courbes successives doivent

satisfaire à la condition : $R_1 \leq 1{,}5R_2$, où R_1 est le rayon de la première courbe rencontrée et R_2 ($<1{,}5R_{dn}$) celui de la seconde. Cette recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent ;

- Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins 200 m, sauf pour deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

IV.1.3. Raccordements progressifs

- Les courbes de rayon inférieur à 1,5 R_{dn} sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïdes).
- Leur longueur est au moins égale à la plus grande des deux valeurs : $14|\Delta\delta|$ et R/9 ; où R note le rayon de courbure (en m), et $\Delta\delta$ la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés

IV.1.4. APPLICATION AU PROJET

Ces données ont été extraites à l'aide du logiciel Covadis :

Variation des dévers et des longueurs des clothoïdes

Dévers	2.50 %	2.50 %	3.00 %	3.50 %	4.00 %	4.50 %	5.00 %	5.50 %	6.00 %	6.50 %	7.00 %
Rayon	650.000	650.000	546.304	471.141	414.159	369.474	333.492	303.896	279.125	258.088	240.000
Clothoïde	72.222	72.222	60.700	52.349	54.600	58.800	63.000	67.200	71.400	75.600	79.800
Variation	70.000	70.000	60.700	52.349	54.600	58.800	63.000	67.200	71.400	75.600	79.800

Tableau IV-1 : Les valeurs des *rayons* et les longueurs des clothoïdes *selon les dévers* déterminées en l'ICTAAL (L2 – relief difficile).

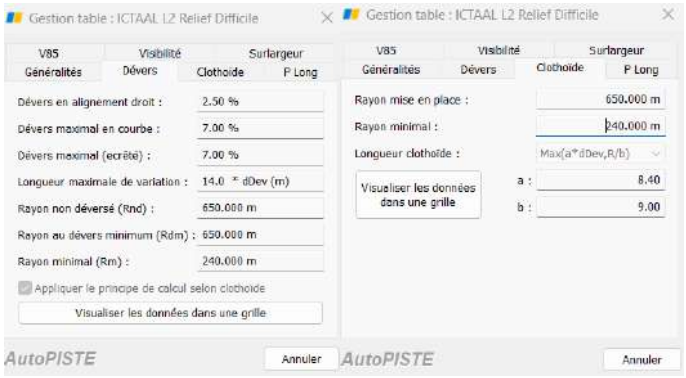
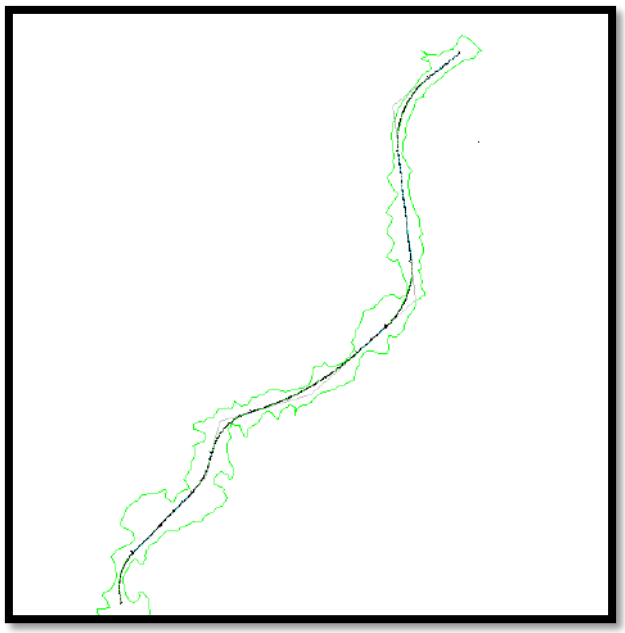


Figure IV-1:valeurs des dévers et rayons et clothoïde pour notre autoroute

Figure IV-2:le tracé en plan de notre projet



IV.2. Profil en long

IV.2.1. Définition

Le profil en long constitue un élément fondamental dans la conception des infrastructures routières.

Il s'agit d'une représentation en coupe longitudinale du terrain, établie dans un plan vertical passant par l'axe du tracé. Ce profil est généralement défini par une succession de segments rectilignes et de courbes paraboliques, permettant de modéliser la ligne projet (ou ligne rouge) en s'appuyant sur le terrain naturel.

Cette ligne vise à optimiser le tracé en tenant compte des contraintes techniques, du confort de conduite et de la sécurité des usagers. Par convention, elle correspond à l'axe de la plateforme lorsque la TPC est revêtue, ou au bord gauche de la chaussée dans le cas contraire.

IV.2.2. Règles de conception du profil en long

IV.2.2.1. Coordination entre le tracé en plan et le profil en long

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

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

IV.2.2.2. Valeurs limites :

Les paramètres de profil en long doivent respecter les valeurs limitées données dans le tableau selon l'ICTAAL.

rayon minimal en angle saillant	2 700 m
rayon minimal en angle rentrant	1 900 m

Tableau IV-2:valeurs minimales de rayons en profile en long pour une autoroute en relief difficile

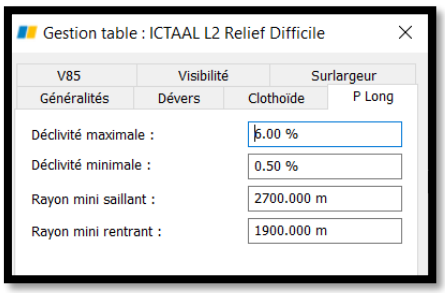


Figure IV-3:valeurs limites de profile en long pour L2 relief difficile

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

IV.2.2.3. Traitement des sections à forte déclivité

Les sections à forte déclivité posent des enjeux de sécurité, notamment pour les poids lourds, ainsi que de capacité. Pour les aborder efficacement, il est recommandé de :

- Proscrire les longs alignements droits et les courbes à grand développement ;
- Privilégier les courtes lignes droites avec des rayons proches de 1,5 R_{dn}
- Mettre en place une zone de transition avant chaque descente (réduction progressive des rayons horizontaux) ;
- Introduire directement une pente forte, en évitant les transitions progressives ;
- Ne pas intercaler une pente modérée entre deux pentes fortes (> 4 %) ;

- Éviter les points singuliers (échangeurs, carrefours, courbes serrées…) dans les zones à forte déclivité ou juste après (sur quelques hectomètres).

IV.2.2.4. Gestion de la déclivité longitudinale

La déclivité (ou pente) correspond à l'inclinaison du profil en long d'une route. Elle impacte l'écoulement des eaux, le confort et la sécurité.

Déclivité minimale :

- Sur terrain plat, une pente jamais nulle est exigée ;
- Elle doit être ≥ 0,5 %, idéalement 1 %, pour garantir l'évacuation des eaux pluviales.

Déclivité maximale :

Elle dépend de :

- L'adhérence de la chaussée ;
- La vitesse minimale des poids lourds à maintenir en montée ;
- Les considérations économiques.

Un équilibre entre sécurité, fonctionnalité et coût est donc nécessaire lors de la conception du profil en long.

IV.2.3. Profile en long de notre projet

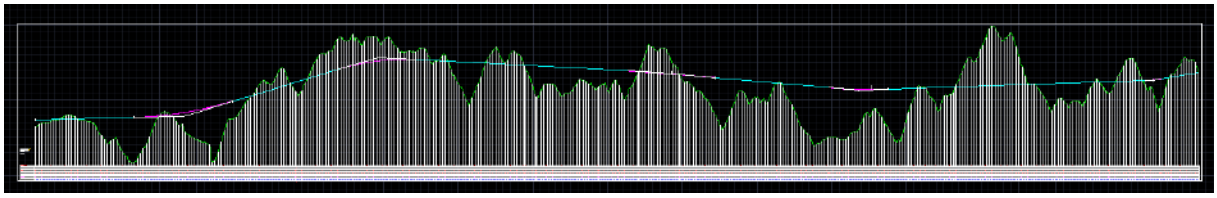


Figure IV-4 : Le profil en long de notre projet

IV.3. Calcul manuel de l'axe de Projet

L'objectif est de présenter un exemple concret de calcul d'un profil en long avec un raccordement par un rayon convexe. Ce type de tracé est utilisé pour assurer une transition douce entre deux pentes de sens opposé.

La figure ci-dessous illustre la géométrie du tracé, où les points A et D représentent les extrémités du profil, et le point S correspond au sommet du raccordement convexe

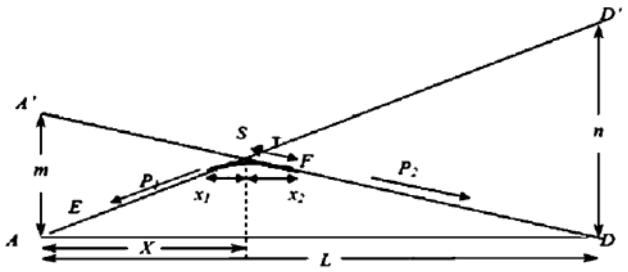


Figure IV-5:illustration d'un exemple de rayon convexe

les coordonnées (X, Z) et les pentes en A et D. Le rayon de raccordement utilisé est R =65503.365m, indiquant une courbure très douce, adaptée pour ce type de tracé.

IV.3.1.1. Calcul du sommet des déclivités

Pour déterminer le point S, il est nécessaire de calculer d'abord les projections verticales des pentes P_1 et P_2 sur la distance horizontale :

Paramètre	**Formule**	**Résultat**
L	X_D-X_A	3036.96m
$Z_{A'}$	Z_D – |(L× P2)|	167.57 m
$Z_{D'}$	Z_A- |(L×P1)|	146.53m
M	Z_A -$Z_{A'}$	19.65m
N	Z_D -$Z_{D'}$	115.79m
X'_S	$\frac{\mathbf{M \times L}}{\mathbf{M + N}}$	440.72m
X_S	$X_A + \frac{(\mathbf{M \times L})}{(\mathbf{M+N})}$	13770.72m
Z_S	Z_A – (X'_S×|P1|)	181.32m

IV.3.1.2. Calcul des tangentes

Paramètre	Formule	Résultat
T	$\frac{R}{2}\times (\lvert P_1\rvert + \lvert P_2\rvert)$	1460.72m

IV.3.1.3. Calcul de la flèche B_x

Paramètre	Formule	Résultat
B_x	$\frac{T^2}{2 * R}$	16.28m

IV.3.1.4. Calcul des coordonnées des points de tangentes

- Pour le point B :

Paramètre	Formule	Résultat
X_B	$X_s - T$	12309.99936m
Z_B	$Z_s + (T \times \lvert p1\rvert)$	200.8980086m

- Point C :

Paramètre	Formule	Résultat
X_C	$X_S + T$	15231.44943m
Z_c	$Z_S + (T\times \lvert p2\rvert)$	226.8989143m

IV.3.1.5. Calcul de la longueur de raccordement :

Paramètre	Formule	Résultat
L	2×T	2921.45m

IV.3.1.6. Calcul des cordonnées du point J :

Paramètre	Formule	Résultat
$X_{J/A}$	R×P1	877.745091m
$Z_{J/A}$	$X_{J/A}\times P1 - \frac{(X_{J/A})^2}{2*R}$	5.88089211m
X_J	$X_B + X_{J/A}$	13187.74445m
Z_J	Z_B-$Z_{J/A}$	195.0171165m

IV.3.1.7. Vérification :

- $X_{J/A}$ = R×P1 = 877.745091m
- $X_{J/d}$ = R×P2 =2043.704988 m

Sommet	Pente	X(m)	Z(m)	Rayon
A	1.34%	13330	187.23	65503.365
D	3.12%	16366.965	262.327	

- $X_{J/A} + X_{J/d}$ = 2921.450079m
- 2×T = 2921.450079m

Les points	X(m)	Z(m)
B	12309.99936m	200.8980086m
C	15231.44943m	226.8989143m
J	13187.74445m	195.0171165m

Commentaire : Les résultats sont conformes à ceux obtenus via Covadis, avec des différences mineures attribuables à l'arrondi ou aux tolérances numériques.

IV.3.1.8. La visibilité de l'autoroute

Les niveaux élevés de sécurité et de confort impliquent de bonnes conditions de visibilité permettant au conducteur d'anticiper les événements survenant sur l'autoroute

IV.3.1.9. Point d'observation

C'est l'œil d'un conducteur de véhicule léger, positionné à une hauteur de 1,00 m du sol, et distant de 2,00 m du bord droit de sa voie.

IV.3.1.10.Point observé

Les règles de visibilité ci-après précisent la nature et la position du point observé. S'agissant d'un véhicule, le point observé est le moins contraignant des deux feux arrière, positionnés à

une hauteur de 0,60 m du sol et distants respectivement de 1,00 m et 2,50 m du bord droit de la voie considérée.

IV.3.1.11.Vérification des règles de visibilité

Sur autoroute, les vitesses élevées imposent de grandes distances de visibilité. Les règles de conception géométrique ne garantissent pas toujours leur respect, d'où l'importance de vérifications spécifiques. Une bonne coordination du tracé, du profil en long et des points singuliers (accès, péages), ainsi que l'ajustement des accotements ou du terre-plein central, permet en général de répondre aux exigences. En cas d'impossibilité, une réduction locale de la vitesse peut être envisagée si elle est clairement perceptible par l'usager.

IV.3.1.12.Perte ponctuelle de visibilité

Une interruption temporaire de la visibilité d'un objet déjà perçu peut être tolérée, par exemple à cause d'un obstacle isolé (pile de pont, mât). Cette coupure ne doit survenir qu'après une visibilité d'au moins une seconde et ne pas dépasser deux secondes consécutives.

IV.4. Profile en travers type

IV.4.1. Introduction

Le profil en travers représente, la coupe perpendiculaire à l'axe de la voie projetée. Il met en évidence les variations altimétriques du terrain naturel, les dimensions de la chaussée, les dévers de la plate-forme, ainsi que les caractéristiques des différentes couches qui composent la structure de la voie.

Il permet :

- Un calcul précis des volumes de terrassement
- Contribue à la sécurité de l'infrastructure en identifiant d'éventuels risques.
- Il favorise la durabilité et la prise en compte des enjeux environnementaux dans la conception des routes.

IV.4.2. Profil en travers en section courante

Un profil en travers courant se compose généralement des éléments suivants :

IV.4.3. Pentes transversales

Les courbes de rayon inférieur à R_{dn} sont déversées vers l'intérieur de la courbe. Celles de rayon supérieur ou égal à R_{dn} ont un dévers normal.

IV.4.3.1. En alignement et en courbe au dévers normal

- La pente transversale d'une chaussée est de 2,5 % vers l'extérieur.
- La pente d'une BAU (ou d'une BDD) est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la surlargeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4 % pour des raisons techniques.
- Les pentes des BDG et du versant en toit d'un TPC revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente.
- La berme extérieure présente une pente transversale de 8 % qui peut être portée jusqu'à 25 % dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

IV.4.4. En courbe déversée vers l'intérieur

- La pente transversale d'une chaussée se calcule linéairement selon 1/R, entre 2,5 % pour R_{dn} et 7 % pour R_m.
- La pente de la BAU (ou la BDD) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente. La pente de la BAU extérieure (ou la BDD) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 % ; au-delà, elle est de sens opposé au dévers et égale à 1,5 %, hormis la surlargeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée.

IV.4.4.1. Changement de dévers

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

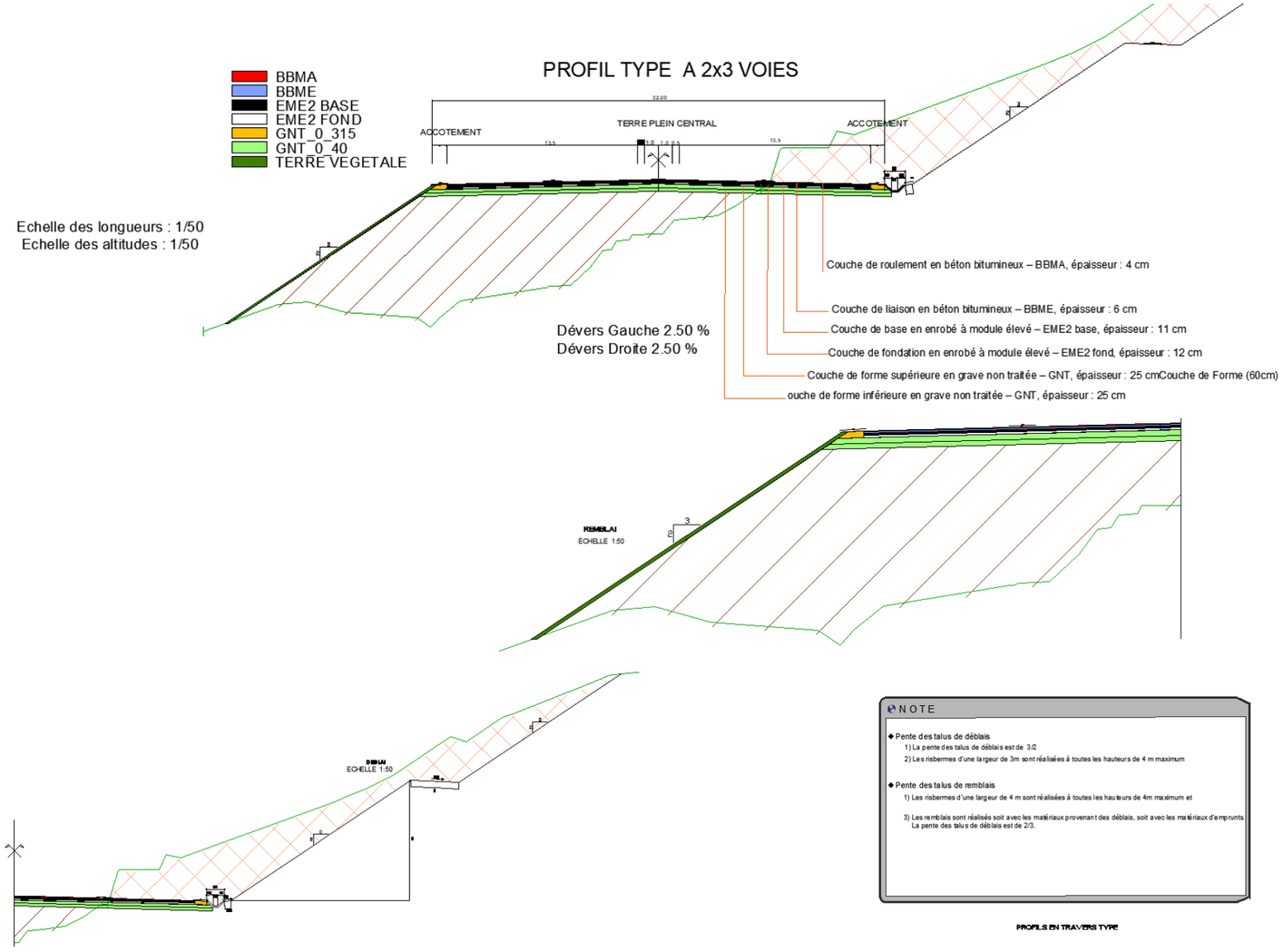
IV.4.4.2. Point de rotation des dévers

Lorsque le TPC est revêtu, le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plate-forme ; sinon le point de rotation des dévers de chaque chaussée se situe sur le bord gauche de la chaussée.

IV.4.5. 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 vers l'intérieur, le TPC est équipé de façon à évacuer les eaux de ruissellement de la chaussée extérieure.

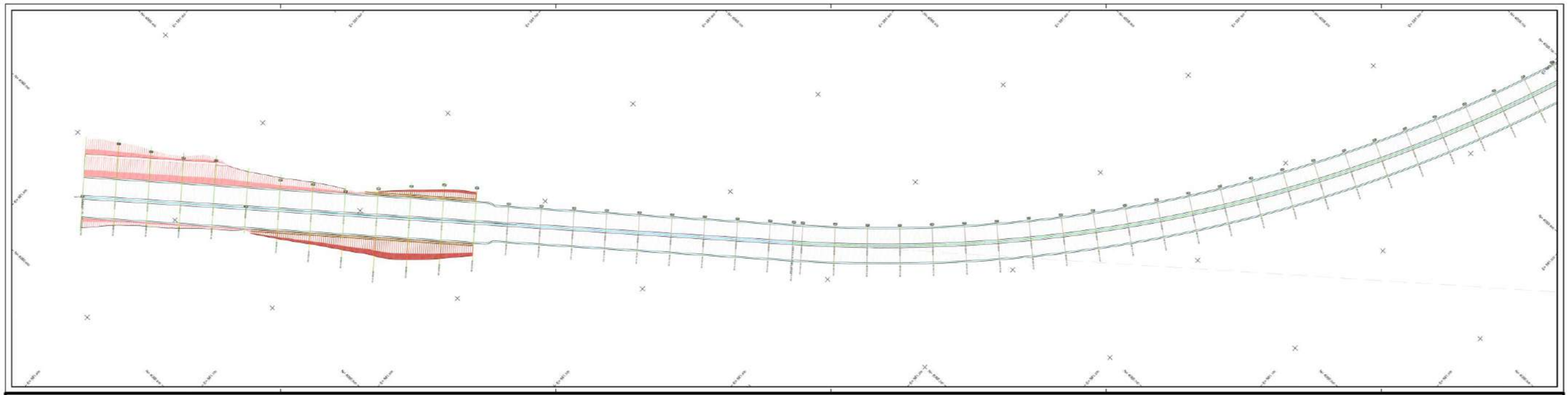
IV.4.6. Application sur le projet :

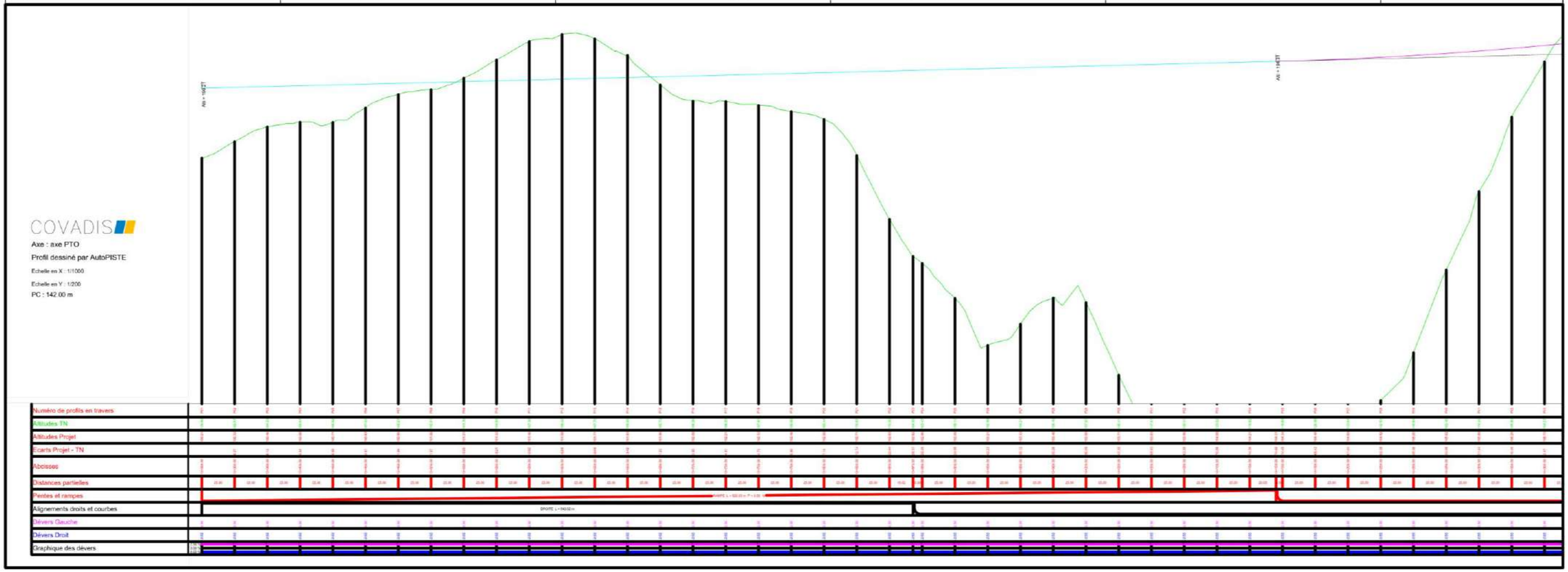


ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz

Projet de fin d'étude	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N°Planche	Année universitaire
Étude et conception d'un tronçon autoroutier dans la pénétrante de Tizi Ouzou, y compris l'étude et la conception géométrique d'un tunnel PK 13+000 au PK 23+00	**AMANI Baya et ZERROUKI Younes**	**Mr.GOUMETTRE.A et Mr.TAKI.M**	1 :50	Profile en travers type de projet	**2024/2025**





ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web** : www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail** : enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Étude et conception d'un tronçon autoroutier dans la pénétrante de Tizi Ouzou, y compris l'étude et la conception géométrique d'un tunnel PK 13+000 au PK 23+000	**AMANI Baya et ZERROUKI Younes**	**Mr.GOUMETTRE.A et Mr.TAKI.M**	**1 :1000 1 :200**	**Vue en plan et profile en long de PK 13330 au PK 14355**	**2024/2025**

Chapitre V :
Ouvrages d’art

CHAPITRE V: OUVRAGES D'ART

V.1. Introduction

Dans le cadre de la construction d'une autoroute, la présence d'obstacles naturels ou artificiels tels que les oueds, les rivières, les montagnes, les voies ferrées ou les infrastructures existantes nécessite la mise en place de structures adaptées, appelées **ouvrages d'art**.

Les ouvrages d'art assurent le franchissement de ces obstacles ou la protection contre certains aléas naturels. Leur conception est déterminée par la nature de l'obstacle, les contraintes géométriques de la route, les charges à supporter ainsi que les normes techniques en vigueur.

Le terme « ouvrages d'art » désigne l'ensemble des structures conçues pour assurer la continuité du tracé. Cela inclut notamment les ponts, tunnels, viaducs, passerelles, dalots, et murs de soutènement.

Ce chapitre présente la localisation kilométrique (**PK**) des ouvrages d'art prévus sur le tracé autoroutier étudié, ainsi que leur typologie, conformément aux exigences techniques du projet.

V.2. Présentation d'ouvrages

Notre projet comprend plusieurs ouvrages, résumés dans le tableau suivant :

Type	PK de l'Ouvrage			Description	Justification
	Début	Fin	Longueur de l'ouvrage(m)		
Viaduc	13630	15130	1500	Encorbellement successif, voussoir préfabriqué	Portées longues (60–150 m) adaptées à l'encorbellement successif, permettant le franchissement de vallées ou zones sensibles sans appuis intermédiaires.
Viaduc	15480	15580	100	Encorbellement successif avec voussoirs préfabriqués.	Ouvrage court nécessitant un franchissement rigide, la préfabrication des voussoirs assure

					une rapidité d'exécution et une qualité contrôlée.
Viaduc	16780	17105	325	Encorbellement successif avec voussoirs préfabriqués.	Terrain difficile d'accès, le montage sans étaiement au sol est possible grâce à la méthode d'encorbellement successif.
viaduc	17405	18380	975	Encorbellement successif avec voussoirs préfabriqués.	Sur une portée moyenne avec une topographie variable, l'encorbellement successif offre une solution adaptée, sans perturber l'environnement.
Viaduc	18705	19534	829	Encorbellement successif avec voussoirs préfabriqués.	Pour le franchissement d'une grande vallée par un long viaduc, l'encorbellement successif permet une construction efficace sans appuis intermédiaires.
Viaduc	19565	20705	1140	Partie droite : poutre précontrainte. Partie gauche : tablier unique.	Tracé en courbe traversant une vallée, solution économique avec des portées de 30 à 50 m, adaptée aux conditions du site.
Viaduc	20755	21000	245	Partie gauche tablier Partie droite : déblai	L'asymétrie du profil en travers : une partie de la plateforme repose sur un talus en déblai, tandis que l'autre nécessite un tablier pour franchir une brèche

					à forte pente. Cette configuration est recommandée pour maintenir la continuité du profil longitudinal et éviter des remblais importants qui perturberaient l'Oued Ksari
Tunnel	21030	21655	625	Un tunnel bitube	Afin d'éviter la réalisation de grands déblais nécessitant des confortements lourds, et pour préserver le profil en long, il est préférable d'assurer un bon passage sur la vallée en amont, en cohérence avec les viaducs précédents
Viaduc	21705	22180	475	Pont à poutres avec encorbellement successif	Des travées sont adoptées pour franchir une dépression ou un obstacle naturel à l'aide d'une solution à la fois économique et structurée. Le choix d'un nombre réduit de travées optimise la stabilité de l'ouvrage et diminue les coûts liés aux appuis intermédiaires.

V.3. Conclusion

L'analyse et la conception des ouvrages d'art le long du tracé autoroutier ont permis d'identifier des solutions structurelles rigoureuses, adaptées aux contraintes topographiques, géotechniques et environnementales spécifiques à chaque site. Le choix des typologies d'ouvrages – viaducs à encorbellement successif, viaducs à voussoirs préfabriqués, ponts à poutres, ainsi qu'un tunnel bitube – répond à une logique d'optimisation technique, économique et fonctionnelle.

Ces solutions ont été retenues en fonction de la nature des obstacles à franchir (vallées, oueds, dépressions, reliefs accentués), de la nécessité de préserver l'intégrité du tracé autoroutier, et de minimiser les impacts sur l'environnement. L'utilisation de méthodes de construction éprouvées, telles que le lancement par encorbellement successif et la préfabrication des éléments structuraux, garantit la rapidité d'exécution, la sécurité du chantier et la durabilité des ouvrages.

En définitive, l'intégration de ces ouvrages dans le projet assure la continuité et la performance de l'infrastructure, tout en respectant les exigences normatives en vigueur et les impératifs techniques du site.

Chapitre VI :
Les cubatures

CHAPITRE VI: LES CUBATURES

Introduction

La réalisation d'une infrastructure routière nécessite une adaptation du terrain naturel afin de permettre l'implantation des différents ouvrages. Cette adaptation implique des travaux de terrassement, regroupés sous l'appellation de « mouvements de terres ». Ceux-ci consistent essentiellement à modifier la topographie initiale du site en effectuant soit des apports de matériaux (remblais), soit des excavations (déblais). Ces opérations sont indispensables pour assurer la stabilité, la fonctionnalité et la sécurité de la future voie.

Dans le cadre d'un projet routier, il est crucial de quantifier avec précision les volumes à excaver ou à remblayer. Cette étape, appelée « calcul des cubatures des terrassements », repose sur une comparaison entre le terrain naturel et le profil projeté de la route.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

VI.1. Méthodes de calcul des cubatures

Plusieurs méthodes permettent d'estimer les volumes de déblais et de remblais dans un projet de terrassement. Parmi les plus couramment utilisées, on distingue :

- La méthode de la moyenne des aires (méthode par excès).
- La méthode de l'aire moyenne (méthode par défaut).
- La méthode de la longueur applicable.
- La méthode approchée.

VI.1.1. Méthode de la moyenne des aires

Cette méthode consiste à déterminer séparément les volumes de remblais et de déblais pour chaque tronçon situé entre deux profils en travers successifs. Le calcul s'effectue à l'aide de la formule suivante :

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

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant que les deux expressions S_{moy} et $\frac{S_1+S_2}{2}$ comme très voisines ; Ceci donne :

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

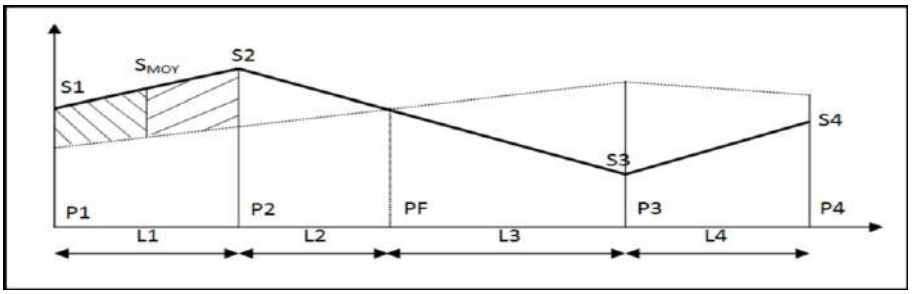


Figure VI-1: Les position des sections dans un profil en long d'un tracé donné

- **PF :** Profil fictive, sur face nulle.
- **Pi** : Profil en travers i.
- **Si :** Surface de profil en travers Pi.
- **Li :** Distance entre ces deux profils.
- **S_{moy} :** Surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

Tronçon	Longueur (L_i)	Surface initiale (S_i)	Surface finale (S_{i+1})	Volume $\boldsymbol{V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})}$
P1 → P2	L_1	S_1	S_2	$\boldsymbol{V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)}$
P2 → PF	L_2	S_2	0	$\boldsymbol{V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)}$
PF → P3	L_3	0	S_3	$\boldsymbol{V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)}$
P3 → P4	L_4	S_3	S_4	$\boldsymbol{V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)}$

Le volume total V :

$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

En additionnant terme à terme les volumes partiels, on obtient le volume total des terrassements :

$$\boldsymbol{V = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1 + L_2}{2} S_2 + \frac{L_2 + L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3 + L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4}$$

VI.2. Résultat des cubatures de notre projet :

Dans notre projet, le calcul s'effectue à l'aide de logiciel AUTOPISTE :

Volume remblais (m^3)	Volume déblais (m^3)
1805235,7	2485119,5

Les résultats de calcul des cubatures sont joints en annexe.

Chapitre VII :

Etude géotechnique et géologique

CHAPITRE VII: ETUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE

VII.1.1. Introduction

Les risques géotechniques proviennent d'une connaissance partielle des caractéristiques du sol (géologie, hydrogéologie, géotechnique), pouvant affecter la stabilité des ouvrages. Ils sont dus à la variabilité naturelle des terrains, aux aléas géologiques et aux incertitudes liées aux données.

GROUPE DE PONT	ZONE SISMIQUE			
	I	IIa	IIb	III
1	0,15	0,25	0,30	0,40
2	0,12	0,20	0,25	0,30
3	0,10	0,15	0,20	0,25

Figure VII-1:Coefficient d'accélération de zone A.

Selon la norme NF P94-500 (rév. nov. 2013), des investigations suffisantes et adaptées sont nécessaires à chaque phase du projet, ainsi qu'un suivi géotechnique en phase travaux, pour limiter ces incertitudes.

En géotechnique routière, l'étude porte à la fois sur le sol support et sur les matériaux des différentes couches de chaussée. Elle intervient dans :

- Les travaux de terrassement.
- Stabilisation des talus et soutènements.
- Fondations des ouvrages.

VII.2. Etudes des Sols Dans la Section :

VII.2.1. Géologie de la Zone d'étude :

VII.2.1.1. PK 13+300 - PK 13+436 / Remblai

Cette section de la zone d'examen sera passée par un remblai d'une hauteur d'environ 2.00-8.00 mètres. on observe une couche superficielle de colluvions sableuses et graveleuses dans une matrice argileuse brun-jaune, d'environ 2 m d'épaisseur. En dessous, se trouve une unité de marnes et argilites partiellement plastiques, d'âge Miocène, d'une épaisseur de 15 à 20 m, confirmée par le sondage SC-77 (PK 13+358).



Figure VII-2: Le sondage SC-77

VII.2.1.2. PK 13+436-PK 13+835 / Déblai

Dans la zone de déblai entre les PK 13+436 et 13+835, des excavations jusqu'à 17 m de profondeur sont prévues. Le sol est composé en surface de 2 à 3 m de colluvions sableuses et graveleuses dans une matrice argileuse. En dessous, on trouve une unité de marnes/argilites partiellement plastiques, d'âge Miocène, épaisse de 15 à 20 m. Confirmées par le sondage SC-78 (PK 13+600).



Figure VII-3: Le sondage SC-78

VII.2.1.3. PK 13+860-PK 15+050 / Via 3

Les piles d'entrée du viaduc reposant dans des unités de colluvion dans cette section, les piles de sortie reposent dans des unités sédimentaires a granulométrie grosse d'age Miocène; les sondages SC 20 et SC 26 sont situés auprès de la zone d'examen.

VII.2.1.4. PK 15+094-PK 15+425 / Déblai

Dans cette zone des excavations de déblai atteignant jusqu'à 33 m sont prévues. En surface, une couche de 2 à 4,6 m de colluvions sableuses, graveleuses et argileuses est observée. Entre 3,6 m et 20 m, le sondage SC-27 montre une unité de grès à granulométrie variable, en couches épaisses, de faible à très faible résistance.



Figure VII-4: Le sondage SC-27

VII.2.1.5. PK 15+440-PK 15+530 / Via 5

Dans cette section, les piles d'entrée du viaduc étant situées dans des unités de calcschiste d'age Précambrien, les piles de sortie reposent dans des unités métaclastiques d'age Précambrien. Les sondages V5-1 et V5-2 sont situés dans la zone d'examen.

VII.2.1.6. PK 15+539-PK 16+309 / Déblai

Dans cette zone, des excavations jusqu'à 26 m de profondeur sont prévues. Les sondages SCFG-09, SC-151 et SC-152 montrent en surface des roches métaclastiques précambriennes, moyennement à très décomposées, sur 10 à 20 m d'épaisseur, entre les PK 15+500-16+130 et 16+190-16+309. Entre PK 16+130 et 16+190, affleure une unité de granite peu décomposée, moyennement solide à solide, de couleur gris clair, intrusive dans les métaclastites. Les contacts entre granite et roches métaclastiques pourraient poser des problèmes de stabilité dans les zones de déblai.

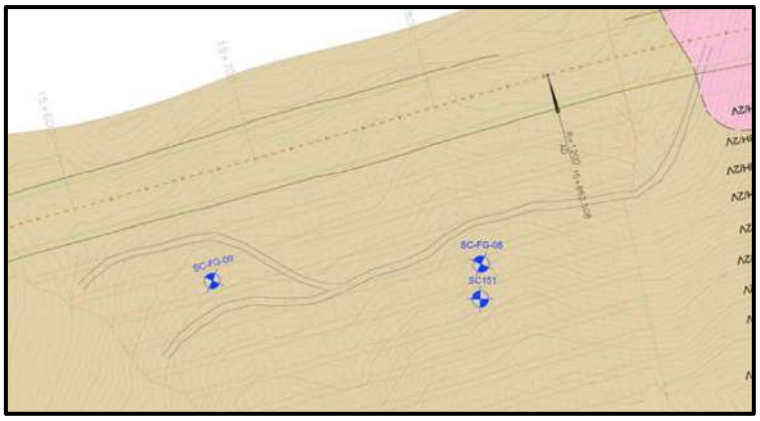


Figure VII-5: Plan d'emplacement de recherche accompagné de la carte géologique entre PK 15+539 - PK 16+309

VII.2.1.7. PK 16+309-PK 16+469 / Remblai :

Les sondages SC-153 et SCFG-12 révèlent en surface des roches métagranitiques et calcaires précambriens, moyennement à très décomposés, de couleur marron à verdâtre. Ces roches contiennent divers minéraux métamorphiques (phyllite, quartzite, schistes à séricite, chlorite, plagioclase, albite, carbonate). Une unité de granite peu décomposée issue d'une intrusion volcanique a aussi été identifiée au PK 16+393 (SC-153).

VII.2.1.8. PK 21+105-PK 21+200/ (Entrée du Tunnel) :

Dans cette zone, des déblais jusqu'à 26 m de profondeur sont prévus. Les sondages SC-106, SC-107, SC-108, SC-109 et ST-06 y ont été réalisés. Des métagranites et des brèches de faille

affleurent en surface. Le sondage SC-108 révèle la présence de gneiss blanchâtre à brunâtre, compact, à grains moyens, sous forme de fragments centimétriques à décimétriques, avec une forte teneur en oxydes et hydroxydes dans les fractures. Des fissures multidirectionnelles sont observées, ainsi qu'un passage altéré entre 13,5 m et 14,2 m, composé de petits grains et fragments.



Figure VII-6: : Photos de caisses de carotte du sondage SC 108

VII.2.1.9. PK 22+219-PK 22+375 / Remblai :

Dans cette zone de remblai, le sondage SC-156 révèle :

- Une argile schisteuse brunâtre de 7,5 m d'épaisseur en surface,
- Suivie de schiste grisâtre moyennement friable, récupéré sous forme de sable et fragments,
- Le forage atteint 20 m dans un schiste grisâtre moyennement dur, récupéré en fragments et carottes.

VII.2.1.10. PK 22+489-PK 22+758 / Deblai :

Dans cette zone, des déblais atteignant jusqu'à 73 m de profondeur sont prévus. Les sondages SC-158 et SC-59 ont été réalisés. Le sondage SC-59 révèle :

- Une couche de colluvions argileuses, graveleuses et sableuses sur 20 m.
- Un mica-schiste grisâtre à blanchâtre dur entre 16,00 et 16,50 m.
- Jusqu'à 44,80 m de profondeur, des mica-schistes calcitiques très durs, récupérés en fragments centimétriques et décimétriques.



Figure VII-7: Photos de caisses de carotte du sondage SC 59

VII.2.2. Essais au Laboratoire :

En vue de la caractérisation de profil du sol, les tests mentionnés ci-dessous, ont été effectué sur les échantillons prélevés des sondages réalisés.

VII.2.2.1. Tests de Classification :

- Analyse granulométrique.
- Limites d'Atterberg (WL - limite de liquidité et Wp - limite de plasticité).
- Teneur en eau naturelle (W).
- Densité.
- Classification.

VII.2.2.2. Tests de Résistance :

Pression Libre (Essai de Compression à Expansion Latérale libre (ELL)).

VII.2.2.3. Tests sur les Caractéristiques du Tassement :

Consolidation, Pression de Gonflement Libre et Pourcentage.

VII.2.2.4. Tests des Paramètres de Résistance au Cisaillement :

Compression triaxiale sur les matériaux (UU).

VII.2.2.5. Les tests suivants ont été réalisé sur les échantillons de roche:

- Test de pression uniaxiale.
- Test de Chargement Ponctuel.
- Test de Densité.

Les résultats des tests sont indiqués dans les Tableaux dans l'annexe B :

VII.2.3. Tests In-Situ :

VII.2.3.1. Tests Pressiométrique :

Des essais pressiométriques sont utilisés dans le cadre des études effectués tout au long du trajet. La variation selon la profondeur des valeurs du Module d'Elasticité (EP) et de la Pression Limite (PL) obtenues à l'issue des résultats d'essais pressiométriques. Les résultats détaillés des essais figurent dans l'Annexe B.

VII.2.3.2. Essai de pénétration standard (SPT) :

L'examen des caractéristiques physiques d'ingénierie comme la densité relative, la consistance, la capacité portante et le potentiel de liquéfaction sont visés avec les valeurs N et de résistance limite obtenues dans les essais SPT (Essais de Pénétration Standard) réalisés in-situ lors des sondages de sondage.

Les tests de pénétration standard (SPT) ont été réalisées dans le sol et les sols cohérents de 1.50m à 3.00m d'intervalles. Les essais ont été effectués conformément à la norme ASTM D 1586-1584. Le nombre de coups nécessaires pour chacun des trois pénétrations successives 150 mm est enregistré sur les diagraphies, qui sont présentés sous forme de liste récapitulative du Tableau des Résultats de Tests de Pénétration Standard.

Lorsque l'échantillon est conduit à moins de 450 mm, le nombre de coups pour chaque 150 mm de croissance ou de croissance partielle ont également été enregistrés sur les diagraphies.

Les résultats des essais de pénétrations standards effectuées au cours des sondages sont présentés dans le Tableau dans l'Annexe B.

VII.3. Analyse de Stabilité des talus dans l'autoroute :

Les calculs de stabilité ont été réalisés à l'aide du logiciel de calcul à la rupture TALREN version 5. Comme il est d'usage, la méthode de calcul choisie est la méthode de Bishop pour les surfaces de rupture circulaires.

Le coefficient de sécurité global FS, supposé constant sur la surface de rupture, est défini comme le rapport de la contrainte de cisaillement maximale τ_{max} à la contrainte de cisaillement mobilisée le long de la surface de rupture τ_m. La contrainte de cisaillement mobilisable τ_m dépend principalement des caractéristiques intrinsèques des matériaux (cohésion c' et l'angle de frottement interne φ'). La contrainte de cisaillement maximale τ_{max} est liée à des actions déstabilisantes telles que l'eau, le poids de terre et les surcharges.

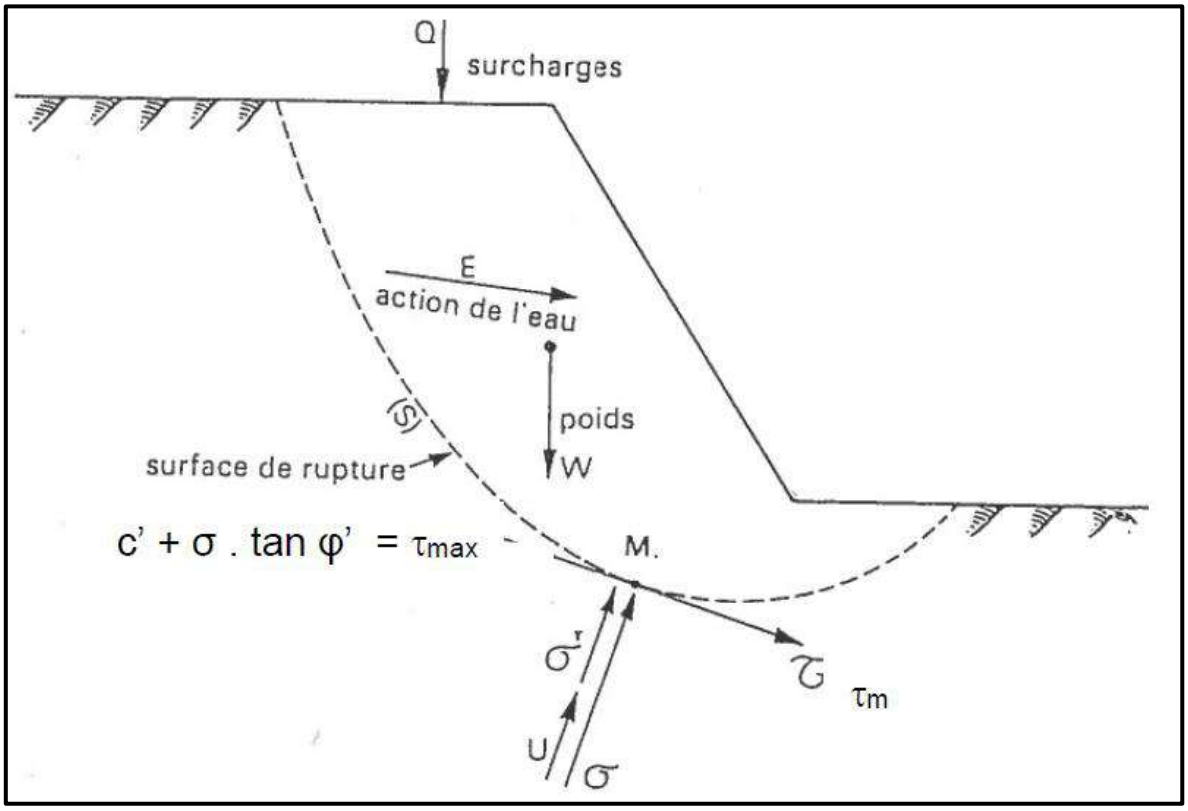


Figure VII-8: Stabilité d'un talus, sollicitations et contraintes

Tous les éléments de renforcement feront l'objet de vérification selon l'approche de l'EN 1997-1 de l'Eurocode 7, actuellement en vigueur, la stabilité des pentes doit être vérifiée aux états limites ultimes (GEO) en appliquant des coefficients partiels aux actions, aux propriétés mécaniques des sols et à la résistance des matériaux selon l'approche 3 qui est la plus appropriée pour ce type de calculs :

Voici un tableau résumant les critères de vérification des talus naturels avec les coefficients de sécurité exigés :

Figure VII-9:les coefficients de sécurité exigés dans l'analyse de stabilité des talus

Analyse	Condition	Type de combinaison d'actions	Coefficient de sécurité exigé (Fs)
Analyses de Stabilité a Long Terme	Drainée	Situation permanente	≥ 1.5
Analyses de Stabilité a Court Terme	Non drainée	Situation caractéristique	≥ 1.3
Analyse de Stabilité en Situation Sismique	Drainée	Situation accidentelle	≥ 1.1

Deux analyses de stabilité ont été réalisées pour chaque section :

- Dans la situation à long terme (drainée) sans séisme (combinaison d'actions dans la situation permanente.)
- Dans la situation à long terme (drainée) avec séisme (combinaison d'actions dans la situation accidentelle.)

VII.3.1. Analyse de Stabilité de talus cas Déblai de section PK 16+330 :

L'excavation de déblai qui sera réalisé dans cette section en inclinaison de 3:2 sur la pente droite et la pente gauche repose sur des unités de métamorphiques et métaclastiques. La hauteur de la pente droite étant environ 85.0 m, celle de la pente gauche est environ 10.0 m.

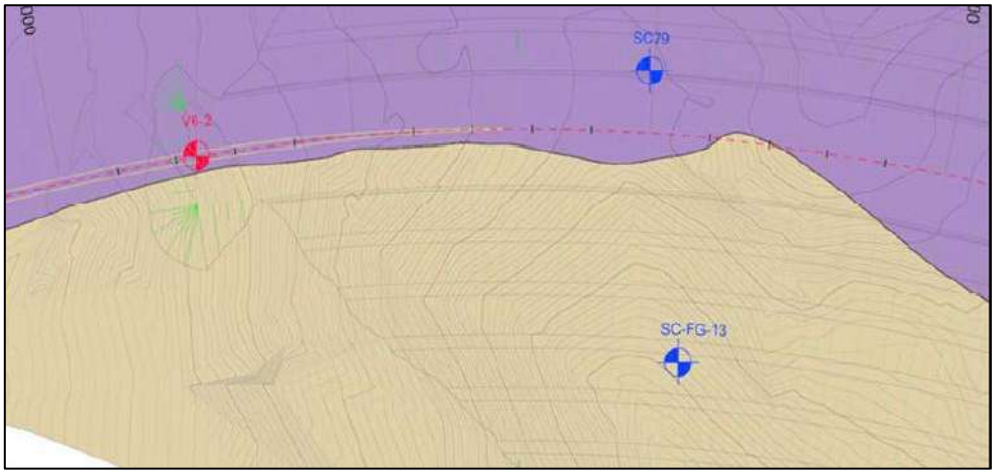


Figure VII-10: Plan d'emplacement de recherche accompagné de la carte géologique entre PK 16+000 - PK 17+000

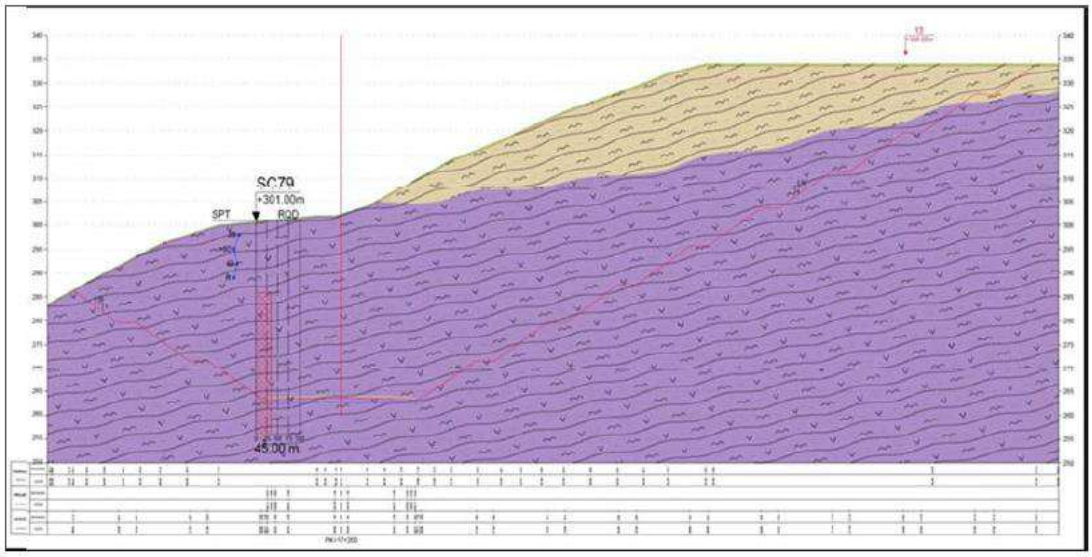


Figure VII-11: : PK 16+330 Coupe transversale du déblai et des unités géologiques

Soil parameters

s1

Unit weight : γ = 21.00 kN/m3
Stress-state : total
Cohesion of soil : c_u = 350.00 kPa

s2

Unit weight : γ = 21.00 kN/m3
Stress-state : total
Cohesion of soil : c_u = 410.00 kPa

s3

Unit weight : γ = 21.00 kN/m3
Stress-state : total
Cohesion of soil : c_u = 454.00 kPa

Figure VII-12: Paramètres des couches de sols PK 16+330

VII.3.1.1. Résultats de Logiciel GEO5 pour la situation permanente à long terme (sans séisme) :

Coefficient de sécurité : Fs = 1.52 > 1.50 (la stabilité du talus de déblai est jugée acceptable).

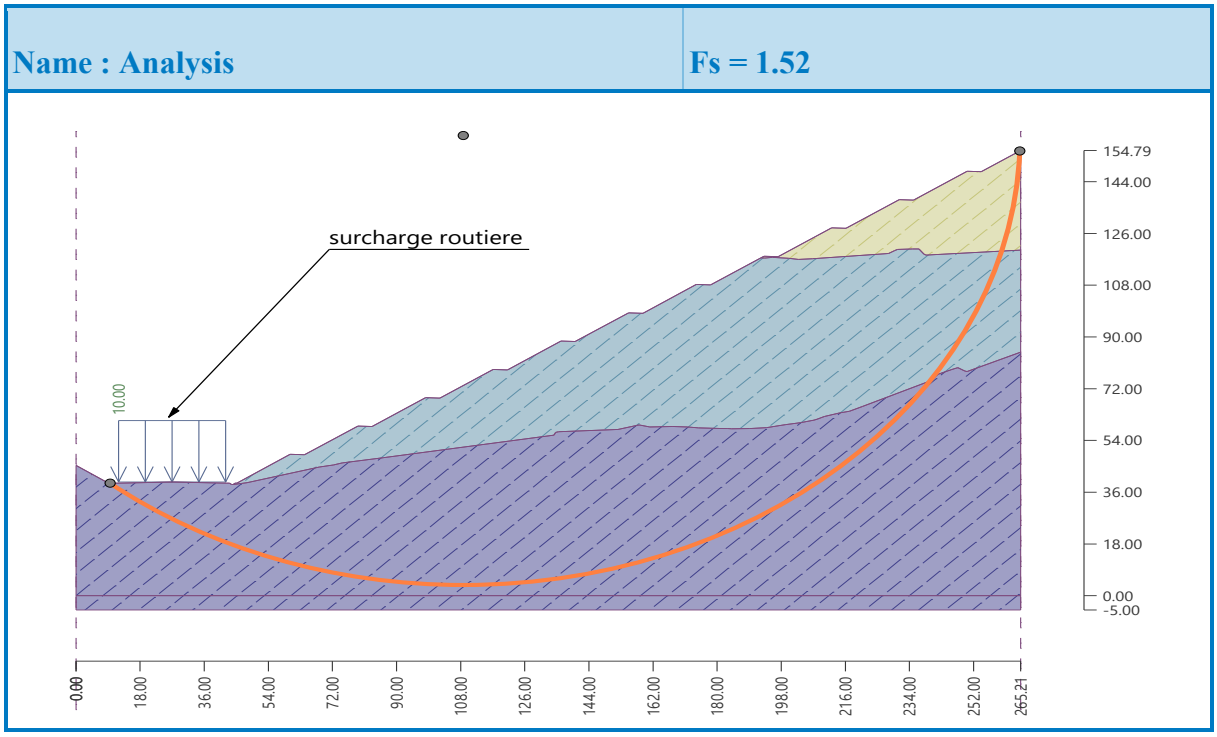


Figure VII-13: Modèle de sol PK 16+330 (sans séisme)

VII.3.1.2. Résultats de Logiciel GEO5 pour la situation accidentelle à long terme (avec séisme) :

Coefficient de sécurité : Fs = 1.30 > 1.10 (la stabilité du talus de déblai est jugée acceptable).

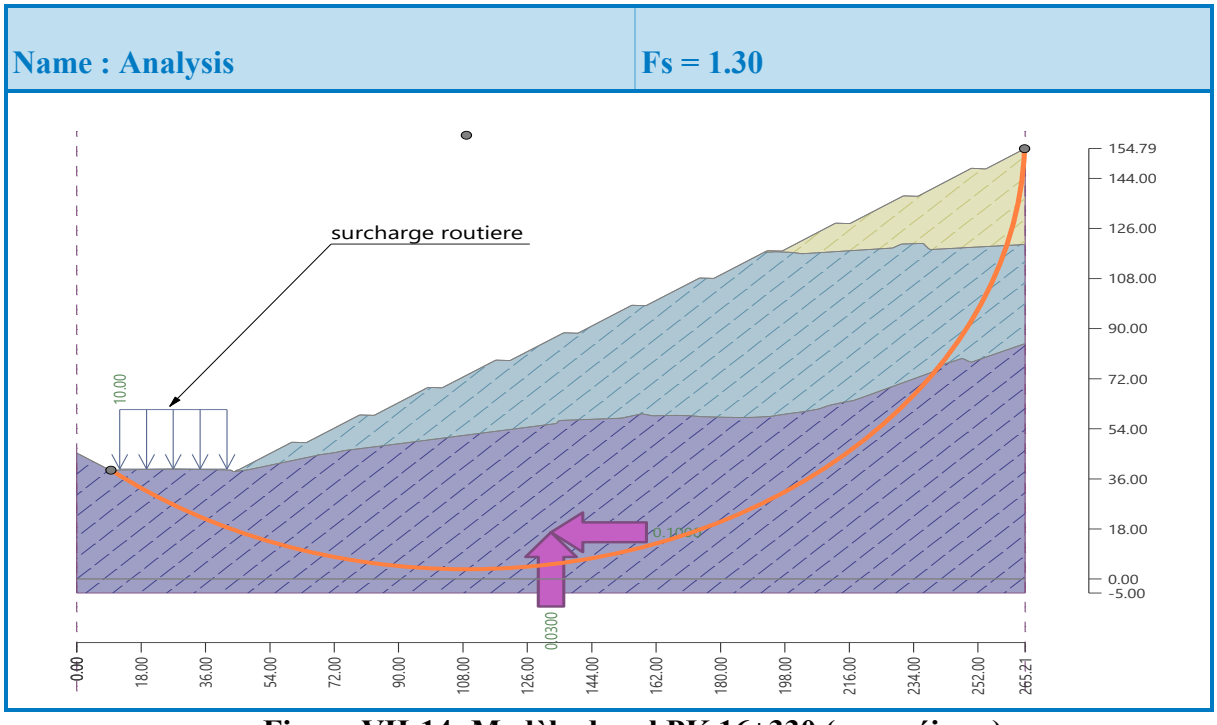


Figure VII-14: Modèle de sol PK 16+330 (avec séisme)

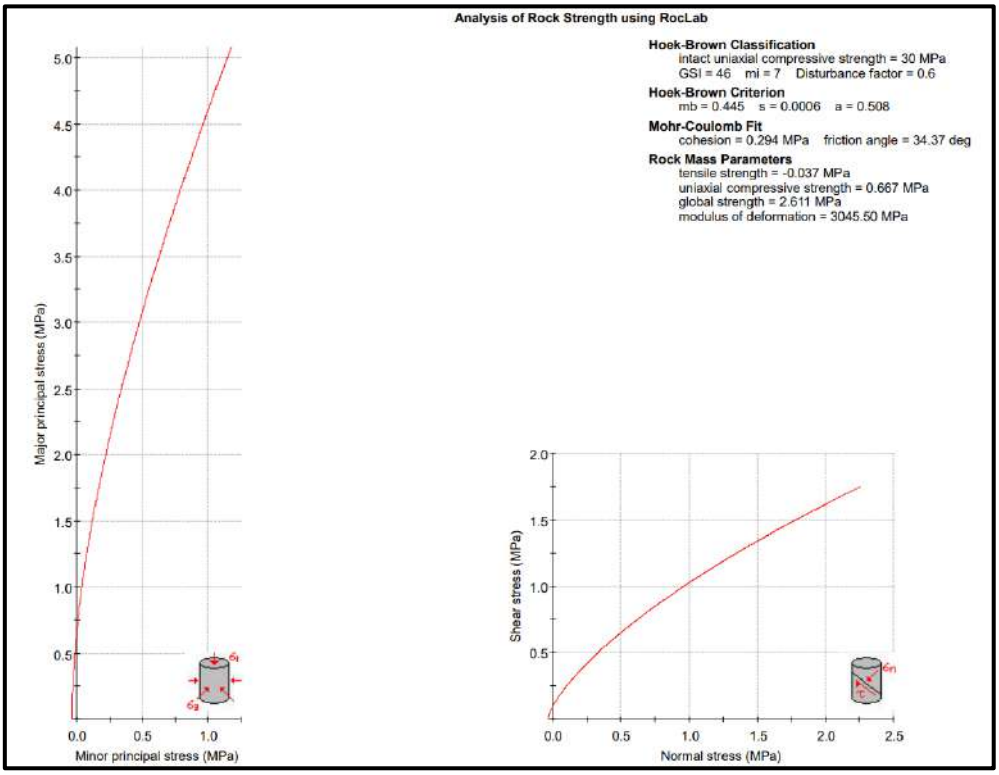


Figure VII-15:Paramètres Mohr Coulomb

VII.3.2. Analyse de Stabilité de talus cas remblai de section PK 22+320 :

Le remblai allant jusque une hauteur de 20.0 m dans cette section sera réalisé sur la pente droite et la pente gauche en inclinaison de 3:2, repose sur des unités de colluvion et d'alluvion d'âge Quaternaire suivies des unités métaclastiques d'âge Précambrien.

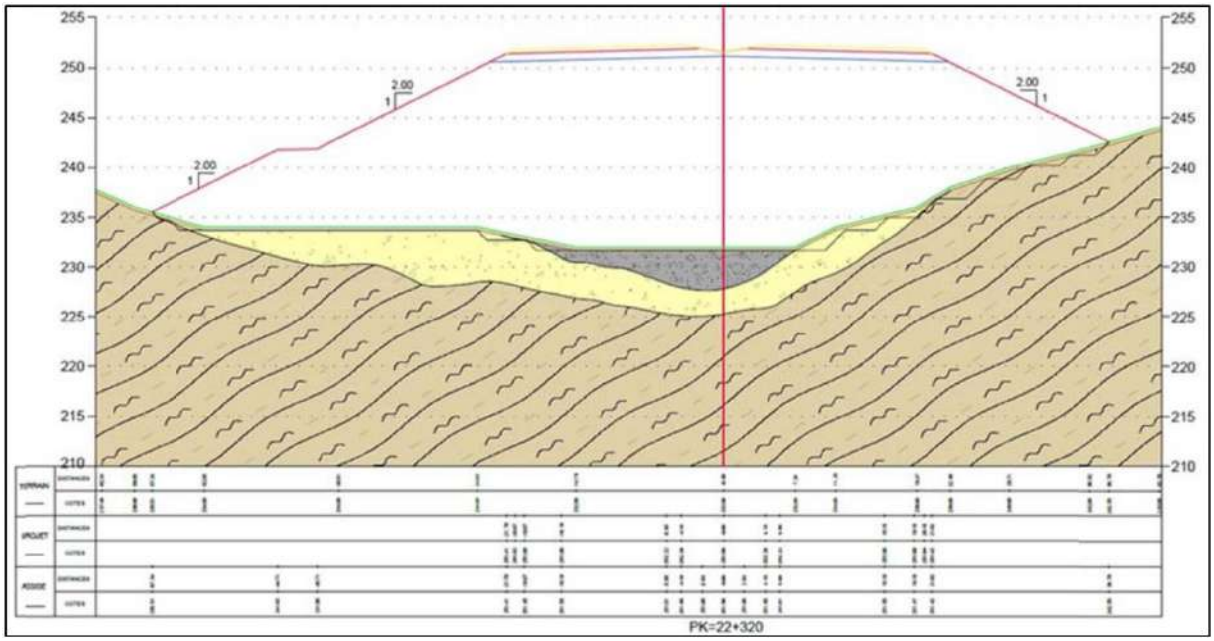


Figure VII-16:PK 22+320 Coupe transversale du remblai et des unités géologiques

Soil parameters

remblais

Unit weight :	γ =	19.00	kN/m^3
Stress-state :		effective	
Angle of internal friction :	φ_{ef} =	33.00	°
Cohesion of soil :	c_{ef} =	5.00	kPa
Saturated unit weight :	γ_{sat} =	19.00	kN/m^3

s1

Unit weight :	γ =	19.00	kN/m^3
Stress-state :		total	
Cohesion of soil :	c_u =	250.00	kPa

s2

Unit weight :	γ =	19.00	kN/m^3
Stress-state :		total	
Cohesion of soil :	c_u =	350.00	kPa

Figure VII-17: Paramètres des couches de sols PK 22+320

VII.3.2.1. Résultats de Logiciel GEO5 pour la situation permanente à long terme (sans séisme) pour la pente gauche :

Coefficient de sécurité : Fs = 1.79 > 1.50 (la stabilité du talus gauche de remblai est jugée acceptable).

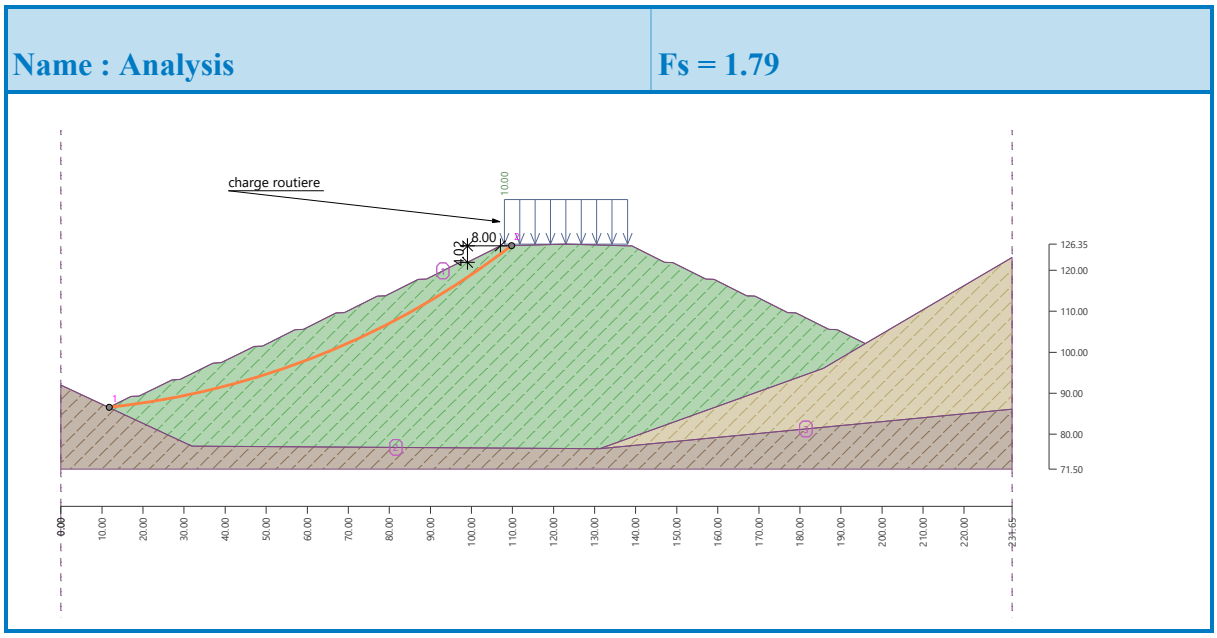


Figure VII-18: Modèle de sol PK 22+320 (sans séisme) – talus gauche

VII.3.2.2. Résultats de Logiciel GEO5 pour la situation accidentelle à long terme (avec séisme) pour la pente gauche :

Coefficient de sécurité : Fs = 1.38 > 1.10 (la stabilité du talus gauche de remblai est jugée acceptable).

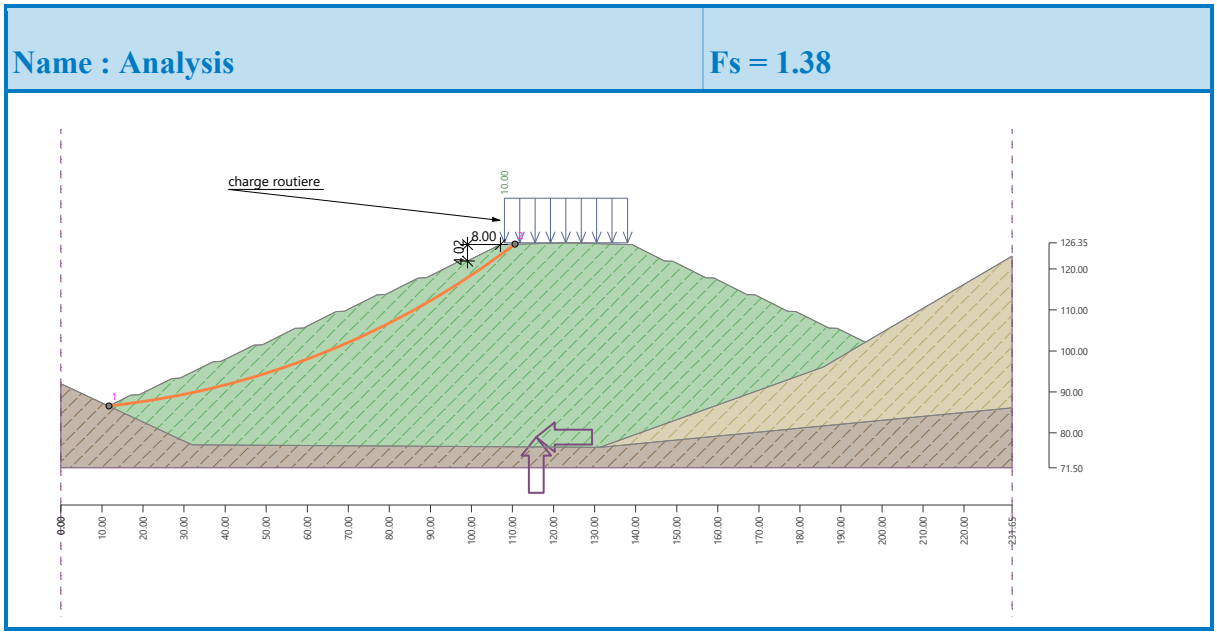


Figure VII-19: Modèle de sol PK 22+320 (avec séisme) – talus gauche

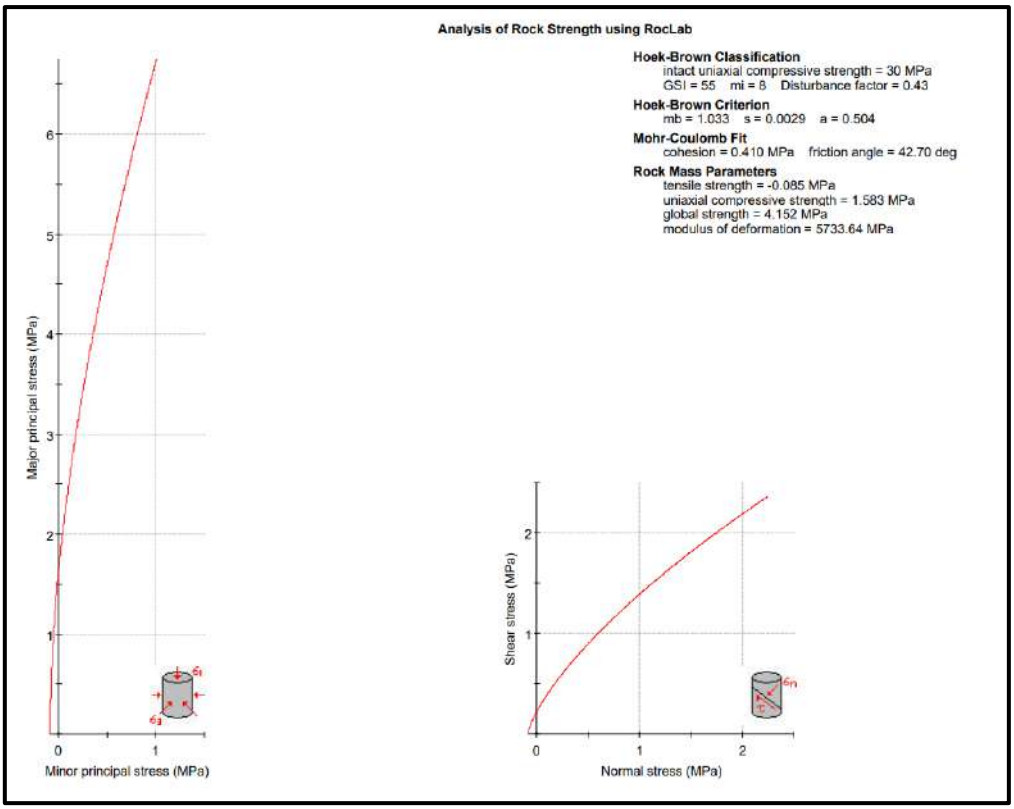


Figure VII-20: Paramètres Mohr Coulomb

VII.3.2.3. Résultats de Logiciel GEO5 pour la situation permanente à long terme (sans séisme) pour la pente droite :

Coefficient de sécurité : Fs = 1.86 > 1.50 (la stabilité du talus droite de remblai est jugée acceptable).

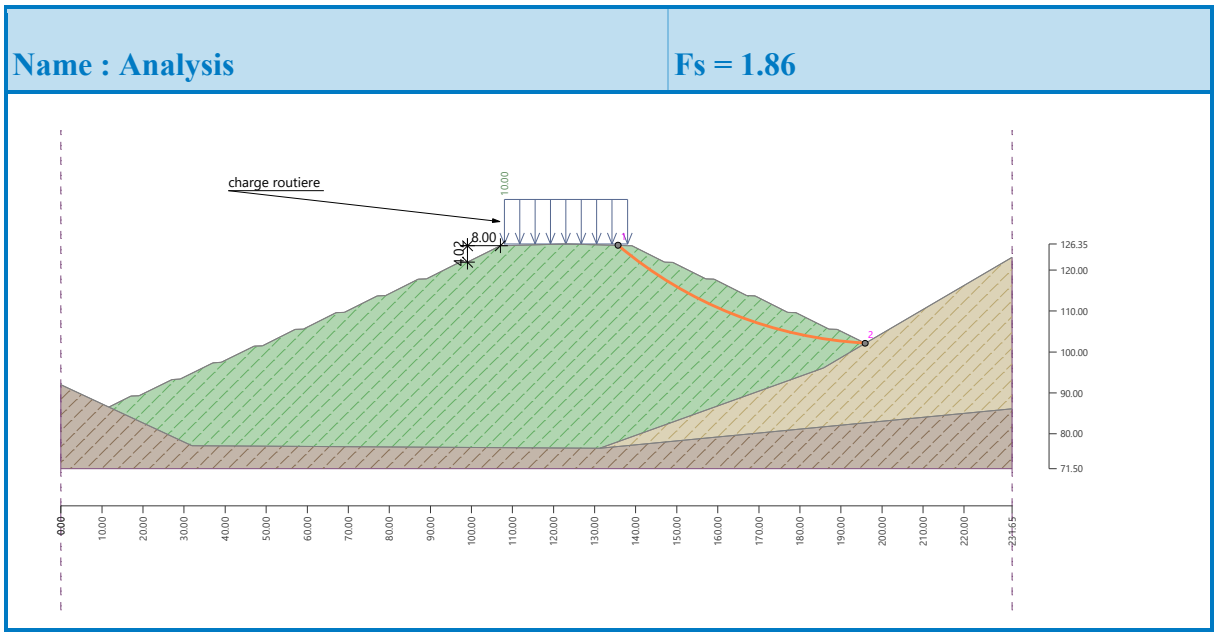


Figure VII-21: Modèle de sol PK 22+320 (sans séisme) – talus droite

VII.3.2.4. Résultats de Logiciel GEO5 pour la situation permanente à long terme (avec séisme) pour la pente droite :

Coefficient de sécurité : Fs = 1.43 > 1.50 (la stabilité du talus droite de remblai est jugée acceptable).

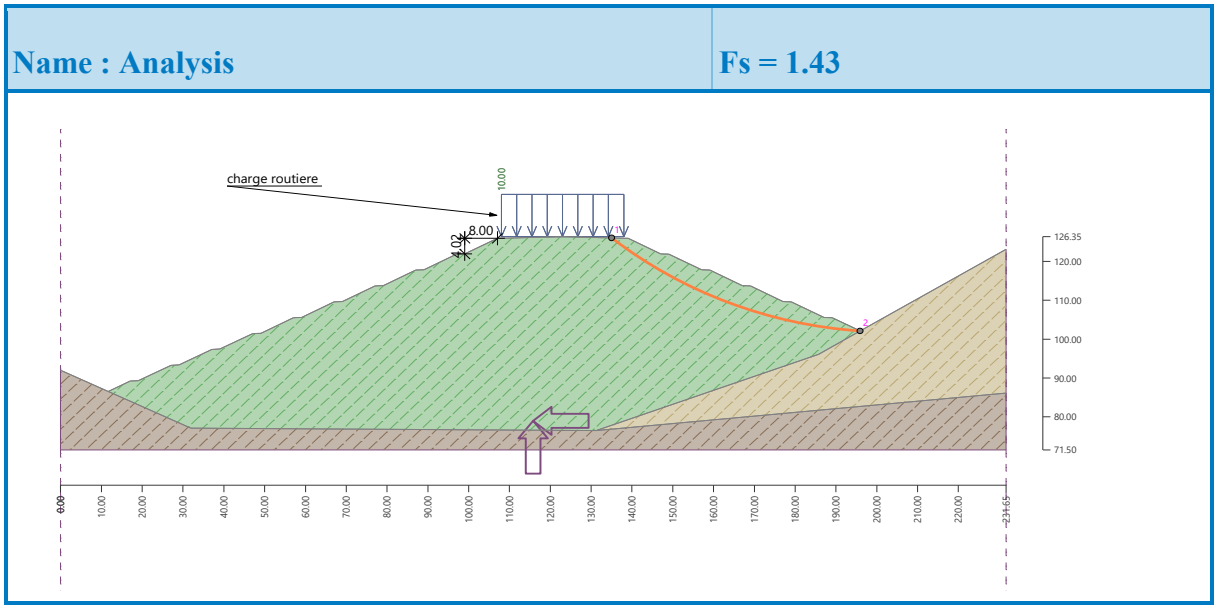


Figure VII-22: Modèle de sol PK 22+320 (avec séisme) – talus droite

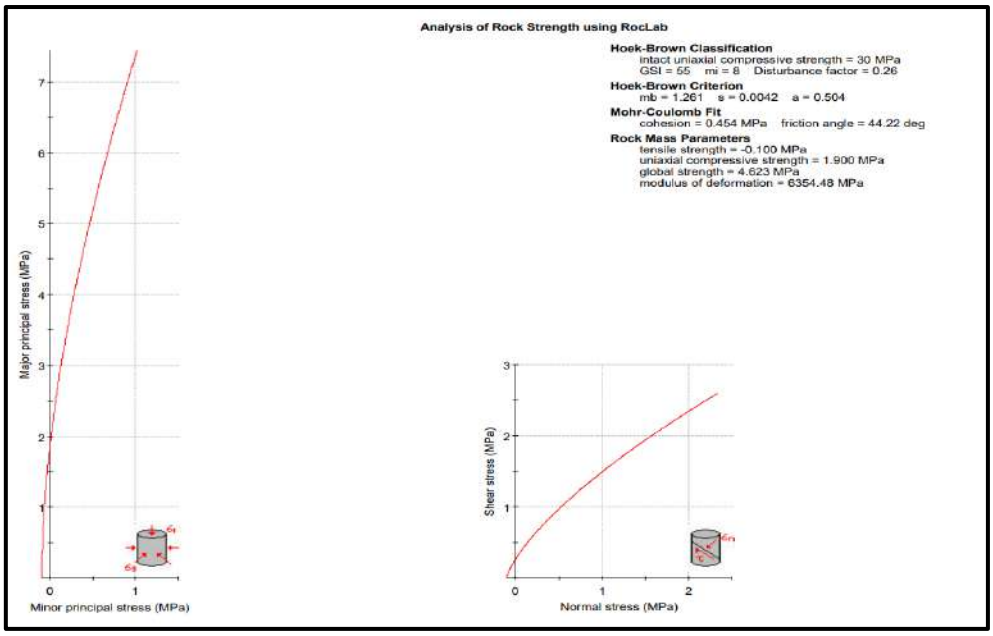


Figure VII-23: Paramètres Mohr Coulomb

VII.4. Solutions en cas d'instabilité des talus ;

Dans le cadre de notre projet, de vastes zones de déblais et de remblais ont été identifiées. Afin de prévenir les risques d'instabilité, les mesures suivantes sont proposées :

- **Fossé de crête** : Un fossé est prévu au sommet des talus pour intercepter les eaux de ruissellement amont et éviter la chute de pierres sur la chaussée.

- **Descentes d'eau** : Des dispositifs de drainage seront aménagés le long des talus pour canaliser les eaux vers des semi-buses situées au niveau des bermes, puis vers le fossé de pied. Ces descentes seront espacées tous les 25 mètres.
- **Revêtement végétal** : Les parois des talus seront stabilisées par la plantation d'arbustes afin de renforcer la cohésion du sol et limiter l'érosion.
- **Bermes pour remblais hauts** : Pour les remblais dont la hauteur dépasse 10 mètres, des bermes de 4,00 m de largeur seront implantées tous les 10 mètres de hauteur pour améliorer la stabilité.
- **Bermes de sécurité de 8 mètres** : Ces bermes serviront à la fois de protection contre la chute de pierres et de voie d'accès pour les travaux d'entretien futurs.

VII.5. Conclusion :

L'étude géologique et géotechnique a permis d'explorer en profondeur le contexte environnemental et géologique du projet. Grâce aux essais in situ et en laboratoire, nous avons pu caractériser avec précision les propriétés des sols et identifier les principaux risques géotechniques, tels que les zones inondables, les milieux humides ou encore l'agressivité du sol.

Ces données ont été essentielles pour orienter la conception d'ouvrages adaptés, assurant la stabilité, la sécurité et la durabilité de l'ensemble de l'infrastructure projetée.

Chapitre VIII :

Dimensionnement de corps de chaussée

CHAPITRE VIII: DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

Introduction

Le dimensionnement du corps de chaussée constitue une étape clé de la conception routière, visant à garantir la pérennité de l'ouvrage sous l'effet des sollicitations mécaniques et climatiques. Il repose sur le choix de matériaux aux performances mécaniques adaptées et sur le calcul des épaisseurs optimales des différentes couches (forme, fondation, base, roulement), en s'appuyant sur des critères de portance, de fatigue et de déformations admissibles.

Ce chapitre présente les principes de dimensionnement, les méthodologies d'analyse et les paramètres influents, conformément aux normes en vigueur et aux spécificités du projet.

VIII.1. Les différentes couches d'un corps de chaussée

Une chaussée est constituée de plusieurs couches mise en œuvre sur un sol terrassé appelé le sol support

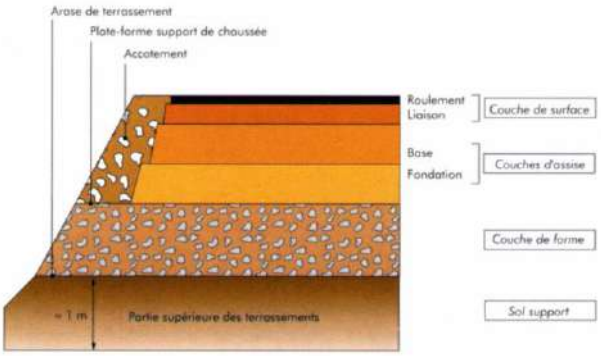


Figure VIII-1:Une coupe transversale de la chaussée

VIII.2. Les principales méthodes de dimensionnement

On distingue deux familles des méthodes :

- Les méthodes empiriques : Dérivées de l'étude expérimentale sur les performances de la chaussée.
- Les méthodes rationnelles : Basé sur l'étude théorique du comportement de la chaussée.

Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisée sont :

- La méthode CBR (California-Bearing-Ratio).
- Méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
- Méthode du catalogue des structures.
- La méthode LCPC .

VIII.3. Application sur le projet

VIII.3.1. Méthode CBR

La méthode semi-empirique utilisée pour déterminer l'épaisseur de la chaussée repose sur le calcul de l'épaisseur équivalente du sol support, nécessaire pour résister aux contraintes verticales générées par le trafic routier. L'épaisseur de la chaussée est généralement calculée en fonction de la résistance du sol et du type de trafic :

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

Avec :

- e : épaisseur équivalente ;
- 5<CBR<10 : portance du notre sol support;
- N : Trafic poids lourds par jour par la voie la plus chargé à l'horizon ;
- P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t) ;
- Log : logarithme décimal ;

VIII.3.1.1. Calcul de l'épaisseur équivalente :

Paramètre	Désignation	formule	Application numérique	Résultat
N	Trafic poids lourds par jour par la voie la plus chargé à l'horizon	TJMA $_{horizon}$ × %PL × 0.8	28121 × 0.15×0.8	3374v/j/VPC
e	épaisseur équivalente	$\frac{100 + \sqrt{P} * (75 + 50log\frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5}$	$\frac{100 + \sqrt{6.5} * (75 + 50log\frac{3374}{10})}{7 + 5}$	51.12 cm

Pour déterminer les différentes épaisseurs du corps de chaussée, on applique la formule suivante:

$$e_{équivalent} = \Sigma e_i\, a_i$$

Avec :

- a_i : coefficients d'équivalence de matériau par référence à un grave concassé.
- e_i : épaisseurs réelles des couches.

Tableau VIII-1:coefficient d'équivalence

Béton bitumineux ou enrobé dense	2,00
Grave ciment – grave laitier	1,50
Sable ciment	1,00 à 1,20
Grave concassée ou gravier (GC)	1,00
Grave roulée – grave sableuse et T.V.O	0,75
Sable	0,50
Grave bitume (GB)	1,50
Grave non traitée (GNT).	0,70

On fixe les épaisseurs de couche de roulement (BB) et couche de base (GB) et on détermine l`épaisseur de (GNT) **.**

Dans le calcul d'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe e1 et e2 et on tire e3. Les épaisseurs des couches de BB et GB sont généralement égales à 6 à 8 cm pour le BB et 10 à 20 cm pour le GB.

Tableau VIII-2:la structure de la chaussée conçue

Le corps de chaussé	Coefficient d'équivalence(a_i)	Epaisseur équivalente(e_i)
Couche de roulement (BB)	2	6cm
Couche de base (GB)	1.5	20cm
Couche de fondation (GNT)	0.7	15cm

VIII.3.1.2. Conclusion :

Notre structure comporte **: 6BB+20GB+15GNT**

VIII.3.2. Méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

Les calculs incluent les déformations admissibles suivent les recommandations du Catalogue Algérien (2001) et du SETRA (1998),en utilisant le logiciel Alizé III du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (France).

Le corps de chaussée intègre des couches d'enrobés à module élevé (EME) pour une meilleure performance mécanique.

VIII.3.2.1. DONNEES DE BASE

La conception de la structure de chaussée s'appuie sur le trafic enregistré en 2012, ainsi que sur les caractéristiques minimales requises pour l'arase et la couche de forme, telles que spécifiées dans le CCTP.

Ci-dessous, un résumé des exigences du CCTP pour l'arase et la couche de forme :

Caractéristiques de l'arase en remblais au CCTP :

- EV2 ≥50 MPa EV2 ÷EV1 > 2 250/100mm ≥d

Caractéristiques de l'arase en déblais au CCTP :

- EV2≥ 40 MPa EV2 ÷EV1 > 2 300/100mm≥ d

Caractéristiques de la couche de forme dans l'axe principal au CCTP :

- EV2 ≥ 80 MPa EV2 ÷EV1 > 2 150/100mm≥ d

VIII.3.2.2. DETERMINATION DU TYPE DE RESEAU

Conformément au Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du ministère des Travaux Publics de l'Algérie, le projet concerne un Réseau Principal de niveau 1 (RP1), défini comme suit :

- Trafic journalier supérieur à 1500 véhicules par jour,
- Voies classées comme Routes Nationales (RN) ou Autoroutes.

VIII.3.2.3. VALEURS CARACTERISTIQUES DE DIMENSIONNEMENT

Paramètre	Désignation	formule	Application numérique	Résultat
• **Classe de trafic :**				
MJA	Trafic poids lourd journalier moyen	$TJMA_{2028} \times PL\% \times 80\%$	12834× 15% × 80%	**1541V/J/sens**

<table>
<tr><td colspan="5">Commentaire : on déduit que la classe de trafic est :T0</td></tr>
<tr><td colspan="5">• Nombre d’essieux équivalents NE:</td></tr>
<tr><td>NE</td><td>Nombre d’essieux équivalents NE</td><td>$365 \times MJA \times \frac{(1+\tau)^p-1}{\tau} \times CAM$</td><td>$365 \times 1541 \times \frac{(1+4\%)^{20}-1}{4\%} \times 0.8$</td><td>$\mathbf{13.39 \times 10^6}$</td></tr>
<tr><td colspan="5">Commentaire : Nombre d’essieux équivalents NE 13.39× 10^6 essieux .</td></tr>
</table>

À savoir :

- τ : Taux d’accroissement annuel (4%) ;
- $TJMA_{2028}$: Trafic journalier moyen annuel de l’ année de mise en service ;
- P : Durée de vie de la chaussée (20 ans).
- CAM : Coefficient d’agressivité est égal à 0,8 pour les couches bitumineuses en cas (h<20cm).

VIII.3.2.4. CARACTERISTIQUES DES PLATE-FORMES

Selon l’article 13.0 du CCTP, la plateforme doit correspondre au minimum à une classe PF2.

L’arase de terrassement doit être constituée d’un matériau répondant aux caractéristiques suivantes :

- ✓ Un module d’essai à la plaque supérieur à 50 MPa en remblai et à 40 MPa en déblai, conformément aux exigences du CCTP.
- ✓ Une bonne régularité de la surface obtenue après terrassement.
- ✓ Une nature des sols conforme aux classifications en vigueur, avec vérification des critères suivants :
  - Absence de gonflement,
  - Insensibilité à l’eau.
  - Homogénéité correcte des terrains
  - Absence de gypses, sel ou matériau évolutif et absence de matières organiques.

Il faut souligner qu’on devra réaliser des essais nécessaires afin d’évaluer la nature du sol du fond d’excavation et appliquer les purges et substitutions de matériau nécessaires afin d’assurer une valeur minimum de 40 MPa au niveau de l’arase de terrassement en déblai et 50 MPa en remblai.

VIII.3.2.5. LES EXIGENCES DE PST ET CLASSE DE PORTANCE D'ARASE

Le contrôle du compactage est effectué soit par la mesure des modules de déformation, soit par la mesure de la densité sèche.

Emplacement	Essai de plaque		Déflexion d (1/100 mm)	Densité sèche γ d (*)
	EV2	EV2/EV1		
En déblai	≥ 40 MPa	< 2,2	≤ 300	γdfc ≥ 95 % γd OPN γdmoy ≥ 97 % γd OPN
En remblai	≥ 50 MPa	< 2	≤ 250	

(*) γdfc : densité sèche en fond de couche (8 cm inférieurs)
γdmoy : densité sèche moyenne sur l'ensemble de la couche

Figure VIII-2: Critères de portance de la plateforme selon l'essai à la plaque (EV2, EV2/EV1, déflexion et densité sèche)

Dans le cas d'une plateforme classée AR2, il est nécessaire de mettre en place une couche de forme afin de garantir la réalisation des couches de chaussée dans des conditions d'exécution acceptables.
L'utilisation de matériaux sélectionnés pour cette couche de forme permet un surclassement du sol terrassé, améliorant ainsi la portance globale de la plateforme.

Tableau VIII-3: Exigences minimales pour l'utilisation des enrobés selon la classe de portance de l'arase

Classe de portance de l'arase	Matériaux de couche de forme	Épaisseur théorique Préconisée (cm)	Classe de portance de plate-forme visée
AR2	Matériau sélectionné non traité	50 cm de deux couches	Au moins PF2

VIII.3.2.6. Détermination de «risque de calcul »

Vue que notre structure usuelle MB (matériaux bitumineux) et classe de trafic T0:alors le risque de calcul estimé est :**2%** selon le catalogue de dimensionnement .

VIII.3.2.7. Caractéristiques des matériaux de construction routière

- Les matériaux pris en compte pour le dimensionnement structural sont le béton bitumineux à module élevé (BBME), le grave bitume à module élevé (EME2) et les matériaux de la couche de forme.
- Le BBME est recommandé pour les zones sensibles à l'orniérage, comme indiqué dans la fiche nº3 du Catalogue SETRA (1998).

- Le tableau ci-dessous présente les propriétés de ces matériaux utilisées pour les calculs. Les matériaux mis en œuvre doivent avoir des caractéristiques égales ou supérieures, sinon les calculs devront être révisés pour ajuster les épaisseurs.

Tableau VIII-4: Caractéristiques des matériaux routiers

Élément de la chaussée	Matériau	Propriétés mécaniques	
		Module a 20ºC (MPa, min.)	Coefficient Poisson
Roulement	BBMa (0 -10)	4000	0,35
Liaison	BBME (0-14)	6000	0,35
Base	EME2 (0-20)	11000	0,35
Fondation	EME2 (0-20)	11000	0,35
Couche de forme (2 couches)	(*) GNT (0-31,5)	80	0,25

(*)Il est à noter que dans le CCTP, la couche de forme préconisée a un module minimal de 80 MPa pour GNT.

VIII.3.2.8. Méthodologie de dimensionnement structurel

Le dimensionnement structural de chaussées du projet a été réalisé en trois étapes :

- Calcul de la déformation horizontale admissible « ε_{tad} » à la base de l'enrobé à module élevé (EME) et calcul de la déformation verticale admissible « $\boldsymbol{\varepsilon_{z,ad}}$ » sur le sol-support.
- Calcul des déformations admissibles ALIZÉ III .
- Validation de structures de chaussées .

VIII.3.2.9. Calcul de la déformation horizontale admissible à la base de l'enrobé à module élevé (EME) et la déformation verticale admissible « εz,ad » sur le sol-support. :

Paramètre	Désignation	formule	Application numérique	Résultat
• calcul de la déformation verticale admissible « $\varepsilon_{z,ad}$ » sur le sol-support.				
$\varepsilon_{z,ad}$	la déformation verticale admissible	$A \times (NE)^{-0.222}$	$0.016\times (13.39 \times 10^6)^{-0,222}$	$\boldsymbol{418.77\mu def}$

• Calcul de la déformation horizontale admissible à la base de l'enrobé à module élevé (EME)				
ε_6(10ºC, 25 Hz)	déformation limite détenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz (essai de fatigue).			**130**
k_{ne}	facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée	$(\frac{NE}{10^6})^b$	$(\frac{13.39\times10^6}{10^6})^{-0,2}$	**0.595**
k_θ	facteur lié à la température	$\sqrt{\frac{E(10ºC)}{E(\Theta eq)}}$	$\sqrt{\frac{17\,000}{11\,000}}$	**1.243**
k_r	facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées	$10^{-ub\delta}$ Tel que : $\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b}Sh\right)^2}$ $= \sqrt{0.25^2 + \left(\frac{0.02}{-0.2}2.5\right)^2}$ =0.35	$10^{-2.054\times(0.2)\times0.35}$	**0.718**
k_c	Facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées			**1**
ks	Défaut de portance de PFi Notre cas c'est :PF2			**0.909**
εt,ad	la déformation horizontale admissible	ε_6 (10ºC,25Hz) × k_{ne} × k_θ × k_r × k_c× k_S	$130\times 10^{-6} \times 0.595 \times 1.243 \times 0.718 \times 1 \times 0.909$	**62.75 μdef**

A savoir :

Coefficient	Phénomène	Valeurs
k_c	cologe	voir page 9
k_d	discontinuités (bord et fissures) et gradient thermique (dalles de béton)	1/1,70 pour BC 1/1,47 pour BAC et BCg 0,80 pour GCV 1 sinon
k_r	risque et dispersions	$10^{-ub\delta}$ avec u : variable aléatoire (page 10) $\delta = \sqrt{[SN^2 + (cSh/b)^2]}$
k_s	défaut de portance de PF	1 pour PF3 1/1,1 pour PF2 1/1,2 pour PF1
A	déformation permanente	Fort trafic (TI ≥ T3) Sol 12 000 Struc. inverse 14 400 Faible trafic (TI < T3) Sol et GRH 16 000

Matériaux bitumineux

	ε_6 (10°C ; 25 Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh	k_c
BBSG	100	5	0,25	(1)	1,1
GB 1	70	5	0,4	(1)	1,3
GB 2	80	5	0,3	(1)	1,3
GB 3	90	5	0,3	(1)	1,3
EME 1	100	5	0,3	(1)	1,0
EME 2	130	5	0,25	(1)	1,0

1 Sh dépend de l'épaisseur mise en œuvre : Sh = 0,01 m si h ≤ 0,10 m
Sh = 0,025 m si h ≥ 0,15 m ; Sh = 0,01 + 0,3* (h-0,10) si 0,10 ≤ h ≤ 0,15 m.

VALEURS DE U ASSOCIÉES AU RISQUE r
(loi normale)

r (%)	u	r (%)	u	r (%)	u
1	-2,326	5,6	-1,590	23	-0,739
1,5	-2,170	7,5	-1,439	24	-0,706
2	-2,054	10	-1,282	25	-0,674
2,5	-1,960	11,5	-1,200	30	-0,524
2,8	-1,911	12	-1,175	35	-0,385
3	-1,881	15	-1,036	40	-0,253
5	-1,645	20	-0,842	50	0

Tel que :

- b :Pente de la droite de fatigue ; on a -1 /b=5 ;alors b=-0.2
- SN : Coefficient structurel normalisé égale à 0.25 dans notre cas.
- Sh : écart-type sur l'épaisseur d'une couche de matériaux mise en œuvre :C'est une mesure statistique de la dispersion des épaisseurs réelles autour de l'épaisseur théorique prévue lors de la mise en œuvre d'une couche de chaussée. Dans notre cas =0.025m car h=0.23 m
- C=0.02cm^{-1}
- u :-2.054

VIII.3.2.10. Calcul des déformations admissibles ALIZÉ III

les valeurs de déformation utilisées avec le logiciel Alizé sont plus strictes que celles du Catalogue Algérien. Cela permet de concevoir une chaussée plus sûre et plus résistante.

- Corps de chaussée en remblai (Module minimum 50 MPa) :

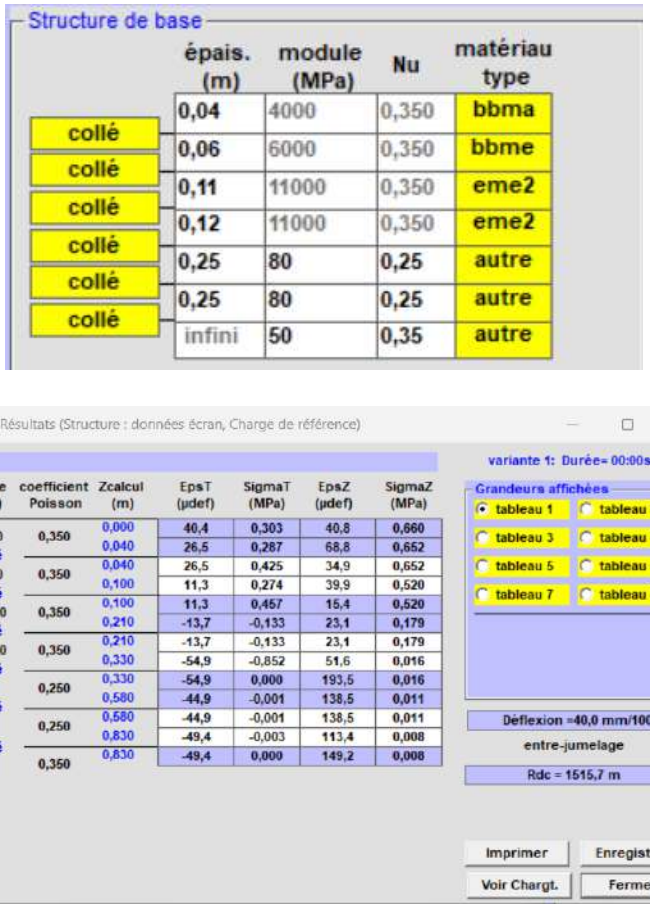
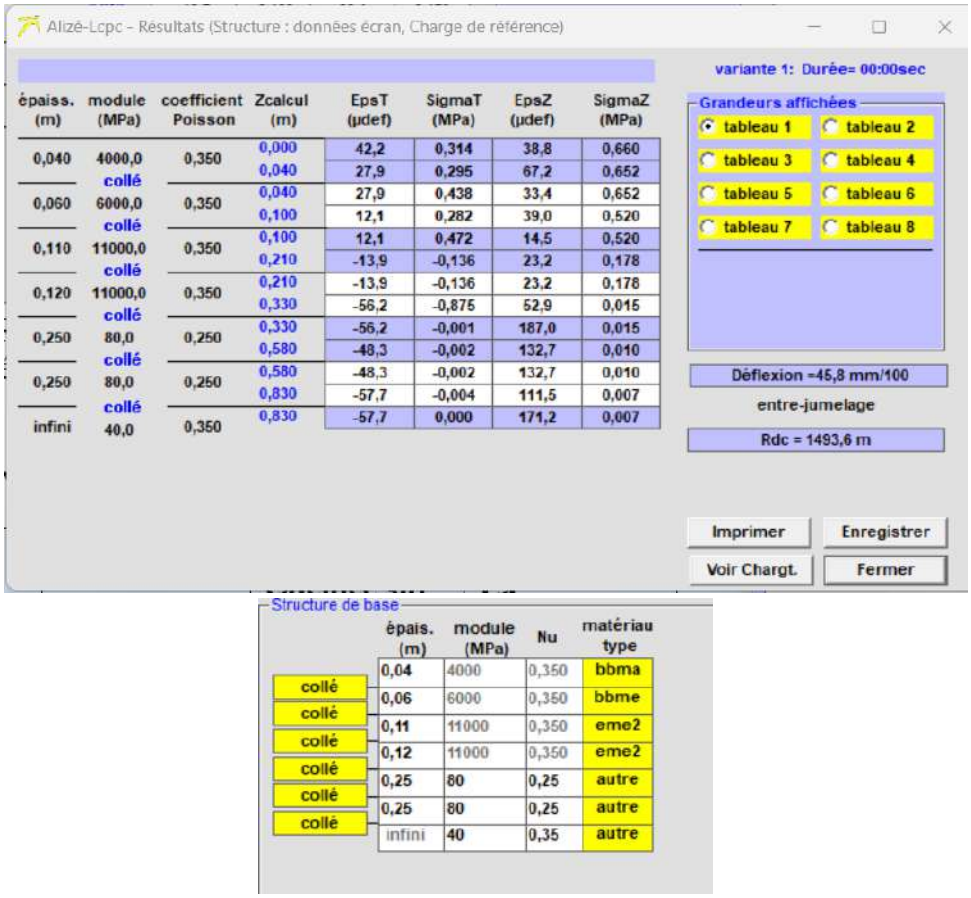


Figure VIII-3 : Résultats de Calcul des déformations admissibles de Corps de chaussée en remblai (Module minimum 50 MPa) par ALIZE

Tableau VIII-5:Validation des valeurs admissibles pour le cas de remblai

Déformation calculée à la base de la EME2 (alizé)	**$\varepsilon_{t,ad}$ La déformation admissible horizontale**	**Validation**	**Déformation calculée sur le sol-support (alizé)**	**$\varepsilon_{Z,ad}$ La déformation admissible vertical**	**Validation**
54.9 µdéf	62.75 µdéf	Oui	149.2µdéf	418.77 µdéf	Oui

- Corps de chaussée en déblai (Module minimum 40 MPa) :



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,040	4000,0	0,350	0,000	42,2	0,314	38,8	0,660
	collé		0,040	27,9	0,295	67,2	0,652
0,060	6000,0	0,350	0,040	27,9	0,438	33,4	0,652
	collé		0,100	12,1	0,282	39,0	0,520
0,110	11000,0	0,350	0,100	12,1	0,472	14,5	0,520
	collé		0,210	-13,9	-0,136	23,2	0,178
0,120	11000,0	0,350	0,210	-13,9	-0,136	23,2	0,178
	collé		0,330	-56,2	-0,875	52,9	0,015
0,250	80,0	0,250	0,330	-56,2	-0,001	187,0	0,015
	collé		0,580	-48,3	-0,002	132,7	0,010
0,250	80,0	0,250	0,580	-48,3	-0,002	132,7	0,010
	collé		0,830	-57,7	-0,004	111,5	0,007
infini	40,0	0,350	0,830	-57,7	0,000	171,2	0,007

	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
collé	0,04	4000	0,350	bbma
collé	0,06	6000	0,350	bbme
collé	0,11	11000	0,350	eme2
collé	0,12	11000	0,350	eme2
collé	0,25	80	0,25	autre
collé	0,25	80	0,25	autre
	infini	40	0,35	autre

Figure VIII-4:Résultats de Calcul des déformations admissibles de Corps de chaussée en déblai (Module minimum 40 MPa) par ALIZE

Tableau VIII-6:Validation des valeurs admissibles pour le cas de déblai

Déformation calculée à la base de la EME2 (alizé)	**$\varepsilon_{t,ad}$ La déformation admissible horizontale**	**Validation**	**Déformation calculée sur le sol-support (alizé)**	**$\varepsilon_{Z,ad}$ La déformation admissible vertical**	**Validation**
56.2µdéf	62.75 µdéf	Oui	171.2 µdéf	418.77 µdéf	Oui

Conclusion : Ces validations ont consisté à comparer les déformations calculées, pour divers arrangements de matériaux de construction routière et de sols-support à l'aide du logiciel Alizé, aux déformations admissibles.

Tableau VIII-7:Récapitulatif des valeurs admissibles pour les cas de remblai et déblai

$\varepsilon_{Z,admissible}$ = 418.77 µdéf >	$\varepsilon_{Z,calculée}$ = 171.2 µdéf (cas de déblai)
	$\varepsilon_{Z,calculée}$ = 149.2µdéf (cas de remblai)
$\varepsilon_{t,admissible}$ = 62.75 déf >	$\varepsilon_{t,calculée}$ = 56.2 µdéf (cas de déblai)
	$\varepsilon_{t,calculée}$ =54.9 µdéf (cas de remblai)

Donc le corps de chaussée proposé est justifié tenant compte une durée de service de chaussée de 20 ans:

- $\varepsilon_t < \varepsilon_{t,adm}$
- $\varepsilon_z < \varepsilon_{z,adm}$

VIII.3.2.11. Validation de structures de chaussées :

La structure de corps de chaussée soumise à vérification est :

Couche de surface	4 BBMa (0 -10) cm + 6 BBME (0-14) cm ;
Couche de base	11 cm EME2 (0-20) ;
Couche de fondation	12 cm EME2 (0-20) ;
Couche de forme	25 cm GNT (0-31,5) + 25 cm GNT (0-31,5)

VIII.3.3. CONDITIONS PARTICULIERS DES CHAUSSES DANS LES TUNNELS

Les conditions en tunnel diffèrent de celles à l'air libre : la chaussée y est moins exposée aux intempéries, ce qui ralentit son vieillissement, mais l'absence de pluie empêche le nettoyage naturel, d'où l'importance de soigner les caractéristiques de surface du revêtement .

La structure doit limiter les besoins d'entretien, en raison des contraintes d'intervention en tunnel, et éviter tout rehaussement de chaussée à cause de la hauteur disponible réduite.

Le sol support est constitué d'une couche drainante de 40 cm, d'une dalle béton de 85 cm et de 1,30 à 1,50 m de GNT.

Pour rappel, le choix de la structure de chaussée est fonction de :

- Trafic lourd estimé.

VIII.3.3.1. Performances de la plate-forme support

L'arase est constituée d'une couche de grave non traitée (GNT) de plus de 1 m d'épaisseur, posée sur une dalle en béton. Cette couche de GNT joue le rôle de couche de forme .Grâce à son module supérieur à 200 MPa, elle présente une portance équivalente à une plateforme de classe **PF4.**

Tableau VIII-8:déformabilité pouvant être exigée au moment de mise en œuvre de chaussée

Couche de forme non traitée

Classe de plate-forme visée	Module de déformabilité en MPa (plaque ou dynaplaque)	Déflexion maximale en mm mesurée au déflectographe Lacroix ou à la poutre Benkelman sous essieu de 130 kN
PF2	50	2,0
PF3	120	0,9
PF4	200	0,5

VIII.3.3.2. Caractéristiques des matériaux de construction routière

Les matériaux de construction routière considérés dans le cadre du dimensionnement structural sont le béton bitumineux à module élevé de BBME et béton bitumineux mince BBMa.

La structure de chaussée soumisse à vérification est la suivante:

- Couche de surface = 4 BBMa (0 -10) cm + 6 BBME (0-14) cm ;
- Couche de base = 14 cm EME2 (0-20) ;

VIII.3.3.3. DEFORMATIONS ADMISSIBLES

On a calculé les déformations admissibles selon la méthodologie du Catalogue des Structures Types de Chaussée Neuves (SETRA-LCPC, 1998) avec le logiciel Alizé. Les caractéristiques mécaniques du matériau considéré pour le calcul sont :

Tableau VIII-9:caractéristique des matériaux de la chaussée

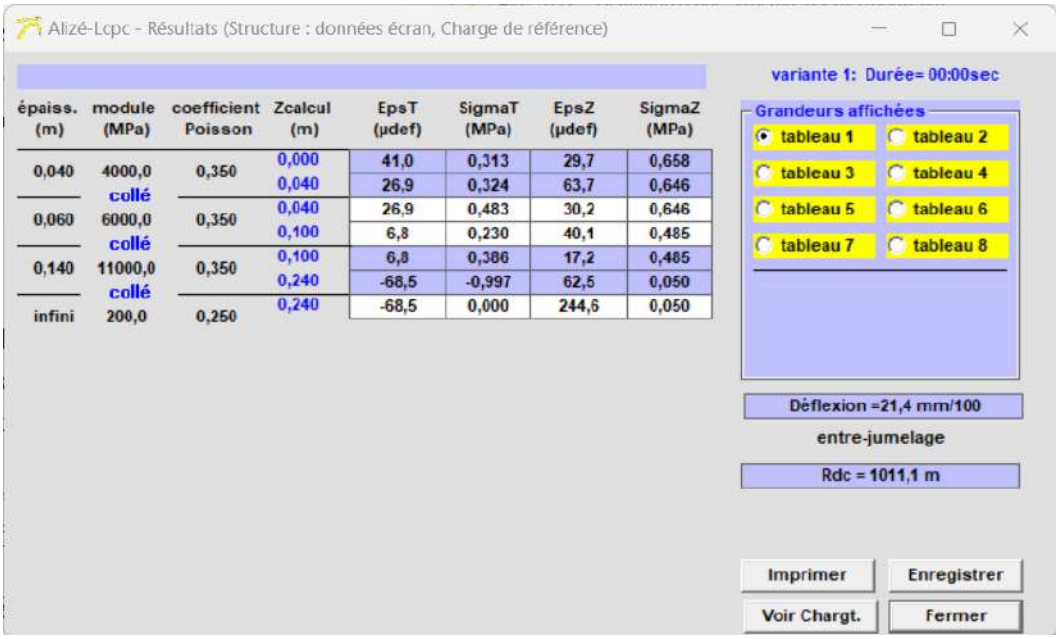
Matériau	E (20°C, 10Hz) (MPa)	E (10°C, 10Hz) (MPa)	ε_6 (10°C, 25 Hz) (MPa)	-1/b	SN	Sh (cm)	U	Kc calage
EME2	11000	17000	130	5	0,25	13	0,35	1
BBME	6000	12000	100	5	0,30	10	0,35	1,1

Le tableau suivant présente les paramètres de calcul ainsi que les déformations admissibles pour le tronçon principal du projet, en considérant un coefficient d'agressivité (CAM) 0,8 pour une durée de vie de 20 ans :

CAM	**Durée de vie de dimensionnement (années)**	**NE**	**Risque de calcul(%)**	**T_{eq}°**	**Collage des couches**	**Déformation admissible verticale sur sol-support**	**Déformation horizontale à la base de la EME2**
0.8	20	9.3×10^6	2%	20	Oui	$418.77\mu def$	$85.526\mu def$

VIII.3.3.4. Vérification des valeurs admissibles par ALIZE

On a calculé à l'aide du logiciel Alizé III les déformations et contraintes de la structure sous les actions standards. Les déformations obtenues ont été comparés avec ces admissibles.



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,040	4000,0	0,350	0,000	41,0	0,313	29,7	0,658
	collé		0,040	26,9	0,324	63,7	0,646
0,060	6000,0	0,350	0,040	26,9	0,483	30,2	0,646
	collé		0,100	6,8	0,230	40,1	0,485
0,140	11000,0	0,350	0,100	6,8	0,386	17,2	0,485
	collé		0,240	-68,5	-0,997	62,5	0,050
infini	200,0	0,250	0,240	-68,5	0,000	244,6	0,050

Figure VIII-5: Résultats de Calcul des déformations admissibles de corps de chaussée dans le tunnel :

Tableau VIII-10:Validation des résultats de calcul des valeurs admissibles de la chaussée dans le tunnel

Déformation calculée sur l'assise(ALIZE)	Déformation admissible : $\varepsilon_{Z,ad}$	Validation
244.6 µdéf	418.77µdéf	Oui
Déformation calculée à la base de EME2(ALIZE)	Déformation admissible : $\varepsilon_{t,ad}$	Validation
68.5 µdéf	85.526 µdéf	Oui

VIII.3.3.5. Validation de structure de chaussé dans le tunnel

En définitive, les suivants couches d'enrobé bitumineux sur la couche de GNT,

- Couche de roulement BBMa : 4 cm
- Couche de liaison en BBME : 6 cm
- Couche de base en EME2 : 14 cm

VIII.4. Conclusion

Le dimensionnement en EME2 est plus performant techniquement et plus durable, surtout pour les zones à fort trafic (autoroutes, tunnels, voies urbaines structurantes). Il est recommandé lorsque le coût initial est acceptable et que l'on souhaite limiter l'entretien.

La structure GB sur GNT reste adaptée aux routes secondaires, aux projets à budget restreint ou aux plateformes à faible trafic.

Pour notre projet « une pénétrante autoroutière », l'option EME2 est clairement préférable en raison de la difficulté d'intervention future et des exigences en matière de durabilité.

Chapitre IX:

Conception géométrique de tunnel

CHAPITRE IX: CONCEPTION GEOMETRIQUE DE TUNNEL

Introduction

Le tunnel routier est une infrastructure souterraine destinée à assurer la circulation des véhicules à l'abri des intempéries et des obstacles naturels. Sa conception géométrique repose sur plusieurs éléments clés, notamment la définition de la section transversale (largeur, hauteur, inclinaison des parois), les pentes longitudinales et transversales, les rayons de courbure, ainsi que les dégagements nécessaires pour garantir à la fois la sécurité et la fluidité du trafic.

Ce chapitre a pour objectif de détailler la conception de cette section transversale, en tenant compte des spécificités du tracé général de la route traversée par le tunnel, incluant le nombre de voies de circulation et la pente maximale. Le profil transversal du tunnel est défini de manière à intégrer les largeurs de voie, les aménagements hors chaussée, le gabarit en hauteur, ainsi que les espaces requis pour les dispositifs de sécurité tels que les aires de stationnement, les zones d'arrêt d'urgence et les niches de sécurité.

La conception est réalisée conformément aux recommandations du CETU (Centre d'Études des Tunnels) et de l'ICTAAL, et s'appuie sur le logiciel AutoCAD afin de garantir un tracé précis et conforme aux normes en vigueur.

IX.1. Essai géophysique dans la section tunnel

Tableau IX-1:résultats des essais sismiques face à l'entrée de tunnel

Matériau	Épaisseur (m)	Vitesse (m/s)
Dépôts terreux (recouvrement au ST-08)	2.60-4.00	490
Gneiss très fissurés et fracturés	1.60-5.50	≈ 115
Gneiss fracturés	≈ 8	1540
Gneiss fissurés	8.88-12.65	1770

Tableau IX-2:résultats des essais sismiques à la droite de l'entrée nord du tunnel

Matériau	Épaisseur (m)	Vitesse (m/s)
Dépôts terreux (terrain de recouvrement)	1.80-5.70	580
Gneiss très fissurés et fracturés	/	1280
Gneiss fracturés (Zone biseautée)	≈ 8	1450
Gneiss relativement moins fissurés	8.88-12.65	1800

Tableau IX-3:Résultats des essais sismiques en haut de l'entrée nord du tunnel

Matériau	Épaisseur (m)	Vitesse (m/s)
Recouvrement (discontinu et aéré)	2.30	390
Gneiss très fissurés et fracturés	1.00-3.90	1040
Gneiss fracturés	3.50-8.50	1430
Gneiss très fissurés	/	1800

IX.1.1. Sondages de reconnaissance

Tableau IX-4:valeurs du RQD dans le massif

Section	Sondages	RQD (%)	Type de rocher
Section I	SC-106, 107, 108, 109	12	Très médiocre
Section II	ST-4, 5, 6, 7, 8	20	Très médiocre
Section II	SC-110, 111, 112, et ST-T5.	20	Très médiocre

La faiblesse des valeurs du RQD s'explique clairement par la présence de nombreux joints dans le massif rocheux, ce qui empêche l'obtention de carottes intactes. Cette fragmentation a d'ailleurs été constatée à plusieurs reprises lors des essais de carottage, lesquels ont souvent échoué en raison de la dislocation des échantillons.

En se référant aux recommandations relatives au choix du soutènement en fonction des valeurs de RQD, présentées dans le tableau précédent, il apparaît que notre ouvrage nécessitera la mise en place de boulons d'ancrage et/ou de cintres métalliques comme système de soutènement.

IX.2. Le tracé en plan de tunnel T1

Le tracé en plan du tunnel dépend du tracé de la pénétration reliant Tizi-Ouzou à l'autoroute est-ouest, et de la géologie et de l'hydrogéologie des terrains traversés avec la possibilité d'être modifié à la raison de présence de la contrainte géologique et hydrologique.

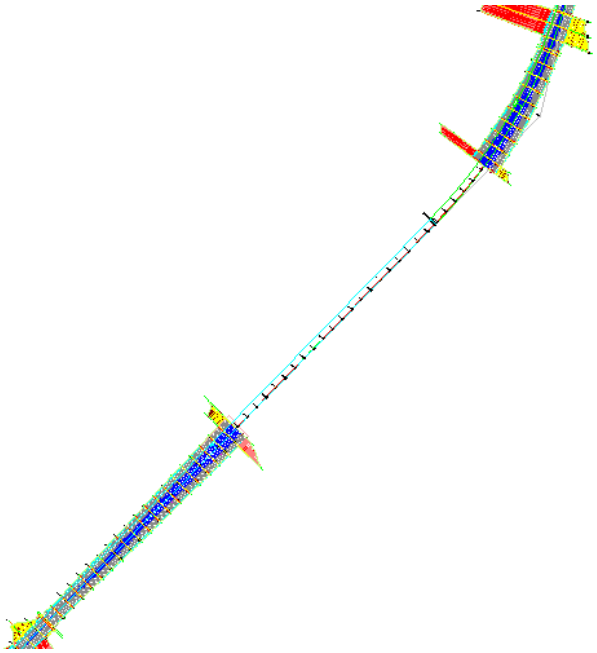


Figure IX-1:Le tracé en plan de tunnel d'Ait Yahia Moussa

IX.3. Profil en long de tunnel

le tracé du tunnel T1 traverse une zone à relief montagneux, caractérisée par une couverture variable atteignant jusqu'à environ 125 mètres d'épaisseur entre le sol naturel et l'axe du tunnel. Cette couverture fluctue en fonction de la topographie du terrain, avec des points culminants localisés notamment au niveau des stations ST-07 et ST-09.

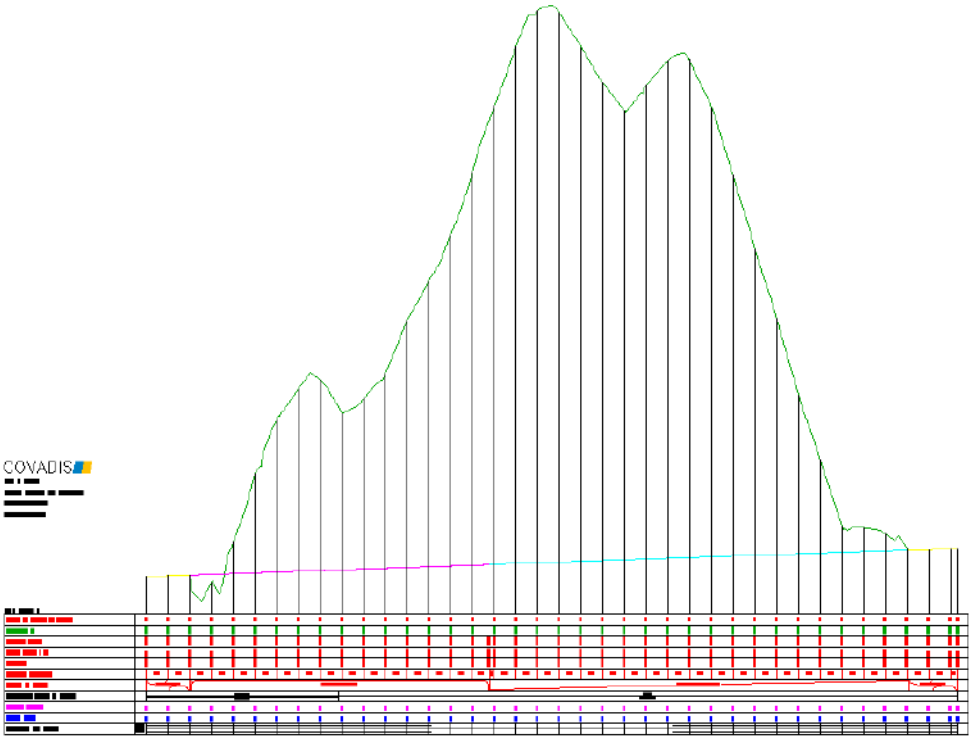


Figure IX-2:Profil en long de tube droit de tunnel d'Ait Yahia Moussa

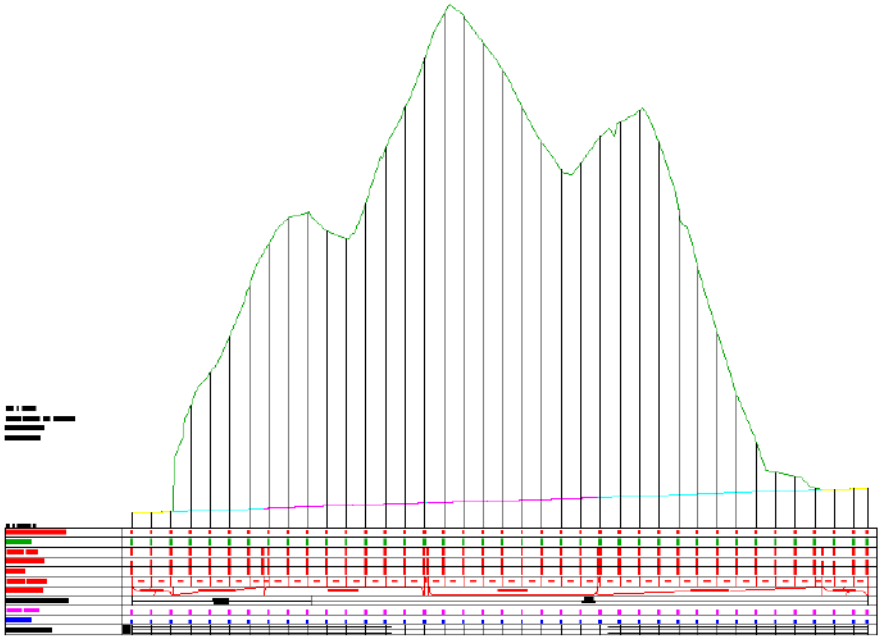


Figure IX-3:Profil en long de tube gauche de tunnel

IX.3.1. Distance de visibilité dans la section tunnel

La distance de visibilité à assurer en fonction de la vitesse pratiquée sera au moins égale à la distance d'arrêt (distance de freinage + distance perception - réaction), telle que définie dans le tableau ci-après.

Tableau IX-5:distance de visibilité dans un tunnel

Vitesse pratiquée (km/h)	140	120	110	100	80	60	40
Distance d'arrêt en alignement droit ou en courbe R (m) > 5V (km/h)	320	230	190	160	105	70	40
Distance d'arrêt en courbe R (m) ≤ 5V (km/h)	390	280	225	180	120	80	45
Distance d'arrêt sur sol sec (en alignement droit) (pour mémoire)			125	110	75	55	35

IX.4. conception de la section transversale

L'opération de conception de la section transversale d'un tunnel autoroutier prend en compte trois types de contraintes qui sont liés respectivement :

- au parti fonctionnel retenu,
- à l'environnement de l'ouvrage,
- au terrain encaissant.

Ces facteurs interviennent en priorité dans la définition du profil en travers de l'ouvrage et dans le choix des procédés de construction.

IX.5. Choix de la section

Dans notre projet, le tunnel est réalisé en souterrain profond (excavation en mine) avec une couverture d'environ 110 mètres. Dans ce contexte, une section rectangulaire n'est pas adaptée. De plus, avec une longueur de tunnel relativement courte (environ 625 m), l'utilisation d'un tunnelier ne serait pas rentable, ce qui rend également la section circulaire inappropriée. Ainsi, la section voûtée constitue le choix le plus pertinent et le plus réaliste pour ce projet.

IX.6. Les éléments de la section transversale

La section transversale (profil en travers) est basée sur plusieurs paramètres. On distingue trois familles de paramètres :



-Plateforme. *- Gabarit* *- Encombrements*

Figure IX-4:Les éléments de la section transversale

IX.6.1. Plateforme

Le profil en travers d'une plate-forme en tunnel comprend, comme indiqué sur la figure :

- un isolateur à droite et/ou à gauche constitué d'un trottoir ou d'un bute-roues (ISD,ISG),
- Une bande dérasée de droite et/ou de gauche pouvant servir (totalement ,partiellement ou non) à l'arrêt d'urgence de certaines catégories de véhicules (BDD, BDG). Elle est appelée bande d'arrêt d'urgence de droite (BAUD, BAUG) lorsque sa largeur est supérieure ou égale à 2 m,
- Plusieurs voies de circulation (Vi).

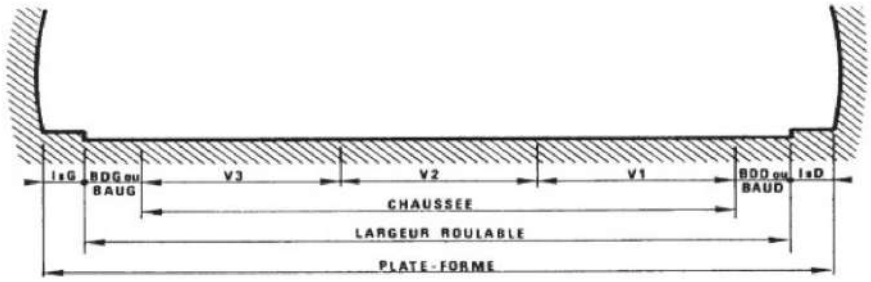


Figure IX-5: Éléments du profil en travers

Ces composants sont déterminés à partir des éléments suivants :

- Données du trafic,
- Nombre de voies,
- la vitesse de base,
- Tracé en plan,
- Profil en long,
- Largeur roulable,
- Isolateurs.

IX.6.2. Gabarit en hauteur

Le gabarit d'un ouvrage est principalement défini par la largeur de sa plateforme ainsi que par sa hauteur, afin de permettre le passage des véhicules et des poids lourds, ainsi que d'éventuelles opérations d'entretien ou d'installation d'équipements. La hauteur libre de

l'ouvrage (H), qui représente la distance minimale entre la partie roulable de la plateforme et la sous-face de l'ouvrage, est déterminée par la formule suivante :

$H = H_m + R_c + R_p + R_s$

Tel que :

- Hm : La hauteur libre minimale
- Rc : Les revanches de construction
- Rp : Les revanches de protection
- Rs : Les revanches de signalisation

IX.6.3. Les encombrements

C'est l'espace occupe pars les équipements. Ils comportent :

- Encombrement supérieur des équipements (éclairage signalisation, Besoins en ventilation…etc.)
- Encombrements latéraux (Signalisation éclairage).

IX.7. LES PENTES

IX.7.1. Pente longitudinale

Les tunnels récemment construits interdisent les pentes longitudinales dépassant 5 %, sauf si aucune autre solution géographique n'est viable. Pour les tunnels avec des pentes dépassant 3 %, des mesures supplémentaires ou renforcées sont mises en place pour améliorer la sécurité, après une analyse des risques.

IX.7.2. Pente transversale

De façon générale, une pente transversale de 2,5 % est préconisée pour toutes les voies rapides.

IX.8. Autres dispositifs situés hors de la section transversale

IX.8.1.1. Passages de sécurité pour piétons

Les issues de secours doivent mesurer au minimum 1,40 m de large et 2,20 m de haut, et être reliées au tunnel par un sas de sécurité d'une surface minimale de 5 m².

Les portes doivent offrir un passage libre d'au moins 0,90 m de largeur et 2 m de hauteur, et s'ouvrir vers l'extérieur, c'est-à-dire dans le sens de l'évacuation.

Le sas et les portes doivent être conçus pour permettre le passage d'un brancard de 0,70 m de large et 2,30 m de long. Les deux portes du sas peuvent s'ouvrir simultanément pour faciliter cette évacuation.

IX.8.1.2. Passages de sécurité pour véhicules

Dans les tunnels de plus de 1000 m de longueur, il convient de permettre tous les 800 m environ le passage des véhicules de secours d'un tube à l'autre s'il y a deux tubes et que cette disposition est possible, ou leur retournement dans les autres cas.

Les galeries accessibles aux véhicules de secours devront avoir :

- Minimum une largeur de 5 m entre piédroits.
- Minimum une largeur roulable de 3,50 m.
- Hauteur de 3,50 m sur cette largeur.
- Pente ne dépassera pas 15 %.

Elles seront équipées de portes dégageant au minimum :

- Une largeur de 3,50 m
- Une hauteur de 3,50 m.

IX.9. Équipements d'exploitation et de sécurité

La ventilation et les niches de sécurité sont indispensables dans un tunnel routier. La ventilation assure une qualité de l'air adéquate et évacue les fumées en cas d'incendie, tandis que les niches de sécurité offrent des refuges sécurisés pour les usagers en situation d'urgence. Ces équipements sont essentiels pour garantir la sécurité et le bon fonctionnement du tunnel.

IX.9.1. Ventilation

Ventilation des tunnels :

La ventilation dans les tunnels routiers remplit deux fonctions essentielles :

- En exploitation normale : elle assure une bonne qualité de l'air en diluant les polluants.
- En cas d'incendie : elle contrôle la propagation des fumées pour garantir des conditions sûres aux usagers et aux secours.

Exigences techniques :

- Un système de ventilation mécanique est obligatoire dans les tunnels de plus de 1 000 m avec un trafic supérieur à 2 000 véhicules/voie.
- En tunnels bidirectionnels ou congestionnés, la ventilation longitudinale n'est autorisée que :
- Si une analyse de risques le permet ;

Et/ou si des mesures compensatoires sont mises en place :

- gestion du trafic,
- issues de secours rapprochées,
- trappes d'évacuation de fumée régulières.

Conditions en cas d'incendie :

- Les accélérateurs (jet fans) doivent :
- Résister à 200 °C pendant 2 heures ;
- Être répartis en plusieurs batteries pour éviter une défaillance globale.

IX.9.2. Les différents types de niches de sécurité

Il existe deux modèles de niches de sécurité :

- Les niches de sécurité similaires à des coffres accrochés aux piédroits des tunnels : il s'agit d'un modèle de niche de sécurité que vous retrouverez essentiellement dans les anciens tunnels ;
- Les niches de sécurité encastrées aux piédroits ou à des locaux de plus grande dimension : cela offre un niveau de protection plus élevé. En cas de panne, tous les occupants d'un véhicule peuvent s'y réfugier, ce qui évite leur exposition sur la chaussée.

Les niches de sécurité permettent aux usagers de prévenir rapidement les secours d'un problème survenu dans les tunnels et d'éviter les suraccidents ou collision. Toute utilisation abusive vous expose à des sanctions. Vous devez donc vous en servir uniquement en cas d'urgence.

IX.10. Application sur notre projet

IX.10.1. La plateforme

Tableau IX-6:conception de la plateforme de tunnel.

Désignation	Paramètre	Formule /intervalle	valeur
Bande dérasée à droite ou bande d'arrêt d'urgence à droite	BAUD	De 0.3 à 1m	0.5m
Bande dérasée à gauche ou bande d'arrêt d'urgence à gauche	BAUG	De 0.3 à 1m	0.5m
Largeur roulable	Lr	BAUG+BAUD+Vi	11.5m
Largeur de trottoire	$L_{trottoire}$	L_{min}=0.6m $L_{reommandé}$=0.75m	1.25m
Justification :	Le tunnel est situé dans une zone extra-urbaine donc pas de passage des piétons, et		

	pour des raisons d'entretien on opte pour deux trottoirs franchissables de 1.25 m.

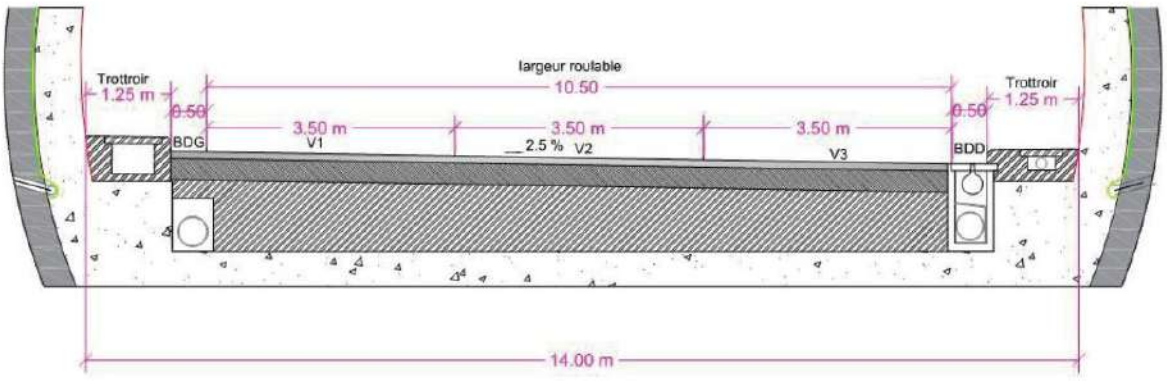


Tableau IX-7: Plateforme de notre projet (alignement droit)

IX.10.2. Le gabarit

Tableau IX-8:Conception de gabarit de tunnel

Gabarit en hauteur :			
Hauteur libre minimale	H_m	-	**4.75m**
Revanche de construction	R_C	Entre 0.05 et 0.1m	**0.1m**
Revanche de signalisation	Rs	• 0,20 m ≤ R_s ≤ 0,30 m (sans équipement) • 0,30 m ≤ R_s ≤ 0,40 m (avec équipement).	**0.3m**
Revanche de protection	R_P	$R_p \geq 0{,}10$ m	**0.1m**
Hauteur libre de l'ouvrage	H	$H_m+R_c+R_p+$ Rs	**5.25m**

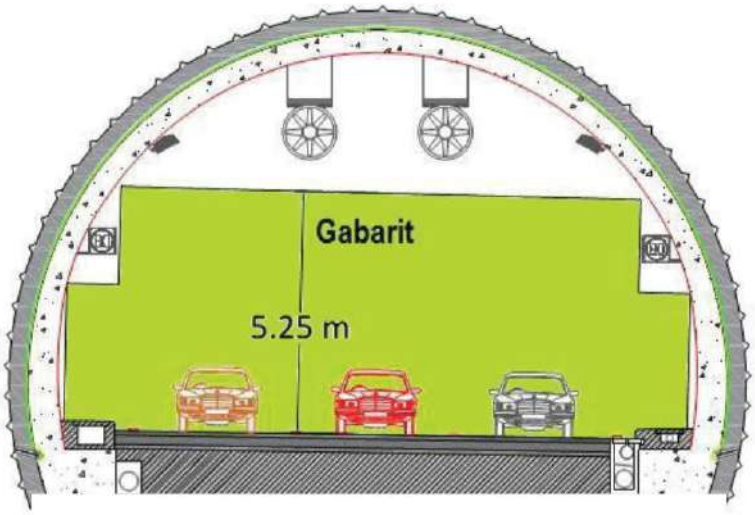


Figure IX-6:Gabarit de notre tunnel

IX.10.3. Les encombrements

L'espace occupé par les équipements :

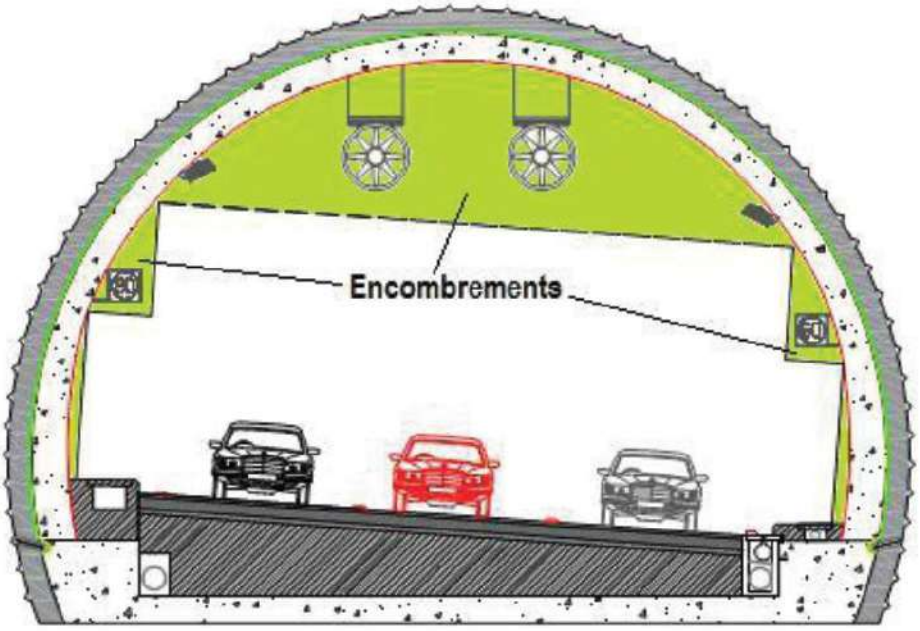


Figure IX-7:les encombrements de tunnel

IX.10.4. La section transversale de notre tunnel

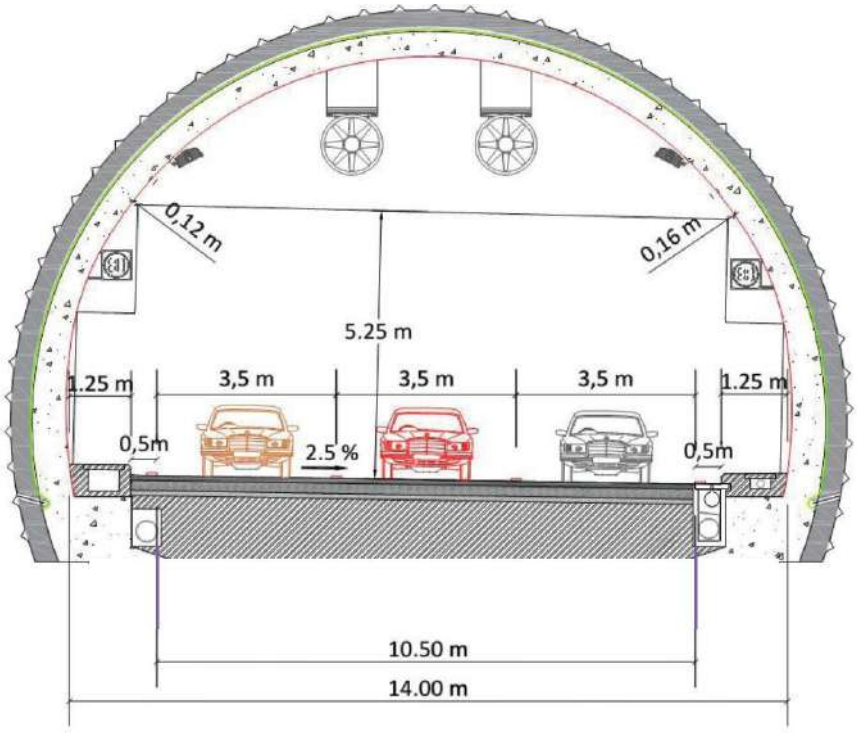


Figure IX-8:Section transversale type (radier contre- vouté).

IX.10.4.1.Les rayons de la section intérieure

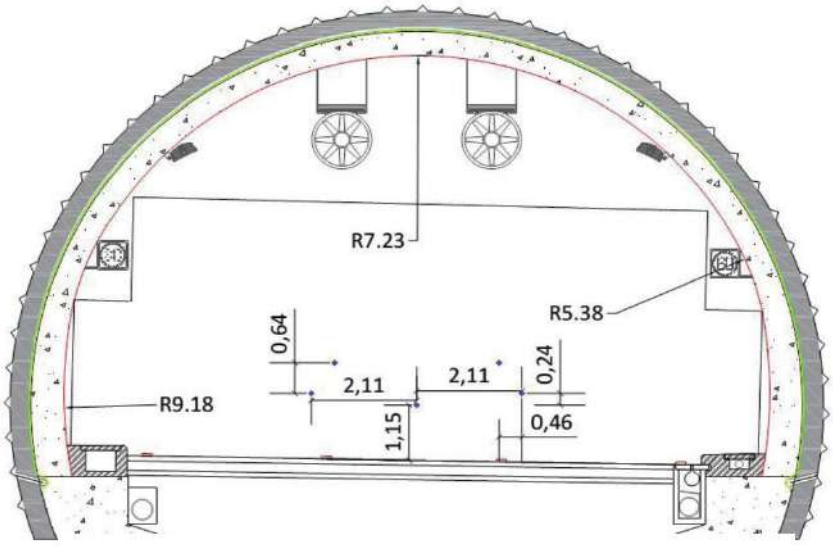


Figure IX-9:les rayons de la section transversale type.

IX.10.5. Les pentes

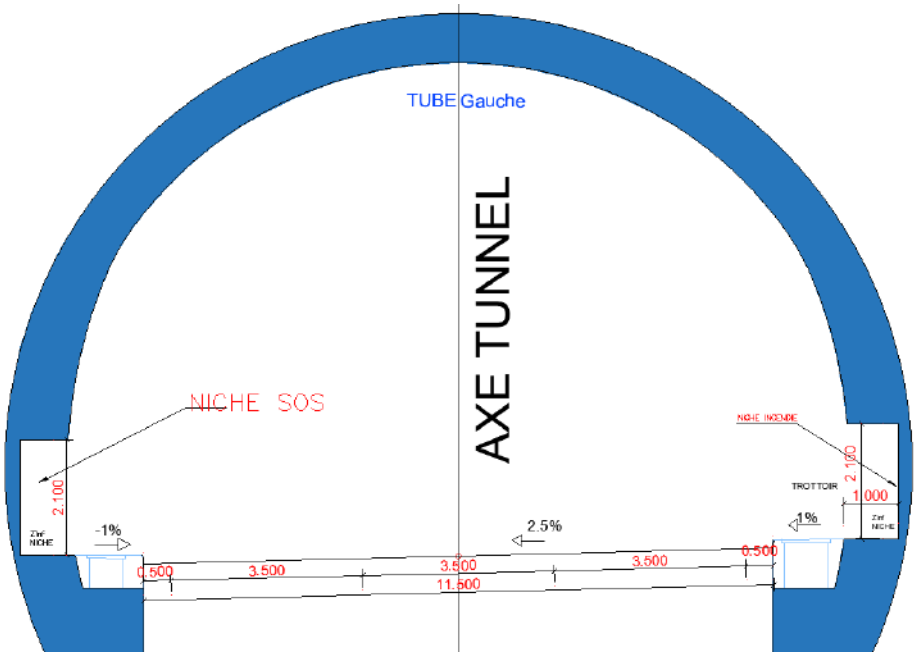


Figure IX-10:les pentes de tube gauche de tunnel

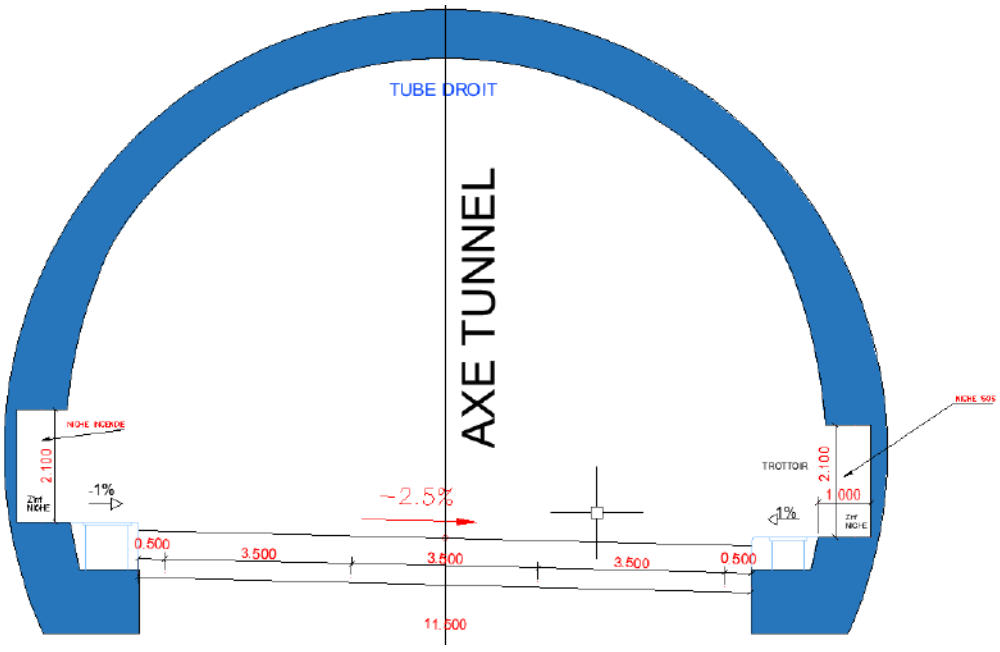


Figure IX-11:les pentes de tube droit de tunnel

Conclusion

Ce chapitre a défini les dimensions et la géométrie du tunnel selon les normes de l'ICTAAL et du CETU. À l'aide d'AutoCAD, nous avons tracé la coupe transversale du tunnel, en précisant la largeur des voies, la hauteur libre et les pentes.

Ces paramètres ont été déterminés avec rigueur afin de garantir la sécurité, la fluidité de la circulation et la conformité réglementaire. Ils constituent une base essentielle pour la suite du projet, notamment pour l'optimisation de la ventilation et de l'exploitation de l'ouvrage.

Ainsi, cette phase de conception géométrique pose les fondations techniques indispensables à la réussite du projet.

Chapitre X :

Etude Hydrologique et Hydraulique

CHAPITRE X: ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

Introduction

L'eau est l'un des principaux facteurs de dégradation des routes. Qu'il s'agisse de ruissellement en surface ou d'infiltration en profondeur, elle peut provoquer fissures, affaissements et affaiblissement de la chaussée. Pour prévenir ces désordres, une gestion efficace de l'eau dès la conception est indispensable : c'est l'objectif de l'assainissement routier.

Il regroupe l'ensemble des dispositifs permettant de collecter et évacuer les eaux pluviales et souterraines, à travers deux volets :

- Le drainage de la plateforme (pentes, fossés, caniveaux, rigoles, cunettes) ;
- Le rétablissement des écoulements naturels (tranchées drainantes, canalisations).

Une bonne étude d'assainissement prolonge la durée de vie de la route, réduit les coûts d'entretien et assure la sécurité des usagers.

Ce chapitre comprend :

- une étude hydrologique (quantification des eaux à gérer),
- une étude hydraulique (dimensionnement des ouvrages),
- une synthèse technique (solutions d'assainissement adaptées).

X.1.les principales caractéristiques des bassins versants hydrographiques :

X.1.1. Délimitation du bassin versant :

La délimitation des bassins versants a été réalisée à l'aide du logiciel AutoCAD, sur la base des courbes de niveau et du relief naturel. Cette étape permet d'identifier l'ensemble des bassins contribuant aux écoulements vers la zone du projet. Elle est essentielle pour estimer les débits de crue, notamment les débits centennaux, en vue du dimensionnement des ouvrages hydrauliques de protection et de franchissement nécessaires à l'autoroute.

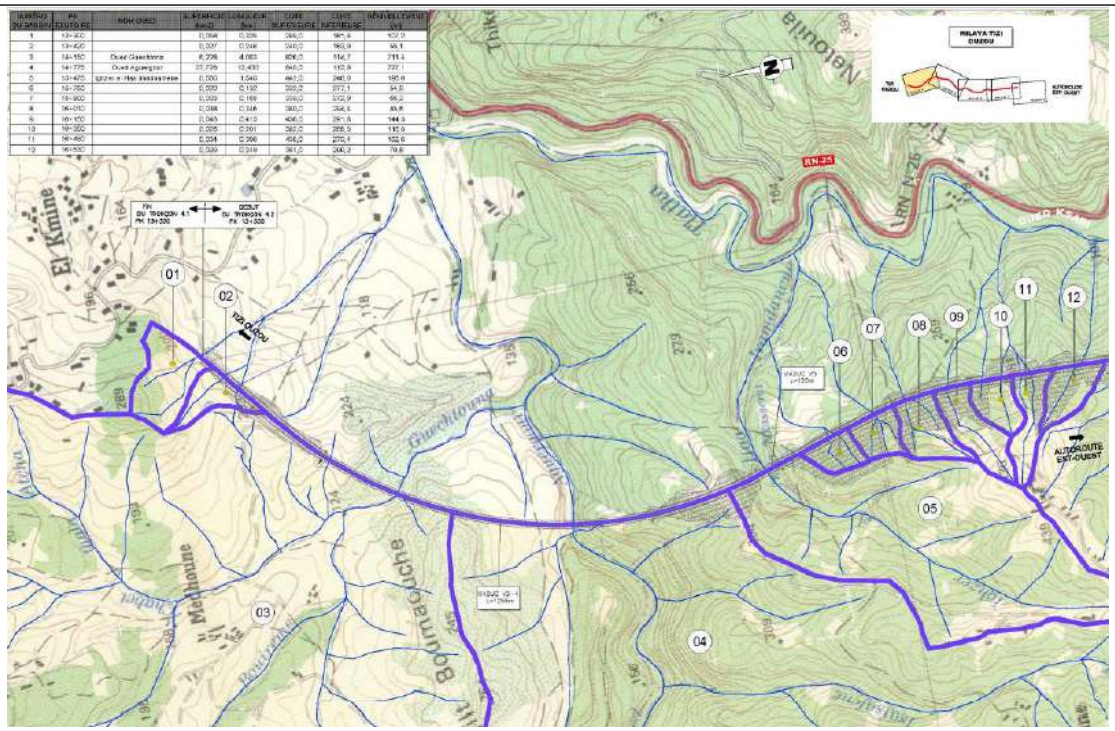


Figure X-1:délimitation des bassins versant de pk 13+330 au pk16+630

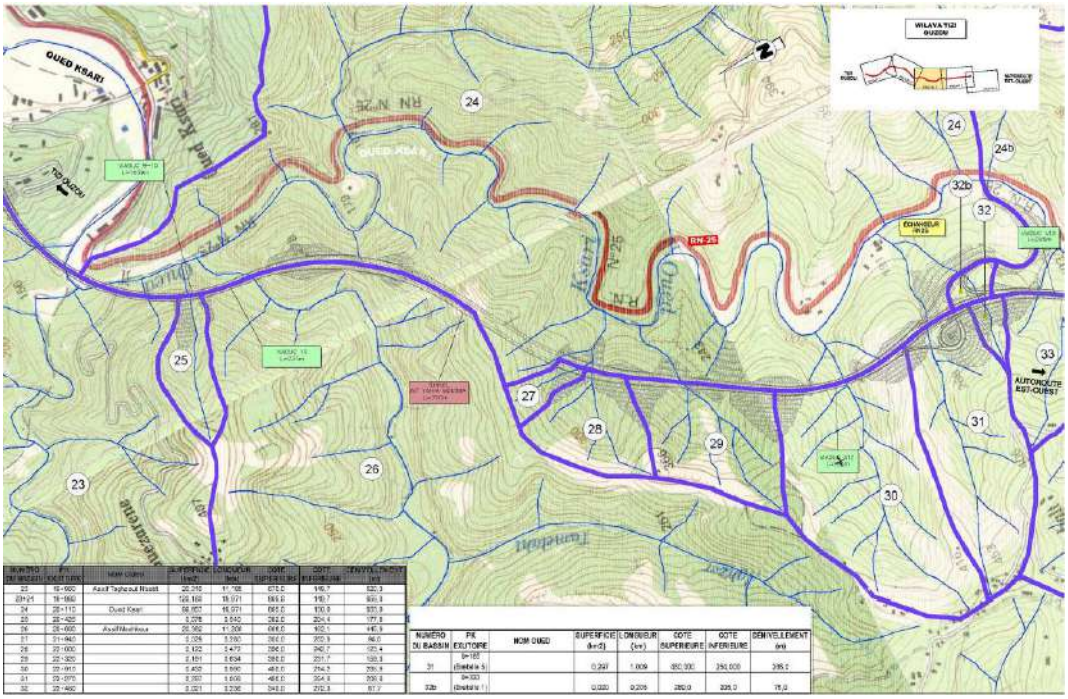


Figure X-2: délimitation des bassins versant de pk 19+980 au PK23+480

X.1.2. Caractéristiques morphométriques des bassins versants :

X.1.2.1. TEMPS DE CONCENTRATION :

Le temps de concentration est estimé à l'aide de formules reconnues par les autorités algériennes, notamment les formules de Ventura, de Passini et de Giandotti. Le choix de la formule dépend de la superficie du bassin versant :

Pour une superficie inférieure à 5 km², on utilise la formule de Ventura :

$$t_c = 0{,}127\sqrt{\frac{S}{P}}$$

- t_c:temps de concentration en heures ;
- S: superficie du bassin versant en km^2 ;
- P: Pente moyenne du talweg principal du bassin versant en m/m

On considère un temps de concentration minimum de 3minutes (0,05h).

Pour un bassin versant de superficie comprise entre 5 et 25 km^2 on utilise la formule de PASSINI :

$$T_c = 0{,}108\frac{\sqrt[3]{S.L}}{\sqrt{P}}$$

- T_c : le temps de concentration en heures
- S : Superficie du bassin versant en km^2
- P : Pente moyenne du talweg principal du bassin versant en m/m
- L : Longueur du talweg du bassin versant en km

Finalement, on utilise la formule de GIANDOTTI pour bassins versants de superficie supérieure à 25 km^2 :

$$T_c = \frac{4\sqrt{S}+1{,}5L}{0{,}8\sqrt{H}}$$

Avec:

- t_c : Temps de concentration en heures
- S : Superficie du bassin versant en kilomètres carrés (km²)
- L : Longueur du talweg principal du bassin versant en kilomètres (km)
- H : Hauteur moyenne du bassin versant par rapport à l'exutoire en mètres (m)

Un tableau présentant les principales caractéristiques des bassins versants hydrographiques identifiés, ainsi que les temps de concentration correspondants pour la plateforme autoroutière, est présenté ci-dessous:

Tableau X-1:Caractéristiques morphométriques des bassins versants

N° BV	PK	Ouvrage courant	Surface (km^2)	Longueur du court d'eau(Km)	Elévation(m)			Pente %	Tc
					H_{min}	H_{max}	ΔH		
1	13+300		0.058	0.325	181.8	289	107.20	32.98%	0.053
2	13+420		0.027	0.246	183.9	240	56.10	22.80%	0.050
3	14+150	Oued Guechtona	6.228	4.063	114.7	826	711.30	17.51%	0.758
4	14+775	Oued Aguergour	27.728	12.43	112.9	840	727.10	5.85%	2.603
5	15+475	Ighzer el Haa Irandnamene	0.56	1.54	246	442	196.00	12.73%	0.266
6	15+750		0.02	0.132	277.1	332	54.90	41.59%	0.050
7	15+900		0.023	0.165	272.9	339	66.10	40.06%	0.050
8	16+010		0.038	0.346	294.4	380	85.60	24.74%	0.050
9	16+160		0.043	0.415	291.8	436	144.20	34.75%	0.050
10	16+350		0.026	0.201	265.5	382	116.50	57.96%	0.050
11	16+460		0.034	0.396	273.4	436	162.60	41.06%	0.050
12	16+630		0.029	0.249	290.2	361	70.80	28.43%	0.050
13	16+925		0.0372	0.829	223.9	442	218.10	26.31%	0.050
14	17+250		0.038	0.416	287.7	390	102.30	24.59%	0.050
15	17+450		0.026	0.242	286.4	350	63.60	26.28%	0.050
16	17+540		0.048	0.42	260.9	390	129.10	30.74%	0.050
17	17+650		0.233	0.843	264.4	450	185.60	22.02%	0.131
18	17+740		0.066	0.366	262.4	370	107.60	29.40%	0.060
19	18+250		0.465	1.251	225.8	468	242.20	19.36%	0.197
20	18+575		0.034	0.238	261.8	340	78.20	32.86%	0.050
21	18+790		0.037	0.335	236.3	341	104.70	31.25%	0.050
22	19+230		1.385	1.83	178.2	531	352.80	19.28%	0.340
23	19+960	Assif Taghzout N'sebt	20.316	11.185	149.7	670	520.30	4.65%	3.056
24	20+110	Oued Ksari	99.867	19.971	150	805	655.00	3.28%	4.830
25	20+425		0.078	0.54	204.4	382	177.60	32.89%	0.062
26	20+660	Assif Nechkour	20.382	11.206	162.1	608	445.90	3.98%	3.310
27	21+940		0.029	0.28	252	350	98.00	35.00%	0.050
28	22+000		0.123	0.472	242.7	366	123.30	26.12%	0.087
29	22+320		0.191	0.634	231.7	390	158.30	24.97%	0.111
30	22+910		0.432	0.99	214.2	450	235.80	23.82%	0.171
31	23+270		0.297	1.009	254	460	206.00	20.42%	0.153

Tel que :

- L : longueur de thalweg
- H_{max} : l'altitude maximale de BV
- H_{min} : l'altitude minimale de BV
- la pente moyenne P= (H_{max} – H_{min}) / L

X.2. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT A PROJETER

X.2.1. Estimation des débits de crue

Dans le cadre de ce projet, le débit de crue maximum instantané Q_{max} sera estimé pour différentes périodes de retour en recourant à des formules empiriques couramment utilisées en Algérie. Le choix de la méthode dépend principalement de la superficie du bassin versant, selon les critères suivants :

- Pour les bassins versants de surface inférieure à 10 km² : on utilise la formule rationnelle.
- Pour les bassins versants dont la superficie dépasse 50 km², la méthode CRUPEDIX est utilisée.
- Pour les surfaces comprises entre 10 et 50 km² : une formule de transition est utilisée.

Dans le cas spécifique de notre projet, les superficies des bassins versants étudiés sont toutes inférieures à 10 km², ce qui justifie l'adoption de la méthode rationnelle pour l'estimation des débits de crue.

X.2.2. La formule rationnelle

La méthode rationnelle repose sur la formule suivante :

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

Avec :

- C : coefficient de ruissellement
- I : Intensité de pluie pour le temps de concentration du BV (mm/h)
- A : Surface du bassin versant (km^2)
- K : Coefficient de conversion des unités K=0.278.

X.2.2.1. Coefficients de ruissellements C_{10}

Le coefficient de ruissellement dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- La pente du bassin versant : plus la pente est forte, plus le ruissellement est important.

- La nature du sol : les sols imperméables (argileux, rocheux) présentent un ruissellement plus élevé que les sols perméables (sableux, graveleux).
- La couverture végétale : une couverture dense (forêt, prairie) favorise l'infiltration et diminue le ruissellement.

les valeurs du coefficient de ruissellement sont présentées dans (Annexe hydraulique)

X.2.2.2. Intensité de la pluie

Les intensités de pluie pour l'estimation des débits de récurrence sont établies par la formule de MONTANA en mm/h :

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

- t : période de retour en ans ;
- T_c : temps de concentration en min ;
- a, b : paramètres de Montana,
  tel que :
  b : Exposant climatique, b=0.59
  a : Coefficient de Montana tirée à partir des graphes IDF (Intensité-Durée-Fréquence)

Ces valeurs sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau X-2:Coefficient de Montana

Station pluviométrique de Tizi Ghenif						
T	2	5	10	20	50	100
a(T)	19.5	26.3	30.8	35.2	40.8	45

I(t,T)	2 Ans	5 Ans	10 Ans	20 ans	50 Ans	100 Ans
1	19,5	26,3	30,8	35,2	40,8	45,0
2	13,0	17,5	20,5	23,4	27,1	29,9
3	10,2	13,8	16,1	18,4	21,3	23,5
6	6,8	9,1	10,7	12,2	14,2	15,6
12	4,5	6,1	7,1	8,1	9,4	10,4
24	3,0	4,0	4,7	5,4	6,3	6,9

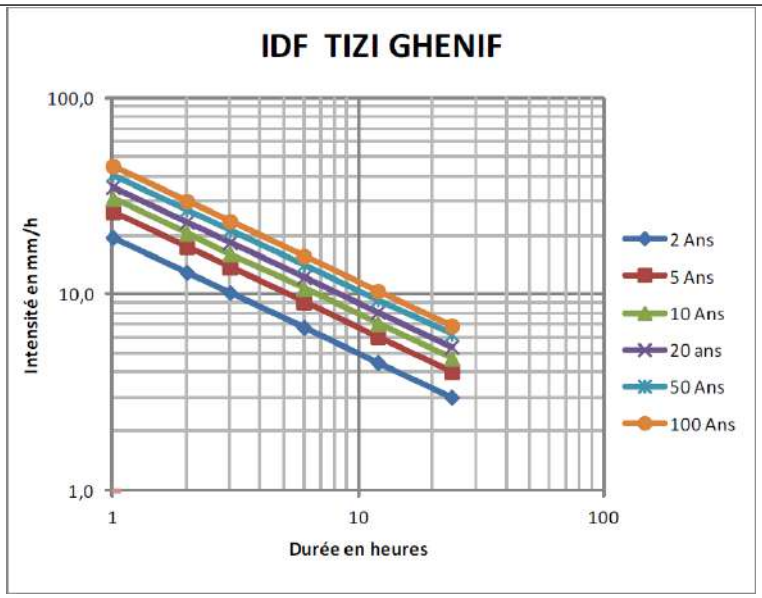


Figure X-3 : graphes IDF (Intensité-Durée-Fréquence) de la station pluviométrique de Tizi Ghenif

Le calcul d'intensité pour chaque bassin versant pour les périodes de retour on prend : 10 ,50 et 100 ans , est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau X-3:calcul d'intensité pour chaque BV

N°BV	Tc(heure)	Période de retour(ans)	a	b	Intensité(mm/h)
1	0.053	10	30.8	0.59	173.779
		50	40.8	0.59	230.201
		100	45	0.59	253.898
2	0.05	10	30.8	0.59	180.368
		50	40.8	0.59	238.928
		100	45	0.59	263.524
3	0.758	10	30.8	0.59	36.276
		50	40.8	0.59	48.053
		100	45	0.59	53.000
4	2.603	10	30.8	0.59	17.515

N°BV	Tc(heure)	Période de retour(ans)	a	b	Intensité(mm/h)
		50	40.8	0.59	23.201
		100	45	0.59	25.590
	0.266	10	30.8	0.59	67.218
		50	40.8	0.59	89.043
5		100	45	0.59	98.209
	0.05	10	30.8	0.59	180.368
		50	40.8	0.59	238.928
6		100	45	0.59	263.524
	0.05	10	30.8	0.59	180.368
		50	40.8	0.59	238.928
7		100	45	0.59	263.524
	0.050	10	30.8	0.59	180.368
		50	40.8	0.59	238.928
8		100	45	0.59	263.524
	0.05	10	30.8	0.59	180.368
		50	40.8	0.59	238.928
9		100	45	0.59	263.524
	0.05	10	30.8	0.59	180.368
		50	40.8	0.59	238.928
10		100	45	0.59	263.524
	0.05	10	30.8	0.59	180.368
11		50	40.8	0.59	238.928

N°BV	Tc(heure)	Période de retour(ans)	a	b	Intensité(mm/h)
		100	45	0.59	263.524
	0.05	10	30.8	0.59	180.368
		50	40.8	0.59	238.928
12		100	45	0.59	263.524
	0.05	10	30.8	0.59	180.368
		50	40.8	0.59	238.928
13		100	45	0.59	263.524
	0.050	10	30.8	0.59	180.368
		50	40.8	0.59	238.928
14		100	45	0.59	263.524
	0.05	10	30.8	0.59	180.368
		50	40.8	0.59	238.928
15		100	45	0.59	263.524
	0.05	10	30.8	0.59	179.972
		50	40.8	0.59	238.405
16		100	45	0.59	262.946
	0.131	10	30.8	0.59	102.341
		50	40.8	0.59	135.568
17		100	45	0.59	149.524
	0.060	10	30.8	0.59	161.696
		50	40.8	0.59	214.194
18		100	45	0.59	236.244

N°BV	Tc(heure)	Période de retour(ans)	a	b	Intensité(mm/h)
	0.197	10	30.8	0.59	80.362
		50	40.8	0.59	106.453
19		100	45	0.59	117.411
	0.05	10	30.8	0.59	180.368
		50	40.8	0.59	238.928
20		100	45	0.59	263.524
	0.05	10	30.8	0.59	180.368
		50	40.8	0.59	238.928
21		100	45	0.59	263.524
	0.340	10	30.8	0.59	58.167
		50	40.8	0.59	77.052
22		100	45	0.59	84.984
	3.056	10	30.8	0.59	15.934
		50	40.8	0.59	21.108
23		100	45	0.59	23.281
	4.830	10	30.8	0.59	12.162
		50	40.8	0.59	16.111
24		100	45	0.59	17.769
	0.062	10	30.8	0.59	159.099
		50	40.8	0.59	210.755
25		100	45	0.59	232.450
26	3.310	10	30.8	0.59	15.202

N°BV	Tc(heure)	Période de retour(ans)	a	b	Intensité(mm/h)
		50	40.8	0.59	20.137
		100	45	0.59	22.210
		10	30.8	0.59	180.368
	0.05	50	40.8	0.59	238.928
27		100	45	0.59	263.524
		10	30.8	0.59	129.959
		50	40.8	0.59	172.153
28	0.087	100	45	0.59	189.875
		10	30.8	0.59	112.624
		50	40.8	0.59	149.191
29	0.111	100	45	0.59	164.549
		10	30.8	0.59	87.303
		50	40.8	0.59	115.648
30	0.171	100	45	0.59	127.552
		10	30.8	0.59	93.172
		50	40.8	0.59	123.423
31	0.153	100	45	0.59	136.128

X.2.3. Calcule de débit

On calcule le débit par la formule rationnelle :

$$Q = 0{,}278.\ C_T.\ I.\ A\ ;$$

Telle que C_T : Coefficient de ruissèlement corrigé.

X.2.3.1. Variabilité de coefficient de ruissèlement

La formule alternative du coefficient de ruissellement C_T permet d'ajuster le calcul du débit de crue selon la période de retour, rendant l'estimation plus fiable en conditions réelles et extrêmes.

Cette formule est :

$$C_T = 0.8\left(1 - \frac{P0}{Pt}\right)$$

Tel que :

- C_T : coefficient de ruissellement corrigé pour une période de retour T,
- P_0 : précipitation initiale ou seuil de ruissellement du bassin (mm),
- P_t : pluie journalière pour la période de retour T (mm).

Etapes de calcul de C_t :

- On calcul d'abord ,Pd: La précipitation quotidienne maximale (24h)

La précipitation quotidienne maximale P_d correspond à la hauteur de pluie attendue sur une durée de 24 heures. Elle est déterminée à partir des courbes IDF (Intensité – Durée – Fréquence), qui donnent l'intensité des pluies en fonction de la durée et de la période de retour .

$$P_d = I \times 24$$

Tableau X-4: La précipitation quotidienne maximale de notre projet

Période de retour	a	b	Pd
T2	19.5	0.59	71.766
T5	26.3	0.59	96.793
T10	30.8	0.59	113.354
T20	35.2	0.59	129.548
T50	40.8	0.59	150.157
T100	45	0.59	165.615

Puis on calcul P_0 Pour T=10 ans , en fonction de coefficient de ruissèlement C en suivant cette formule :

$$P_0 = \left(1 - \frac{C_{10}}{0.8}\right) \times P_{10}$$

Tel que :P_{10}= I(24h,T10)

- C10 : le coefficient de ruissellement pur une période de retour T=10 ans.
- P_{10} ici est : 113.354mm pour une période de retour de 10 ans .

Enfin on calcul C_T et le débit pour une période de retour 10 ,50et 100 ans comme le montre le tableau ci-dessous :

Tableau X-5:valeurs de débit pour T=10 ,50 et 100 ans

N°BV	Surface (Km2)	Intensité (mm/h)	C10	P0	Coefficient de ruissèlement corrigé C_t (100ans)	Débit Q_{10} (m^3/s)	Débit Q50 (m^3/s)	Débit Q_{100} (m^3/s)
1	0.058	173.779	0.57	32.589	0.64	1.596	2.323	2.629
2	0.027	180.368	0.59	29.755	0.47	0.798	1.149	1.297
3	6.228	36.276	0.59	29.755	0.55	37.027	53.327	60.173
4	27.728	17.515	0.59	29.755	0.59	79.592	114.632	129.348
5	0.56	67.218	0.58	31.172	0.62	6.065	8.780	9.921
6	0.02	180.368	0.58	31.172	0.64	0.581	0.841	0.951
7	0.023	180.368	0.58	31.172	0.66	0.668	0.968	1.093
8	0.038	180.368	0.58	31.172	0.47	1.104	1.599	1.806
9	0.043	180.368	0.58	31.172	0.55	1.250	1.809	2.044
10	0.026	180.368	0.58	31.172	0.59	0.756	1.094	1.236
11	0.034	180.368	0.58	31.172	0.62	0.988	1.430	1.616
12	0.029	180.368	0.58	31.172	0.64	0.843	1.220	1.379
13	0.0372	180.368	0.57	32.589	0.66	1.062	1.546	1.750
14	0.038	180.368	0.57	32.589	0.47	1.085	1.580	1.787
15	0.026	180.368	0.57	32.589	0.55	0.743	1.081	1.223
16	0.048	179.972	0.57	32.589	0.59	1.368	1.991	2.253
17	0.233	102.341	0.57	32.589	0.62	3.776	5.496	6.219
18	0.066	161.696	0.57	32.589	0.64	1.690	2.460	2.783
19	0.465	80.362	0.57	32.589	0.66	5.917	8.613	9.745
20	0.034	180.368	0.56	34.006	0.45	0.954	1.396	1.582
21	0.037	180.368	0.56	34.006	0.54	1.038	1.520	1.722
22	1.385	58.167	0.57	32.589	0.58	12.756	18.568	21.009
23	20.316	15.934	0.58	31.172	0.61	52.156	75.512	85.322
24	99.867	12.162	0.58	31.172	0.63	195.685	283.318	320.124
25	0.078	159.099	0.57	32.589	0.65	1.965	2.860	3.236
26	20.382	15.202	0.57	32.589	0.45	49.058	71.413	80.802
27	0.029	180.368	0.57	32.589	0.54	0.828	1.206	1.364
28	0.123	129.959	0.57	32.589	0.58	2.531	3.684	4.169
29	0.191	112.624	0.57	32.589	0.61	3.406	4.958	5.610
30	0.432	87.303	0.57	32.589	0.63	5.971	8.693	9.835
31	0.297	93.172	0.57	32.589	0.65	4.381	6.378	7.217

X.3. Etude hydraulique

Dans les zones à risque de crues ou fortes pluies, les études hydrauliques sont indispensables pour dimensionner les ouvrages ferroviaires. Elles garantissent la gestion efficace des flux d'eau, assurant la sécurité et la durabilité des infrastructures.

X.3.1. Méthode de Manning-Strickler

L'approche consiste à s'assurer que les ouvrages de drainage sont correctement dimensionnés pour gérer les précipitations exceptionnelles et éviter les engorgements lors d'événements météorologiques extrêmes.

Le dimensionnement doit aussi garantir des vitesses d'écoulement sécuritaires, généralement inférieures à 4 m/s dans les canaux bétonnés, afin de préserver l'intégrité des infrastructures. Cette évaluation s'appuie souvent sur la méthode de Manning-Strickler, utilisée pour estimer la capacité maximale de débit des ouvrages hydrauliques, qu'ils soient transversaux ou longitudinaux.

$$Q = \frac{1}{n}.{R_h}^{2/3}.\sqrt{i}.S_m$$

Avec :

- n : Coefficient de rugosité de Manning, dépend de la nature des parois internes de l'ouvrage : On utilise
- n=0,017 pour les ouvrages en béton.
- 1/n=Ks(coefficient de manning)
- i : Pente de l'ouvrage.
- S_m : Section mouillée (en m^2)
- Rh : Rayon hydraulique, $Rh= S_m/P_m$ (section mouillée/périmètre mouillé), (en m)

X.3.2. Dimensionnement des ouvrages transversaux :

Les dimensions sélectionnées pour les ouvrages sont celles qui satisfont aux deux critères suivants :

- ✓ **Q100 < Qps** Avec : Q100 : débit d'apport (de projet Qmax).

Qps : le débit de saturation de l'ouvrage.

- ✓ **Les conditions d'auto-curage :**

L'auto-curage désigne la capacité intrinsèque d'un réseau d'assainissement à déplacer les particules solides. Ainsi, un bon auto-curage nécessite que la capacité de transport des particules solides soit suffisante pour prévenir leur sédimentation et leur accumulation dans le système.

Ces conditions sont les suivants :

- V > 0.6 m/s pour : Q = 0.1 Qps.
- V > 0.3 m/s pour : Q = 0.01 Qps.
- Vps < 4 m/s.

X.3.2.1. Le dimensionnement des buses:

Le dimensionnement d'une buse impose un BV avec un débit :Q<4.25m^3/s

On a choisi le bassin versant suivant :

Tableau X-6:les informations de BV choisi

N°BV	PK	Surface	I	Q_{10}	Q_{100}	K_s
1	13+300	0.058Km^2	1%	1.59m^3/s	2.63m^3/s	80

Dans notre cas on prend :

- S_m : Section mouillée en (m^2). S_m =4/5 πR^2
- P_m : Périmètre mouillé en (m). $P_m = \frac{4}{3}\pi R$

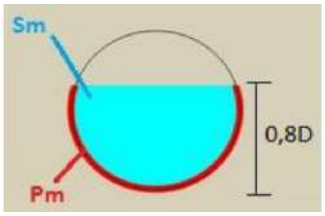


Figure X-4:Schéma d'une buse

Procédure de calcul :

Paramètre	Désignation	Formule	Application numérique	Résultat
Le calcul de diamètre normalisé commercial :				
R	Rayon de la buse	$\left(\frac{Q_a}{Ks \times \frac{4}{5}\pi \times (\frac{3}{5})^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{i}}\right)$	$\left(\frac{2.63}{80 \times \frac{4}{5}\pi \times (\frac{3}{5})^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0.01}}\right)^{3/8}$	**0.5299m**
Commentaire	• D=1058mm. • on adoptera un diamètre normalisé commercial de Φ1200.			
Vérification de condition d'autocurage :				
Q_{ps}	débit à pleine section	$K_s {R_h}^{2/3} \sqrt{i}.S_m$	$80\left(\frac{1}{2} \times 0.6\right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0.01} \times \pi 0.6^2$	**$4.05 m^3/s$**
Commentaire	On a : $2.63 m^3/s < 4.05 m^3/s$, Alors: $Q_{100} < Q_{ps}$ La 1ère condition est vérifiée.			
V_{ps}	vitesse à pleine section	$\frac{Qps}{S}$	$\frac{4.05}{\pi 0.6^2}$	$\boldsymbol{3.58 m/s}$
Commentaire	Condition 1 : V > 0.6 m/s pour: $\frac{Q}{Qps} = 0.1$ • $\frac{V}{Vps} = 0.638 = R_v$; • $V = R_v \times V_{ps} = 0.638 \times 3.58 = 2.284\ m/s > 0.6$ m/s(Vérifiée) Condition 2: V > 0.3 m/s pour $\frac{Q}{Qps} = 0.01$ • $\frac{V}{Vps} = 0.32 = R_v$; • $V = R_v \times V_{ps} = 0.32 \times 3.58 = 1.14\ m/s$ >0.3 m/s(vérifiée) Les conditions d'autocurage sont vérifiées.			

X.3.2.2. Exemple de dimensionnement d'un dalot

Les caractéristiques géométriques du dalot :

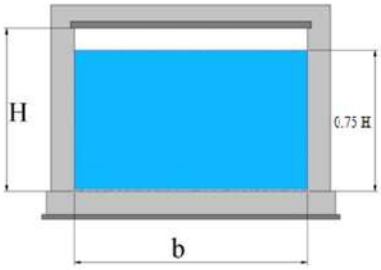


Figure X-5:Les caractéristiques géométriques du dalot

- B : Largeur nette(m)
- H : Hauteur nette (m)
- Hauteur de remplissage=0,75 × H

Pour notre exemple nous avons choisi le BV N°07 ,Point kilométrique 15+900 :

Débit Q_{100}	Pente (I)	Largeur du dalot (B)	Hauteur de dalot (H)
1.09 m^3/s	0.005 m/m	2 m	2 m

- Procédure de dimensionnement :

Paramètre	**Désignation**	**Formule**	**Application numérique**	**Résultat**
S_m	Surface mouillée	0.75× H×B	0.75×2×2	**$3m^2$**
P_m	Périmètre mouillé	2 × (0,75 × H + B	2×(0.75×2+2)	**7 m**
R_h	Rayon hydraulique	$\frac{S_m}{P_m}$	$\frac{3}{7}$	**0.428 m**
Calcul de débit de transition avec la formule de MANNING STRICKLER :				
Q_s	débit de transition avec la formule de MANNING STRICKLER	$K_s \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{0,5}$	$70 \times 3 \times (0.42)^{2/3} \times 0.005^{0.5}$	**$8.32m^3/s$**
Commentaire	$Q_s = 8.32m^3/s > Q_{100}=1.09\ m^3/s$ alors la condition de débit admissible est vérifiée			
Vérification de la condition d'auto-curage :				
V_{ps}	Vitesse à pleine section	$\frac{Q_S}{S_m}$	$\frac{8.32}{3}$	**$2.77m/s$ < 4m /s**
Vérification :	• $\frac{Q}{Qps}$ = 0.1 on a: $\frac{V}{Vps}$ = 0.638 => V= 0.638 × 2.77=1.76 m/s > 0.6 m/s • Pour $\frac{Q}{Qps}$ = 0.01 on a: $\frac{V}{Vps}$ = 0.32 => V= 0.32 × 2.77 =0.88 m/s > 0.3 m/s			
Commentaire :	Donc Les conditions d'auto-curage sont vérifiées.			

Tableau X-7: Tableau des ouvrages hydrauliques pour notre projet

Numéro du bassin	Emplacement exutoire	Emplacement de l'ouvrage	Q100 (m^3/s)	Type d'ouvrage
1	13+300	13+332	2.63	Buse D 1500 mm
2	13+420	13+423	1.29	Buse D 1500 mm
3	14+150	Ouvrage d'art		
4	14+775			
5	15+475			
6	15+750			
7	15+900	15+899	1.09	Dalot 2x2
8	16+010	15+899	0.92	Dalot 2x2
9	16+160	Ouvrage d'art		
10	16+350	16+360	1.23	Buse D 1500 mm
11	16+460	16+430	1.61	Dalot 1.5x1.5
12	16+630	Ouvrage d'art		
13	16+925			
14	17+250			
15	17+450			
16	17+540	17+570	2.49	Dalot 1.5x1.5
17	17+650	17+680	6.24	Dalot 2x2
18	17+740	17+795	2.79	Dalot 1.5x1.5
19	18+250		9.77	
20	18+575	18+625	1.75	Buse D 1500 mm
21	18+790	Ouvrage d'art		
22	19+230			
23	19+960			
24	20+110			
25	20+425	20+448	240.84	Buse D 1500 mm
26	20+660	Ouvrage d'art		
27	21+940			
28	22+000			
29	22+320	21+992	1.57	Dalot 2x2
30	22+910	22+000	1.93	Dalot 2x2
31	23+270	22+476	2.84	Buse D 1500 mm

X.3.3. : Système de drainage longitudinal

- **Dimensionnement des fossés**

X.3.3.1. Calcul des débits d'apport

Nous avons pris l'exemple de fossé cas remblai comme le montre la figure ci-dessous :

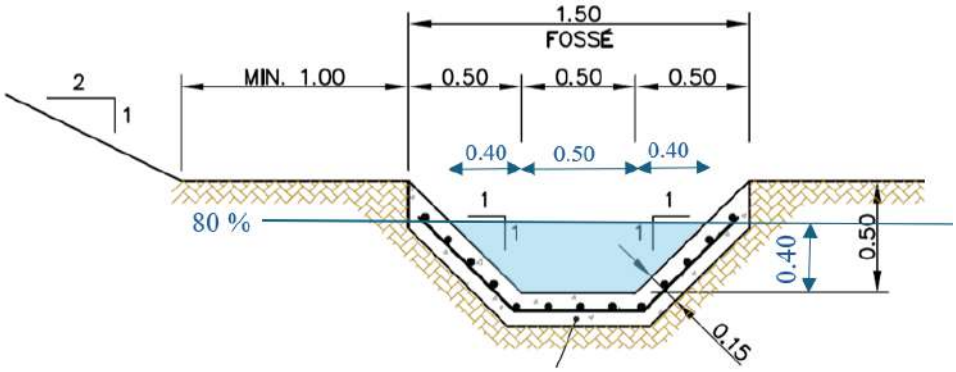


Figure X-6 : Fossé cas chaussé (pied déblai)

Pour le calcul hydraulique de fossé, la formule de Manning Strickler a été utilisée :

$$\boldsymbol{Q}\mathbf{s} = \boldsymbol{K_s} \times \boldsymbol{S_m} \times \boldsymbol{R_h}^{\mathbf{2/3}} \times \mathbf{I}^{\mathbf{1/2}}$$

Avec:

- z = 0.57 m
- S_m = ((b +B) × h) /2 = ((0.5 + 1.3) × 0.4) /2 = **0.36 m²**
- P_m = b + (2 × z) = 0.5 + (2 × 0.57) = **1.64 m**

X.3.3.2. Les hypothèses formulées pour le dimensionnement :

- ✓ Coefficient de rugosité Strickler Ks = 65 (béton lisse)
- ✓ Le débit à évacuer qui est la somme des 3 débits de la plate-forme, les bermes et les talus
  - **Qa = Q_{pf} + Q_t + Q_B**
- ✓ La pente des fossés en zone de déblai correspond à celle du profil en long de la voie
- ✓ Dans les calculs de débit, on considère le cas le plus défavorable : quand il y a un déblai qui s'étend sur une grande distance avec une hauteur importante.
- ✓ Nous calculons chaque débit en appliquant la méthode rationnelle :

$$Q = \mathbf{0.278} \times Cr \times I \times A$$

  - **Q [m3/s]** : Débit de crue correspondant au bassin versant.
  - **C :** Coefficient de ruissellement.
  - **I [m/m] :** Pente longitudinale.
  - **A [Km²]** : Surface du bassin versant considérer (la plateforme -les talus - la berme).
- ➢ On prend la longueur pour le cas le plus défavorable : de Pk+22780 au +23052.91: donc une longueur de 272.91m

Les surfaces	Surface de la Chaussée	La surface de BAU	Surface de la Berme	La surface de Talus	Surface totale
Application numérique	$10.5\times 272.91\times 10^{-4}$	$3\times 272.91\times 10^{-4}$	$1\times 272.91\times 10^{-4}$	$24\times 272.91\times 10^{-4}$	1.05 ha
Résultat	0.286 ha	0.082 ha	0.027 ha	0.655 ha	

X.3.3.3. Calcul de débit :

SBV	Surface (km^2)	Pente %	Tc (heure)	It	C	K	Qm^3/s	Qa (m^3/s)
Chaussée	0.0028	2.5%	0.043	198.512	0.99	0.278	0.153	0.512
BAU	0.0008	4%	0.018	329.991	0.99	0.278	0.073	
Berme	0.00027	8%	0.007	557.784	0.3	0.278	0.013	
Talus	0.0066	50 %	0.015	373.024	0.4	0.278	0.274	

b (m)	B(m)	h (m)	z (m)	Sm (m^2)	Pm (m)	Rh	Ks	I(m/m)	Qps(m3/s)	Vps<4(m /s)
0.5	1.3	0.4	0.57	0.36	1.64	0.22	65	0.0327	1 .55	1.96

Les dimensions des fossés ont été choisies en fonction des conditions suivantes :

- $Q_a < Q_{ps}$
- Vps < 4m/s.

➢ Le fossé choisi pour notre projet est le suivant :

B= 1.5 m ; b = 0.5 m ; h = 0.5 m ; pente =1/1.

Conclusion :

Ce chapitre a présenté l'analyse hydrologique et hydraulique du projet, en évaluant les bassins versants, les débits et le dimensionnement des ouvrages hydrauliques. Il souligne l'importance d'une étude rigoureuse pour prévenir les inondations et assurer la sécurité et la durabilité de l'infrastructure, conformément aux normes en vigueur.

Chapitre XI :
Equipement de la route

CHAPITRE XI: EQUIPEMENT DE LA ROUTE

Introduction

La réalisation d'un projet routier ne se limite pas à la seule conception géométrique, comprenant le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers. Elle exige également une réflexion approfondie, dès les premières phases, sur les dispositions d'exploitation à adopter : signalisation, dispositifs de retenue, équipements de sécurité, etc.

L'objectif est de garantir une cohérence parfaite entre la géométrie de la route, les exigences en matière de sécurité, et les performances attendues des équipements, afin d'assurer une infrastructure fonctionnelle, durable et sécurisée.

XI.1. Equipements de sécurité :

Une fois réalisée, la route doit être équipée d'un ensemble de dispositifs destinés à renforcer la sécurité des usagers. Les paragraphes suivants présentent les principaux équipements de sécurité routière mis en œuvre.

XI.1.1. Barrières de sécurité :

L'un des principaux enjeux de la sécurité routière est de limiter au maximum les sorties de route, notamment en cas d'accident ou de choc. C'est pourquoi des dispositifs de retenue, tels que les barrières de sécurité, sont installés le long des différents types de routes. Ils permettent de canaliser la circulation des usagers et de réduire considérablement les risques de blessures graves lors de sorties de route.

XI.1.1.1. Sur le TPC :

Le choix du type de barrière dépend du trafic, des risques (obstacles, dénivelés) et des contraintes de visibilité ou d'espace au niveau du terre-plein central.

Les plus courantes sont les glissières en béton GBA et DBA, formées d'un mur continu faiblement armé, coulé sur place.

Elles peuvent retenir des poids lourds jusqu'à 12 tonnes (barrières normales) et leur profil réduit les dommages sur les véhicules légers en cas de choc.

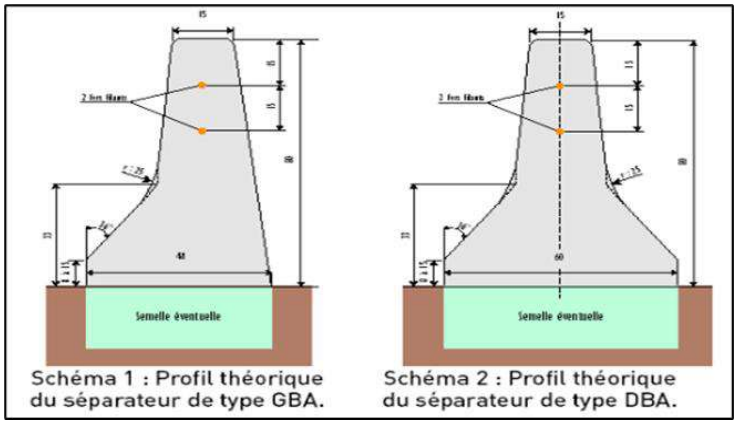


Schéma 1 : Profil théorique du séparateur de type GBA.

Schéma 2 : Profil théorique du séparateur de type DBA.

Figure XI-1: Séparateurs en béton GBA et DBA

XI.1.1.2. Sur les accotements

Les glissières de sécurité en bordure d'accotement servent à dévier un véhicule en perdition, limitant ainsi les sorties de route graves.

La murette en béton armé est utilisée dans les zones à risque élevé, notamment :

- en bord de mer,
- ou en présence d'une dénivellation de plus de 10 mètres.

XI.2. Equipements de la signalisation

XI.2.1. Objectifs de la signalisation routière

La signalisation routière a pour principaux objectifs de :

- Faciliter la circulation des usagers.
- Fournir des informations utiles à l'usage de la route.
- Renforcer la sécurité de la circulation.
- Indiquer ou rappeler les prescriptions particulières liées à la police de la route.

XI.2.2. Règles à respecter pour la signalisation

Avant d'entamer la conception de la signalisation, il est indispensable de respecter certains critères afin de garantir sa visibilité et sa bonne compréhension par les usagers :

- Assurer une cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Respecter les règles d'implantation des signaux.
- Veiller à la cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Éviter la publicité irrégulière qui pourrait distraire les usagers.

- Maintenir une simplicité en évitant la surabondance de signaux, ce qui fatigue l'attention des conducteurs.
- Limiter la multiplication des signaux et des super-signaux, car une signalisation excessive nuit à son efficacité.

XI.2.3. Catégories de signalisation

On distingue trois catégories de signalisation routière :

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par feux.
- La signalisation par marquage sur la chaussée.

XI.2.4. Types de signalisation

La signalisation routière se divise en deux grandes catégories :

- La signalisation verticale, qui regroupe les panneaux, balises, bornes et feux tricolores.
- La signalisation horizontale, représentée par l'ensemble des marquages appliqués sur la chaussée.

XI.2.4.1. La signalisation verticale

La signalisation verticale regroupe l'ensemble des panneaux rencontrés par les usagers de la route lors de leurs déplacements. Elle remplit trois fonctions principales :

- Avertir des dangers à l'aide de panneaux triangulaires
- Indiquer une interdiction ou une obligation via des panneaux ronds
- Informer et orienter grâce à des panneaux directionnels

Les panneaux de danger (triangulaires)	**Les panneaux d'interdiction ou d'obligation (ronds)**	**Les panneaux directionnels**
Ces panneaux signalent la présence d'un danger sur la route. Ils sont généralement placés à environ 150 mètres en amont de l'obstacle pour permettre une anticipation suffisante.	Les panneaux à fond blanc indiquent une interdiction Les panneaux à fond bleu et blanc désignent une obligation	Ils servent à guider les usagers dans leurs trajets : • Bleu : direction vers une autoroute • Vert : direction vers une grande ville

		• Blanc : direction vers une localité proche • Jaune : itinéraire temporaire

En complément, plusieurs types de panneaux permettent de préparer ou confirmer un itinéraire :

- Panneaux de pré-signalisation : de forme rectangulaire, ils annoncent une direction à suivre.
- Panneaux de position : munis d'une flèche, ils indiquent l'endroit précis pour effectuer une manœuvre.
- Panneaux de confirmation : précisent les distances restantes jusqu'à destination, souvent accompagnés d'un cartouche mentionnant le type et le numéro de la route.

FORME	COULEUR	ANNONCÉ À	SIGNIFIE
	Rouge et blanc	50 m en agglomération, 150 m en dehors	Danger
	Rouge et blanc	À l'endroit	Ordre, interdiction ou prescription
	Bleu foncé et blanc	À l'endroit	Obligation
	Bleu foncé et blanc	À l'endroit ou avant en fonction des besoins	Indication
	Blanc	À l'endroit	Localisation
	Vert ou bleu	À l'endroit où il faut changer de direction	Direction

Figure XI-2:Panneaux de signalisation vertical

XI.2.4.2. La signalisation horizontale

La signalisation horizontale regroupe exclusivement les marquages réalisés sur la chaussée. Ces marques, généralement de couleur blanche, ont pour rôle de réguler la circulation, d'avertir et d'orienter les usagers de la route. Elle se décline en trois catégories :

- Marquages longitudinaux.
- Marquages transversaux. Panneaux de signalisation vertical

XI.2.5. Marquages longitudinaux

Les marquages longitudinaux sont tracés parallèlement à l'axe de la chaussée. Ils assurent la délimitation des voies de circulation et contribuent à la sécurité routière. On distingue principalement :

Tableau XI-1:type de marque longitudinaux

Lignes continues	Lignes discontinues
Les lignes continues sont ininterrompues. Il est strictement interdit de les franchir ou de les chevaucher. Elles permettent de : • Séparer les voies de circulation opposées lorsque le dépassement est interdit, • Définir les limites extérieures de la chaussée, notamment dans les zones où l'arrêt est prohibé.	Les lignes discontinues, franchissables, assurent le guidage et la fluidité du trafic. Leur forme dépend du module (rapport trait/intervalle). On distingue notamment : • Ligne axiale : sépare les voies de circulation. • Ligne de dérivation : pour voies d'accélération ou de décélération. • Ligne d'avertissement : précède une ligne continue, avec segments de 1 m espacés de 2,25 m sur 100 m.

XI.2.5.1. Modulation des lignes discontinues

Pour la bonne compréhension des marquages, différents types de modulations de lignes longitudinales ont été retenus, se différenciant par le rapport des pleins aux vides.

Ces modulations (tirets plus intervalles) sont des multiples ou des sous-multiples de 13,00 m.

Type de marquage	Type de modulation	Longueur de trait (m)	Intervalle entre 2 traits successifs (m)	Rapport plein/vide
Axial Longitudinal	T1	3	10	1/3
	T'1	1,5	5	1/3

	T3	3	1,33	3
Rive	T2	3	3,5	1
	T'3	20	6	3
	T4	39	13	3
Transversal	T'2	0,5	0,5	1

Tableau XI-2: Modulations des marquages longitudinaux et transversaux

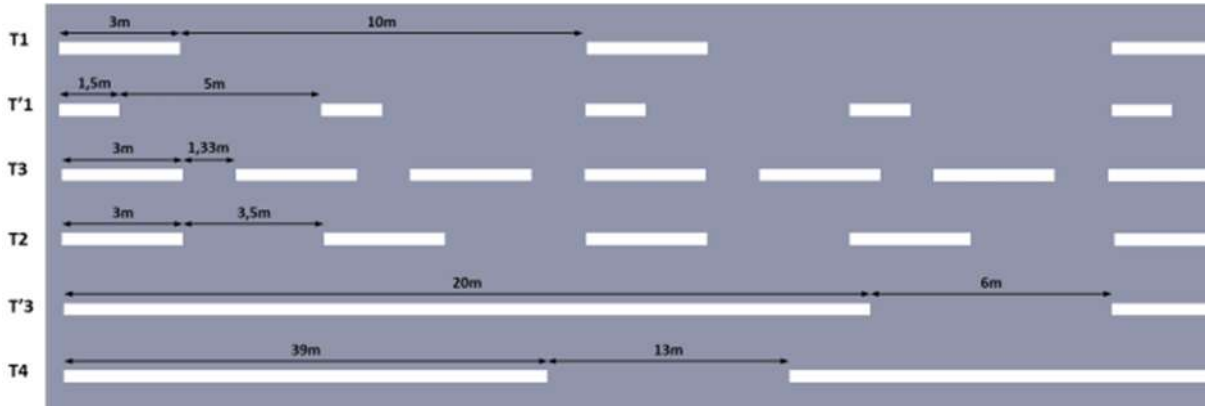


Figure XI-3:La modulation (lignes longitudinales)

XI.2.5.2. Largeur de lignes

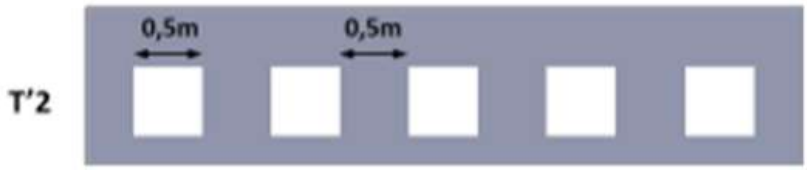


Figure XI-4: La modulation T'2 (Lignes transversales)

La largeur des lignes est déterminée en fonction d'une largeur unité, notée « u », qui varie selon le type de route.

- u = 6 cm : sur routes importantes, notamment les routes à grande circulation.
- u = 7,5 cm : sur autoroutes, routes à chaussées séparées, à 4 voies de rase campagne.
- u = 3 cm : pour les lignes tracées sur les pistes cyclables.

Pour chaque type de marquage, on indique la modulation et la largeur à adopter (tableau dans annexe D):

XI.2.6. Marquages transversaux

Les marquages transversaux servent principalement à rappeler aux usagers des obligations ou des précautions spécifiques, telles que :

- Les lignes d'arrêt (Stop),
- Les passages pour piétons.

XI.2.7. Autres marquages

Les flèches de direction :Elles renseignent les conducteurs sur les directions à suivre.

- Flèches de rabattement : Légèrement incurvées, elles indiquent la voie que les usagers doivent rejoindre.
- Flèches de sélection : Placées à l'approche des intersections, elles précisent la direction à prendre en fonction de la voie.

XI.2.8. Application sur le projet

XI.2.8.1. Signalisation verticale

➢ Signalisation de danger - Type A (triangulaires) :

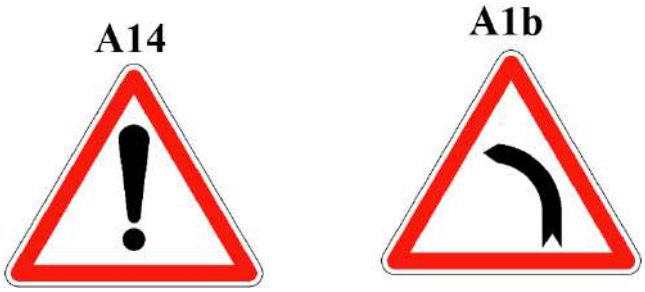


Figure XI-5: Signalisation de danger - Type A (triangulaires)

- Le panneau A14 : indique la proximité d'un danger situé à une distance d'environ 150 mètres en rase campagne et 50 mètres en agglomération.
- Le panneau A1b : indique la proximité d'un virage dangereux à gauche situé à une distance d'environ 150 mètres en rase campagne et 50 mètres en agglomération.

➢ Signalisation d'obligation ou d'interdiction - Type B (ronds) :

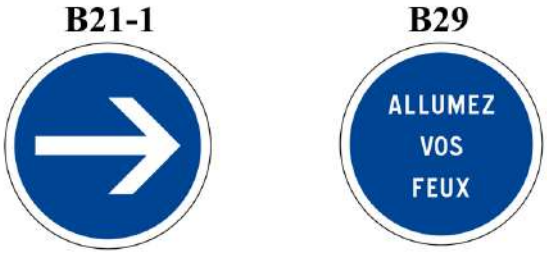


Figure XI-6: Signalisation d'obligation - Type B (ronds)

- Le panneau B21-1 : Pour prévenir les usagers de la route, d'une obligation d'emprunter la voie située à leur droite.
- Le panneau B29 : Pour prévenir les usagers de la route, de l'obligation d'allumer leurs feux, à l'entrée d'un tunnel ou d'u peu éclairé.

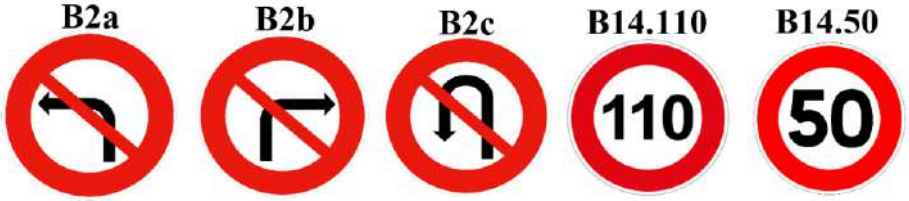


Figure XI-7: panneaux d'interdiction type B(ronds)

- Les panneaux B2a et B2b sont utilisés à la rentré et la sortie des bretelles pour indiquer une interdiction de tourner à droite ou à la gauche au niveau des sorties des bretelles, et le panneau B2c est utilisé pour indiquer une interdiction de faire un demi-tour.
- Le panneau B14.110 indique que la vitesse est limitée à 110 km/h.
- Le panneau B14.110 indique que la vitesse est limitée à 50 km/h.



Figure XI-8: Panneaux d'interdiction de circulation et de stationnement

- Le panneau B1 indique un sens interdit à tout véhicule.
- Le panneau B6d indique que l'arrêt et le stationnement sur la chaussée et ses dépendances sont interdits de façon permanente à tout véhicule motorisé.

- Le panneau B6a1 indique l'interdiction de stationner sauf pour les cas d'urgence.

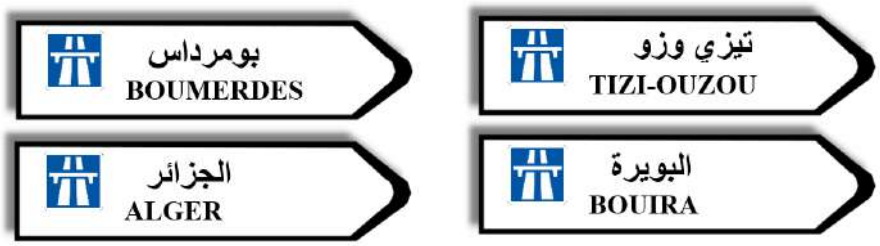
➢ Signalisation d'indication - Type C (carrée ou rectangulaire) :



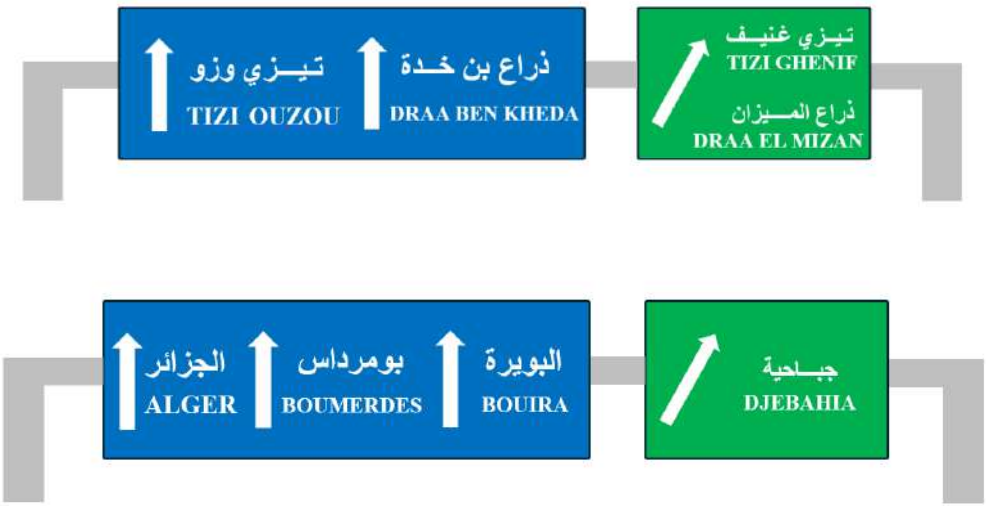
Figure XI-9 : Panneaux d'indication - Type C (carrée ou rectangulaire) :

- Les panneaux C111 et C112 est pour l'indication d'une entrée et sortie d'un tunnel.
- Le panneau C26a annonce d'une voie de détresse à droite.
- Les panneaux C207 et C208 indique d'une entrée et sortie d'une autoroute.

➢ Signalisation de direction :



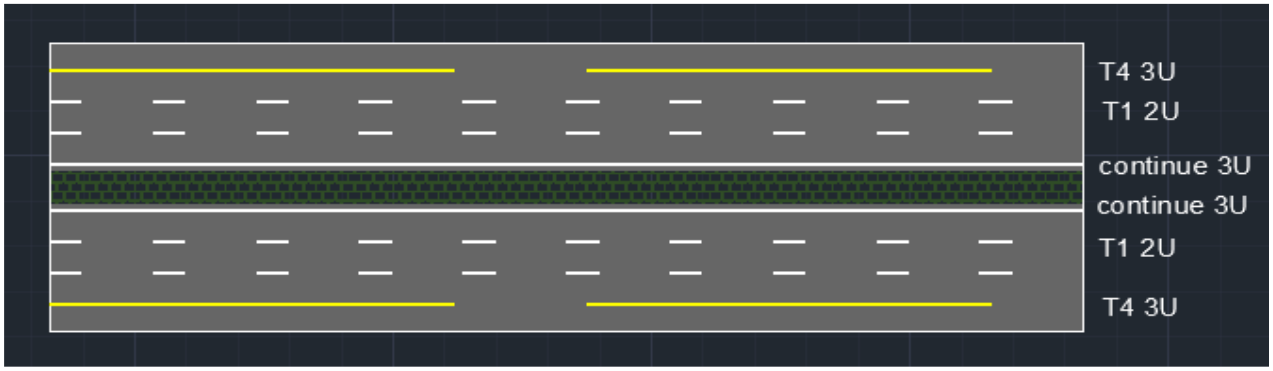
➢ Panneaux de pré signalisation :



XI.2.8.2. Signalisation horizontale

- Le marquage du tracé :

Dans notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 7.5 cm et 5 cm pour les



bretelles et les voies d'accès.

Figure XI-10: Lignes de délimitation de voies dans le tracé

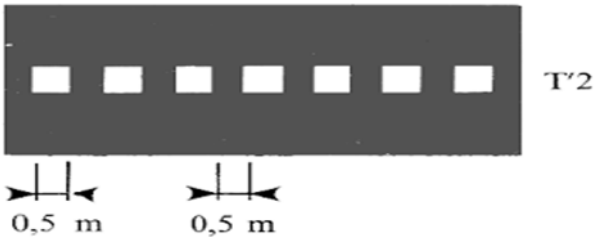


Figure XI-11: Lignes transversales

- Voies d'insertion, de décélération :

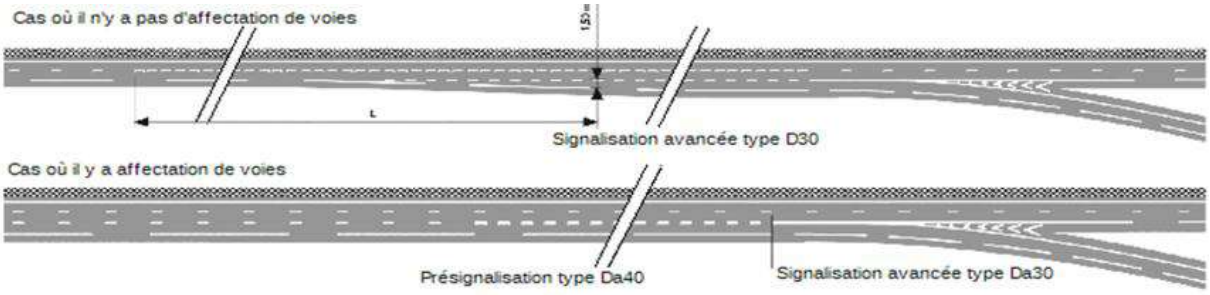


Figure XI-12: Voies d'insertion, de décélération sans et avec affectation de voies

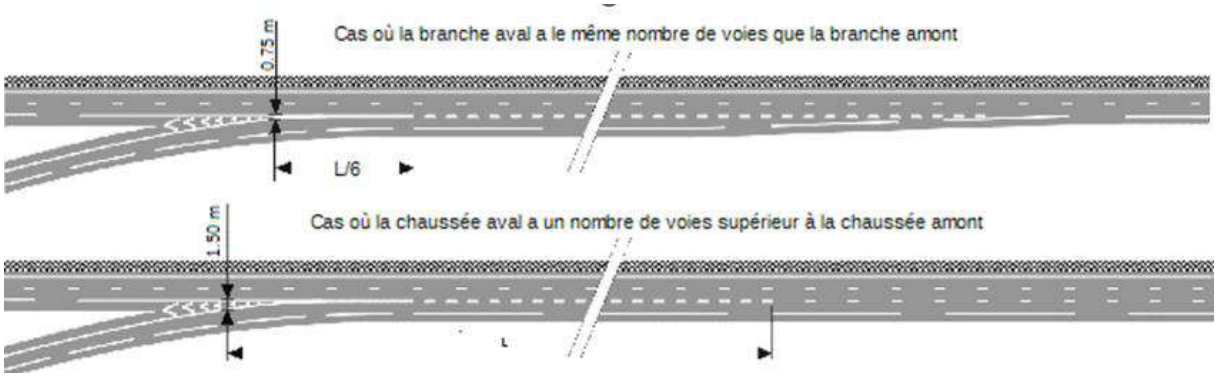


Figure XI-13: Cas de transitions entre amont et aval selon le nombre de voies

- Autres marquages :

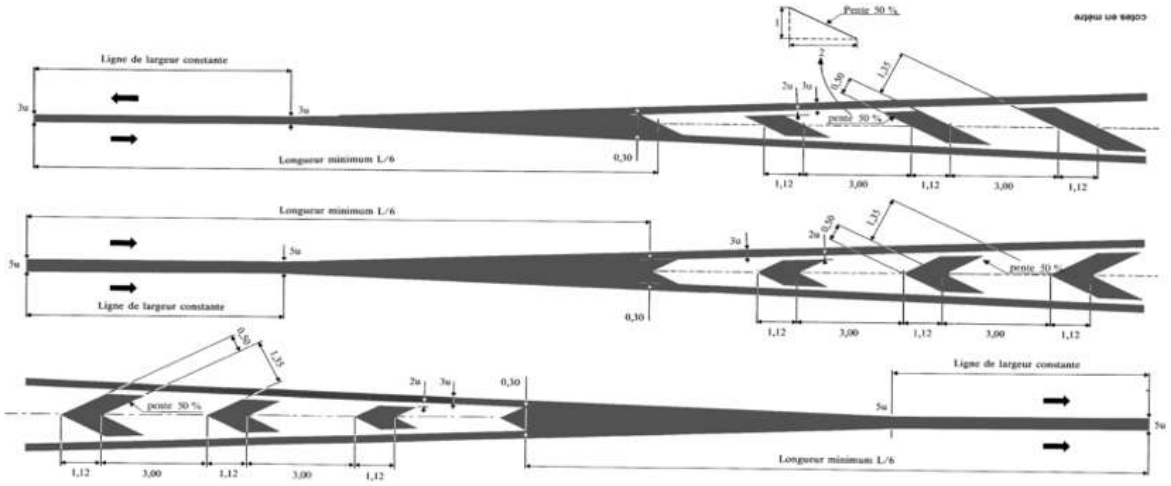


Figure XI-14: Schémas de marquage par hachures

- Flèches :
- Fléches directionnelle :

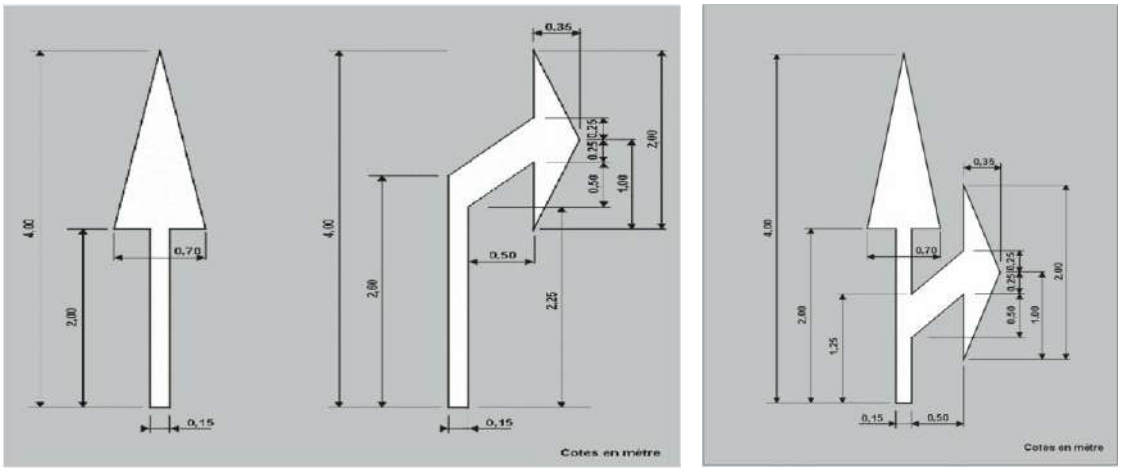


Figure XI-15: Flèches de sélection

- Flèches de rabattement :

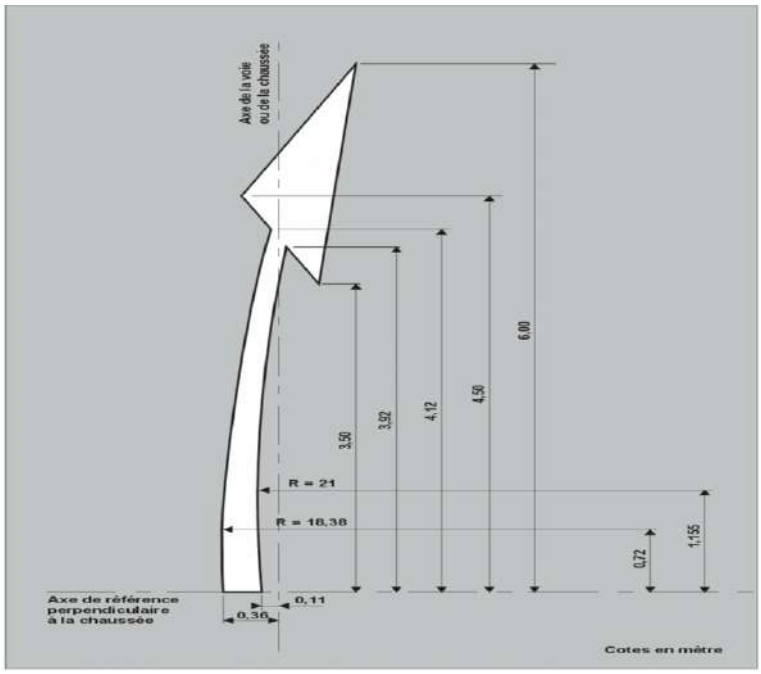


Figure XI-16: Flèches de rabattement

XI.3. Eclairage

L'éclairage public constitue un élément essentiel, généralement mis en place en phase finale des travaux, afin d'assurer le confort des usagers et de garantir la sécurité des biens ainsi que celle des déplacements, en particulier à grande vitesse.

XI.3.1. Catégories d'éclairage public

On distingue quatre principales catégories d'éclairage public sont présentées dans le tableau qui suit :

Tableau XI-3: Catégories d'éclairage public

Catégorie	Description
A	Éclairage général d'une route ou d'une autoroute.
B	Éclairage urbain, incluant la voirie artérielle et les voies de distribution.
C	Éclairage des voies de cercle.
D	Éclairage ponctuel d'un point singulier (carrefour, virage, etc.) situé sur un itinéraire non éclairé.

XI.3.2. Paramètres d'implantation des luminaires

L'implantation des luminaires dépend de plusieurs paramètres techniques :

- L'espacement (e) entre les luminaires, variable selon le type de voie.
- La hauteur (h) du luminaire, généralement comprise entre 8 et 10 mètres, et pouvant atteindre 12 mètres pour les chaussées de grande largeur.
- La largeur (l) de la chaussée à éclairer.
- La portée (p), c'est-à-dire la distance horizontale entre le foyer lumineux et son support.
- L'inclinaison éventuelle du foyer lumineux, ainsi que son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

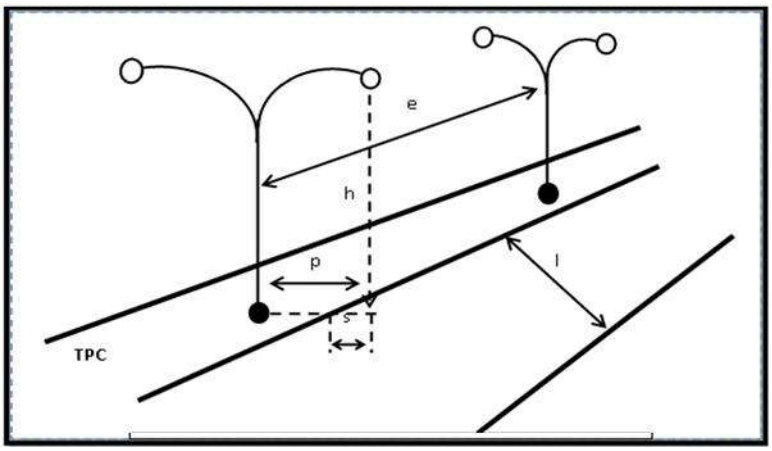


Figure XI-17: Paramètres de l'implantation des luminaires

Pour l'éclairage de la pénétrante autoroutière des lampadaires sont implantés au milieu de l'autoroute espacée de 20 m l'un par rapport à l'autre.

Chapitre XII :
Impact sur l'environnement

CHAPITRE XII: IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Introduction

Les infrastructures routières ont un impact notable sur l'environnement, aggravé par le trafic routier. Leur construction mobilise d'importantes ressources, génère des déchets et contribue aux émissions de CO_2. Elles entraînent également une fragmentation des écosystèmes, réduisant la continuité des milieux naturels.

Dans ce contexte, l'étude d'impact environnemental et social est un outil essentiel. Elle permet, d'évaluer et de quantifier les effets d'un projet sur son environnement, qu'ils soient directs ou indirects, à court, moyen ou long terme. Elle vise également à définir les mesures appropriées permettant de limiter, voire compenser, les effets négatifs. Ses principaux objectifs sont :

- Intégrer les contraintes et les potentialités environnementales dès la phase de conception de la nouvelle infrastructure.
- Évaluer l'ampleur des impacts potentiels du projet sur les milieux physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage.
- Formuler des mesures d'atténuation adaptées, favorisant une meilleure insertion du projet dans son environnement.
- Proposer des actions correctives et compensatoires destinées à réduire les impacts résiduels nuisibles du projet.

XII.1. Cadre juridique

Pour garantir une approche durable, le projet doit se conformer à la législation environnementale algérienne. L'Algérie affiche un engagement fort en faveur de la protection de l'environnement à travers un cadre juridique rigoureux, visant à préserver les ressources naturelles, limiter les impacts négatifs des projets de développement et promouvoir un aménagement durable et équilibré du territoire.

Voici quelques textes clés à prendre en compte :

Tableau XII-1:Quelques références légales et réglementaires

Domaine	Références légales et réglementaires
Protection de L'environnement et développement durable	Loi nº 03-10 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. - Loi n° 01-20 du 12 Décembre 2001 relative à l'aménagement et au développement durable du territoire.
Étude d'impact sur l'environnement	Décret exécutif n° 90-78 du 27 février 1990 relatif aux études d'impact sur l'environnement.

	- Décret exécutif n° 07-145 du 19 mai 2007 déterminant le champ d'application. Le contenu et les modalités d'approbation des études et notices d'impact sur l'environnement.
Faune et flore	Ordonnance n° 06-05 du 15 juillet 2006 relative à la protection et à la préservation de certaines espèces animales menacées de disparition. - Décret exécutif n° 12-235 du 24 mai 2012 fixant la liste des espèces animales non domestiques protégées.
Patrimoine culturel et sites archéologiques	- Loi n°98-04 du 15 juin 1998 relative à la protection du patrimoine culturel.

XII.2. Description du Site

Le tracé étudié traverse une région au relief montagneux, avec des versants escarpés et une végétation dense par endroits, notamment à proximité des zones forestières. Ces contraintes topographiques justifient la conception d'un tunnel pour assurer la continuité du projet.

La zone comprend également des terrains agricoles (oliviers, cultures maraîchères) et de petits noyaux d'habitat rural dispersé. Toute emprise sur ces espaces nécessitera des mesures de compensation appropriées.

Enfin, plusieurs oueds temporaires traversent le tracé, exposant le site à des risques d'inondation en saison pluvieuse. Des ouvrages hydrauliques adaptés seront donc nécessaires pour sécuriser l'infrastructure.

XII.3. Analyse de l'état initial de la zone du projet

XII.3.1. Situation géographique et administrative de la wilaya de Tizi-Ouzou

La wilaya de Tizi Ouzou s'étend sur une superficie d'environ 3 568 km².La Wilaya est située sur le littoral Centre-Est du pays et dispose d'une façade maritime de 85 km. Elle est limitée par:

- La mer Méditerranée au Nord ;
- La Wilaya de Bouira au Sud ;
- La Wilaya de Boumerdes à l'Ouest ;
- la Wilaya de Bejaia à l'Est

Le Chef-lieu de la Wilaya est situé à 110 km de la capitale, Alger.

Localisée dans la vallée de l'oued Sebaou, la région bénéficie d'un climat méditerranéen, caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides.

Tableau XII-2:Le Réseau Routier de Tizi-Ouzou

Désignation	Longueur en (km)
Routes Nationales	605
Chemins de wilaya	652
Chemins communaux	3548

Tableau XII-3:Situation administrative de la wilaya de Tizi-Ouzou

Aspect	**Détails**
Population	1 198 561 habitants
Densité	405 habitants par Km².
Communes	67 communes
Daïras	21 daïras

XII.4. Ressources physiques biologiques et humaines de la région d'étude

La région de Tizi-Ouzou offre une multitude de richesses naturelles et humaines, ainsi qu'un potentiel économique et touristique remarquable. Voici un aperçu des caractéristiques de cette région, allant de sa géologie à ses activités économiques et touristiques.

Tableau XII-4:Ressources physiques biologiques et humaines de la zone d' étude

Ressource	**Type**	**Description**
Physique	**Relief**	- Région montagneuse appartenant à la chaîne de Kabylie (partie de l'Atlas tellien). - Présence de massifs montagneux comme le Djurdjura, avec des altitudes importantes, des pentes abruptes, et des vallées encaissées.
	Climat	- Climat méditerranéen : hivers doux et humides, étés chauds et secs. - Précipitations abondantes en hiver, favorables à l'agriculture.
	Géologie / Hydrogéologie	- Formations géologiques diverses (calcaires, marnes, schistes). - Zone de sismicité moyenne à modérée (Zone 2).

	Réseau hydrographique	- Eaux superficielles abondantes : présence d'oueds (Oued Sebaou, Oued Aïssi). - Eaux souterraines : nappes phréatiques utilisées pour l'irrigation et l'eau potable.
Biologique	**Flore**	- Végétation méditerranéenne riche : maquis, forêts de chênes-lièges, pins, oliviers. - Présence d'espèces endémiques dans les zones montagneuses du Djurdjura.
	Faune	- Faune variée : sangliers, chacals, hérissons, lièvres. - Oiseaux typiques : cigognes, buses, faucons, chouettes, perdrix, etc. -Le parc national du Djurdjura abrite des espèces protégées comme le macaque berbère.
Humaine	**Activités économiques**	- Agriculture : cultures maraîchères, oléiculture (huile d'olive réputée), arboriculture (figues, cerises). - Élevage modéré (volaille, caprins). - Artisanat et petites industries locales (tapis, poterie, vêtements traditionnels).
	Les infrastructures de base existantes	- Réseau routier dense reliant les communes entre elles et aux wilayas voisines. - Pas d'aéroport, mais proximité avec celui d'Alger. - Réseau ferroviaire : ligne vers Alger via Oued Aïssi.
	L'industrie	- Industries agroalimentaires (transformation de l'huile d'olive, laiteries). - Activités artisanales et TPE locales. - Zones d'activités industrielles en développement.
	Tourisme	- Tourisme de montagne et écotourisme (Parc National du Djurdjura). - Sites culturels : villages kabyles, architecture traditionnelle, artisanat. - Fort potentiel touristique lié à la nature, à la culture et à la gastronomie.

XII.5. L'impact du projet

XII.5.1. Les impacts positifs

La réalisation d'une infrastructure routière ne se limite pas à l'amélioration du trafic ; elle constitue un véritable moteur de développement territorial. Ses effets se font ressentir dans plusieurs secteurs clés, tels que la sécurité routière, l'économie locale, le tourisme, l'emploi et la connectivité régionale. Le tableau suivant présente de manière synthétique les principaux impacts positifs de notre projet, accompagnés d'exemples concrets observables sur le terrain :

Tableau XII-5: Les impacts positifs de projet sur l'environnement

Domaine concerné	Impact positif	Exemples concrets
Sécurité routière	Réduction des accidents	Désengorgement de la RN12, amélioration des conditions de circulation
Économie locale	Dynamisation des échanges	Facilite l'acheminement des marchandises et l'accès aux marchés
Tourisme	Valorisation des sites touristiques	Accès facilité à Tikjda, au parc du Djurdjura, aux villages berbères
Emploi	Création d'emplois directs et indirects	Recrutement pour les travaux de construction et les services associés
Connectivité	Meilleure liaison avec d'autres wilayas	Connexion rapide à Boumerdès et Alger via l'autoroute Est-Ouest

XII.5.2. Les impacts négatifs et les solutions d'atténuation envisagées

Bien que la réalisation de la nouvelle pénétrante de Tizi-Ouzou soit porteuse de retombées positives, elle engendre également des impacts négatifs sur les milieux physiques, naturel et humain.

Catégorie d'impact	Impact négatif	Mesures d'atténuation proposées
Eaux superficielles	- Pollution par ruissellement des hydrocarbures et des matériaux de chantier	- Étanchéité des fossés
Eaux souterraines	- Contamination des nappes phréatiques - Modification du régime d'écoulement	- Étanchéité de la plate-forme - Construction de bassins de traitement des eaux de chaussée

Air	- Pollution atmosphérique - Envol de poussières	- Éviter les opérations de chargement/déchargement par vent fort - Arrosage régulier des pistes en temps sec
Faune et flore	- Destruction des habitats naturels - Fragmentation écologique - Risque d'incendie	- Planification du chantier selon le cycle des espèces sensibles - Limitation des surfaces occupées - Végétation des talus - Prévention des incendies forestiers
Paysage	- Dégradation de l'aspect visuel - Intégration d'éléments artificiels (chaussée, signalisation)	- Plantation d'arbres et végétaux - Aménagement paysager esthétique autour de la route
Cadre humain – Destruction	- Déplacement de populations - Démolition d'habitations ou propriétés privées	- Éviter le tracé à travers des propriétés privées
Cadre humain – Bruit	- Nuisances sonores pour les riverains - Troubles du sommeil, stress, perte d'audition	- Localiser le chantier loin des habitations - Interdiction de travaux la nuit et jours fériés - Réduction de vitesse - Buttes de terre / murs antibruit - Isolation phonique des bâtiments

Conclusion

L'étude d'impact a permis d'identifier les enjeux environnementaux majeurs liés au projet. Si la nouvelle pénétrante apportera des bénéfices notables (mobilité, développement local), elle présente aussi des risques pour les milieux naturels et humains.

Des mesures de prévention, d'atténuation et de compensation ont été proposées pour limiter ces effets. Intégrer ces mesures dès la conception est essentiel pour assurer un projet durable, équilibré et respectueux de son environnement.

Chapitre XIII :

Devis estimatif et quantitatif

CHAPITRE XIII: DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)
Logistique du chantier				
Installation et repliement du chantier	**Forfait (3%)**	1		456 021 043
Total partiel 1				**456 021 043**
Terrassement				
Décapage de terre végétale	**m²**	26183	150,00	3 927 450
Quantité de remblais	**m³**	1805235,7	200,00	361 047 140
Quantité de Déblais	**m³**	2485119,5	800,00	1 988 095 600
Total partiel 2				**2 353 070 190**
Chaussée				
EME2 BASE	**T**	24613,4	8 500,00	209 214 155
BBMA	**T**	8949,5	9 500,00	85 020 250
BBME	**T**	13458,0	9 000,00	121 122 000
BETON	**m³**	802,8	15 000,00	12 042 000
EME2 FOND	**m³**	11426,2	8 500,00	97 122 700
GNT_0_315	**m³**	2268,8	3 000,00	6 806 400
GNT_0_40	**m³**	52339,4	3 000,00	157 018 200
Total partiel 3				**688 345 705**
Ouvrage d'art				
Viaducs	**m²**	139725	350 000,00	48 903 750 000
Tunnel	**ml**	1250	1 200 000,00	1 500 000 000
Total partiel 4				**50 403 750 000**
Drainage et assainissement				
Dalots en béton armé (2x2), (2x2), (1,5x1,5), (1,5x1,5),(2x2),(1,5x1,5),(2x2),(2x2)	**m³**	1070	45 000,00	48 150 000
Buses en béton arme diamètre (1500)	**ml**	240	50 000,00	12 000 000
Fossé en béton armé	**ml**	5482	7 300,00	40 018 600
Total partiel 5				**100 168 600**
Signalisation				
Signalisation et équipement routier	**Forfait (5%)**			2 365 775 349
Total partiel 6				**2 365 775 349**
Environnement et paysage				
Impact sur l'environnement	**Forfait (1%)**			577 038 634
Total partiel 7				**577 038 634**
Contrôle				

Bureau d'étude et laboratoire	**Forfait (2%)**			889 443 924
Total partiel 8				**889 443 924**
Total brut				**57 833 613 445**
T.V.A 19%				**10 988 386 555**
Total général TTC				**68 822 000 000**

Montant total en TTC (en lettres) :

Soixante-huit milliards huit cent vingt-deux millions de dinars toutes taxes comprises.

Chapitre XIV :

Planification du projet

CHAPITRE XIV: PLANIFICATION DU PROJET

Introduction

La planification d'un projet de construction est une étape essentielle qui consiste à organiser, préparer et coordonner l'ensemble des activités nécessaires à la réalisation des travaux, depuis la phase de préparation jusqu'à la livraison finale. Elle permet d'établir un programme d'avancement précis, en fixant les quantités à réaliser dans le temps et en définissant les dates de début et de fin de chaque tâche.

Représentée souvent sous forme de diagrammes ou plannings, la planification facilite la prise de décision, le suivi de l'avancement et la communication entre les intervenants. Elle joue également un rôle fondamental dans l'organisation du chantier, en assurant une exécution harmonieuse, efficace et maîtrisée du projet.

Un bon suivi de cette planification permet de comparer le prévu au réalisé, d'identifier les retards, les surcoûts, les difficultés, et d'adapter les ressources en conséquence, ce qui optimise les chances de réussite du projet.

XIV.1. Objectifs de la planification

La planification d'un projet de construction vise à garantir une organisation optimale des travaux tout en respectant les contraintes de délai, de coût et de qualité. Ses principaux objectifs sont les suivants :

- Elle permet de découper le projet en tâches et sous-tâches, en identifiant leur enchaînement logique, afin de mieux organiser les différentes étapes de réalisation.
- La planification permet de fixer les dates de début et de fin de chaque activité. Elle aide à identifier le chemin critique du projet, c'est-à-dire les tâches qui conditionnent sa durée totale.
- Elle facilite la répartition rationnelle des moyens humains, matériels et financiers, évitant les périodes d'inactivité ou de surcharge.
- Elle permet de comparer l'avancement réel avec le planning prévu, d'identifier les écarts (retards, surcoûts), et de réagir rapidement en adaptant les ressources ou les séquences de travail.
- Améliorer la qualité et la productivité grâce à une meilleure organisation du travail, à la réduction des erreurs et à une exécution plus maîtrisée.

XIV.2. Le diagramme de Gantt

Le diagramme de Gantt est un outil graphique de planification qui permet de représenter visuellement l'ensemble des tâches d'un projet sur une échelle de temps. Il prend la forme d'un tableau horizontal dans lequel :

- Les tâches sont listées verticalement (à gauche),
- Les barres horizontales indiquent la durée de chaque tâche,
- L'échelle de temps (jours, semaines, mois) est affichée en haut.

XIV.2.1. Utilité du diagramme de Gantt

- Visualiser le déroulement chronologique des tâches.
- Identifier les dates de début et de fin de chaque activité.
- Détecter les chevauchements ou les liaisons entre tâches.
- Mettre en évidence le chemin critique du projet.
- Suivre l'avancement du chantier en comparant le prévu et le réalisé.

XIV.2.2. Outil utilisé : « Microsoft Project »

Pour la planification de notre projet, nous avons utilisé Microsoft Project, un logiciel de gestion de projet largement reconnu dans les domaines de l'ingénierie.

Ce logiciel permet de :

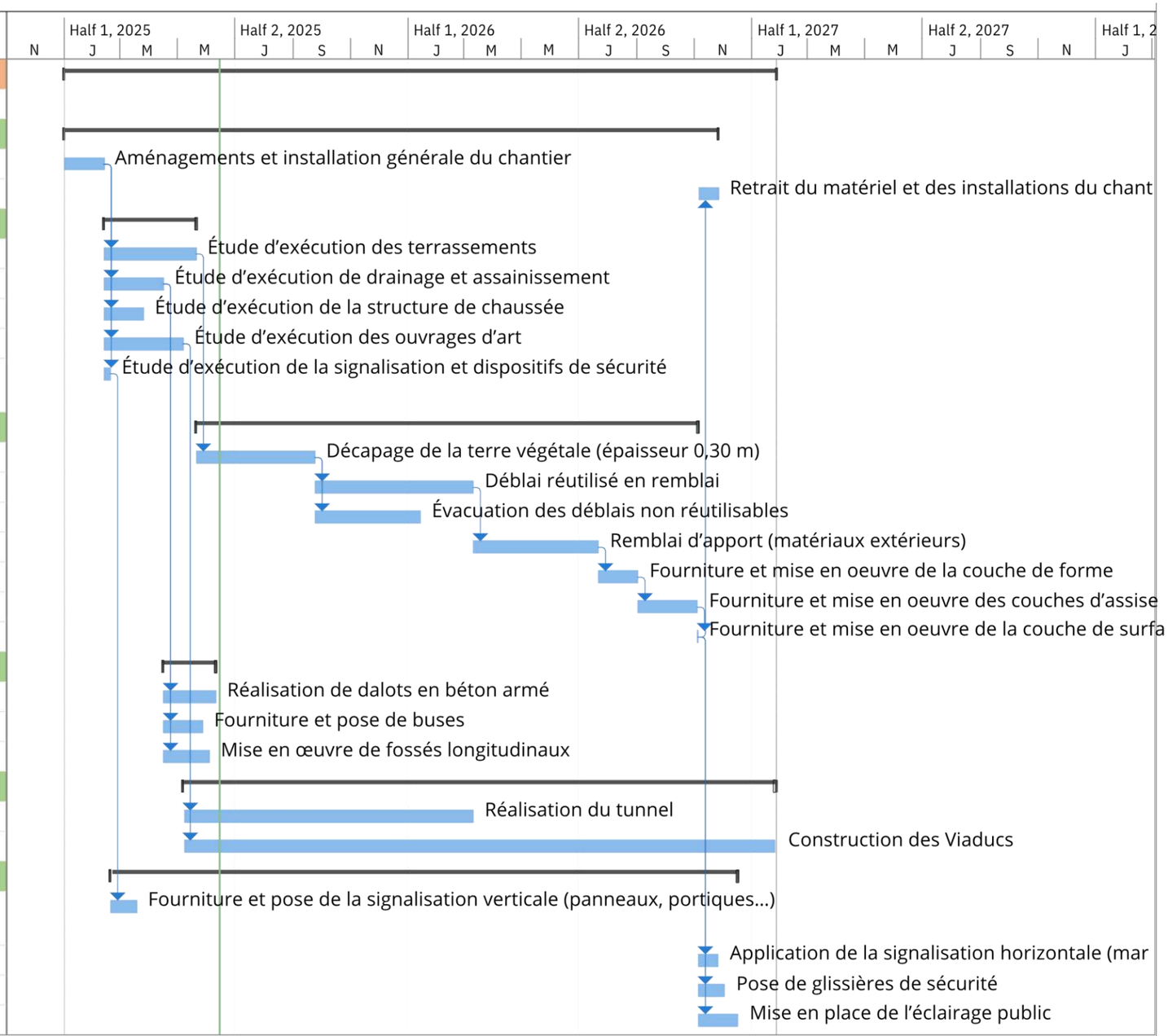
- Créer une structure de découpage du projet WBS (Work Breakdown Structure) avec des tâches et sous-tâches.
- Définir les durées, les dépendances et les contraintes entre les activités.
- Visualiser l'ensemble du projet sous forme de diagramme de Gantt.
- Suivre l'avancement réel par rapport au planning prévu.
- Gérer les ressources (main-d'œuvre, matériel, etc.).
- Identifier automatiquement le chemin critique du projet.

Grâce à ses fonctionnalités puissantes et son interface graphique intuitive, MS Project constitue un outil efficace pour organiser, contrôler et optimiser la réalisation du projet de manière professionnelle.

XIV.3. Résumé de notre projet

Dans le cadre de ce projet, nous avons élaboré un diagramme de Gantt à l'aide du logiciel Microsoft Project, après avoir intégré l'ensemble des données du projet.
Le délai global d'exécution du projet a été estimé à 540 jours, répartis entre les différentes phases selon le tableau suivant :

Task Name	Duration	Start
Planning pénétrante Tizi-Ouzou	540 days?	Wed 01/01/25
ODS		
Installation de chantier:	496 days	Wed 01/01/25
Aménagements et installation générale du chantier	30 days	Wed 01/01/25
Retrait du matériel et des installations du chantier	15 days	Thu 05/11/26
Étude d'exécution:	70 days	Wed 12/02/25
Étude d'exécution des terrassements	70 days	Wed 12/02/25
Étude d'exécution de drainage et assainissement	45 days	Wed 12/02/25
Étude d'exécution de la structure de chaussée	30 days	Wed 12/02/25
Étude d'exécution des ouvrages d'art	60 days	Wed 12/02/25
Étude d'exécution de la signalisation et dispositifs de sécurité	5 days	Wed 12/02/25
Terrassements	381 days?	Wed 21/05/25
Décapage de la terre végétale (épaisseur 0,30 m)	90 days?	Wed 21/05/25
Déblai réutilisé en remblai	120 days?	Wed 24/09/25
Évacuation des déblais non réutilisables	80 days?	Wed 24/09/25
Remblai d'apport (matériaux extérieurs)	95 days?	Wed 11/03/26
Fourniture et mise en oeuvre de la couche de forme	30 days?	Wed 22/07/26
Fourniture et mise en oeuvre des couches d'assise	45 days?	Wed 02/09/26
Fourniture et mise en oeuvre de la couche de surface	1 day? 40 days?	Wed 04/11/26
Assainissement et drainage:		Wed 16/04/25
Réalisation de dalots en béton armé	40 days	Wed 16/04/25
Fourniture et pose de buses	30 days	Wed 16/04/25
Mise en œuvre de fossés longitudinaux	35 days?	Wed 16/04/25
Réalisation des ouvrages d'art:	450 days?	Wed 07/05/25
Réalisation du tunnel	220 days?	Wed 07/05/25
Construction des Viaducs	450 days?	Wed 07/05/25
Installation des équipements de la route:	476 days?	Wed 19/02/25
Fourniture et pose de la signalisation verticale (panneaux, portiques...)	20 days?	Wed 19/02/25
Application de la signalisation horizontale (marquage au s	15 days?	Thu 05/11/26
Pose de glissières de sécurité	20 days?	Thu 05/11/26
Mise en place de l'éclairage public	30 days?	Thu 05/11/26



Project: PFE Pénétrante Tizi-Ou
Date: Sun 15/06/25

Task | Split | Mile st one | Summary | Project Summary | Inactive Task | Inactive Milestone | Inactive Summary | Manual Task | Duration-only | Manual Summary Rollup | Manual Summary | S tart -only | Finish-only | External Tasks | External Milestone | Deadline | rogress | Progress | Manual

ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works exploration

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 E-mail: enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Étude et conception d'un tronçon autoroutier dans la pénétrante de Tizi Ouzou, y compris l'étude et la conception géométrique d'un tunnel PK 13 au PK23	Younes ZERROUKI et Baya AMANI	A.Goumettre et M.Taki	1:1	Planification du projet avec logiciel MS Project	2024/2025

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE :

Le présent projet de fin d'études a porté sur l'étude et la conception d'un tronçon autoroutier de 10 km, situé dans la pénétrante de Tizi Ouzou, entre le PK 13+000 et le PK 23+000. Ce tronçon, classé L2 – relief difficile selon les normes de l'ICTAAL, traverse une région montagneuse marquée par un terrain géologique fortement accidenté, nécessitant des solutions techniques complexes et adaptées.

L'infrastructure projetée est une autoroute à 2×3 voies de 3,5 m de largeur par voie, avec un terre-plein central (TPC) de 1,5 m. Compte tenu des contraintes topographiques, la conception a intégré 8 viaducs et un tunnel bitube de 625 m de longueur, chaque tube étant dimensionné pour un gabarit de 5 m, afin d'assurer la fluidité, la sécurité et la durabilité du trafic autoroutier.

Les études menées ont couvert les volets géométrique, géotechnique et hydraulique, permettant d'aboutir à un tracé optimisé, sécurisé et conforme aux exigences normatives en vigueur. Pour appuyer cette démarche, des outils professionnels tels que Covadis 17.0 pour la conception géométrique, Slide pour la stabilité des talus, et Global Mapper pour l'analyse topographique et la modélisation du terrain, ont été mobilisés efficacement.

Ce travail nous a permis de confronter la théorie à la réalité du terrain, de renforcer nos compétences en conception routière et en gestion de projets d'infrastructure complexes. Il s'inscrit pleinement dans les efforts nationaux de modernisation du réseau autoroutier, en apportant une solution performante et durable pour améliorer la mobilité dans la région de Tizi Ouzou.

Bibliographie :

[1] ICTAAL (2015). Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison. Ministère des Travaux Publics, Algérie.
[2] Goumettre, A. Manuel de projet de route. Éd. Techniques Routières, Alger.
[3] COSIDER. Rapport de l'étude géotechnique et géologique. Projet autoroutier, données internes.
[4] COSIDER. Rapport d'assainissement et de drainage. Projet autoroutier, données internes.
[5] CTTP (Centre Technique des Travaux Publics). Guide technique de conception et de dimensionnement des structures de chaussée. Alger, édition nationale.
[6] Ministère des Travaux Publics. Guide de la signalisation horizontale et verticale. Direction de la Voirie et de la Signalisation, Alger.
[7] ENSTP. Cours d'assainissement urbain et routier. 4e année Génie Civil, Alger.
[8] SETRA. Guide technique d'assainissement routier. Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes, Octobre 2006.
[9] CETU. Guide technique des tunnels. Centre d'Études des Tunnels, France.
[10] CETU. Guide environnement des tunnels. Centre d'Études des Tunnels, France.
[11] ENSTP. Cours de routes. Département Génie Civil, Alger.
[12] CTTP. Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves. Direction Technique, Alger.
[13] ENSTP. Cours d'hydraulique générale et routière. 4e année, Alger.
[14] ENSTP. Cours de tunnel. 5e année Génie Civil, Alger.
[15] ENSTP. Thèses de fin d'étude antérieures. Mémoire PFE, archives de l'École.
[16] Ministère des Travaux Publics. Manuel de projet de route. Édition nationale.
[17] Ornikar. Articles de vulgarisation sur la sécurité routière et la signalisation. www.ornikar.com
[18] SETRA. Documents techniques routiers. www.setra.fr

Annexe A : chapitre étude de trafic

- l'environnement de la route :

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

- Projection future du trafic :

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

où :

- **$TJMA_h$** : Trafic journalier moyen annuel à l'année d'horizon (année de mise en service) ;
- **$TJMA_0$** : Trafic journalier moyen annuel à l'année de référence ;
- **τ** : Taux d'accroissement annuel du trafic (%) ;
- **n** : Nombre d'années entre l'année de référence et l'année d'horizon ;

- Calcul du trafic effectif :

$$T_{eff} = [(1-Z) + p \cdot z] \cdot TJMA_h$$

où :

- **T_{eff}** : Trafic effectif à l'année d'horizon (exprimé en UVP) ;
- **Z** : Pourcentage de poids lourds dans le trafic total ;
- **P** : Coefficient d'équivalence des poids lourds en UVP ;

Tableau 0-1:Coefficient d'équivalence (P)

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

- Débit de pointe horaire normale :

La formule qui donne le débit de pointe horaire normale est :

$$Q = \frac{1}{n} \cdot T_{eff}$$

- Q = débit de point horaire ;
- n = nombre d'heure (en générale heure = 8 heure) ;
- T_{eff} = trafic effectif ;

➢ Débit horaire admissible

Le débit horaire maximal est : $Q_{adm} = k_1 K_2 C_{th}$

Avec :

Tableau 0-2:Coefficient K1

Environnement	E1	E2	E3
Valeur de K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau 0-3:Coefficient K2

	Catégorie de la route				
Environnement	*C1*	*C2*	*C3*	*C4*	*C5*
E1	*1.00*	*1.00*	*1.00*	*1.00*	*1.00*
E2	*0.99*	*0.99*	*0.99*	*0.98*	*0.98*
E3	*0.91*	*0.95*	*0.97*	*0.96*	*0.96*

Tableau 0-4:Valeur de la capacité théorique

	Capacité de la route
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

➢ Calcul de nombre de voie :

Le nombre de voies par chaussée est le nombre le plus proche de rapport :

$$S.\frac{Q}{Q_{adm}}$$

Avec :

- Q_{adm} : débit admissible par voie ;
- S : coefficient de dissymétrie, en général égale à 2/3 ;

Annexe B : Etude géotechnique et géologique :

➢ Sondages pour terrassement réalisés au niveau de ce tronçon :

39 Sondages carottés ont été exécutés au niveau de ce tronçon avec le but de réaliser la conception du terrassement.

Sondage	PK	X	Y	Ouvrage
SC-77	13+358	581850	4060506	Remblai
SC-78	13+600	581652	4060366	Route
SC-27	15+117	581030	4059055	Déblai
SC-70	15+392	581049	4058768	Déblai
SC-FG-09	15+660	581107	4058203	Déblai
SC-151	15+795	581100	4058360	Déblai
SC-FG-08	15+800	581119	4058360	Déblai
SC-FG-10	16+143	581173	4058044	Déblai
SC-152	16+148	581160	4058040	Déblai
SC-153	16+393	581305	4057800	Remblai
SC-FG-11	16+564	581132	4057633	Déblai
SC-FG-12	16+580	581229	4057514	Déblai
SC-79	17+199	581092	4057025	Déblai
SC-FG-14	17+800	580670	4056576	Déblai
SC-FG-13	18+000	581016	4057073	Déblai
SC-FG-15	18+661	580025	4056108	Déblai
SC-FG-16	18+661	580063	4056036	Déblai
SC-64	19+492	579215	4055872	*
SC-99	19+586	579197	4055697	Déblai
SC-101	19+588	579197	4055729	Déblai

Sondage	PK	X	Y	Ouvrage
SC-100	19+598	579199	4055777	Déblai
SC-102	20+373	578478	4055356	Déblai
SC-103	20+392	578559	4055274	Route
SC-104	20+857	578506	4054859	Déblai
SC-105	20+857	578436	4054885	Déblai
SC-110	21+878			Déblai
SC-112	21+937	577650	4054201	Déblai
SC-111	21+938	577687	4054161	Déblai
SC-155	21+988	577705	4054080	Remblai
SC-60	21+991	577651	4054124	Remblai
SC-113	22+177	577563	4053959	Déblai
SC-114	22+177	577511	4053993	Déblai
SC-156	22+288	577520	4053854	Remblai
SC-157	22+486	577428	4053679	Remblai
SC-158	22+658	577222	4053604	Déblai
SC-59	22+660	577257	4053605	Déblai
SC-117	23+117	577168	4053114	Déblai
SC-39	23+306	577247	4052938	Route
SC-119	23+380	577248	4052863	Route

- Résultats des campagnes géotechniques :

Résultats des essais de laboratoire :

- Essais physiques :

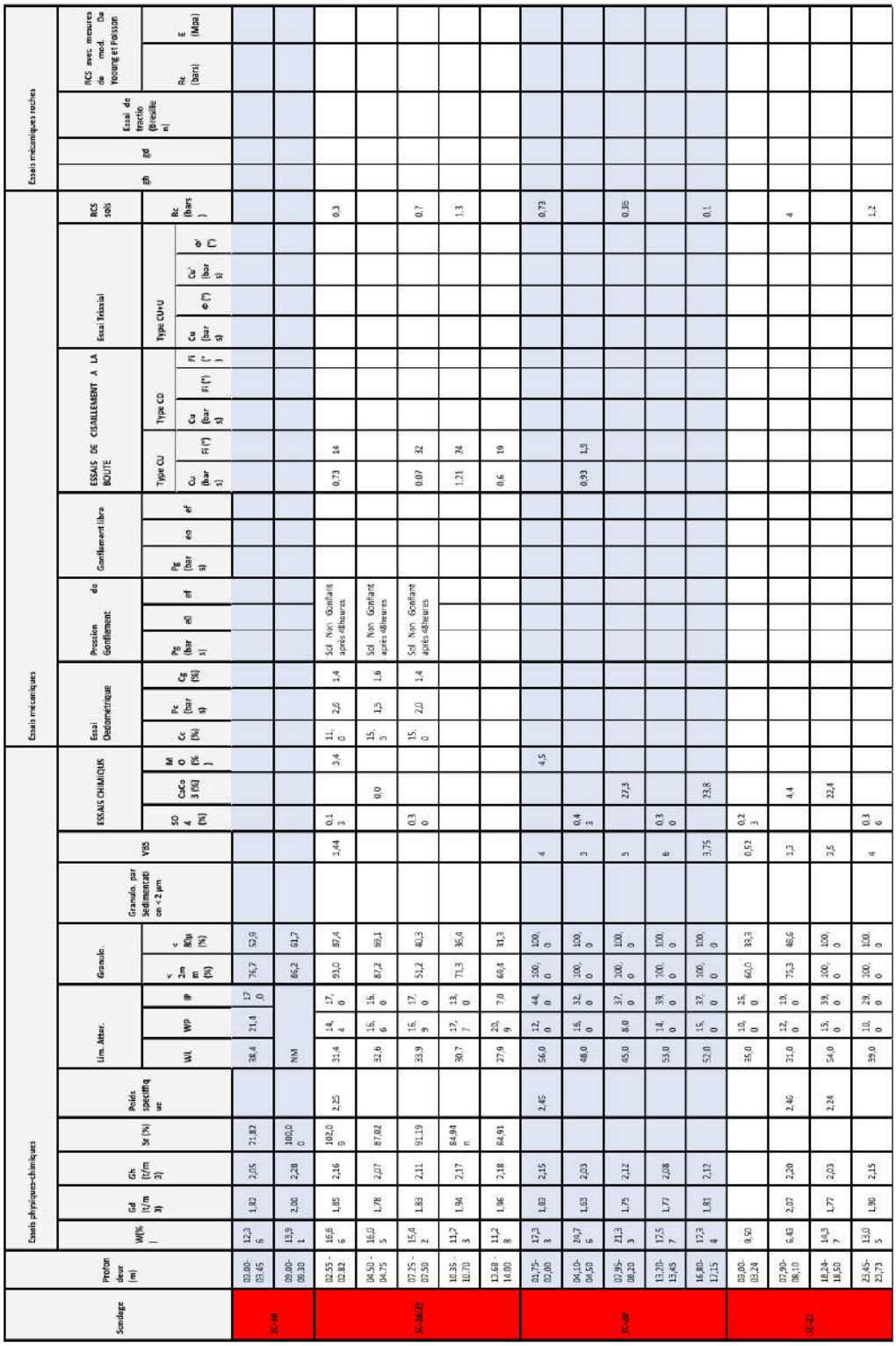
Sondage	Profondeur (m)	Unité	W (%)	Sr (%))	γh (t/m3)	γd (t/m3)
SC-77	2-2,3	T1Malt	14,16	2,61	2,29	
	6,5-7	T1M	12,61	2,64	2,34	
	8,4-8,7	T1M	15,46	2,41	2,08	
	13,1-13,4	T1M	19,12	2,36	1,98	
	15,3-15,6	T1M	21,46	2,25	1,85	
	18-18,3	T1M	20,48		2,41	2
SC-78	2,3-2,9	T1Malt	12,4		2,3	2,58
	5-5,5	T1M	10,82		2,3	2,55
	08-sept	T1M	1,18		2,22	2,47
	11,1-12	T1M	10,75		1,93	2,14
	14,3-14,7	T1M	11,25		1,93	2,14
SC-20	1,75-2	T1Malt	17,33		2,15	1,83
	4,1-4,5	T1Malt	24,76		2,03	1,63
	7,95-8,2	T1M	21,33		2,12	1,75
	13,2-13,45	T1M	17,57		2,08	1,77
	16,8-17,15	T1M	17,34		2,12	1,81
SC-21	3-3,24	QA	9,5			
	7,9-8,1	T1G	6,43		2,07	2,2
	18,24-18,5	T1Malt	14,37		1,77	2,03
	23,45-23,73	T1M	13,05		1,9	2,15
SC-23	3-3,45	T1M	17,23	100	1,94	2,27
	12-12,37	T1M	14,17	82,34	1,82	2,08
	18-18,19	T1M	7,93	57,42	1,94	2,09
	19,35-19,6	T1M	12,42	70,92	1,81	2,03
SC-24	3,8-4,03	T1Malt	18,96	1,75	2,08	97,7
	9-9,45	T1Malt	16,92	1,79	2,09	93,33
	11,1-11,4	T1M	19,82	1,69	2,03	92,46
	14,5-14,95	T1M	18,51	1,74	2,06	93,79
SC-26	3,15-3,5	QCE	13,07			
SC-27	3-3,45	QCE	11,61			
	3,6-4	T1G			2,35	
	7,9-8,3	T1G			2,43	
	11,7-12,1	T1G			2,37	
	15,1-15,44	T1G	9,24			
SC-70	5,7-6	T1G	2,69	68,43	2,46	2,4
	9-9,3	T1G	5,67	56,08	2,21	2,09
	15,3-15,8	T1G	8,74	65,79	2,13	1,96
	25-25,35	T1G	0,03			

SC-FG-09	21,4-21,8	GNb			2,82	
	25,55-25,9	GNb			2,82	
SC-151	14,3-14,45	SCHb	0,87	12,6	2,26	2,24
SC-FG-08	19,5-19,8	SCHb			2,75	
	21-21,3	SCHb			2,79	
	35,5-35,7	SCHb			2,69	
	37,55-37,8	SCHb			2,62	
SC-FG-10	1,8-2,03	SCHb	11,7		2,12	1,9
	3,7-3,91	SCHb	17,5	102	2,17	1,84
	6,5-6,87	SCHb	18,6	107	2,18	1,84
	36,58-36,92	SCHb	8,9	93	2,34	2,15
	42,7-42,9	SCHb			2,55	
SC-152	6,5-7	PR-C			2,7	
	7-7,35	PR-C			2,69	
	13-14	SCHb	0,99	40,83	2,51	2,49
SC-153	4,4-4,5	SCHa	18,85	82,42	1,97	1,65
	8,5-8,8	SCHa	13,56	91,03	2,16	1,9
	13,2-13,55	SCHa	18,34	97,75	2,09	1,77
SC-FG-11	0,3-0,7	PRC			2,72	
	7,8-8,1	PRC			2,72	
SC-FG-11	11,6-12	PRC			2,7	
SC-FG-12	8,8-9	PRC			2,2	
	10,5-10,8	PRC			2,29	
	11,2-11,8	PRC			2,35	
	19,1-19,4	PRC			2,1	
	20-20,3	PRC			2,38	
SC-79	21,9-22,4	GNb			2,72	
	25,6-25,8	GNb			2,76	
	28,4-28,6	GNb			2,64	
	31,6-32	GNb			2,73	
	37-37,3	GNb			2,84	
	38,5-38,9	GNb			2,72	
SC-FG-14	1,4-1,5	GNs	11,6	85	2,2	
	1,9-2,1	GNs				
	2,3-2,6	GNs			2,63	
	4-4,6	GN			2,71	
	8-8,6	GN			2,82	
	12-12,5	GN			2,68	
	29-29,3	GN			2,71	
SC-FG-13	5,8-6	GNb			2	
	12,65-12,8	GNb			2,68	
	17,5-17,8	GN			2,58	
	21,5-21,85	GN			2,69	

SC-32	3-3,45	SCHa	1,13			
SC-32	6-6,45	SCHa	14,16			
	9-9,45	SCHa	14,46			
	11,8-12,25	SCHa	16,36			
SC-35	0,8-1,1	GNb	15,57	82,99	2,04	1,77
	3-3,45	GNb				
	10,2-10,4	GNb	16,18	100	2,16	1,86
SC-109	27,05-27,3	GNb			2,46	
	28,4-28,7	GNb			2,47	
SC-111	-	GNs	18,9	19,2	2,41	
SC-156	15,2-14,45	SCHb			2,72	
	18,5-18,7	SCHb			2,75	
SC-157	9,2-9,5	SCH			2,64	
	15,5-15,7	SCH				
	19,7-20	SCH			2,51	
SC-39	3-3,45	SCHa	6,72	55,93	2,15	2,01
	9-9,45	SCHa	15,52	100	2,17	1,88
SC-119	3-3,45	SCHa				
	4,5-4,8	SCHa				
	6-6,45	SCHa				
SC-118	7,3-7,6	SCHa			2,01	
	11,95-12,1	SCHa	9,98	39,05	1,74	1,58
	24,5-25	PRC			2,61	
SC-121	13,85-14,03	PRC				
	16,3-16,5	PRC				
SC-121	21,25-21,45	SCHb			2,54	
	26,95-27,12	PRC				
	30,4-30,7	PRC			2,82	
	33,1-33,25	PRC			2,85	
SC-40	3-3,45	SCHa	11,38			
	8,95-9,4	SCHa	9,58			
	14,9-15,35	SCHa	8,89			
SC-41	3-3,45	SCHa	17,47			
	6-6,45	SCHa	11,67			
	12-12,45	SCHa	8,93			
	15,5-15,8	SCHa	9,97			
SC-122	3,35-3,45	PRC			2,69	
	6,2-6,48	PRC			2,67	
	8,6-8,78	PRC			2,7	
	16-16,35	PRC			2,66	
	28,6-29,2	PRC			2,73	
SC-124	18-18,6	SCHb			2,48	
	23,8-24,4	SCHb			2,58	

SC-42	11,45-11,7	PRC	11,18	80,95	2,16	1,94
SC-44	2,5-2,7	SCHa	16,68	98,65	2,13	1,83
	6-6,25	SCHa	11,37			
	12,5-12,75	SCHa	15,37	94,19	2,14	1,85
SC-45	5,55-6	SCHa	12,4			
	9-9,45	SCHa	12,1			
SC-45	15-15,45	SCHa	17,87			
SC-46	3-3,45	SCHa	16,32			
	9-9,45	SCHa	15,9			
	18-18,45	SCHa	10,99			
SC-50	3-3,45	SCHa	7,93			
SC-51	13,6-13,8	SCHb	2,61	100	2,68	2,61

Les résultats des Essais au laboratoire :



Sondage	Profondeur (m)	Essais physiques-chimiques													Essais mécaniques																		Essais mécaniques roches				
		W(%)	Gd (t/m3)	Gh (t/m3)	Sr (%)	Poids specifique	Lim. Atter.			Granulo.		Granulo. par Sedimentation < 2 µm	VBS	ESSAIS CHIMIQUS			Essai Oedométrique			Pression de Gonflement			Gonflement libre			ESSAIS DE CISAILLEMENT A LA BOUTE						Essai Triaxial				RCS sols	gh	gd	Essai de tractio (Bresilien)	RCS avec mesures de mod. De Yooung et Poisson	
							WL	WP	IP	< 2mm (%)	< 80µ (%)			SO4 (%)	CaCO3 (%)	MO (%)	Cc (%)	Pc (bars)	Cg (%)	Pg (bars)	e0	ef	Pg (bars)	eo	ef	Type CU		Type CD			Type CU+U				Rc (bars)				Rc (bars)	E (Mpa)
																										Cu (bars)	Fi (°)	Cu (bars)	Fi (°)	Fi (°)	Cu (bars)	Φ (°)	Cu' (bars)	Φ' (°)						
SC-23	03,00 - 03,45	17,23	1,94	2,27	100,00		N.M			84,0	28,7		0,69	0,23																									
	12,00 - 12,37	14,17	1,82	2,08	82,34		N.M			74,4	34,8		0,62	0,16																									
	18,00 - 18,19	7,93	1,94	2,09	57,42		N.M			77,9	37,0		0,98																									
	19,35 - 19,60	12,42	1,81	2,03	70,92	2,35	41,0	9,0	32,0	96,8	72,0		2,94	0,42		2,5												0,5	42,0									
SC-24	03,80 - 04,03	18,96	1,75	2,08	97,70	2,31	59,0	20,0	39,0	100,0	100,0	12,24	5	0,62		3,9				1,31	0,58	0,63						0,5	42,0									
	09,00- 09,45	16,92	1,79	2,09	93,33		57,0	17,0	40,0	100,0	100,0		5																									
	11,10 - 11,40	19,82	1,69	2,03	92,46	2,37	53,0	10,0	43,0	99,8	97,8	22,08	4,5	0,43		4,3				1,13	0,52	0,56						0,7	43,0									
	14,50 - 14,95	18,51	1,74	2,06	93,79		50,0	12,0	38,0	100,0	100,0		3,5	0,32																									
SC-26	03,15- 03,50	13,07								96,6	55,3			0,19																									
SC-27	03,00 - 03,45	11,61					N.M			99,6	52,9			0,34																									
	15,10 - 15,44	9,24					N.M			74,6	30,9																												
	03,60 - 04,00			2,35																																2,33		132,08	1300,21
	07,90 - 08,30			2,43																																2,41		220,79	1443,85
	11,70 - 12,10			2,37																																2,36		36,99	702,03
SC-32	3,00- 3,45	1,13					NM			65,8	3,0			1,74	4,4	3,8																						
	6,00- 6,45	14,16					33,0	23,0	10,0	97,3	50,7			1,63		2,3																								
	9,00- 9,45	14,46					NM			98,6	29,1			1,67																									

Sondage	Profondeur (m)	Essais physiques-chimiques														Essais mécaniques																				Essais mécaniques roches	
		W(%)	Gd (t/m3)	Gh (t/m3)	Sr (%)	Poids specifique	Lim.Atter.			Granulo.		Granulo. par Sedimentation < 2 µm	VBS	ESSAIS CHIMIQUES			Essai Oedométrique			Pression de Gonflement			Gonflement libre			ESSAIS DE CISAILLEMENT A LA BOUTE				Essai Triaxial				RCS sols			RCS avec mesures de mod. De Yooung et Poisson	
							WL	VBP	IP	< 2mm (%)	< 80µ (%)			SO4 (%)	CaCo3 (%)	MO (%)	Cc (%)	Pc (bars)	Cg (%)	Pg (bars)	e0	ef	Pg (bars)	e0	ef	Type CU			Type CD			Type CU+U				Rt (bars)	gh	gd	Essai de traction (Brésilien)	Rt (bars)	E (Mpa)
	11,80-12,25	16,36					NM			95,6	31,0			3,11												Cu (bars)	Fi (°)		Cu (bars)	Fi (°)	Fi (°)	Cu' (bars)	Φ' (°)						
SC-33	3,00-3,45	10,42					NM			92,5	30,4		0,46	0,19	1,8	0,7																						
	9,00-9,42	16,42					NM			99,9	43,4		0,25	0,21	0,9	0,5																						
SC-34	03,00 - 03,45	13,76					24,1	10,0	14,1	85,1	43,5		0,71	0,19	1,8	0,9																						
	05,50 - 05,75	10,15	2,02	2,22	86,24	2,65	21,9	9,0	13,9	76,5	43,5		0,45	0,12	3,5	2,7									0,1	42,9								0,6				
	08,30 - 08,60	9,48	2,01	2,20	78,90		25,7	18,0	7,7	94,2	71,9		1,94	0,20											0,1	34,3												
SC-35	00,80 - 01,10	15,57	1,77	2,04	82,99		30,0	12,0	18,0	89,8	51,5		1,21	0,21		1,1																						
	06,00 - 06,01																																					
	10,20 - 10,40	16,18	1,86	2,16	100,00	2,75	31,2	13,0	18,2	100,0	190,0		1	0,18											0,2	45,26												
SC-39	03,00 - 03,45	6,72	2,01	2,15	55,93		NM			96,3	76,2		1,23	0,22		2,5																						
	09,00 - 09,45	15,52	1,88	2,17	100,00		NM			78,3	33,5		0,32	0,34	12,3	1,1																						
	11,70 - 12,00																																				16,63	2231,85
SC-40	03,00 - 03,45	11,38					NM			96,8	67,15		1,24	0,21																								
	08,95 - 09,40	9,58					NM			93,3	48,07			0,27																								
	14,90 - 15,35	8,89					NM			94,9	64,24		2,46																								
SC-41	03,00 - 03,45	17,47					NM			83,6	49,39		0,92	0,86	1,8	2,3																						
	06,00 - 06,45	11,67					NM			89,7	61,62																											

Sondage	Profondeur (m)	Essais physiques-chimiques												Essais mécaniques																Essais mécaniques roches				
		W(%)	Gd (t/m3)	Gh (t/m3)	Sr (%)	Poids specifiq ue	Lim. Atter.			Granulo.		Granulo. par Sedimentation < 2 µm	VBS	ESSAIS CHIMIQUS			Essai Oedométrique			Pression de Gonflement			Gonflement libre			ESSAIS DE CISAILLEMENT A LA BOUTE				Essai Triaxial				RCS sols	gh	gd	Essai de tractio (Bresilien	RCS avec mesures de mod. De Yooung et Poisson	
																										Type CU		Type CD			Type CU+U								
							WL	WP	IP	< 2mm (%)	< 80µ (%)			SO4 (%)	CaCo3 (%)	MO (%)	Cc (%)	Pc (bars)	Cg (%)	Pg (bars)	e0	ef	Pg (bars)	eo	ef	Cu (bars)	Fi (°)	Cu (bars)	Fi (°)	Fi (°)	Cu (bars)	Φ (°)	Cu' (bars)	Φ' (°)	Rc (bars)				Rc (bars)	E (Mpa)
	12.00 - 12.45	8,93					N.M			78,9	10,68				1,3	1,3																					
	15.50 - 15.80	9,97					N.M			73,1	16,16		0,4	0,53																							
SC-42	11.45 - 11.70	11,18	1,94	2,16	80,95	2,68																											0,06				
SC-44	02.50 - 02.70	16,68	1,83	2,13	98,65	2,61	32,2	21,2	11,0	82,6	59,47			0,65	1,8	4,1																					
	06.00 - 06.25	11,37					NM			74,1	30,99			0,79																							
	12.50 - 12.75	15,37	1,85	2,14	94,19		28,1	16,1	12,0	96,7	76,67			0,52																				3,1				
SC-45	8,95-9,50	12,40					NM			90,9	31,1			1,87	2,2	1,0																					
	8,95-9,51	12,10					NM			84,6	36,6			1,43		2,2																					
	8,95-9,52	17,87					NM			92,3	50,5			4,09																							
SC-46	8,95-9,53	16,32					NM			96,2	32,7			1,96	2,6	2,0																					
	8,95-9,54	15,90					NM			99,4	29,4			1,76	3,1	1,5																					
	8,95-9,55	10,99					NM			88,1	36,8			1,54																							
SC-47	03,00 - 03,45	7,83	2,02	2,18	66,53	2,48	N.M			87,6	29,5		0,45	0,16																							
	05,00 - 05,63	7,78	2,01	2,17	64,75	2,49	N.M			57,6	19,6		0,18	0,14																							
	16,50 - 16,70													0,14																				2,44	2,41		21,90	3777,53
SC-48	03,00-03,45	16,97					N.M			87,1	44,7			0,18																							
	09,00-09,45	9,15					N.M			92,2	42,8			0,17																							

Sondage	Profondeur (m)	Essais physiques-chimiques													Essais mécaniques																		Essais mécaniques roches				
		W(%)	Gd (t/m3)	Gh (t/m3)	Sr (%)	Poids specifique	Lim. Atter.			Granulo.		Granulo. par Sedimentation < 2 µm	VBS	ESSAIS CHIMIQUS			Essai Oedométrique			Pression de Gonflement			Gonflement libre			ESSAIS DE CISAILLEMENT A LA BOUTE						Essai Triaxial					RCS sols	gh	gd	Essai de tractio (Bresilien)	RCS avec mesures de mod. De Yooung et Poisson	
							WL	WP	IP	< 2mm (%)	< 80µ (%)			SO4 (%)	CaCO3 (%)	MO (%)	Cc (%)	Pc (bars)	Cg (%)	Pg (bars)	e0	ef	Pg (bars)	eo	ef	Type CU		Type CD			Type CU+U									
																										Cu (bars)	Fi (°)	Cu (bars)	Fi (°)	Fi (°)	Cu (bars)	Φ (°)	Cu' (bars)	Φ' (°)	Rc (bars)				Rc (bars)	E (Mpa)
	15,00-15,45	21,03					N.M			91,1	47,4			0,23																									
	01,10-01,35	10,25					31,0	13,0	18,0	78.7	32,4		0,585	0,27	2,6	2,6																							
	02,00-02,20	13,87	1,83	2,08			29,0	18,0	11,0	100,0	81,6		1,25	0,25	1,8	5,1																							
SC-49	04,60-04,90	15,80	1,84	2,13		2,62	25,0	16,0	9,0	91,0	59,6		1,087	0,28	1,8	4,6	2,29	12,29	1,33	0,20	0,45	0,45				0,25	28,04											
	06,70-07,00	10,39	1,98	2,19		2,63	23,0	16,0	7,0	86.9	45,5			0,23	4.4													0,5	43,9									
	12,90-13,20	20,68	1,77	2,14		2,61	23,0	16,0	7,0	85.9	36,5			0,25	10,6													0,1	43,2									
SC-50	03.00 - 03.45	7,93					NM			46.6	17,63		0,3	0,25	0.4	1,4																							
SC-51	13.60 - 13.80	2,61	2,61	2,68	100,00	2,70																																	
SC-52	03,00 - 03,22																																						
	03.20-03.65	13,02	1,73	1,95	64,88		25,4	8	17,4	77,2	44,09																												
SC-64	12.00-12.45	10,02	1,99	2,19	80,06		NM			72,8	33,11																												
	15.00-15.45	12,5	1,97	2,22	95,97		NM			82,9	5,14																												
	05.70 - 06.00	2,69	2,4	2,46	68,43	2,50								0,32																						2916.95	194,30	
SC-70	09.00 - 09.30	5,67	2,09	2,21	56,08	2,32								0,56																						922,27	57,70	
	15.30 - 15.80	8,74	1,96	2,13	65,79																															0,88	411,15	38,50	
	25.00 - 25.35	0,03												0,51	62,3	0,7																				4,57	5634.28	580,41	
SC-71	02,20-02,40	11,76	1,78	1,99		2,56	39,0	17,0	22,0	84,0	40,5		0,84	0,22	1,8	2,1												0,1	33,4									

Sondage	Profondeur (m)	Essais physiques-chimiques													Essais mécaniques																		Essais mécaniques roches				
		W(%)	Gd (t/m3)	Gh (t/m3)	Sr (%)	Poids specifique	Lim. Atter.			Granulo.		Granulo. par Sedimentation < 2 µm	VBS	ESSAIS CHIMIQUS			Essai Oedométrique			Pression de Gonflement			Gonflement libre			ESSAIS DE CISAILLEMENT A LA BOUTE						Essai Triaxial				RCS sols	gh	gd	Essai de tractio (Bresilien)	RCS avec mesures de mod. De Young et Poisson	
							WL	WP	IP	< 2mm (%)	< 80µ (%)			SO4 (%)	CaCo3 (%)	MO (%)	Cc (%)	Pc (bars)	Cg (%)	Pg (bars)	e0	ef	Pg (bars)	eo	ef	Type CU		Type CD			Type CU+U				Rc (bars)				Rc (bars)	E (Mpa)
																										Cu (bars)	Fi (°)	Cu (bars)	Fi (°)	Fi (°)	Cu (bars)	Φ (°)	Cu' (bars)	Φ' (°)						
	06,00-06,45	2,11					41,0	20,0	21,0	73,1	41,2		0,365	0,16	1,8	3,4																						
SC-77	2,00-2,30	14,16	2,29	2,61			42,7	28,2	14,5	18,8	53,3			1,16	15,2																						
	6,50-7,00	12,16	2,34	2,64			43,8	28,2	15,6	83,9	47,1				16,4				0,05																		
	8,40-8,70	15,46	2,08	2,41			46,5	22,6	23,9	86,7	40,7				16,0				0,05																		
	13,10-13,40	19,12	1,98	2,36			33,5	21,6	11,9	70,1	35,1				13,2																				287				
	15,30-15,60	21,46	1,85	2,25			47,5	30,4	17,1	58,9	31,2				16,7																				419				
	18,00-18,30	20,48	2,00	2,41			42,8	22,0	20,8	76,0	47,8				18,1																								
SC-78	2,30-2,90	12,40	2,30	2,58			36,2	21,6	14,6	77,0	39,0				17,6																								
	5,00-5,50	10,82	2,30	2,55			34,5	21,6	12,9	77,9	39,8				14,5																				263				
	8,00-9,00	11,18	2,22	2,47			42,8	22,0	20,8	83,6	50,3				18,4													0,5	27,0									
	11,10-12,00	10,75	1,93	2,14			34,4	21,6	12,8	78,6	42,6				15,2													0,9	36,0									
	14,30-14,70	11,25	1,93	2,14			47,5	30,4	17,1	79,4	46,7			1,22	16,4																				467				
ST-86	05.83 - 06.12	12,85	1,95	2,2	94,86		33,34	17,3	16	87,5	75,58		1,37	0,40	10,6	3,3												0,46	35									
	09.22 - 09.57	9.15	2,09	2,28	90,5	2,33	28,99	16,0	13	96,7	82,18		0,99	0,18	7,9	2,3																						
	33.40 - 33.70	3,98			92,97																														2,38	2,46		39,08	0,30
	36.40 - 36.70	14,16	2	2,28	100,00		40,48	25,5	15	94,59	87,94																												
	47.40 - 47.70	0,93	2,61	2,63	100,00																																3,046		

Sondage	Profondeur (m)	Essais physiques-chimiques													Essais mécaniques																		RCS sols	Essais mécaniques roches				
		W(%)	Gd (t/m3)	Gh (t/m3)	Sr (%)	Poids specifiq ue	Lim. Atter.			Granulo.		Granulo. par Sedimentation < 2 µm	VBS	ESSAIS CHIMIQUS			Essai Oedométrique			Pression de Gonflement			Gonflement libre			ESSAIS DE CISAILLEMENT A LA BOUTE						Essai Triaxial												
							WL	WP	IP	< 2mm (%)	< 80µ (%)			SO4 (%)	CaCo3 (%)	MO (%)	Cc (%)	Pc (bars)	Cg (%)	Pg (bars)	e0	ef	Pg (bars)	eo	ef	Type CU		Type CD				Type CU+U												
																										Cu (bars)	Fi (°)	Cu (bars)	Fi (°)	Fi (°)		Cu (bars)	Φ (°)	Cu' (bars)	Φ' (°)									
ST-807	04.50-05.00	12,82	1,98	2,23	100,00		36,12	11	25,1	97,8	77,87	41,19	1,48	0,04		5,8																						17,7					
	12.20-12.50																																					2,52		2,36	34,29	3211,24
	18.80-19.00																																					2,59			13,37	1996,45
ST-808	03.40-03.70	9,88	2,08	2,29	95,54		36,93	18,9	18,0	88,1	48,7	21,2		0,09		6,1																												
	07.65-07.90	9,95	2,09	2,3	98,41		32,7	17,7	15,0	70,5	42,57	18,86		0,35																								1,5					
	10.40-10.70																																					2,84			28,51	2427,06
	12.20-12.40																																					2,67		1,98		
SC-202	13,80-14,00																																				255					
SC-203	03,00-03,15						37,9	20,2	17,7	85,3	45,9																																	
	06,00-06,07						38,8	20,2	18,6	85,3	46,1																																	
	09,00-09,15	13,80	2,26	2,58						88,0	40,3																											234					
	12,00-12,25						41,2	16,2	25,0	73,7	37,2																																	
	14,60-14,81						29,7	15,5	14,2	60,5	34,4																																	
	16,00-16,48																																				373					
	16,63-16,78																																				510					
	18,00-18,15						41,8	21,8	20,0	77,4	45,0																																	
	19,07-20,00																																				416					

Sondage	Profondeur (m)	Essais physiques-chimiques													Essais mécaniques																		Essais mécaniques roches					
		W(%)	Gd (t/m3)	Gh (t/m3)	Sr (%)	Poids specifique	Lim. Atter.			Granulo.		Granulo. par Sedimentation < 2 µm	VBS	ESSAIS CHIMIQUS			Essai Oedométrique			Pression de Gonflement			Gonflement libre			ESSAIS DE CISAILLEMENT A LA BOUTE						Essai Triaxial				RCS sols	gh	gd	Essai de tractio (Bresilien)	RCS avec mesures de mod. De Yooung et Poisson	
							WL	WP	IP	< 2mm (%)	< 80µ (%)			SO4 (%)	CaCO3 (%)	MO (%)	Cc (%)	Pc (bars)	Cg (%)	Pg (bars)	e0	ef	Pg (bars)	eo	ef	Type CU		Type CD			Type CU+U				Rc (bars)				Rc (bars)	E (Mpa)
																										Cu (bars)	Fi (°)	Cu (bars)	Fi (°)	Fi (°)	Cu (bars)	Φ (°)	Cu' (bars)	Φ' (°)						
SC-104	03,00-03,45						38,0	16,1	21,9	78,8	39,0																											
	04,00-04,45						32,1	15,5	16,6	63,5	32,3																											
	06,00-06,45						30,6	15,5	15,1	84,8	45,9																											
	09,00-09,45						38,0	15,8	22,2	79,1	39,9																											
	12,00-12,45						30,2	15,5	14,7	79,9	41,3																											
SC-105	03,00-03,45						41,2	21,8	19,4	78,8	39,0																											
	04,00-04,45						34,2	18,3	15,9	63,5	32,3																											
	06,00-06,45						35,0	18,3	16,7	84,9	45,9																											
	09,00-09,45						37,2	14,6	22,6	79,1	39,9																											
	12,00-12,45						26,8	14,0	12,8	79,9	41,4																											
SC-109	27,05-27,30			2,46																															245,48	3,08	
	28,40-28,70			2,47																															950,73	7,08	
SC-111	03,20-03,65						27,0	7,0	20,0	57,6	21,3	Insufisant			3,1																					18,78				
	06,10-06,30						28,0	7,0	21,0	12,9	3,7				4,8																								
	18,40-18,57	3,30	2,33	2,41			Impossible roche								9,7																					191,32	0,76	
SC-113	03,45-03,70	14,44	1,73	1,98	71,96		Non mesurable			90,4	38,1				4,8													0,5	24,4									
	06,60-07,05						28,0	Non mesurable		67,2	31,5				3,5																								

Résultats d'essais pressiométriques :

Sondage	Unité	Prof. (m)	Ep (bars)	Pl (bars)	Ep/Pl
SC-77	T1M	5,0	802,8	34,37	34,37
	T1M	10,0	1177,08	30,23	30,23
	T1M	15,0	1790,83	25,92	25,92
	T1M	20,0	1352,83	26,46	26,46
SC-20	T1Malt	5,0	240,83	18,78	5,95
	T1M	10,0	317,9	35,6	13,8
	T1M	15,4	340,3	38,1	18,7
	T1M	19,5	780,7	45,6	20,6
SC-21	T1Malt	10,0	283,7	31,0	15,1
	T1Malt	15,5	196,5	30,0	15,0
	T1Malt	20,0	171,0	30,4	28,6
SC-21	T1M	25,4	989,4	54,6	23,6
SC24	T1Malt	5,0	114,2	15,6	8,0
	T1Malt	10,0	189,5	18,4	7,1
	T1M	15,5	504,5	43,6	17,7
	T1M	20,0	700,6	68,9	39,9
SC-32	SCHa	3,4	128,1	12,5	3,4
SC-41	SCHa	5,0	42,8	5,9	3,1
	SCHa	15,0	488,1	28,8	14,7
	SCHa	20,0	674,1	33,2	12,6
SC-45	SCHa	6,0	67,1	7,4	3,4
	SCHa	12,8	275,9	20,2	8,3
	SCHa	18,5	338,4	43,2	17,2
SC-47	SCHa	6,0	463,1	48,4	21,1
SC-47	SCHa	12,0	344,6	35,7	16,5
	SCHb	18,0	1799,3	50,5	50,5
SC-50	SCHa	6,0	250,2	15,7	5,7
	SCHa	12,0	563,6	53,8	28,1
	SCHa	18,0	593,9	46,9	18,9
SC-51	SCHa	6,5	220,1	30,1	12,6

Sondage	Unité	Prof. (m)	Ep (bars)	Pl (bars)	Ep/Pl
	SCHa	8,0	94,4	12,4	5,8
	SCHa	13,5	73,9	11,2	6,5
SC-101	SCHb	5,0	75,0	18,2	15,6
	SCHb	10,0	130,6	28,6	18,4
	SCHb	15,0	178,0	18,0	16,2
	SCHb	20,0	292,7	34,6	20,5
	SCHb	25,0	273,0	39,7	24,7
	SCHb	30,0	276,1	39,8	22,2
	SCHb	35,0	327,8	42,2	21,9
SC-103	GNb	5,0	206,2	27,4	13,2
	GNb	10,0	1406,9	45,6	45,6
	GNb	15,0	336,6	43,4	17,9
	GNb	19,5	904,6	57,2	31,9
SC-35	GNb	3,7	810,5	60,5	25,0
	GNb	12,0	86,3	8,2	3,2
SC-119	SCHa	5,0	84,2	15,6	7,5
	SCHb	10,0	206,5	28,3	11,6
	SCHb	15,0	937,4	54,9	33,1
	SCHb	20,0	1242,4	61,8	35,3
SCP-DJ-03	SCHb	3,0	85,1	24,4	
	SCHb	7,0	234,91	51,4	
	SCHb	12,0	267,25	61,3	
	SCHb	17,0	170,5	44,4	
	SCHb	22,0	1685,4	69,3	
	SCHb	27,0	1848,5	63,7	

Sondage	Unité	Prof. (m)	Ep (bars)	Pl (bars)	Ep/Pl
	SCHb	32,0	1322,9	64,9	
	SCHb	37,0	1299,8	65,9	
	SCHb	44,0	1235,3	90,3	
SCP-DJ-04		4,0	107,5	19,6	
		8,0	163,5	31,3	
		12,0	205,7	46,4	
		17,0	200,1	28,3	
		22,0	192,9	30,9	
		27,0	396,4	61,4	
		32,0	556,8	62,6	
		37,0	1123,6	65,4	
		44,0	1248,1	64,4	
SC-41	SCHa	5,0	42,8	5,9	3,1
	SCHa	15,0	488,1	28,8	14,7
	SCHa	20,0	674,1	33,2	12,6
SC-45	SCHa	6,0	67,1	7,4	3,4
	SCHa	12,8	275,9	20,2	8,3
	SCHa	18,5	338,4	43,2	17,2
SC-47	SCHa	6,0	463,1	48,4	21,1
SC-47	SCHa	12,0	344,6	35,7	16,5
	SCHb	18,0	1799,3	50,5	50,5
SC-50	SCHa	6,0	250,2	15,7	5,7
	SCHa	12,0	563,6	53,8	28,1
	SCHa	18,0	593,9	46,9	18,9
SC-51	SCHa	6,5	220,1	30,1	12,6

Résultats d'essais de Pénétration Standard (SPT) :

SONDAGE	PK	PROFONDEUR		N1+N2	UNITÉ
SC-77	13+358	3,00	3,45	100	T1Malt
		6,00	645,00	99	T1M
		9,00	9,45	98	T1M
		12,00	12,45	97	T1M
SC-78	13+600	3,00	3,45	79	T1M
		6,00	6,45	99	T1M
		9,00	9,45	R	T1M
		12,00	12,45	R	T1M
SC-20	13+881	3,00	3,45	33	T1Malt
		5,90	6,35	52	T1Malt
		9,00	9,45	72	T1M
		12,00	12,45	60	T1M
		15,50	15,95	65	T1M
SC-20		18,90	18,95	R	T1M
SC-21	14+071	3,00	3,24	R	QA
		6,00	6,22	R	QA
		9,00	9,23	R	T1Malt
		12,00	12,45	70	T1Malt
		14,40	14,80	59	T1Malt
		17,90	18,24	82	T1Malt
		24,08	24,10	R	T1M

SC-23	14+341	3,00	3,45	57	T1Malt
		6,00	6,34	85	T1Malt
		9,00	9,10	R	T1Malt
		12,00	12,37	33	T1M
		15,00	15,04	R	T1M
		18,00	18,19	R	T1M
		21,00	21,20	R	T1M
SC-26	14+964	3,15	3,50	R	QCE
SC-27	15+117	3,00	3,45	21	QCE
SC-70	15+392	3,00	3,45	94	T1S
		6,00	6,07	R	T1G
SC-FG-09	15+660	9,00	9,05	R	GNb
SC-151	15+795	3,00	3,27	R	SCHa
		6,10	6,20	R	SCHa
		8,90	9,35	72	SCHa
		12,00	12,40	R	SCHb
SC-153	16+393	3,00	3,45	22	SCHa
		6,00	6,45	57	SCHa
		9,00	9,45	42	SCHa
		12,00	12,45	48	SCHa
SC-153		15,00	15,09	R	SCHb
SC-79	17+199	2,80	3,25	39	GNs
		6,00	6,45	56	GNs
		9,00	9,45	43	GNs
		12,00	12,06	R	GNb
SC-64	19+492	3,20	3,65	43	QCE
		6,40	6,59	R	GNs
		9,00	9,05	R	GNs

		12,00	12,45	52	GNs
		15,00	15,45	48	GNs
		18,00	18,21	R	GNs
SC-99	19+586	3,00	3,45	25	SCHb
		6,00	6,45	35	SCHb
		9,00	9,45	R	SCHb
		12,00	12,45	R	SCHb
SC-101	19+588	3,00	3,45	56	SCHb
SC-100	19+598	3,00	3,45	94	GNb
SC-71	19+757	3,20	3,31	R	GNb
		6,00	6,45	50	GNb
		9,70	9,80	R	GNb
		12,20	12,25	R	GNb
SC-103	20+392	3,00	3,15	R	GNb
		6,00	6,05	R	GNb
		12,00	12,25	R	GNb
		14,60	14,80	R	GNb
		18,10	18,18	R	GNb
SC-34	20+532	3,00	3,45	32	GNb
		6,00	6,22	R	GNb
SC-34		9,00	9,17	R	GNb
		12,60	12,60	R	GNb
SC-35	20+684	3,00	3,12	R	GNb
		6,00	6,00	R	GNb
		10,60	11,05	10	GNb
SC-104	20+857	3,00	3,45	46	GNs
		9,00	9,45	53	GNs
		12,00	12,45	60	GNs

SC-106	21+097	3,00	3,45	32	GNs
		6,00	6,45	12	GNs
		9,00	9,45	9	GNs
		12,00	12,45	19	GNs
SC-107	21+157	3,00	3,45	R	GNb
		6,00	6,45	R	GNb
		9,00	9,45	R	GNb
		12,00	12,45	R	GNb
SC-108	21+157	3,00	3,45	R	GNb
		6,00	6,45	R	GNb
		9,00	9,45	R	GNb
		12,00	12,45	R	GNb
SC-109	21+158	12,40	12,85	24	GNb
SC-112	21+937	3,00	3,45	69	SCHb
		9,00	9,45	80	SCHb
SC-111	21+938	3,20	3,65	22	GNs
		6,10	6,33	R	GNs
		9,00	9,07	R	GNs
		12,04	12,04	R	GNs
SC-60	21+991	3,00	3,30	R	GNs
SC-60		6,00	6,30	R	GNs
		9,00	9,10	R	GNs
SC-113	22+177	3,00	3,45	25	SCHa
		6,60	7,05	47	SCHa
		9,00	9,10	R	SCHb
		12,00	12,10	R	SCHb
SC-114	22+177	3,00	3,45	30	QCE
		6,00	6,45	40	QCE

		9,00	9,45	53	SCHa
		12,00	12,45	61	SCHa
SC-156	22+288	3,00	3,45	5	SCHa
		6,00	6,45	6	SCHa
		9,19	9,19	R	SCHb
SC-157	22+486	3,00	3,45	15	SCHa
		6,00	6,28	R	SCHa
		9,00	9,00	R	SCHb
SC-59	22+660	3,00	3,45	31	SCHa
		6,00	6,29	R	SCHa
		9,00	9,14	R	SCHa
		12,00	12,12	R	SCHa
		15,00	15,13	R	SCHa
		18,00	18,01	R	SCHa
SC-117	23+117	3,00	3,20	R	SCHa
		5,80	5,80	R	SCHa
		9,50	9,93	R	SCHa
		12,80	13,54	R	SCHa
		15,00	15,05	R	SCHb
		18,00	18,00	R	SCHb
SC-117		21,10	21,49	R	SCHb
		25,00	25,07	R	SCHb
		28,00	28,11	R	SCHb
		31,50	31,71	R	SCHb
SC-39	23+306	3,00	3,45	26	SCHa
		6,00	6,45	18	SCHa
		9,00	9,45	19	SCHa
SC-119	23+380	3,00	3,45	12	SCHa

XIV.4. Annexe C : hydraulique :

Tableau de valeurs de coefficient de ruissèlement pour une période de retour T=10 ans

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

- **Canalisation circulaire partiellement remplie :**

CANALISATIONS CIRCULAIRES PARTIELLEMENT REMPLIES

H/D	TETA	Q/QPS	V/VPS	S/SPS	L/D	RH/D	RER
0.02	0.2838	0.001	0.14	0.005	0.280	0.013	0.151
0.04	0.4027	0.003	0.22	0.013	0.392	0.026	0.187
0.06	0.4949	0.007	0.29	0.024	0.475	0.039	0.210
0.08	0.5735	0.013	0.35	0.037	0.543	0.051	0.228
0.10	0.6435	0.021	0.40	0.052	0.600	0.064	0.241
0.12	0.7075	0.031	0.45	0.068	0.650	0.075	0.251
0.14	0.7670	0.042	0.50	0.085	0.694	0.087	0.260
0.16	0.8230	0.056	0.54	0.103	0.733	0.099	0.266
0.18	0.8763	0.071	0.58	0.122	0.768	0.110	0.272
0.20	0.9273	0.088	0.62	0.142	0.800	0.121	0.276
0.22	0.9764	0.106	0.65	0.163	0.828	0.131	0.279
0.24	1.0239	0.126	0.68	0.185	0.854	0.142	0.281
0.26	1.0701	0.148	0.72	0.207	0.877	0.152	0.283
0.28	1.1152	0.171	0.75	0.229	0.898	0.161	0.284
0.30	1.1593	0.196	0.78	0.252	0.917	0.171	0.284
0.32	1.2025	0.222	0.80	0.276	0.933	0.180	0.284
0.34	1.2451	0.249	0.83	0.300	0.947	0.189	0.283
0.36	1.2870	0.277	0.86	0.324	0.960	0.198	0.281
0.38	1.3284	0.307	0.88	0.349	0.971	0.206	0.279
0.40	1.3694	0.337	0.90	0.374	0.980	0.214	0.277
0.42	1.4101	0.368	0.92	0.399	0.987	0.222	0.274
0.44	1.4505	0.400	0.94	0.424	0.993	0.229	0.271
0.46	1.4907	0.433	0.96	0.449	0.997	0.237	0.268
0.48	1.5308	0.466	0.98	0.475	0.999	0.243	0.264
0.50	1.5708	0.500	1.00	0.500	1.000	0.250	0.260
0.52	1.6108	0.534	1.02	0.525	0.999	0.256	0.255
0.54	1.6509	0.568	1.03	0.551	0.997	0.262	0.250
0.56	1.6911	0.603	1.05	0.576	0.993	0.268	0.245
0.58	1.7315	0.637	1.06	0.601	0.987	0.273	0.239
0.60	1.7722	0.672	1.07	0.626	0.980	0.278	0.233
0.62	1.8132	0.706	1.08	0.651	0.971	0.282	0.227
0.64	1.8546	0.740	1.09	0.676	0.960	0.286	0.221
0.66	1.8965	0.773	1.10	0.700	0.947	0.290	0.214
0.68	1.9391	0.806	1.11	0.724	0.933	0.293	0.207
0.70	1.9823	0.837	1.12	0.748	0.917	0.296	0.200
0.72	2.0264	0.868	1.13	0.771	0.898	0.299	0.192
0.74	2.0715	0.898	1.13	0.793	0.877	0.301	0.184
0.76	2.1176	0.926	1.14	0.815	0.854	0.302	0.175
0.78	2.1652	0.953	1.14	0.837	0.828	0.304	0.166
0.80	2.2143	0.977	1.14	0.858	0.800	0.304	0.157
0.82	2.2653	1.000	1.14	0.878	0.768	0.304	0.148
0.84	2.3186	1.021	1.14	0.897	0.733	0.304	0.138
0.86	2.3746	1.039	1.14	0.915	0.694	0.303	0.127
0.88	2.4341	1.054	1.13	0.932	0.650	0.301	0.116
0.90	2.4981	1.066	1.12	0.948	0.600	0.298	0.104
0.92	2.5681	1.073	1.12	0.963	0.543	0.294	0.091
0.94	2.6467	1.076	1.10	0.976	0.475	0.289	0.077
0.96	2.7389	1.071	1.09	0.987	0.392	0.283	0.061
0.98	2.8578	1.057	1.06	0.995	0.280	0.274	0.041
1.00	3.1416	1.000	1.00	1.000	0.000	0.250	0.000

XIV.5. Annexe D :Chapitre de signalisation :

Tableau extrait de l'IISR 7ème partie – Article 113-1-C « Caractéristiques générales des marques - Largeur des lignes »

DESIGNATION DES MARQUES	MODULATION	LARGEUR
A- Lignes longitudinales axiales		
1 – **Lignes continues (cas général)**		
Ligne axiale ou de délimitation des voies	continue	2u *
Ligne axiale sur chaussée à 4 voies *(art. 114-2 et 114-5)*	continue	5u
Ligne séparant les sens de circulation opposée sur les routes à 3 voies situées hors agglomération, avec 2 voies affectées à un seul sens de circulation *(art. 114-1)* et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de 3 à 2 voies *(art. 116-2)*	continue	3u
2 – **Lignes discontinues de type T1**		
Ligne axiale ou de délimitation de voies en rase campagne *(art.114, 114-1. 114-2)*	T1	2u
Ligne axiale ou de de délimitation de voie en agglomération *(art. 114-5)* ou de piste cyclable *(art. 118-1.B)*	T1, T'1 ou T3	2u
3 – **Lignes discontinues de type T3**		
Ligne d'annonce d'une ligne continue *(art. 115-3)*	T3	2u
Ligne de dissuasion en remplacement d'une ligne continue *(art. 116. A4)*	T3	2u
Ligne d'annonce d'une ligne continue sur les routes à 3 voies situées hors agglomération, avec 2 voies affectées à un sens de circulation *(art. 114-1)*	T3	3u
4 – **Lignes mixtes**		
La ligne mixte est constituée par une ligne continue doublée d'une ligne discontinue de type T1 ou T3 *(cela se produit par exemple aux abords d'un point d'inflexion ou d'un point bas entre 2 dos d'âne rapprochés)*	T1 ou T3	2u **
5 – **Interruption d'une ligne continue pour permettre l'accès direct aux propriétés riveraines** *(art. 114-3 et 114-5)*	T'2	2u – 3u
B- Lignes longitudinales de rives ou de délimitation de certaines voies		
1 – **Lignes discontinues de type T2**		
Ligne de rive de chaussée *(art. 114-4.A)*	T2	3u
Ligne de délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement *(art. 117-3)*	T2	5u
Ligne d'entrée et de sortie des voies pour véhicules lents *(art. 114-3)*	T2	5u
2 – **Lignes discontinues de type T3**		
Ligne de délimitation de voies pour véhicules lents *(art. 114-3)*	T3	5u
Ligne de délimitation dans certains cas d'un couloir réservé aux autobus *(art. 114-3)*	T3	5u
Ligne de délimitation de bandes cyclables *(art. 114-3)*	T3	5u
Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement *(art. 114-4)*…	T'3	3u
3 – **Lignes discontinues de type T4**		
Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, en section courante (hors bretelles de raccordement) sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés *(art. 114-4.B)*	T4	3u
C- Lignes transversales		
1 – **Lignes « STOP »** *(art. 117-4)*	continue	50 cm
2 – **Lignes « CÉDEZ-LE-PASSAGE »** *(art. 117-4)*	T'2	50cm
3 – **Lignes « CÉDEZ-LE-PASSAGE » pour les pistes cyclables** *(art. 118-1C)*	25 cm	25 cm
4 – **Lignes d'effet des feux** *(art. 117-4C et 117-4D)*	T'2	15 cm
5 – **Lignes de guidage en intersection**		
5a- **Tourne-à-Gauche à l'indonésienne – carrefour en baïonnette** *(art. 117-1)*	T'2	10 cm
5b- **Renforcement des carrefours complexes** *(art. 117-1)*	T'2	10 cm
6 – **Lignes d'effet d'alternat** *(art. 117-4, E)*	T'2	15 cm
7 – **Lignes d'effet des passages pour piétons** *(art. 117-4, F)*	T'2	15 cm
D- Lignes continues délimitant le TPC, les ilots ou certains couloirs réservés		

1 – **Lignes de délimitation de Terre Plein Central** *(art. 114-4 et 114-2)*	conti	3
2 – **Lignes de délimitation du contour des ilots** *(art. 117-2.B)*	nue	u
3 – **Lignes de délimitation de certains couloirs réservés** *(art. 114-3)*	conti	3
4 – **Interruption d'une ligne continue pour permettre l'accès direct aux propriétés riveraines** *(art. 114-3 et 114-5)*	nue conti nue T'2	u 5u ou 3u 2u – 3u
E- Marques relatives au stationnement		
1 – **Lignes délimitant les places de stationnement** (blanches ou bleues) *(art. 118-2)*	continue ou	2
2 – **Lignes confirmant ou indiquant l'interdiction de stationner** (jaune) *(art. 118-2)*	T'2 T'2	u
3 – **Lignes confirmant ou indiquant l'interdiction de s'arrêter** (jaune) *(art. 118-2)*	continue	2
4 – **Lignes marquant l'emplacement d'un arrêt d'autobus** (jaune) *(art. 118-3)*	continue	u
5 – **Lignes marquant l'emplacement réservé pour les véhicules effectuant un chargement ou déchargement de marchandises** (jaune) *(art. 118-2C)*	zigzag T'2 oucontinue	2 u 2 u 2u

Axe En Plan

Nom de l'axe Axe PTO
Table associée ICTAAL L2 Relief Difficile

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	257.35gr	543,016	13+330.000	581864,151	4060534,316
Arc 1	Rayon	1114.000 m	1133,759	13+873.016	581438,489	4060197,155
	Centre X	582130.176 m				
	Centre Y	4059323.906 m				
Droite 2	Gisement	192.56gr	1505,879	15+006.775	581023,771	4059194,046
Arc 2	Rayon	-1053.000 m	1004,088	16+512.654	581199,312	4057698,434
	Centre X	580153.491 m				
	Centre Y	4057575.685 m				
Droite 3	Gisement	253.27gr	525,972	17+516.742	580858,903	4056793,890
Arc 3	Rayon	-3740.000 m	1686,728	18+042.713	580468,398	4056441,538
	Centre X	577962.947 m				
	Centre Y	4059218.284 m				
Droite 4	Gisement	281.98gr	4,363	19+729.441	579007,605	4055627,143
Arc 4	Rayon	758.000 m	798,416	19+733.804	579003,416	4055625,924
	Centre X	579215.140 m				
	Centre Y	4054898.094 m				
Droite 5	Gisement	214.92gr	89,717	20+532.221	578477,867	4055074,140
Arc 5	Rayon	-1000.000 m	538,350	20+621.938	578457,030	4054986,876
	Centre X	577484.374 m				
	Centre Y	4055219.126 m				
Droite 6	Gisement	249.19gr	1151,734	21+160.288	578200,374	4054521,026
Arc 6	Rayon	675.000 m	740,886	22+312.022	577396,349	4053696,384
	Centre X	577879.649 m				
	Centre Y	4053225.167 m				
				23+052.907	577239,956	4053009,718
Longueur totale de l'axe 9722.907 mètre(s)						

Profil En Long Projet

Nom de l'axe Axe PTO
Table associée ICTAAL L2 Relief Difficile

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	0.50 %	820,054	13+330.000	190,209
Parabole 1	Rayon	15000.000 m	825,000	14+150.054	194,309
	Sommet Absc.	14+075.054 m			
	Sommet Alt.	194.122 m			
Pente 2	Pente	6.00 %	892,575	14+975.054	221,122
Parabole 2	Rayon	-9000.000 m	636,222	15+867.630	274,676
	Sommet Absc.	16+407.630 m			
	Sommet Alt.	290.876 m			
Pente 3	Pente	-1.07 %	1777,285	16+503.852	290,362
Parabole 3	Rayon	-100000.000 m	734,466	18+281.137	271,361
	Sommet Absc.	17+212.001 m			
	Sommet Alt.	277.076 m			
Pente 4	Pente	-1.80 %	948,070	19+015.603	260,811
Parabole 4	Rayon	20000.000 m	496,388	19+963.673	243,711
	Sommet Absc.	20+324.393 m			
	Sommet Alt.	240.459 m			
Pente 5	Pente	0.68 %	2149,089	20+460.061	240,919
Parabole 5	Rayon	5000.000 m	129,479	22+609.151	255,497
	Sommet Absc.	22+575.234 m			
	Sommet Alt.	255.382 m			
Pente 6	Pente	3.27 %	314,277	22+738.630	258,052
				23+052.907	268,322
Longueur totale de l'axe 9722.907 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 9725.988 mètre(s)					

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	13+330.000	12,500	0,00	528,94	0,0	6611,7	0,0	6611,7
P02	13+355.000	25,000	0,00	412,44	0,0	10311,1	0,0	16922,8
P03	13+380.000	25,000	0,00	285,53	0,0	7138,3	0,0	24061,1
P04	13+405.000	25,000	0,00	231,26	0,0	5781,6	0,0	29842,7
P05	13+430.000	25,000	0,00	236,58	0,0	5914,6	0,0	35757,3
P06	13+455.000	25,000	0,10	120,44	2,6	3011,0	2,6	38768,3
P07	13+480.000	25,000	24,37	58,33	609,2	1458,3	611,8	40226,6
P08	13+505.000	25,000	42,02	42,87	1050,4	1071,8	1662,2	41298,4
P09	13+530.000	25,000	79,13	7,17	1978,3	179,2	3640,5	41477,6
P10	13+555.000	25,000	187,48	0,06	4687,0	1,5	8327,5	41479,1
P11	13+580.000	25,000	288,44	0,05	7210,9	1,3	15538,4	41480,4
P12	13+605.000	25,000	323,83	0,05	8095,7	1,2	23634,1	41481,6
P13	13+630.000	25,000	257,83	0,05	6445,9	1,2	30080,0	41482,8
P14	13+655.000	25,000	123,61	0,00	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P15	13+680.000	25,000	27,71	18,36	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P16	13+705.000	25,000	2,84	65,67	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P17	13+730.000	25,000	0,00	66,07	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P18	13+755.000	25,000	0,00	86,10	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P19	13+780.000	25,000	0,00	121,01	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P20	13+805.000	25,000	0,00	149,58	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P21	13+830.000	25,000	0,00	300,06	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P22	13+855.000	21,508	0,00	578,03	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P23	13+873.016	12,500	0,00	745,08	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P24	13+880.000	15,992	0,00	778,96	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P25	13+905.000	25,000	0,00	937,98	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P26	13+930.000	25,000	0,00	1121,51	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P27	13+955.000	25,000	0,00	1051,76	0,0	0,0	30080,0	41482,8

P28	13+980.000	25,000	0,00	935,40	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P29	14+005.000	25,000	0,00	953,01	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P30	14+030.000	25,000	0,00	1265,59	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P31	14+055.000	25,000	0,00	1516,48	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P32	14+080.000	25,000	0,00	1727,82	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P33	14+105.000	25,000	0,00	1932,10	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P34	14+130.000	25,000	0,00	2028,56	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P35	14+155.000	25,000	0,00	2030,95	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P36	14+180.000	25,000	0,00	1859,62	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P37	14+205.000	25,000	0,00	1651,54	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P38	14+230.000	25,000	0,00	1424,06	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P39	14+255.000	25,000	0,00	1236,71	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P40	14+280.000	25,000	0,00	891,67	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P41	14+305.000	25,000	0,00	553,09	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P42	14+330.000	25,000	0,00	235,65	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P43	14+355.000	25,000	25,66	27,59	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P44	14+380.000	25,000	147,20	0,10	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P45	14+405.000	25,000	235,22	0,16	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P46	14+430.000	25,000	158,44	5,13	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P47	14+455.000	25,000	88,36	24,22	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P48	14+480.000	25,000	15,97	96,76	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P49	14+505.000	25,000	25,07	256,18	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P50	14+530.000	25,000	0,81	400,49	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P51	14+555.000	25,000	4,08	445,04	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P52	14+580.000	25,000	0,00	780,60	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P53	14+605.000	25,000	0,00	971,42	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P54	14+630.000	25,000	0,00	1129,80	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P55	14+655.000	25,000	0,00	1211,19	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P56	14+680.000	25,000	0,00	1284,34	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P57	14+705.000	25,000	0,00	1408,93	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P58	14+730.000	25,000	0,00	1498,41	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P59	14+755.000	25,000	0,00	1558,53	0,0	0,0	30080,0	41482,8

P60	14+780.000	25,000	0,00	1673,65	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P61	14+805.000	25,000	0,00	2522,03	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P62	14+830.000	25,000	0,00	2484,39	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P63	14+855.000	25,000	0,00	2112,91	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P64	14+880.000	25,000	0,00	1735,85	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P65	14+905.000	25,000	0,00	1262,46	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P66	14+930.000	25,000	0,00	896,62	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P67	14+955.000	25,000	0,00	753,56	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P68	14+980.000	25,000	0,00	768,65	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P69	15+005.000	13,387	0,00	757,71	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P70	15+006.775	12,500	0,00	747,40	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P71	15+030.000	24,113	0,00	573,21	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P72	15+055.000	25,000	0,00	443,49	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P73	15+080.000	25,000	0,00	257,48	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P74	15+105.000	19,307	0,00	122,42	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P74-1	15+118.613	12,500	0,00	45,43	0,0	0,0	30080,0	41482,8
P75	15+130.000	18,193	10,11	26,52	184,0	482,5	30264,0	41965,3
P76	15+155.000	25,000	181,95	0,08	4548,8	2,1	34812,8	41967,4
P77	15+180.000	25,000	577,37	0,07	14434,3	1,7	49247,1	41969,1
P78	15+205.000	25,000	1070,61	0,05	26765,3	1,3	76012,4	41970,4
P79	15+230.000	25,000	1287,81	2,28	32195,1	56,9	108207,5	42027,3
P80	15+255.000	25,000	1168,13	0,05	29203,1	1,1	137410,6	42028,4
P81	15+280.000	25,000	897,85	0,04	22446,2	1,1	159856,8	42029,5
P82	15+305.000	25,000	804,74	0,04	20118,4	1,1	179975,2	42030,6
P83	15+330.000	25,000	1339,26	0,05	33481,6	1,3	213456,8	42031,9
P84	15+355.000	25,000	2348,37	0,05	58709,4	1,3	272166,2	42033,2
P85	15+380.000	25,000	2949,01	0,05	73725,3	1,3	345891,5	42034,5
P86	15+405.000	25,000	2727,30	0,06	68182,5	1,6	414074,0	42036,1
P87	15+430.000	25,000	1087,85	0,04	27196,3	1,1	441270,3	42037,2
P88	15+455.000	25,000	122,90	2,39	3072,6	59,9	444342,9	42097,1
P89	15+480.000	22,219	0,00	493,22	0,0	10959,0	444342,9	53056,1
P89-1	15+499.439	12,500	0,00	354,03	0,0	0,0	444342,9	53056,1

P90	15+505.000	15,281	0,00	413,78	0,0	0,0	444342,9	53056,1
P91	15+530.000	25,000	0,00	568,15	0,0	0,0	444342,9	53056,1
P92	15+555.000	14,361	0,00	404,16	0,0	0,0	444342,9	53056,1
P92-1	15+558.723	12,500	0,00	367,26	0,0	0,0	444342,9	53056,1
P93	15+580.000	23,139	0,00	204,32	0,0	4727,8	444342,9	57783,9
P94	15+605.000	25,000	128,71	0,08	3217,7	2100,0	447560,6	59883,9
P95	15+630.000	25,000	647,01	0,08	16175,2	2022,0	463735,8	61905,9
P96	15+655.000	25,000	1655,66	0,03	41391,5	700,0	505127,3	62605,9
P97	15+680.000	25,000	2794,82	0,04	69870,4	1112,0	574997,7	63717,9
P98	15+705.000	25,000	3906,89	0,03	97672,3	711,0	672670,0	64428,9
P99	15+730.000	25,000	4276,73	2,81	6918,2	702,0	679588,2	65130,9
P100	15+755.000	25,000	4247,40	0,03	6185,1	811,0	685773,3	65941,9
P101	15+780.000	25,000	4529,33	0,03	13233,2	832,0	699006,5	66773,9
P102	15+805.000	25,000	5290,95	0,04	32273,7	1212,0	731280,2	67985,9
P103	15+830.000	25,000	5928,13	0,04	48203,2	997,9	779483,4	68983,8
P104	15+855.000	25,000	6501,70	0,04	62542,6	950,9	842026,0	69934,7
P105	15+880.000	25,000	6720,06	0,04	68001,5	980,9	910027,5	70915,6
P106	15+905.000	25,000	6311,52	0,07	57788,1	1782,7	967815,6	72698,3
P107	15+930.000	25,000	5857,10	0,05	46427,6	1345,3	1014243,2	74043,6
P108	15+955.000	25,000	6563,48	0,03	64087,0	879,8	1078330,2	74923,4
P109	15+980.000	25,000	7583,75	3,91	89593,8	973,7	1167924,0	75897,1
P110	16+005.000	25,000	7379,65	0,03	84491,4	898,8	1252415,4	76795,9
P111	16+030.000	25,000	6717,74	0,91	67943,5	223,7	1320358,9	77019,6
P112	16+055.000	25,000	5782,08	0,04	44552,0	1454,0	1364910,9	78473,6
P113	16+080.000	25,000	6132,17	0,02	53304,3	656,6	1418215,2	79130,2
P114	16+105.000	25,000	6244,42	0,03	56110,6	988,9	1474325,8	80119,1
P115	16+130.000	25,000	5665,58	0,04	41639,4	1566,0	1515965,2	81685,1
P116	16+155.000	25,000	5617,88	0,06	40447,0	1890,0	1556412,2	83575,1
P117	16+180.000	25,000	5213,69	1,61	30342,3	4065,0	1586754,5	87640,1
P118	16+205.000	25,000	4554,31	0,06	13857,9	1677,0	1600612,4	89317,1
P119	16+230.000	25,000	4651,35	0,07	16283,8	1788,0	1616896,2	91105,1
P120	16+255.000	25,000	5252,35	0,05	31308,7	1435,0	1648204,9	92540,1

P121	16+280.000	25,000	5436,95	0,04	35923,8	1657,0	1684128,7	94197,1
P122	16+305.000	25,000	6154,00	0,06	53849,9	1767,0	1737978,6	95964,1
P123	16+330.000	25,000	6849,00	0,04	71224,9	997,0	1809203,5	96961,1
P124	16+355.000	25,000	6121,57	0,02	53039,2	566,0	1862242,7	97527,1
P125	16+380.000	25,000	4889,60	0,09	22239,9	2677,0	1884482,6	100204,1
P126	16+405.000	25,000	4415,55	0,07	10388,8	1657,0	1894871,4	101861,1
P127	16+430.000	25,000	4053,13	0,06	1328,1	1566,0	1896199,5	103427,1
P128	16+455.000	25,000	3553,14	0,06	88828,6	1767,0	1985028,1	105194,1
P129	16+480.000	25,000	3019,56	0,06	75489,1	1,5	2060517,2	105195,6
P130	16+505.000	16,327	2711,85	0,06	44275,8	0,9	2104793,0	105196,5
P131	16+512.654	12,500	2598,16	0,06	31368,7	0,7	2136161,7	105197,2
P132	16+530.000	21,173	2374,93	0,06	48292,8	1,1	2184454,5	105198,3
P133	16+555.000	25,000	1906,86	0,06	46440,0	1,5	2230894,5	105199,8
P134	16+580.000	25,000	1304,09	0,07	32166,6	1,8	2263061,1	105201,6
P135	16+605.000	25,000	784,11	0,09	19483,5	2,1	2282544,6	105203,7
P136	16+630.000	25,000	147,34	5,79	3619,1	1450,8	2286163,7	106654,5
P137	16+655.000	25,000	116,70	158,55	2861,1	4011,2	2289024,8	110665,7
P138	16+680.000	25,000	86,78	84,94	2139,0	2158,5	2291163,8	112824,2
P139	16+705.000	25,000	104,72	12,94	2590,6	1328,8	2293754,4	114153,0
P140	16+730.000	25,000	412,05	0,05	10271,7	1300,0	2304026,1	115453,0
P141	16+755.000	25,000	365,62	0,04	9156,3	1114,0	2313182,4	116567,0
P142	16+780.000	25,000	4,14	42,74	104,7	1058,0	2313287,1	117625,0
P143	16+805.000	25,000	0,00	365,58	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P144	16+830.000	25,000	0,00	568,64	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P145	16+855.000	25,000	0,00	841,95	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P146	16+880.000	25,000	0,00	1061,00	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P147	16+905.000	25,000	0,00	1347,49	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P148	16+930.000	25,000	0,00	1662,29	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P149	16+955.000	25,000	0,00	1912,96	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P150	16+980.000	25,000	0,00	1586,15	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P151	17+005.000	25,000	0,00	1222,21	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P152	17+030.000	25,000	0,00	922,28	0,0	0,0	2313287,1	117625,0

P153	17+055.000	25,000	0,00	575,16	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P154	17+080.000	25,000	0,00	113,61	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P155	17+105.000	25,000	421,01	0,04	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P156	17+130.000	25,000	1270,04	0,05	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P157	17+155.000	25,000	2428,74	0,05	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P158	17+180.000	25,000	3600,61	0,04	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P159	17+205.000	25,000	2801,72	0,05	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P160	17+230.000	25,000	1333,07	0,10	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P161	17+255.000	25,000	990,93	22,53	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P162	17+280.000	25,000	1080,82	0,06	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P163	17+305.000	25,000	1513,94	0,08	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P164	17+330.000	25,000	1690,22	0,05	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P165	17+355.000	25,000	1319,86	0,05	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P166	17+380.000	25,000	1121,05	0,04	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P167	17+405.000	17,261	515,04	0,05	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P167-1	17+414.523	12,500	52,37	0,00	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P168	17+430.000	20,239	0,00	173,66	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P169	17+455.000	25,000	0,00	375,49	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P170	17+480.000	25,000	0,00	794,06	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P171	17+505.000	18,371	0,00	1255,67	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P172	17+516.742	12,500	0,00	1382,17	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P173	17+530.000	19,129	0,00	1359,44	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P174	17+555.000	25,000	0,00	1105,68	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P175	17+580.000	25,000	0,00	822,62	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P176	17+605.000	25,000	0,00	742,64	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P177	17+630.000	25,000	0,00	740,42	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P178	17+655.000	25,000	0,00	763,37	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P179	17+680.000	25,000	0,00	893,46	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P180	17+705.000	25,000	0,00	1105,94	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P181	17+730.000	25,000	0,00	1252,96	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P182	17+755.000	25,000	0,00	1166,19	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P183	17+780.000	25,000	0,00	1148,01	0,0	0,0	2313287,1	117625,0

P184	17+805.000	25,000	0,00	1041,99	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P185	17+830.000	25,000	0,00	870,47	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P186	17+855.000	25,000	0,00	681,76	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P187	17+880.000	25,000	0,00	473,90	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P188	17+905.000	25,000	0,00	484,66	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P189	17+930.000	25,000	0,00	557,41	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P190	17+955.000	25,000	0,00	621,00	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P191	17+980.000	25,000	0,00	733,44	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P192	18+005.000	25,000	0,00	837,81	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P193	18+030.000	18,857	0,00	815,77	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P194	18+042.713	12,500	0,00	750,13	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P195	18+055.000	18,643	0,00	683,77	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P196	18+080.000	25,000	0,00	611,43	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P197	18+105.000	25,000	0,00	803,40	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P198	18+130.000	25,000	0,00	927,07	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P199	18+155.000	25,000	0,00	598,77	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P200	18+180.000	25,000	0,00	393,66	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P201	18+205.000	25,000	0,00	628,19	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P202	18+230.000	25,000	0,00	970,27	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P203	18+255.000	25,000	0,00	1243,82	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P204	18+280.000	25,000	0,00	1054,38	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P205	18+305.000	25,000	0,00	747,63	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P206	18+330.000	25,000	0,00	508,11	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P207	18+355.000	20,148	0,00	124,74	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P207-1	18+370.297	12,500	46,15	0,00	0,0	0,0	2313287,1	117625,0
P208	18+380.000	17,352	241,21	0,06	4190,3	87787,0	2317477,4	205412,0
P209	18+405.000	25,000	1211,95	0,05	2336,4	89899,0	2319813,8	295311,0
P210	18+430.000	25,000	2831,39	0,17	2859,9	47898,0	2322673,7	343209,0
P211	18+455.000	25,000	4327,18	0,06	7846,9	87698,0	2330520,6	430907,0
P212	18+480.000	25,000	4931,94	0,03	2464,6	87699,0	2332985,2	518606,0
P213	18+505.000	25,000	4934,59	0,03	2220,0	78688,0	2335205,2	597294,0
P214	18+530.000	25,000	5250,18	0,02	2972,6	87689,0	2338177,8	684983,0

P215	18+555.000	25,000	5227,41	0,05	2961,6	98994,0	2341139,4	783977,0
P216	18+580.000	25,000	4619,95	1,89	1405,3	47677,0	2342544,7	831654,0
P217	18+605.000	25,000	3722,70	0,05	2729,9	76765,0	2345274,6	908419,0
P218	18+630.000	25,000	2551,12	0,05	3636,3	54666,0	2348910,9	963085,0
P219	18+655.000	25,000	1343,23	0,07	3449,7	63455,0	2352360,6	1026540,0
P220	18+680.000	25,000	890,97	0,04	2175,8	65343,0	2354536,4	1091883,0
P221	18+705.000	18,123	350,81	0,07	2332,6	63453,0	2356869,0	1155336,0
P221-1	18+716.245	12,500	60,55	10,64	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P222	18+730.000	19,377	17,92	123,88	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P223	18+755.000	25,000	0,00	288,41	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P224	18+780.000	25,000	0,00	263,75	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P225	18+805.000	25,000	0,00	336,82	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P226	18+830.000	25,000	0,00	492,52	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P227	18+855.000	25,000	0,00	675,53	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P228	18+880.000	25,000	0,00	636,37	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P229	18+905.000	25,000	0,00	739,54	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P230	18+930.000	25,000	0,00	973,86	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P231	18+955.000	25,000	0,00	1135,65	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P232	18+980.000	25,000	0,00	1344,50	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P233	19+005.000	25,000	0,00	1601,33	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P234	19+030.000	25,000	0,00	1843,48	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P235	19+055.000	25,000	0,00	2162,35	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P236	19+080.000	25,000	0,00	2333,76	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P237	19+105.000	25,000	0,00	2013,75	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P238	19+130.000	25,000	0,00	1680,32	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P239	19+155.000	25,000	0,00	1336,69	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P240	19+180.000	25,000	0,00	990,50	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P241	19+205.000	25,000	0,00	598,40	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P242	19+230.000	25,000	0,00	461,95	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P243	19+255.000	25,000	0,00	547,43	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P244	19+280.000	25,000	0,00	798,57	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P245	19+305.000	25,000	0,00	1021,32	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0

P246	19+330.000	25,000	0,00	789,43	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P247	19+355.000	25,000	0,00	715,61	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P248	19+380.000	25,000	0,00	818,24	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P249	19+405.000	25,000	0,00	867,88	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P250	19+430.000	25,000	0,00	833,75	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P251	19+455.000	25,000	0,00	858,71	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P252	19+480.000	25,000	0,00	437,56	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P253	19+505.000	25,000	0,00	170,84	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P254	19+530.000	14,483	39,33	22,50	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P254-1	19+533.967	12,500	65,42	16,11	0,0	0,0	2356869,0	1155336,0
P255	19+555.000	15,539	69,08	1,08	1071,8	16,8	2357940,8	1155352,8
P255-1	19+565.045	12,500	40,07	0,00	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P256	19+580.000	19,977	0,00	141,42	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P257	19+605.000	25,000	0,00	487,91	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P258	19+630.000	25,000	0,00	719,14	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P259	19+655.000	25,000	0,00	935,29	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P260	19+680.000	25,000	0,00	1181,04	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P261	19+705.000	24,721	0,00	1532,59	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P262	19+729.441	12,500	0,00	1847,70	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P263	19+730.000	2,182	0,00	1852,15	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P264	19+733.804	12,500	0,00	1881,08	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P265	19+755.000	23,098	0,00	2026,39	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P266	19+780.000	25,000	0,00	2179,77	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P267	19+805.000	25,000	0,00	2297,50	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P268	19+830.000	25,000	0,00	2693,65	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P269	19+855.000	25,000	0,00	2650,88	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P270	19+880.000	25,000	0,00	2579,01	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P271	19+905.000	25,000	0,00	2489,44	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P272	19+930.000	25,000	0,00	2366,94	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P273	19+955.000	25,000	0,00	2287,25	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P274	19+980.000	25,000	0,00	2262,74	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P275	20+005.000	25,000	0,00	2259,35	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8

P276	20+030.000	25,000	0,00	2283,02	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P277	20+055.000	25,000	0,00	2337,58	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P278	20+080.000	25,000	0,00	2326,60	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P279	20+105.000	25,000	0,00	2301,31	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P280	20+130.000	25,000	0,00	2158,55	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P281	20+155.000	25,000	0,00	1995,72	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P282	20+180.000	25,000	0,00	1927,19	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P283	20+205.000	25,000	0,00	1916,66	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P284	20+230.000	25,000	0,00	1622,36	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P285	20+255.000	25,000	0,00	1268,53	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P286	20+280.000	25,000	0,00	1017,61	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P287	20+305.000	25,000	0,00	1192,11	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P288	20+330.000	25,000	0,00	955,69	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P289	20+355.000	25,000	0,00	844,51	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P290	20+380.000	25,000	0,00	1053,82	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P291	20+405.000	25,000	0,00	1242,56	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P292	20+430.000	25,000	0,00	1582,80	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P293	20+455.000	25,000	0,00	1721,51	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P294	20+480.000	25,000	0,00	1973,14	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P295	20+505.000	25,000	0,00	2204,77	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P296	20+530.000	13,610	0,00	2399,20	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P297	20+532.221	12,500	0,00	2396,35	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P298	20+555.000	23,890	0,00	2368,24	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P299	20+580.000	25,000	0,00	2031,93	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P300	20+605.000	20,969	0,00	1584,52	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P301	20+621.938	12,500	0,00	1280,99	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P302	20+630.000	16,531	0,00	1152,75	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P303	20+655.000	25,000	0,00	779,40	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P304	20+680.000	24,222	0,00	425,69	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P304-1	20+703.444	12,500	108,95	51,30	0,0	0,0	2357940,8	1155352,8
P305	20+705.000	13,278	294,93	1394,39	4000,0	17068,7	2361940,8	1172421,5
P306	20+730.000	25,000	497,03	1585,39	12743,0	36742,7	2374683,8	1209164,2

P307	20+755.000	22,530	831,11	2362,11	19340,2	49331,7	2394024,0	1258495,9
P307-1	20+775.060	12,500	158,01	105,59	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P308	20+780.000	14,970	125,61	136,92	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P309	20+805.000	25,000	20,14	423,50	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P310	20+830.000	25,000	0,00	635,41	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P311	20+855.000	25,000	0,00	1095,19	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P312	20+880.000	25,000	0,00	1605,68	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P313	20+905.000	25,000	0,00	1175,94	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P314	20+930.000	25,000	0,00	611,58	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P315	20+955.000	25,000	0,00	677,90	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P316	20+980.000	25,000	0,00	561,06	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P317	21+005.000	20,461	129,50	1355,84	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P317-1	21+020.923	12,500	511,01	663,07	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P318	21+030.000	17,039	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P319	21+055.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P320	21+080.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P321	21+105.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P322	21+130.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P323	21+155.000	15,144	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P324	21+160.288	12,500	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P325	21+180.000	22,356	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P326	21+205.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P327	21+230.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P328	21+255.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P329	21+280.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P330	21+305.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P331	21+330.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P332	21+355.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P333	21+380.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P334	21+405.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P335	21+430.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P336	21+455.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9

P337	21+480.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P338	21+505.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P339	21+530.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P340	21+555.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P341	21+580.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P342	21+605.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P343	21+630.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P344	21+655.000	25,000	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P345	21+680.000	14,694	0,00	0,00	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P345-1	21+684.388	12,500	230,99	73,85	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P346	21+705.000	22,806	52,11	537,54	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P347	21+730.000	25,000	0,27	507,52	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P348	21+755.000	25,000	0,00	827,34	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P349	21+780.000	25,000	0,00	1205,56	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P350	21+805.000	25,000	0,00	1727,17	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P351	21+830.000	25,000	0,00	1961,96	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P352	21+855.000	25,000	0,00	1568,01	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P353	21+880.000	25,000	0,00	1080,42	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P354	21+905.000	25,000	0,00	971,39	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P355	21+930.000	25,000	0,00	1052,77	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P356	21+955.000	25,000	0,00	1276,86	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P357	21+980.000	25,000	0,00	1315,06	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P358	22+005.000	25,000	0,00	1096,54	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P359	22+030.000	25,000	0,00	1058,27	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P360	22+055.000	25,000	0,00	989,28	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P361	22+080.000	25,000	0,00	1102,21	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P362	22+105.000	25,000	0,00	927,54	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P363	22+130.000	25,000	0,00	543,84	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P364	22+155.000	25,000	0,00	196,86	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P365	22+180.000	14,324	23,88	55,78	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P365-1	22+183.649	12,500	36,51	28,53	0,0	0,0	2394024,0	1258495,9
P366	22+205.000	23,176	209,34	3,85	4851,6	8976,2	2398875,6	1267472,1

P367	22+230.000	25,000	107,40	401,32	2684,9	10032,9	2401560,5	1277505,0
P368	22+255.000	25,000	0,07	844,14	1,7	21103,6	2401562,2	1298608,6
P369	22+280.000	25,000	0,00	1150,40	0,0	28760,0	2401562,2	1327368,6
P370	22+305.000	16,011	0,00	1434,00	0,0	22959,7	2401562,2	1350328,3
P371	22+312.022	12,500	0,00	1362,42	0,0	16667,6	2401562,2	1366995,9
P372	22+330.000	21,489	0,00	861,11	0,0	18060,2	2401562,2	1385056,1
P373	22+355.000	25,000	113,57	171,82	2944,3	4217,6	2404506,5	1389273,7
P374	22+380.000	25,000	844,64	0,04	2025,5	1788,0	2406532,0	1391061,7
P375	22+405.000	25,000	1950,69	0,06	1534,8	1767,0	2408066,8	1392828,7
P376	22+430.000	25,000	3378,87	0,04	9985,1	1566,0	2418051,9	1394394,7
P377	22+455.000	25,000	5202,42	0,04	9420,8	1778,0	2427472,7	1396172,7
P378	22+480.000	25,000	6536,16	0,04	7169,2	1788,0	2434641,9	1397960,7
P379	22+505.000	25,000	5027,14	0,09	3243,7	2878,0	2437885,6	1400838,7
P380	22+530.000	25,000	3002,21	0,05	7598,4	1777,0	2445484,0	1402615,7
P381	22+555.000	25,000	1357,99	0,05	4297,5	1877,0	2449781,5	1404492,7
P382	22+580.000	25,000	317,05	0,11	892,9	2787,0	2450674,4	1407279,7
P383	22+605.000	25,000	0,00	215,07	0,0	5350,5	2450674,4	1412630,2
P384	22+630.000	25,000	0,00	634,56	0,0	15727,1	2450674,4	1428357,3
P385	22+655.000	25,000	0,00	1075,60	0,0	25863,4	2450674,4	1454220,7
P386	22+680.000	25,000	0,00	2037,73	0,0	49398,9	2450674,4	1503619,6
P387	22+705.000	25,000	0,00	3777,50	0,0	93163,4	2450674,4	1596783,0
P388	22+730.000	25,000	0,00	4013,93	0,0	99592,5	2450674,4	1696375,5
P389	22+755.000	25,000	0,00	2507,19	0,0	62152,8	2450674,4	1758528,3
P390	22+780.000	25,000	0,00	850,15	0,0	21001,0	2450674,4	1779529,3
P391	22+805.000	25,000	27,78	125,14	0,0	3064,0	2450674,4	1782593,3
P392	22+830.000	25,000	434,52	19,07	1222,8	463,8	2451897,2	1783057,1
P393	22+855.000	25,000	871,69	0,08	2902,7	2676,0	2454799,9	1785733,1
P394	22+880.000	25,000	1625,39	0,06	3111,4	1676,0	2457911,3	1787409,1
P395	22+905.000	25,000	2803,76	0,05	5413,6	1878,0	2463324,9	1789287,1
P396	22+930.000	25,000	3411,64	0,05	9972,9	1666,0	2473297,8	1790953,1
P397	22+955.000	25,000	2941,12	0,05	6554,0	1788,0	2479851,8	1792741,1
P398	22+980.000	25,000	1968,02	0,06	726,3	1767,0	2480578,1	1794508,1

P399	23+005.000	25,000	893,93	2,81	2255,1	6667,0	2482833,2	1801175,1
P400	23+030.000	23,954	672,02	1,17	968,3	2667,0	2483801,5	1803842,1
P401	23+052.907	11,454	116,95	118,96	1318,0	1393,6	2485119,5	1805235,7