

République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية فرنسيس جانسو
École Nationale Supérieure des Travaux Publics Francis Jeanson



Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État Filière : Travaux Publics
Spécialité : Matériaux & Structures

Thème

**Liaison Autoroutière Rocade Sud (05 Juillet) –
2ème Rocade d'Alger et Contournement de
Draria, sur 10k m, avec conception d'un
échangeur.**

Présenté par :

TOUMI Houda

Encadré par :

M.BERRICHE Yacine

Promotion 2025/2026

REMERCIEMENT

Je remercie tout d'abord Allah, le Tout-Puissant, de m'avoir donné la force, le courage et la volonté nécessaires pour mener ce travail à terme.

J'exprime également ma profonde reconnaissance à mes parents pour leur soutien indéfectible, leur patience et leur présence constante tout au long de ce parcours.

Mes remerciements s'adressent ensuite à mon encadreur, M. BERRICHE. Yacine, pour son accompagnement bienveillant et ses précieux conseils, ainsi qu'à M. ZERAOULA Ahmed et M. BENMAHDI Raouf pour leur collaboration et le partage de leur savoir-faire.

Je remercie également les ingénieurs du service technique groupe COSIDER T147 pour leurs conseils avisés.

J'adresse également mes sincères remerciements à l'ensemble des enseignants de l'ENSTP ainsi qu'à toute l'équipe pédagogique, qui ont contribué à ma formation par la qualité de leur enseignement, leur disponibilité et leurs précieux conseils tout au long de mon cursus universitaire.

Je remercie également les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer mon modeste travail et pour l'attention portée à ma démarche.

Enfin, je tiens à exprimer mon immense gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet de fin d'études.

DEDICACE

Avant tout, je rends grâce à Allah.

Je dédie ce travail à mes parents, ma mère et mon père. Ils m'ont toujours regardée avec une fierté qui me dépassait, me voyant déjà ingénieure bien avant que je ne le devienne. Leur amour inconditionnel, leurs sacrifices silencieux, leurs conseils au bon moment et leurs encouragements sans relâche ont été mon moteur. Je ne trouve pas les mots pour dire à quel point je leur suis reconnaissante.

À mes frères Amine et Haroun, et ma sœur Imane — pour leur soutien, leur affection et leur présence réelle dans les moments difficiles comme dans les bons.

À Dounia et Sarah, mes deux complices de toujours. Elles m'ont soutenue, poussée, supportée, et surtout, elles ont été là. Simplement là.

À mes amis et collègues qui ont partagé avec moi les hauts et les bas de cette vie universitaire. Merci pour votre aide concrète, votre camaraderie sans calcul et tous ces moments qui resteront.

À mes enseignants et encadreurs qui m'ont transmis leur savoir, leur expérience et leur passion du génie civil. Grâce à leur dévouement et leur accompagnement, j'ai pu construire les compétences nécessaires à ce parcours. Qu'ils trouvent ici ma sincère reconnaissance.

Enfin, je pense à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire et à la réussite de mes études.

RESUME

Ce mémoire de fin d'études porte sur la conception et l'analyse d'un tronçon autoroutier stratégique de 9,748 km reliant la Rocade Sud d'Alger (axe 05 Juillet) à la 2ème Rocade d'Alger, avec un contournement de la zone urbaine dense de Draria. S'inscrivant dans le programme d'aménagement routier de la wilaya d'Alger, ce projet vise à désenclaver les zones périurbaines, fluidifier la circulation et désengorger le trafic de transit vers le sud-ouest de la capitale. Le projet est structuré en trois tranches (2,5 km + 3,75 km + 3,75 km) et assure la connexion avec plusieurs axes majeurs (RN36, 7ème Transversale, Voie Périphérique 02) tout en desservant de nombreuses zones urbaines. L'étude multidisciplinaire intègre l'analyse du trafic aboutissant à un profil 2×3 voies, la conception géométrique conforme aux normes ICTAVRU (catégories U60 et A80), la caractérisation géotechnique des sols marno-argileux, le dimensionnement du corps de chaussée (structure BB-GB-GC), l'étude hydraulique avec dimensionnement des ouvrages transversaux, et la conception détaillée d'un échangeur en trèfle complet. L'objectif est de proposer une infrastructure performante, sécurisée et économiquement viable, répondant aux exigences de durabilité des autoroutes modernes.

ABSTRACT

This final year project report focuses on the design and analysis of a strategic 9.748 km highway section connecting the South Beltway of Algiers (05 Juillet axis) to the 2nd Beltway of Algiers, with a bypass around the dense urban area of Draria. As part of the road development program of Algiers wilaya, this project aims to de-isolate peri-urban areas, improve traffic flow, and relieve transit congestion towards the south-west of the capital. The project is divided into three sections (2.5 km + 3.75 km + 3.75 km) and ensures connection with several major road axes (RN36, 7th Transversal, Peripheral Road 02) while serving numerous urban zones. The multidisciplinary study includes traffic analysis leading to a 2×3 lane cross-section, geometric design in compliance with ICTAVRU standards (U60 and A80 categories), geotechnical characterization of marly-clayey soils, pavement structure design (BB-GB-GC structure), hydraulic study with sizing of cross-drainage structures, and detailed design of a full cloverleaf interchange. The objective is to propose a high-performance, safe, and economically viable infrastructure meeting the durability requirements of modern highways.

ملخص

يركز هذا مشروع نهاية الدراسة على تصميم وتحليل مقطع طريق سريع استراتيجي بطول 9,847 كم يربط الطريق السيار الجنوبي لمدينة الجزائر (محور 50 جويلية) بالطريق السيار الثاني، مع تجاوز المنطقة الحضرية الكثيفة بدارية. ويندرج هذا المشروع ضمن برنامج تطوير الطرق بولاية الجزائر، ويهدف إلى فك العزلة عن المناطق الحضرية المحيطة، وتسهيل حركة المرور، وتخفيف الازدحام على الطرق العابرة باتجاه الجنوب الغربي للعاصمة. يقسم المشروع إلى ثلاث مراحل (540 كم + 5470 كم + 5470 كم) ويضمن الربط مع عدة محاور طرقية رئيسية (الطريق الوطني 53، المحور السابع، الطريق الدائري 55) مع خدمة العديد من المناطق الحضرية. تتضمن الدراسة متعددة التخصصات تحليل حركة المرور، والتصنيف (A80 و U60 فئات) ICTAVRU المؤدي إلى مقطع بـ 5×5 مسار، والتصميم الهندسي المطابق لمعايير، والدراسة الهيدروليكية مع تحديد أبعاد منشآت (BB-GB-GC) الجيوتقني للتربة الطينية المارنية، وتصميم هيكل الطريق بالتصريف العرضية، والتصميم التفصيلي لمخرج طرقي على شكل نجمة كاملة. الهدف هو اقتراح بنية تحتية عالية الأداء

وأمنة واقتصادية، تلبي متطلبات المتانة للطرق السيارة الحديثة.

Table des matières **INTRODUCTION GENERALE**

.....	1 CHAPITRE I :	
PRESENTATION DU PROJET	3	
I. 1 INTRODUCTION	4	
I. 2 DEFINITION DU PROJET	4	
.....		
4		
I. 1 LOCALISATION ET CONNEXIONS	5	
I. 2 DEFIS RENCONTRES	5	
I. 3 OBJECTIF DU PROJET	5	
I.6.1 Objectifs fonctionnels	5	
I.6.2 Objectifs techniques	6	
I.6.3 Objectifs socio-économiques	6	
I.6.4 Objectifs environnementaux	6	
CHAPITRE II : ETUDE DU TRAFIC		
7		
II. 1 INTRODUCTION	8	
II. 2 COMPOSITION DE TRAFIC	8	
II. 3 CALCUL DE LA CAPACITE	8	
II. 4 CALCUL DE TJMA A L'ANNEE HORIZON	8	
II. 5 CALCUL DU TRAFIC EFFECTIF	9	
II. 6 DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL	9	
II. 7 DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE	10	
II. 8 CALCUL DU NOMBRE DES VOIES	11	
II. 9 CALCUL DE L'ANNEE DE SATURATION	11	
II. 10 APPLICATION AU PROJET	12	
II. 10.1 Les données de trafic	12	
II. 10.2 Trafic de l'année mise en service	12	
• Trafic total affecte	12	
• Trafic total moyen	13	
II. 10.3 Trafic à l'année horizon (2035)	13	II.
10.4 Trafic effectif de l'année mise en service	13	II. 10.5
Trafic effectif à l'année horizon	13	
II. 10.6 Débit de pointe horaire	13	

II. 10.7 Débit de l'année mise en service	13	II.
10.8 Débit de l'année horizon	13	
II. 10.9 Calcul du Débit admissible	14	
II. 10.10 Détermination de nombre de voies	14	
II. 10.11 Année de saturation de 2×3 voies	14	
II. 11 CONCLUSION	14	

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

15

III.1 CATEGORIE DE VOIES RAPIDES URBAINES	16
III.2 TRACE EN PLAN.....	17
III.2.1 Voies de type A	17

17

III.2.2 Voies de type U	18
III.3 PROFIL EN LONG	18
III.3.1 Pentes et rampes	18
III.3.2 Rayons du profil en long	19
III.3.3 Distance d'arrêt - Visibilité.....	20
III.3.3.1 Distance d'arrêt	20
III.3.3.2 Visibilité en angle saillant	20
III.3.3.3 Visibilité en courbe	22

22

III.3.3.4 Visibilité sous ouvrage	23
III.3.3.5 Visibilité aux points d'entrée et de sortie	24
III.3.3.6 Visibilité de dépassement	25
III.3.3.7 Terminologie	26
• Cas des voies de type A	26
• Cas des voies de type U	26
III.4 PROFIL EN TRAVERS	27
III.4.1 Choix du profil en travers	27
III.4.2 Caractéristiques géométriques du profil en travers	27
III.4.2.1 Dimensionnement des différents éléments	27
III.4.2.2 Tableaux récapitulatifs des dimensions des éléments constitutifs du profil en travers.....	28
• Voies de type A	28
• Voies de type U	30
III.5 APPLICATION DU PROJET	32
III.5.1 Profil en travers type du notre projet	34

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

35

IV.1	INTRODUCTION	36
IV.2	SISMICITE	36
IV.3	PROGRAMME GEOTECHNIQUE	37
IV.4	ESSAIS INSITU	39
Tranche 1		39
Tranche 2		40
Tranche 3		46
IV.5	ESSAIS EN LABORATOIRE	48
TRANCHE 1		48
TRANCHE 2		50
TRANCHE 3		58

60

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

62

V.1	INTRODUCTION	63
V.2	DONNEES DU PROJET	63
V.3	DETERMINATION DU TRAFIC POIDS LOURDS A L'ANNEE MISE EN SERVICE	64
V.4	DETERMINATION DE LA CLASSE DE TRAFIC.....	64
V.5	DETERMINATION DE LA PORTANCE DU SOL-SUPPORT DE LA CHAUSSEE	65
V.6	SURCLASSEMENT DU SOL SUPPORT	66
V.7	CHOIX DE CORPS DE CHAUSSEE	66
V.8	CALCUL DES SOLLICITATIONS ADMISSIBLES.....	68
•	Détermination du trafic cumulé équivalent :	68
•	Détermination de la déformation admissible horizontale :	69
•	Détermination de la déformation admissible en traction :	70
•	Caractéristiques des matériaux bitumineux et hypothèses de calcul :	71
V.9	RESULTAT DU CALCUL DES CONTRAINTES	72
V.10	CONCLUSION	72

CHAPITRES VI : CALCUL DES CUBATURES

73

VI.1	INTRODUCTION	74
VI.2	METHODES DE CALCUL DES CUBATURES	74
□	La méthode de la moyenne des aires (appelée aussi méthode des profils en travers)	74
VI.3	CUBATURES DU PROJET	76
•	Récapitulatif déblais/remblais :	76
•	Récapitulatif des matériaux :	76
VI.4	Conclusion	76

CHAPITRES VII : ASSAINISSEMENT 77

VII.1 INTRODUCTION 78

VII.2 CARACTERISTIQUES DU CLIMAT 78

 •Températures 78

 •Humidité 79

VII.3 PRECIPITATIONS MENSUELLES 79

VII.4 PLUIES DE COURTES DUREE 79

VII.5 HYDROLOGIE 80

VII.5.1 Délimitation des bassins versants 80

VII.5.2 Caractéristiques morphologiques 80

VII.5.3 Temps de concentration 81

VII.5.4 Coefficient de ruissellement 81

VII.6 DRAINAGE 83

 •Drainage transversal (buses et dalots) 83

 Tranche 1 84

 Tranche 2 85

 Tranche 3 85

 Formule de MANNING-STRICKLER 86

 Méthode rationnelle (débit à évacuer) 86

 Formule de MONTANA (Intensité de pluie) 86

VII.7 CONCLUSION 88

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ÉCHANGEUR 89

VIII.1 INTRODUCTION 90

VIII.2 RÔLE DE L'ÉCHANGEUR 90

VIII.3 ÉLÉMENTS DE L'ÉCHANGEUR 90

VIII.4 CATÉGORIES D'ÉCHANGEURS ROUTIERS 91

..... 91

VIII.5 JUSTIFICATION DU CHOIX DE L'ÉCHANGEUR EN TRÈFLE COMPLET 91

VIII.5.1 Définition du trèfle complet 91

VIII.5.2 Avantages du trèfle complet 91

VIII.6 RECOMENDATIONS TECHNIQUES ET ELEMETS NORMATIFS 93

 • Fonctionnement d'une bretelle 94

 • Géométrie des dispositifs d'entrée et de sortie 95

 • Géométrie des zones d'accélération et de décélération : 101

 • Géométrie des zones en courbe (Diffuseurs) : 103

 • Profil en long : 104

 • Profil en travers : 105

• Capacité des bretelles :	106
• Traitement des collectrices :	106
VIII.7 APPLICATION DU PROJET	107
• Vitesse pratiquée :	107
• Géométrie des zones d'accélération et de décélération :	107
• Remarque sur l'influence des rampes et des pentes :	108
• Géométrie des zones en courbe (Diffuseurs) :	109
• Profil en long :	109
• Profil en travers :	109
VIII.8 CADRE ET PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE	111
• Choix de la zone d'étude	111
• Traitement des axes extérieurs	111
VIII.9 CONCEPTION DE L'ÉCHANGEUR	112

CHAPITRE IX : SIGNALISATION

113

IX.1 INTRODUCTION	114
IX.2 LES TYPES DE SIGNALISATION	114
IX.3 SIGNALISATION HORIZONTALE	114
IX.4 TYPOLOGIE DE MARQUES ROUTIERES	114
IX.5 EXEMPLES	115
IX.6 AUTRES MARQUES	115
IX.7 SIGNALISATION VERTICALE	115
IX.8 PANNEAUX DE SIGNALISATION	116
IX.9 DIMENSIONS ET CONDITIONS D'EMPLOI DES PANNEAUX	116
• Implantation des signaux	118
• Implantation et hauteur des signaux :	118
• Visibilité de nuit des panneaux et panonceaux	118
• Signalisation de virage :	118
• Bornes kilométriques :	119
• Signaux de priorité (type B) :	119
• Signalisation de confirmation :	119
IX.10 SIGNIFICATION DES PANNEAUX	120
• SIGNALISATION DE DANGER (Type A)	120
• INTERSECTION ET RÉGIME DE PRIORITÉ (Type B)	120
• SIGNALISATION D'INDICATION (Type C)	122
□ SIGNALISATION DE DIRECTION (Type D)	

123

CHAPITRE X : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

X.1 INTRODUCTION	126
X.2 IDENTIFICATION DES IMPACTS	126

• Les impacts primaires :	126
• Les impacts secondaires :	127
• Les impacts sur le milieu humain :	127
X.3 EVALUATION DES IMPACTS	128
X.4 MESURES D'ATTENUATION DES IMPACTS DU PROJET	128
X.5 CONCLUSION	129
CHAPITRE XI : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	130
• TRANCHE 1	131
• TRANCHE 2 :	134
• TRANCHE 3 :	137
CONCLUSION GENERALE	
141 ANNEXE	
.....	145

LISTE DES FIGURES

Figure I 2 : Plan synoptique du projet	4
Figure III 1 : La visibilité derrière l'angle saillant sur un obstacle	20
Figure III 2 : Paramètres géométriques de la visibilité en courbe horizontale.....	22
Figure III 3 : Coupe transversale de la chaussée et positionnement du masque de visibilité	22
Figure III 4 : Visibilité sous ouvrage	23
Figure III 5 : Terminologie des voies de type A	26
Figure III 6 : Terminologie des voies de types U	
Figure IV 1 : Carte de zoning sismique (R.P.A 2024)	36
Figure V 1 : classes de trafic (TPLi)	64
Figure V 2 : Structure du corps de chaussée considéré	66
Figure V 3 : Epaisseurs considérées	67
Figure V 4 : Localisation de la sollicitation à comparer à la déformation admissible	68
Figure V 5 : Résultats des contraintes sur ALIZE	72
Figure VI 1 : Représentation schématique du calcul d'aire par la méthode de la moyenne des aires	74
Figure VIII 1 : Fonctionnement d'une bretelle	94
Figure VIII 2 : Schéma d'une entrée de type : Ei 1 « en insertion »	96
Figure VIII 3 : Schéma d'une sortie de type Sb 1 « déboîtement d'une voie »	98
Figure VIII 4 : Conception de l'échangeur	112
Figure IX 1 : Dimensions des panneaux rectangulaires	127
Figure IX 2 : Signalisation de direction	134
.....	35

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II 1 : coefficient d'équivalence	
18 Tableau II 2 : valeurs de K1	Error! Bookmark not defined.
Tableau II 3 : valeurs de K2	10
Tableau II 4 : Valeur de capacité théorique Cth	
19	10
Tableau III 1 : les valeurs limites des rayon des voies de type A	18
Tableau III 2 : les valeurs limites des rayons des voies de type U.....	19
Tableau III 3 : Déclivités moyennes	
27	19
Tableau III 4 : Valeurs des rayons du profil en long	19
Tableau III 5 : Les rayons en angle rentrant sont fixés principalement par des conditions de confort	20
Tableau III 6 : les distances d'arrêt ds sur sol sec	
29	
Tableau III 7 : Visibilité derrière l'angle saillant sur un obstacle	
30 Tableau III 8 : Rayons minimaux de courbure pour la visibilité sous ouvrage en fonction de la vitesse (V) et de la flèche (f)	
32 Tableau III 9 : Distances de perception-réaction (dp) en fonction de la vitesse (V)	
..... 33 Tableau III 10 : Distances d'arrêt (da) en alignement et en palier pour le calcul de la visibilité en entrée	
33	
Tableau III 11 : Distances de décision (d_d) et rayons de courbure associés (R_d) en fonction de la vitesse de projet (V)	
34	

Tableau III 12 : Distances minimales de manœuvre de dépassement (dmd) et rayons	34
Tableau III 13 : dimensions des éléments constitutifs du profil en travers des voies de type A	37
Tableau III 14 : dimensions des éléments constitutifs du profil en travers des voies de type U	39
Tableau III 15 : Synthèse des valeurs	41
Tableau III 16 : Profil en travers type du notre projet type U	43
Tableau IV 1 : Zoning sismique de l'Algérie selon RPA	44
Tableau IV 2 : Listing des normes des essais au laboratoire	45
Tableau IV 3 : Listing des normes des essais au laboratoire	46
Tableau IV 4 : Sondages Carottés tranche 1	47
Tableau IV 5 : Sondages Carottés tranche 2	48
Tableau IV 6 : Sondages pressiométriques tranche 2	49
Tableau IV 7 : Installation de tubes piézométriques tranche 2	53
Tableau IV 8 : Puits de reconnaissances tranche 2	53
Tableau IV 9 : Sondages carottés tranche 3	54
Tableau IV 10 : Installation de tubes piézométriques tranche 3	55
Tableau IV 11 : Puits de reconnaissances tranche 3	55
Tableau IV 12 : Relatif aux sondages carottés tranche 1	56
Tableau IV 13 : Analyses chimiques tranche 1	57
Tableau IV 14 : Essai Proctor tranche 1	57
Tableau IV 15 : Relatif aux sondages carottés tranche 2	58
Tableau IV 16 : Analyses chimiques tranche 2	62

Tableau IV 17 : Essais physiques et mécaniques relatif au puits de reconnaissance tranche 2	64
Tableau IV 18 : Analyses chimiques tranche 2	65
Tableau IV 19 : Essais relatifs aux sondages carottés tranche 3	67
Tableau IV 20 : Essais relatifs aux puits de reconnaissance tranche 3	
Tableau V 1 : classe de portance du sol-support	74
Tableau V 2 : Classe de sol support	74
Tableau V 3 : Sur classement avec couche de forme en matériau non traité	75
Tableau V 4 : Coefficient d'agressivité	78
Tableau V 5 : Caractéristiques des matériaux bitumineux	80
Tableau V 6 : Caractéristiques de la GNT (GC)	80
Tableau VI 1 : Cubatures déblais, remblais	85
Tableau VI 2 : Récapitulatif des matériaux	
Tableau VII 1 : Moyenne mensuelle des températures en °C	87
Tableau VII 2 : Moyenne mensuelle de l'humidité	88
Tableau VII 3 : Moyenne mensuelle des précipitations	88
Tableau VII 4 : Coefficient C1 : dépendant de la pente du bassin versant	90
Tableau VII 5 : Coefficient C2 : dépendant de la nature du sol (perméabilité)	90
Tableau VII 6 : Coefficient C3 : dépendant de la couverture végétale du bassin versant	91
Tableau VII 7 : Les Coefficients de ruissellement des bassins versants	91
Tableau VII 8 : Caractéristiques des bassins versants - Tranche 1	93
Tableau VII 9 : Débits d'apport et ouvrages retenus - Tranche 1	93

Tableau VII 10 : Synthèse des débits de projet - Tranche 2	94
Tableau VII 11 : Caractéristiques des bassins versants - Tranche 3	94
Tableau VII 12 : Débits de projet retenus - Tranche 3	94
Tableau VII 13 : Éléments de drainage longitudinal	96
Tableau VII 14 : Synthèse du drainage longitudinal	96
Tableau VIII 1 : Éléments de l'échangeur	99
Tableau VIII 2 : catégories d'échangeurs selon leur niveau de service et leur complexité.....	100
Tableau VIII 3 : Vitesse pratiquée selon la catégorie de voie	102
Tableau VIII 4 : Dispositifs d'entrée	106
Tableau VIII 5 : Dispositifs de sorties	108
Tableau VIII 6 : Dispositifs d'entrée et de sortie à gauche	109
Tableau VIII 7 : <i>Distance de décélération L (en m) en fonction de V(R) et Vs (en km/h)</i>	110
Tableau VIII 8 : Distance d'accélération L' (en m) en fonction de V(R) et Vi (en km/h)	111
Tableau VIII 9 : La vitesse maximale V(R) pouvant être pratiquée sur une courbe de rayon R	112
Tableau VIII 10 : Déclivités du profil en long	113
Tableau IX 1 : Marques routières longitudinales	123
Tableau IX 2 : Désignation des marques	124
Tableau IX 3 : Panneaux de signalisation selon catégorie et, type et fonction	125
Tableau IX 4 : Dimensions des panneaux	125
Tableau IX 5 : Signalisation de danger type A	129
Tableau IX 6 : Signalisation de priorité type B	129

Tableau IX 7 : Signalisation d'interdiction type B.....
130

Tableau IX 8 : Signalisation d'indication type C
131

.....
85

.....
70

ABREVIATIONS

APD	Avant-Projet Détaillé
BAU	Bande d'Arrêt d'Urgence
BB	Béton Bitumineux
BDD	Bande Dérasée droite
BDG	Bande Dérasée Gauche
BM	Bande Médiane
BV	Bassin Versant
CBR	California Bearing Ratio
Cr	Coefficient de Ruissellement
GB	Grave Bitume
GNT	Grave Non Traité
GTR	Guide du terrassement routier
IL	Indice de liquidité
IP	Indice de Plasticité
PK	Point kilométrique
PL	Poids Lourd
Pm	Périmètre mouillée
Rm	Rayon Minimal
RN	Route nationale
Rnd	Rayon Minimal Non Déversé
RP	Réseau Principal
SC	Sondage carotté
Sm	Surface mouillée
TCE	Trafic Cumulé en Norme en Essieux équivalent de 13 tonnes
TJMA	Trafic Journalier moyen annuel
TPC	Terre-Plein Central
TPL	Trafic de poids lourds
Uvp	Unités des Véhicules Particuliers
VB	Vitesse de Base
OA	ouvrage d'art

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION

Le développement des infrastructures routières constitue un pilier fondamental de la croissance économique et du développement territorial de tout pays. En Algérie, la wilaya d'Alger, en tant que capitale et centre économique majeur, connaît une pression démographique et urbaine croissante qui impose la mise en place d'un réseau autoroutier performant et adapté aux besoins de mobilité actuels et futurs.

Le projet étudié dans ce mémoire s'inscrit dans le vaste programme d'aménagement routier de la wilaya d'Alger, visant à désenclaver les zones périurbaines et à fluidifier la circulation autour de la capitale algérienne. Il s'agit de la réalisation de la liaison entre la Rocade Sud d'Alger (axe 05 Juillet) et la 2ème Rocade d'Alger, avec un contournement de la zone urbaine dense de Draria, sur une longueur totale de 9,748 km.

Cette infrastructure stratégique constitue un maillon essentiel du réseau autoroutier national et répond à une problématique majeure de mobilité urbaine et interurbaine dans la région d'Alger.

La réalisation de cette liaison s'inscrit dans la continuité des infrastructures existantes, en créant un corridor de contournement permettant de désengorger le trafic de transit et d'améliorer l'accessibilité aux zones résidentielles et industrielles du sud-ouest de la wilaya.

Le projet est découpé en trois tranches de réalisation : la 1ère tranche (PK 0+000 au PK 2+500, longueur 2,5 km), la 2ème tranche (PK 2+500 au PK 6+250, longueur 3,75 km) et la 3ème tranche (PK 6+250 au PK 9+748, longueur 3,75 km).

Il assure la connexion avec plusieurs axes routiers majeurs : la Rocade Sud d'Alger, la 2ème Rocade d'Alger, la RN36, la 7ème Transversale, la Voie Périphérique 02, et dessert de nombreuses zones urbaines (El Achour, Dély Ibrahim, Draria, Aïn Elah, Zéralda, Birouta, Chéraga, Baba Hassen, S'haoula, Dar El Beïda).

La conception de ce projet a nécessité une approche multidisciplinaire rigoureuse, intégrant l'étude du trafic pour dimensionner l'infrastructure en fonction des besoins actuels et futurs, l'étude géométrique pour garantir la sécurité et le confort des usagers selon les normes ICTAVRU, l'étude géotechnique pour caractériser les sols et adapter les fondations, le dimensionnement du corps de chaussée pour assurer la pérennité de l'ouvrage, l'étude hydraulique pour gérer les écoulements naturels et les eaux pluviales, et enfin la conception d'un échangeur en trèfle complet pour permettre les échanges de trafic entre les différents axes sans interruption de la circulation.

L'objectif final de ce travail est de proposer une conception technique complète, cohérente et économiquement viable, répondant aux normes en vigueur et aux exigences de performance, de sécurité et de durabilité qui s'imposent aux infrastructures autoroutières modernes.

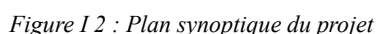
CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

I.1 INTRODUCTION

La réalisation de cette liaison s'inscrit dans la continuité des infrastructures existantes, notamment la 2ème Rcade d'Alger et la Rcade Sud (05 Juillet), en créant un corridor de contournement permettant de désengorger le trafic de transit et d'améliorer l'accessibilité aux zones résidentielles et industrielles du sud-ouest de la wilaya.

Le projet consiste en la réalisation et le suivi de la liaison Rocade Sud (05 Juillet) – 2ème Rocade d'Alger et contournement de Draria, sur une longueur totale de 9,748 km (du PK 0+000 au PK 9+748).

- 1ère Tranche : PK 0+000 au PK 2+500 → Longueur : 2,5 km ;
- 2ème Tranche : PK 2+500 au PK 6+250 → Longueur : 3,75 km ;
- 3ème Tranche : PK 6+250 au PK 9+748 → Longueur : 3,75 km.



I. 1 LOCALISATION ET CONNEXIONS

Le projet assure la liaison entre plusieurs axes routiers majeurs et zones urbaines :

- Rocade Sud d'Alger (axe 05 Juillet) ;
- 2ème Rocade d'Alger ;
- RN36 (Route Nationale 36) ;
- 7ème Transversale ;
- Voie Périphérique 02 ;
- Accès AADL 2000 logements ;
- Zones desservies : El Achour, Dély Ibrahim, Draria, Aïn Elah, Zéralda, Birouta, Chérage, Baba Hassen, S'haoula, Dar El Beïda, Stade 05 Juillet, Stade Douera.

I. 2 DEFIS RENCONTRES

- **Terrain accidenté** : Le terrain montagneux et rocheux a posé des défis pour la construction de la nouvelle route ;
- **Conditions météorologiques** : Les pluies abondantes et les chutes de neige ont parfois ralenti les travaux et nécessité des adaptations ;
- **Circulation existante** : Le maintien de la circulation durant la construction a nécessité une gestion rigoureuse des flux et des déviations ;
- **Défis budgétaires** : Les coûts de construction ont dû être maîtrisés face à l'inflation et aux imprévus.

I. 3 OBJECTIF DU PROJET

I.6.1 Objectifs fonctionnels

- **Continuité du réseau autoroutier** : Assurer la liaison directe entre la Rocade Sud et la 2ème Rocade d'Alger ;
- **Contournement de Draria** : Permettre le contournement de la zone urbaine dense de Draria, réduisant ainsi les congestions ;
- **Désenclavement** : Améliorer l'accessibilité des zones périphériques d'Alger (Zéralda, Birouta, Chérage, Baba Hassen) ;
- **Fluidification du trafic** : Réduire les temps de parcours et améliorer les conditions de circulation.

I.6.2 Objectifs techniques

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

- Conception d'échangeurs permettant la gestion des flux de trafic entre les différents axes routiers ;
- Intégration harmonieuse des ouvrages d'art ;
- Gestion des eaux pluviales.

I.6.3 Objectifs socio-économiques

- Développement urbain : Faciliter l'accès aux zones d'habitat et aux équipements publics ;
- Stimulation économique : Améliorer la connectivité entre les zones industrielles et résidentielles du sud d'Alger ;
- Sécurité routière : Séparer les flux de trafic local et de transit via des échangeurs et bretelles dédiées.

I.6.4 Objectifs environnementaux

- Maîtrise de l'impact paysager : Intégration des dévers et des fossés de manière à préserver le milieu naturel ;
- Gestion des eaux : Système de drainage (Début de fossé, Fond de fossé, Fin de fossé) pour prévenir l'érosion et les inondations.

CHAPITRE II : ETUDE DU TRAFIC

CHAPITRE II : ETUDE DE TRAFIC

II. 1 INTRODUCTION

Le trafic a pour but de déterminer la demande de transport actuelle et future ainsi que la répartition et la diffusion des flux de trafic dans les situations « avec » et « sans » projet. Elle est basée sur la description de la région d'étude, la définition de l'offre de transport et l'évaluation de la demande de transport. L'offre de transport a été définie pour la situation actuelle et à l'horizon 2015 en prenant en compte les projets en cours ou retenus et qui seront en service en 2015. L'évaluation de la demande de transport s'est effectuée à partir d'une campagne de recensement de véhicules estimé à partir du comptage de trafic de 2006 effectué dans le cadre du projet HDM IV actualisé avec un taux d'accroissement de 3%.

II. 2 COMPOSITION DE TRAFIC

Pour sa part, le trafic traversant le réseau routier de la région d'étude est composé principalement d'un trafic local et d'un trafic d'échange. La disposition et l'implantation du projet dans le sens Nord Sud fait que ce dernier n'est quasiment pas affecté par le trafic de transit.

- **Trafic local** : C'est le trafic ayant pour origine et destination des zones appartenant à la région d'étude.
- **Trafic d'échange** : Le trafic d'échange concerne les flux d'échange entre les zones de la région d'étude et le reste du territoire. Pour le trafic à destination de la région d'étude, les flux les plus importants sont en provenance de la rocade sud.

II. 3 CALCUL DE LA CAPACITE

On définit la capacité de la route par le nombre maximum des véhicules pouvant raisonnablement passer sur une section donnée d'une voie dans une direction (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période de temps bien déterminée. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

II. 4 CALCUL DE TJMA A L'ANNEE HORIZON

Le Trafic Journalier Moyen Annuel(T.J.M.A) égale au trafic total de l'année divisé par le nombre de jour ; on l'exprime en véhicules par jour (v/j).

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

- ✓ $TJMA_n$: Le trafic à l'année horizon.
- ✓ $TJMA_0$: Le trafic à l'année de référence.
- ✓ τ : taux d'accroissement (%).
- ✓ n : nombre d'années.

CHAPITRE II : ETUDE DE TRAFIC

II. 5 CALCUL DU TRAFIC EFFECTIF

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de type de la route et de l'environnement.

$$T_{\text{eff}} = TJMA_n [(1 - Z) + PZ] \quad \text{Tableau II.1 : coefficient d'équivalence}$$

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

Tableau II 1 : coefficient d'équivalence

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

II. 6 DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL

Le débit de point horaire normal $\frac{1}{n}$ est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule :

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

- ✓ n : nombre d'heure (généralement 8 heures).
- ✓ Q : débit de pointe horaire exprimé en (UVP/h).

II. 7 DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE

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

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

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

Tableau II 2 : valeurs de K_1

CHAPITRE II : ETUDE DE TRAFIC

Environnement	Tableau E1	II.3 E2: valeurs	E3: s de K ₂
K ₁	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau II 3 : valeurs de K₂

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

Tableau II 4 : Valeur de capacité théorique C_{th}

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

II. 8 CALCUL DU NOMBRE DES VOIES

- **Cas d'une chaussée bidirectionnelle :**

On compare Q à Q_{adm} et on adopte le profil qui correspondant à la valeur de Q_{adm} la plus proche de Q.

- **Cas d'une chaussée unidirectionnelle :**

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

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

✓ N : nombre de voies de la chaussée, on prend le nombre entier le plus proche du rapport.

✓ S : coefficient de dissymétrie en général égale à $\frac{2}{3}$ ✓ Q_{adm} : débit admissible par voie.

CHAPITRE II : ETUDE DE TRAFIC

II. 9 CALCUL DE L'ANNEE DE SATURATION

$$Q_{\text{saturation}} = 6 \times Q_{\text{adm}} \text{ (la route est dimensionnée en 2x3 voies)}$$

$$Q_{\text{saturation}} = (1+\tau)^n \times Q_{\text{service}} \Rightarrow n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{\text{saturation}}}{Q_{\text{service}}}\right)}{\ln(1+\tau)}$$

II. 10 APPLICATION AU PROJET

II. 10.1 Les données de trafic

- Année de comptage : **2006**.
- Année de mise en service : **2015**.
- Année d'actualisation : **2026**
- Année d'horizon : **2046**
- Le pourcentage des poids lourds : **Z = 10 %**.
- Coefficient d'équivalence : **P=2**. (Justification en bas) □ Taux d'accroissement annuel de trafic : **τ=3 %**. □ La durée de vie : **20ans**.
- Coefficient de pointe : $\frac{1}{n} = 0.12$.
- Route de catégorie **C1** dans un environnement **E2**.
- Coefficient lié à l'environnement : **K₁ = 0.85** pour E2.
- Coefficient de réduction de capacité : **K₂ = 0.99** pour E2 et C1.
- Capacité théorique : **C_{th} = 1800 uvp/h** par voie.

➤ Choix de l'environnement E2

- ✓ Densité de population : Moyenne (périurbain)
- ✓ Fonction : Transit + desserte locale
- ✓ Vitesse de référence : U60, A80
- ✓ Type d'accès : Échangeurs + desserte zones d'activités

➤ Justification du choix du coefficient d'équivalence P=2 (Hypothèse de calcul)

Bien que l'environnement soit classé E2, le coefficient d'équivalence **P = 2** a été retenu, et non P = 4 (valeur théorique pour E2 et 4 voies). Ce choix s'écarte du tableau standard mais est justifié par les arguments suivants :

CHAPITRE II : ETUDE DE TRAFIC

- ✓ **Caractéristiques autoroutières du projet** : 2 chaussées séparées, un terre-plein central, des bandes d'arrêt d'urgence de 2,50 m, un profil en long dénivélé, et des entrées/sorties uniquement aux échangeurs. Ces caractéristiques limitent significativement l'impact des poids lourds sur la circulation fluide ;
- ✓ **Absence de gêne de dépassement** : Avec 3 voies par sens, les véhicules particuliers peuvent dépasser les poids lourds sans gêne ni conflit. Le facteur 2 entre E1 et E2 dans le tableau des coefficients est précisément lié à la gêne de dépassement sur routes à 2 voies. Sur une autoroute 2×3 voies dénivelée, cette gêne n'existe pratiquement pas ;
- ✓ **Comportement des poids lourds** : Sur une voie A 80, les poids lourds roulent à 60-70 km/h, vitesse proche de celle des véhicules particuliers. Il n'y a pas de ralentissement ;
- ✓ **Pratique professionnelle** : Le coefficient $P = 2$ est couramment retenu dans les études d'infrastructure autoroutière pour les autoroutes neuves à chaussées séparées, indépendamment du classement géographique de la zone. Le bureau d'études Delta Consult (2012) a d'ailleurs adopté cette même valeur dans l'étude d'avant-projet du projet ;
- ✓ **Cohérence dimensionnelle** : La valeur $P = 4$ conduirait à un nombre de voies $N = 6$, soit un profil en 2×6 voies. Ce dimensionnement serait incohérent avec une vitesse de référence A 80, U60 et les standards des rocades périurbaines algériennes. Le profil 2×3 voies, obtenu avec $P = 2$, correspond au dimensionnement standard de ce type d'infrastructure.

II. 10.2 Trafic de l'année mise en service

- **Trafic total affecté**

Section 1 : $TJMA_{2012} = 20360 \text{ v/j}$

Section 2 : $TJMA_{2012} = 35040 \text{ v/j}$

Section 3 : $TJMA_{2012} = 29530 \text{ v/j}$

- **Trafic total moyen**

$$\Rightarrow TJMA^{2012} = \frac{20360+35040+29530}{3} = 28310 \text{ v/j}$$

Remarque : L'année de mise en service est reportée de 2015 à 2026. L'horizon de projet est donc fixé à 2046 (2026 + 20 ans de durée de vie).

$$\Rightarrow TJMA^{2006} = \frac{TJMA_{2012}}{(1+0.035)^6} = \frac{28310}{1.23} = 23030 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2026} = TJMA_{2006} (1 + \tau)^{20}$$

$$TJMA_{2026} = 23030 \times (1 + 0.03)^{20}$$

$$TJMA_{2026} = 41595 \text{ v/j}$$

II. 10.3 Trafic à l'année horizon (2046)

$$TJMA_{2046} = TJMA_{2026} (1 + \tau)^{20}$$

$$TJMA_{2046} = 41595 \times (1 + 0.03 + \tau)^{20}$$

CHAPITRE II : ETUDE DE TRAFIC

$$TJMA_{2046} = 75125 \text{ v/j}$$

II. 10.4 Trafic effectif de l'année mise en service

$$\begin{aligned}T_{\text{eff}} &= TJMA_{2026} [(1 - Z) + PZ] \\T_{\text{eff}} &= 41595 \times [(1 - 0.1) + 2 \times 0.1] \\T_{\text{eff}} &= 45754 \text{ uvp/j}\end{aligned}$$

II. 10.5 Trafic effectif à l'année horizon

$$\begin{aligned}T_{\text{eff}} &= TJMA_{2046} [(1 - Z) + PZ] \\T_{\text{eff}} &= 75125 \times [(1 - 0.1) + 2 \times 0.1] \\T_{\text{eff}} &= 82637 \text{ uvp/j}\end{aligned}$$

II. 10.6 Débit de pointe horaire

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) \times T_{\text{eff}} \quad \text{avec} \quad \frac{1}{n} = 0.12$$

II. 10.7 Débit de l'année mise en service

$$\begin{aligned}Q_{2026} &= 0.12 \times T_{\text{eff}} (2026) \\Q_{2026} &= 0.12 \times 45754 \\Q_{2026} &= 5490 \text{ uvp/h}\end{aligned}$$

II. 10.8 Débit de l'année horizon

$$\begin{aligned}Q_{2035} &= 0.12 \times T_{\text{eff}} (2046) \\Q_{2035} &= 0.12 \times 82637 \\Q_{2035} &= 9916 \text{ uvp/h}\end{aligned}$$

II. 10.9 Calcul du Débit admissible

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

CHAPITRE II : ETUDE DE TRAFIC

$$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 1800$$

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

II. 10.10 Détermination de nombre de voies

$$Q_{saturation} = (1+\tau)^n \times Q$$

$$2026 = \frac{2 \times 9916}{1515} \ln \left(\frac{Q_{saturation}}{Q_{2026}} \right)$$

$$n = \frac{\ln(2.21)}{\ln(1+0.03)} = 27 \text{ ans}$$

$$Q_{saturation} = 4 \times 12120 \text{ voies/sens}$$

$$(Q_{2026}) = (5490) = 2.21$$

Donc, autoroute 2×4 voies

II. 10.11 Année de saturation de 2×4 voies

$$Q_{saturation} = 8 \times Q_{adm}$$

$$Q_{saturation} = 8 \times 1515$$

$$Q_{saturation} = 12120 \text{ uvp/h}$$

II. 11 CONCLUSION

- La voie de contournement qui intercepte le trafic urbain venant de Draria, El Achour et Parc Dounia ; □
Un profil en travers de 2 x 4 voies ;
- Horizon de saturation théorique de 2053, soit après 27 ans d'exploitation.

REMARQUE : Le calcul de trafic a été effectué sur la base des données disponibles supposant une infrastructure 2×4 voies. Toutefois, l'ensemble de l'étude de conception (géométrique, structurale et économique) est réalisé sur la configuration réelle du projet, soit **2×3 voies**. Le trafic projeté reste compatible avec les capacités de cette section.

CHAPITRE II : ETUDE DE TRAFIC

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

TOUMI HOUDA

III.1 CATEGORIE DE VOIES RAPIDES URBAINES

Les voies à caractéristiques autoroutières (type A) et les voies à caractéristiques non autoroutières (type U) correspondent à des fonctions différentes. Pour chacun de ces types, on distingue deux catégories selon la vitesse de référence qui lui est associée.

On appelle vitesse de référence (V_r) d'une section de route, la vitesse conventionnelle qui permet de définir les caractéristiques géométriques limites d'aménagement des points particuliers de cette section. Les différentes vitesses de référence ne correspondent pas à différents niveaux de sécurité, mais à différents niveaux de confort. La vitesse de référence n'est pas le seul paramètre associé à la catégorie de route, mais c'est celui qui est le plus commode pour le choix des caractéristiques géométriques limites en section courante. Il faut aussi noter que les modalités d'utilisation de la V_r ne sont pas les mêmes pour le type A et pour le type U.

On définit deux catégories de voies de type A selon la vitesse de référence retenue :

- La catégorie A 100 offre un bon niveau de confort aux véhicules isolés circulant à 100 km/h ; sauf en des points exceptionnels, elle ne nécessite pas, du fait du tracé en plan ou du profil en long, de limitation de vitesse permanente inférieure à 110 km/h ; cependant certains points peuvent nécessiter la mise en place d'une signalisation spécifique ;
- La catégorie A 80 offre un bon niveau de confort aux véhicules isolés circulant à 80 km/h ; sauf en des points exceptionnels, elle ne nécessite pas, du fait du tracé en plan ou du profil en long, de limitation de vitesse permanente inférieure à 90 km/h ; cependant certains points peuvent nécessiter la mise en place d'une signalisation spécifique.

De même, on définit deux catégories de voies de type U selon la vitesse de référence retenue :

- La catégorie U 80 offre un bon niveau de confort aux véhicules circulant à 80 km/h, par exemple dans le cadre d'une « onde verte ». En des points particuliers, une signalisation spécifique peut être nécessaire ;
- La catégorie U 60 offre un bon niveau de confort aux véhicules circulant à 60 km/h, par exemple dans le cadre d'une « onde verte ». En des points particuliers, une signalisation spécifique peut être nécessaire.

III.2 TRACE EN PLAN

Les rayons du tracé en plans et les dévers associés en section courante sont choisis pour que, dans les conditions conventionnelles retenues, le véhicule ne soit pas conduit à mobiliser plus des deux tiers du frottement transversal mobilisable.

III.2.1 Voies de type A

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

Tableau III 1 : les valeurs limites des rayon des voies de type A

Catégorie	A 80	A 100
Rayon non déversé (dévers : $\delta = -2,5 \%$)	400 m	800 m
Rayon au dévers minimal (dévers : $\delta = 2,5 \%$)	300 m	500 m
Rayon minimal (dévers : $\delta = 5 \%$)	240 m	425 m

Pour des rayons compris entre le rayon minimal et le rayon au dévers minimal, la valeur du dévers est fixée par interpolation linéaire. Lorsque R est compris entre R dévers minimal et R non déversé, on adopte alors un dévers de + 2,5 %.

Les courbes dimensionnées aux normes minimales ne doivent pas constituer des points durs isolés. Les éléments du tracé, ou l'environnement, doivent inciter à pratiquer une vitesse adaptée à l'approche de ces courbes.

Afin de donner à la voie un aspect satisfaisant (condition de gauchissement), et pour informer l'utilisateur suffisamment à l'avance du tracé de la route et assurer la variation progressive du dévers de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique, les courbes de rayon inférieur au rayon non déversé sont introduites par des raccordements progressifs.

Ceux-ci sont constitués par des clothoïdes. Leur longueur est égale à la plus grande des deux valeurs :

$$L = 14 (\delta_1 - \delta_0)^4$$

$$L = \frac{R}{9}$$

Avec L et R en mètres, et δ en % ; δ_0

représente la pente transversale initiale ;

δ_1 le dévers de la courbe.

En présence d'obstacles latéraux (murs de soutènement par exemple), un examen particulier des conditions de visibilité doit être fait si le rayon en plan est inférieur au rayon non déversé ; si les conditions de visibilité conventionnelles détaillées en annexe ne peuvent être remplies, une signalisation particulière est à mettre en place.

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

III.2.2 Voies de type U

Sur les voies de type U, les courbes de faible rayon ne sont pas nécessairement déversées vers l'intérieur du virage ; ce sont les conditions d'évacuation des eaux qui sont déterminantes.

Les valeurs limites du tracé en plan sont les suivantes :

Tableau III 2 : les valeurs limites des rayons des voies de type U

Catégorie	U60	U80
Rayon non déversé	200 m	400 m
Rayon minimal	120 m	240 m

III.3 PROFIL EN LONG

III.3.1 Pentes et rampes

Tableau III 3 : Déclivités moyennes

Catégorie	U60	U80 et A80	A100
Déclivité moyenne π	6%	6%	5%

III.3.2 Rayons du profil en long

Les rayons en angle saillant interviennent sur la visibilité et le confort (accélération verticale) ; c'est toujours la première condition qui est déterminante. En fonction des définitions précisées dans le § 4, les valeurs retenues sont les suivantes :

Tableau III 4 : Valeurs des rayons du profil en long

Catégorie	U60	U80 et A80	A100
-----------	-----	------------	------

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

Rayon normal en angle saillant *	2500 m	6000 m	10 000 m
Rayon minimal en angle saillant	1500 m	3000 m	6000 m

* Valeur minimale conseillée en l'absence de contraintes particulières.

Les rayons en angle rentrant sont fixés principalement par des conditions de confort. Les valeurs limites sont les suivantes :

Tableau III 5 : Les rayons en angle rentrant sont fixés principalement par des conditions de confort

Catégorie	U60	U80 et A80	A100
Rayon normal en angle rentrant	1500 m	2000 m	3000 m
Rayon minimal en angle rentrant	800 m	1000 m	1500 m

III.3.3 Distance d'arrêt - Visibilité

III.3.3.1 Distance d'arrêt

La distance d'arrêt d est la somme de la distance parcourue par le véhicule pendant le temps de perception réaction avant le début du freinage (2 s) et de la longueur d_0 parcourue pendant l'action du freinage qui annule totalement sa vitesse initiale V .

Les distances d_0 sont calculées pour des conditions déterminées : en palier, chaussée moyenne, roue bloquée, pneu Europe, hauteur d'eau 1 mm. Ce sont ces distances qui sont prises en compte pour calculer les distances de visibilité. Le tableau suivant comporte, à titre de comparaison, les distances d'arrêt d_s sur sol sec

Tableau III 6 : les distances d'arrêt d_s sur sol sec

V	40 km/h	60 km/h	80 km/h	100 km/h	110 km/h
d_0	15 m	35 m	60 m	105 m	135 m
d	40 m	70 m	105 m	160 m	190 m

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

d,	35 m	55 m	75 m	110 m	125 m
-----------	------	------	------	-------	-------

III.3.3.2 Visibilité en angle saillant

En fonction de la vitesse V , on considère les rayons R qui permettent d'assurer la visibilité derrière l'angle saillant sur un obstacle légèrement supérieur à x à la distance d'arrêt d , les yeux du conducteur étant situés à une hauteur h .

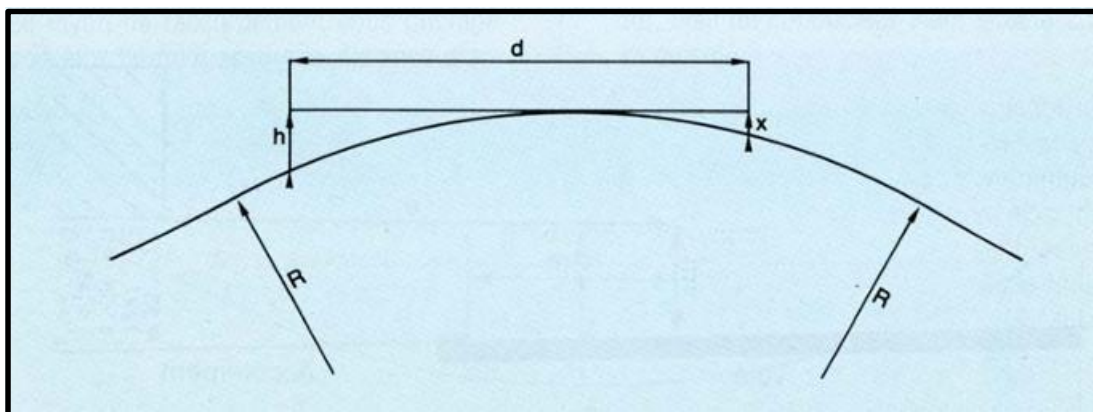


Figure III 1 : La visibilité derrière l'angle saillant sur un obstacle

Le tableau suivant donne les rayons pour $h = 1$ m et x correspondant à :

- Un obstacle éventuel de plus de 0,15 m de hauteur (R_v) ;
- Des feux arrière d'un véhicule situés à plus de 0,35 m du sol (R_{v1}) ;
- Un véhicule de plus de 1 m de hauteur (R_{v2}) ; □ La visibilité au sol (R_{v3}).

Tableau III 7 : Visibilité derrière l'angle saillant sur un obstacle

V	40 km/h	60 km/h	80 km/h	100 km/h	110 km/h
R_v	500 m	1 500 m	3 000 m	6 000 m	9 000 m
R_{v1}	320 m	1 000 m	2 200 m	5 000 m	7 100 m
R_{v2}	200 m	600 m	1 400 m	3 200 m	4 500 m
R_{v3}	800 m	2 500 m	5 500 m	13 000 m	18 000 m

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

III.3.3.3 Visibilité en courbe

La distance d'arrêt doit être assurée en courbe par dégagement latéral d'obstacles visuels sur une bande de largeur e , de façon à ce que l'œil du conducteur (1 m du sol) puisse percevoir un véhicule à l'arrêt (1 m du sol).

Cette largeur $e = \frac{d^2}{8R}$ est décomposée à partir de 2 m du bord droit de la chaussée dans le cas d'une courbe à droite et de 1,50 m du bord gauche de la chaussée dans le cas d'une courbe à gauche.

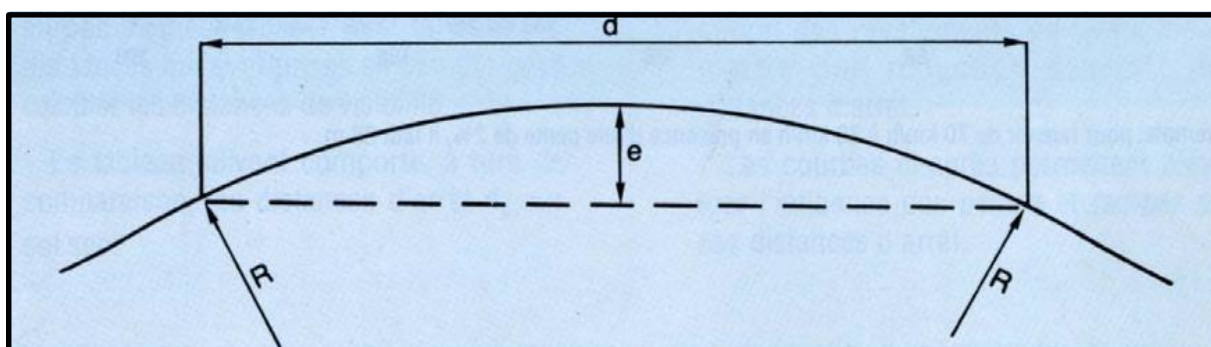


Figure III 2 : Paramètres géométriques de la visibilité en courbe horizontale

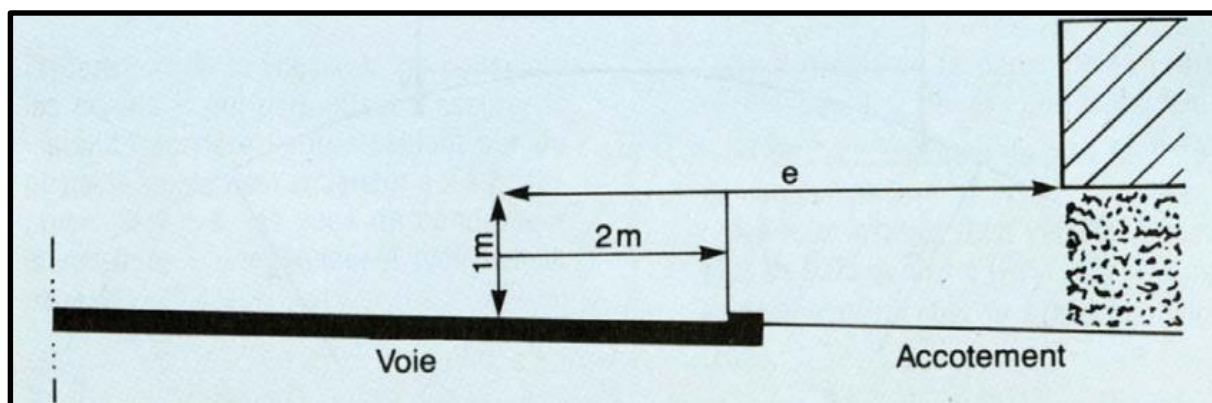


Figure III 3 : Coupe transversale de la chaussée et positionnement du masque de visibilité

III.3.3.4 Visibilité sous ouvrage

Le rayon de raccordement sous ouvrage doit être tel qu'il assure la distance d'arrêt, l'œil du conducteur étant situé à 2,50 m du sol

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

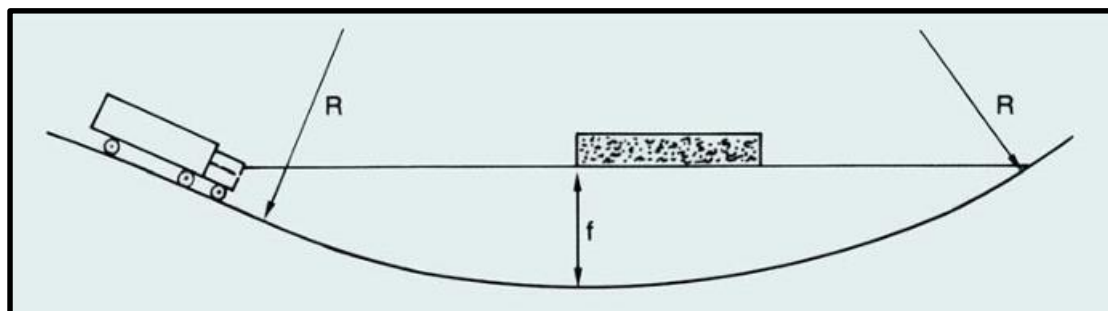


Figure III 4 : Visibilité sous ouvrage

Le tableau ci-dessous donne les valeurs du rayon en fonction de la distance d'arrêt associée à la vitesse V et de l'ouverture f :

Tableau III 8 : Rayons minimaux de courbure pour la visibilité sous ouvrage en fonction de la vitesse (V) et de la flèche (f)

$\begin{matrix} V \\ f \end{matrix}$	60 km/h	80 km/h	100 km/h
3,5 m	260 m	600 m	1 400 m
4 m	220 m	490 m	1 150 m
4,5 m	185 m	420 m	1 000 m

III.3.3.5 Visibilité aux points d'entrée et de sortie

La visibilité sur les entrées et les sorties est une condition de leur bon niveau de fonctionnement et de sécurité.

Elle s'apprécie pour un conducteur, dont l'œil est positionné à 2 m du bord droit de sa voie et à 1 m du sol, circulant à la vitesse prescrite.

Aux points d'accès, on assurera pour les usagers de la chaussée principale concernés par l'accès, des distances de visibilité au moins égales aux distances définies ci-après.

Pour une sortie, on respectera deux conditions minimales :

- Distance de perception 1 (dp_1) sur les panneaux d'avertissement et les panneaux de pré signalisation. Elle correspond à la distance parcourue en 3 secondes à la vitesse prescrite.

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

- Distance de perception 2 (dp2) sur le panneau de signalisation avancée, tout en assurant qu'à cette distance l'utilisateur percevra simultanément la balise ($h = 1$ m) du musoir du nez de sortie à 5 m (S. 5.00). Elle correspond à la distance parcourue en 6 secondes à la vitesse prescrite, pour permettre la décision.

Tableau III 9 : Distances de perception-réaction (dp) en fonction de la vitesse (V)

V (km/h)	50	70	90	110
dp1 (m) 3v	45	60	75	90
dp2 (m) 6v	85	120	150	185

Pour une entrée, on assurera, pour l'utilisateur circulant sur la voie recevant l'entrée, une distance de visibilité sur l'arrière, à $h = 0,60$ m du sol, d'un véhicule entrant situé au droit du point E. 1.00, au moins égale à la distance d'arrêt (da) à la vitesse prescrite.

Tableau III 10 : Distances d'arrêt (da) en alignement et en palier pour le calcul de la visibilité en entrée

V (km/h)	50	70	90	110
da (m), en alignement et en palier	50	85	130	195

III.3.3.6 Visibilité de dépassement

Sur les routes bidirectionnelles à terme de type A 80, on doit maintenir la distance de visibilité de dépassement dd sur au moins la moitié du tracé. Il en résulte que les rayons en angle saillant doivent être égaux à Rd.

dd : longueur parcourue pendant 15 secondes à la vitesse V.

Tableau III 11 : Distances de décision (da) et rayons de courbure associés (Rd) en fonction de la vitesse de projet (V)

V	40 km/h	60 km/h	80 km/h
da	150 m	250 m	325 m

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

R_d	2 500 m	6 500 m	11 000 m
----------------------	---------	---------	----------

Pour les routes bidirectionnelles de type U, on peut n'assurer que la visibilité de manœuvre de dépassement d_{md} , ce qui implique des rayons en angle saillant R_{md} . d_{md} : distance de visibilité permettant en toute sécurité au véhicule dépassant d'abandonner en freinant ou de poursuivre en accélérant une manœuvre de dépassement amorcée, dans l'hypothèse où le véhicule adverse freine.

Tableau III 12 : Distances minimales de manœuvre de dépassement (d_{md}) et rayons associés (R_{md}) en fonction de la vitesse (V)

V	40 km/h	60 km/h	80 km/h
d_{md}	70 m	120 m	200 m
R_{md}	500 m	1 600 m	4 500 m

III.3.3.7 Terminologie

- **Cas des voies de type A**

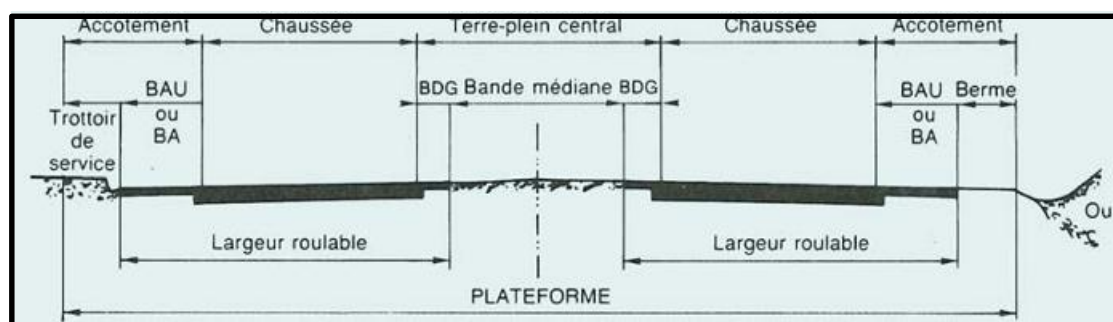


Figure III 5 : Terminologie des voies de type A

- **Cas des voies de type U** On peut adopter :

Soit les dispositions préconisées pour les voies de type A (schéma ci-dessus), éventuellement sans bande d'arrêt ; Soit les dispositions indiquées dans le schéma ci-dessous.

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

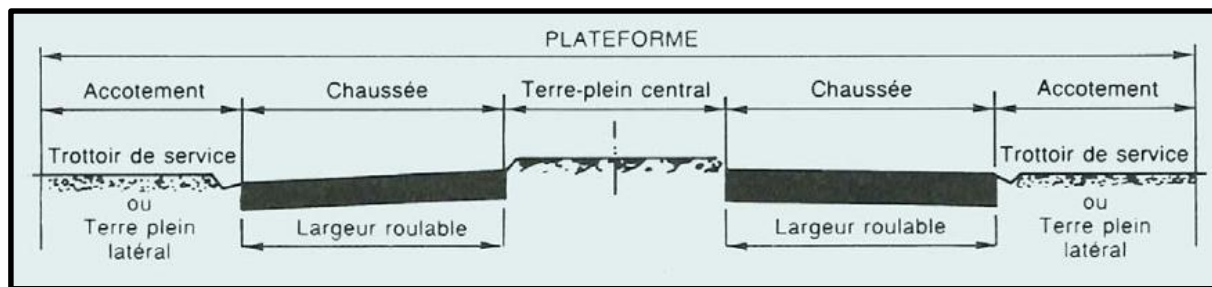


Figure III 6 : Terminologie des voies de types U

III.4 PROFIL EN TRAVERS

III.4.1 Choix du profil en travers

Les indications suivantes correspondent à des infrastructures de caractéristiques normales (voies de 3,50 m et BAU d'au moins 2 m), sauf exceptionnellement en des points singuliers.

La présence de BAU n'influe pratiquement pas sur la capacité physique des voies. Par contre, elle facilite grandement l'arrivée des secours en cas d'incident et permet souvent un dégagement plus rapide. Cela justifie qu'on préconise leur construction sur les voies rapides urbaines. Leur absence réduirait sensiblement le niveau de service.

En revanche, l'état actuel des connaissances ne permet pas de conclure que la réduction de la largeur des voies (de 3,50 m à 3,20 m par exemple) amène une baisse significative du débit.

III.4.2 Caractéristiques géométriques du profil en travers

III.4.2.1 Dimensionnement des différents éléments

Les dimensions du profil en travers d'une VRU et plus spécifiquement de chacun de ses constituants (chaussée, largeur roulable, TPC, accotements) doivent être choisies de façon à satisfaire à un certain nombre de fonctions et de conditions :

- Écoulement du trafic ;
- Sécurité des usagers et des riverains ;
- Implantation des ouvrages d'art ;
- Assainissement ;
- Équipements d'exploitation et de sécurité ;
- Implantation de l'éclairage ;
- Prise en compte des opérations d'entretien ;
- Plantations ;
- Implantation des protections phoniques ;
- Humanisation de la route ;
- Prise en compte des nuisances ; □ Contraintes économiques ; □ Phasage.

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

Le choix du profil en travers résulte souvent d'un compromis entre ces fonctions et les contraintes propres au projet étudié. Toutefois, ce compromis doit intégrer des règles de dimensionnement pour les différents constituants du profil en travers.

Pour celles-ci, on distingue :

- Les valeurs normales qu'ils convient d'adopter en général, car elles correspondent à une certaine optimisation fonctionnelle et économique ;
- Les valeurs minimales qui constituent des seuils au-dessous desquels on peut considérer que le constituant ne remplit plus la fonction pour laquelle il est prévu.

III.4.2.2 Tableaux récapitulatifs des dimensions des éléments constitutifs du profil en travers □

Voies de type A

Tableau III 13 : dimensions des éléments constitutifs du profil en travers des voies de type A

Élément	Dimension normale (m) Dimension normale (m)		Dimension minimale (m) Dimension minimale (m)	
	Valeur	Observations	Valeur	Observations
ACCOTEMENT				
Bande d'arrêt d'urgence	2,50	Une largeur de 3,00 m peut conduire à des circulations à mauvais escient	2,25	
Bande dérasée* de droite	1,00	Les dimensions entre 1 et 2 m ne doivent plus être exclues	0,50	Veiller à préserver la distance de visibilité en courbe
Berme (ou trottoir de service)	0,75	Largeur de berme fonction des équipements à implanter (annexe 1)	0,75	En l'absence de tout dispositif de retenue et donc d'obstacle
	1,00	Si uniquement dispositifs d'assainissement		
	1,50	Si présence de fourreaux longitudinaux		
CHAUSSÉE				

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

Largeur de voie	3,50		3,00	Pour voie de gauche ou médiane
			3,25	Pour voie de droite
TERRE-PLEIN CENTRAL				
Bande médiane	0,60 ou 0,80	Selon le dispositif de retenue choisi : - 0,60 si DBA - 0,80 si DE2 ou DE4	2,50	Si plantations arbustives avec glissière double métallique (annexe 2)
	3,00	Si plantations arbustives avec glissière double		

		métallique (annexe 2)		
	1,20	Si plantations entre deux GBA ou deux DBA (annexe 2)		
	e + 0,80	Si obstacle d'épaisseur e et glissière GS2 spéciale obstacle (annexe 2)		
	e + 2,40	Si obstacle d'épaisseur e et glissière GS2 (annexe 2)		
Bande dérasée de gauche	1,00 ou 1,10	1,10 m avec glissière DE4 (annexe 2)	0,50	Si DBA sur TPC, vérifier que la visibilité latérale est maintenue

* Les minima ne peuvent pas toujours être cumulés : la largeur minimale de bloc [VD + BDD] est de 4 m

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

- Voies de type U

Tableau III 14 : dimensions des éléments constitutifs du profil en travers des voies de type U

Élément	Dimension normale (m) Dimension normale (m)		Dimension minimale (m) Dimension minimale (m)	
	Valeur	Observations	Valeur	Observations
ACCOTEMENT				
Bande d'arrêt*	2,50	Réservée à certaines voies U80	2,25	
Bande dérasée de droite	0,50	En présence de marquage latéral de chaussée	0	Avec des bordures non franchissables et en l'absence de marquage latéral, la BDD peut être supprimée
Trottoir ou terre-plein latéral	-	Dépend des fonctions à assurer	0,75	En l'absence de tout dispositif de retenue et donc d'obstacle
Piste cyclable	3,00	Bidirectionnelle	1,50	
	2,00	Unidirectionnelle		
CHAUSSÉE				
Largeur de voie	3,50	Peut être ramenée à 3,00 m notamment pour les voies U60	3,00	
TERRE-PLEIN CENTRAL				
Bande médiane	-	Dépend des équipements prévus ou des fonctions à assurer	0,60	

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

Bande dérasée de gauche	0,50	En présence de marquage latéral de chaussée	0	Avec des bordures non franchissables et en l'absence de marquage latéral, la BDG peut être supprimée
-------------------------	------	---	---	--

* Les dimensions mentionnées sont applicables lorsqu'une bande d'arrêt est effectivement prévue (cas de certaines voies U80). Cette fonction peut être supprimée.

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

III.5 APPLICATION DU PROJET

Le projet adopte deux catégories de voirie : U 60 pour la 1ère tranche et A 80 pour les 2ème et 3ème tranches.

Tableau III 15 : Synthèse des valeurs

Catégorie de route	U60	A80
Données d'entrée		
Rayon en plan (R)	120 m	300 m
pente transversale initiale (δ_0)	-2.5 %	-2.5 %
Type de section	Section courante	Section courante
Tracé en plan - rayons normatifs et dévers		
Rayon non déversé (RND)	200 m	400 m
Rayon au devers minimal (RDM)	-	300 m
Rayon minimal (RM), ($\delta = 5\%$)	120 m	240 m
Calcul du dévers δ_1		
Dévers calcule (δ_1)	5%	2.5 %
Clothoïde de raccordement		
$L1 = 14 \delta_1 - \delta_0 $	105 m	70 m
$L2 = R/9$	13.33 m	33.33 m

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

Longueur de clothoïde retenue (L)		105 m	70 m
Paramètre (A) de clothoïde		112.25 m	144.91 m
$A_{\min}$ indicatif ($=R/3$)		40 m	100 m
$A_{\max}$ indicatif ($=R$)		120 m	300 m
Profil en long - rayons normatifs			
Rayon en angle saillant	Valeur normale	2500 m	6000 m
	Valeur minimale	1500 m	3000 m
Rayon en angle entrant	Valeur normale	1500 m	2000 m
	Valeur normale	800 m	1000 m
Déclivité moyenne maximale		6%	6 %
Distance d'arrêt à la vitesse de référence			
Distance de freinage (d_0)		35 m	60 m
Distance d'arrêt (d)		70 m	105 m
Distance d'arrêt (d_s) sol sec		55 m	75 m

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

Visibilité en courbe		
Dégagement latéral (e)	5.10 m	4.59 m
Conformité		
Statut global du rayon	Acceptable ($RM \leq R < RND$)	Acceptable ($RDM \leq R < RND$)

Remarque : les calculs sont faits avec un rayon minimal de 120 m pour U60 et 300m pour A80.

III.5.1 Profil en travers type du notre projet

Le présent rapport se concentre sur le profil type U60, ce profil étant retenu comme référence principale pour la conception géométrique du tracé principal. Le profil type A80 n'a pas été développé dans le cadre de cette étude. Les valeurs retenues pour le profil type U60 sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Tableau III 16 : Profil en travers type du notre projet type U

Description		Largeur (m)	Nombre	Largeur totale (m)
Voie de circulation (2x3)		3.5	6	21
Terre-plein centrale (T.P.C)	Bande dérasée gauche (B.D.G)	0.5	2	1
	Bande médiane (BM)	1	1	1
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)		2	2	4
Largeur totale		27m		

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

35

IV.1 INTRODUCTION

Une étude géotechnique du tracé dans le cadre de ce projet, afin de présenter une analyse détaillée de la géologie du site, d'établir une synthèse géotechnique des unités rencontrées, d'évaluer la stabilité des ouvrages projetés,

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

notamment les déblais et remblais, et de formuler des recommandations pour la réalisation des travaux de terrassement.

IV.2 SISMICITE

La carte de zoning sismique de l’Algérie distingue cinq (07) zones de séismicité croissante :

Tableau IV 1 : Zoning sismique de l’Algérie selon RPA

Sismicité	Zone
Très faible	0
Faible	I
Faible à moyenne	II
Moyenne	III
Moyenne à élevée	IV
Elevée	V et VI

La carte de zoning sismique de l’Algérie, établie par le Centre de Génie Parasismique (CGS) en 2024 précise que la région d’Alger est classée **en zone VI**, caractérisée par une forte sismicité.

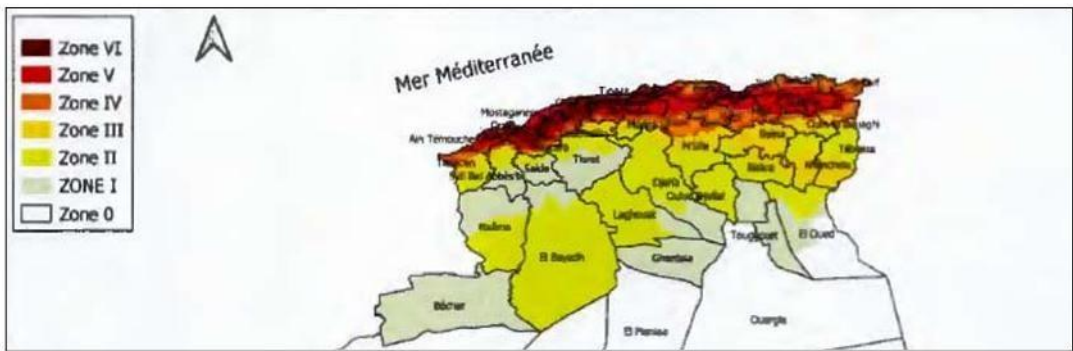


Figure IV 1 : Carte de zoning sismique (R.P.A 2024)

IV.3 PROGRAMME GEOTECHNIQUE

Un programme d’investigation géotechnique complémentaire est établi dans le but de faire la reconnaissance du sol le long du tracé. Les essais in situ et les essais au laboratoire seront réalisés conformément aux normes définies dans les tableaux respectifs n° 1 et 2 suivants :

Tableau IV 2 : Listing des normes des essais au laboratoire

N°	Désignation	Normes	Critère	Objectif
----	-------------	--------	---------	----------

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

1	Sondage carotté	XP P94-202		• Identification d'un sol • Distinction nature lithologique déformation • Prélèvements des échantillons
2	Sondage et essai pressiométrique	NF P 94-110	• Réalisation un sondage de $\Phi 63\text{mm}$. • Réalisation des essais pressiométrique chaque 1.0 m dans le trou du forage.	• Identification d'un sol • Distinction nature lithologique déformation • Prélèvements des échantillons remaniés • Calcul de la portance du sol et tassement.
3	Piézomètre	NF P 94-157-1	Un trou de sondage équipé par un PVC rainuré bouchonné en profondeur et protégé par une protection métallique et sécurisée en surface.	• Relever les niveaux piézométriques du l'eau dans trou de sondages Elaboration d'une carte piézométrique de la zone étudier.

Tableau IV 3 : Listing des normes des essais au laboratoire

Essais	Description	Norme	Objectif
	Analyse		Répartition pondérale des

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

Essais physiques et mécaniques	Granulométrie (tamisage à sec)	NF P94-056	éléments granulaires d'un matériau des terrassements
	Analyse granulométrique (par méthode de sédimentation)	NF P94-057	Détermination de la distribution pondérale de la taille des particules fines d'un sol
	Teneur en eau naturelle	NF P94-050	Détermination de la teneur en eau d'un matériau.
	Limites d'Atterberg	NF P94-051	Identification indice de consistance et de la plasticité d'un sol.
	Masse volumique des particules solides d'un sol	NF P94-053	Détermination de la masse volumique moyenne des particules solides de sol
	Masse volumique sèche d'une roche	NF P94-063	Détermination de la masse volumique sèche d'un élément de roche
	Essai œdométriques	XP P94-090-1	Étudier la consolidation d'un Echantillon de sol
	Essai de cisaillement	NFP94-071-1	Déterminé les paramètres intrinsèques du sol (cohésion et angle de frottement interne)
	Essai de compression simple	NF EN14286-41	Mesurer la résistance à la compression simple de carottes prélevées des sondages
	Essai PROCTOR modifié	NF P94-094	Le principe de l'essai consiste à humidifier un sol à plusieurs teneurs en eau et à le compacter selon un procédé et une énergie conventionnelle
	Essai CBR	NF P94-078	L'essai CBR est un essai de portance (aptitude des matériaux à supporter les charges) des remblais et des couches de formes compactées des ouvrages routiers. Il s'agit de déterminer expérimentalement des indices portants.
	Equivalent de sable	NF EN 944-8	Permet de mettre en évidence la proportion relative de poussière fine nuisible ou d'éléments argileux dans les sols ou agrégats fins.

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

IV.4 ESSAIS INSITU

Tranche 1

Tableau IV 4 : Sondages Carottés tranche 1

N° de sondage	Profondeur (m)	Nature de sol	essai SPT
SC 01	0.00 – 6.00	Remblai hétérogène	N = 56 coups à 2,5 m
	6.00 – 10.00	Argile marneuse altérée par des oxydations, ferme, de couleur brunâtre	N = 61 coups à 7,2 m
	10.0 - 14.0	Marne très altérée représentée par des oxydations, très ferme, peu compacte, de couleur grisâtre	Refus dès la profondeur de 11,5 m
	14.0 - 25.0	Marne très dure et compacte, avec des passages à aspect rocheux, de couleur grisâtre	Refus
SC 02	0.0 – 3.00	Argile marneuse altérée par des oxydations, ferme, de couleur brunâtre	le niveau d'eau étant indiqué à 0,7 m de
	3.0 – 13.00	Marne très altérée représentée par des oxydations, très ferme, peu compacte, de couleur grisâtre	profondeur N = 56 coups à 5.2m
	13.00 – 25.00	Marne très dure et compacte, avec des passages à aspect rocheux, de couleur grisâtre	N = 77 coups à 9.6m Refus
SC 03	0.0 - 2.00	Remblai hétérogène	N = 61 coups à 3m
	2.00 - 9.00	Argile marneuse de couleur brunâtre, légèrement ferme	
	9.00 - 14.00	Marne très altérée, légèrement ferme, peu compacte, très oxydée, de couleur grisâtre	N = 71 coups à 11.2m
	14.0 - 25.00	Marne très dure et compacte, avec des passages à aspect rocheux, de couleur grisâtre	Refus
SC 04	0.0 - 2.00	Remblai constitué d'argile marneuse	N = 56 coups à 3m N = 75 coups à 7.5m N = 82 coups à 15m Refus aux alentours de 19,0 m et 23,5 m
	2.00 - 4.50	Marne gris-verdâtre ferme	
	4.50 - 25.00	Marne grise compacte à très compacte	
SC 05	0.0 - 25.0	Marne grise généralement ferme, à très ferme par endroit	N = 63 coups à 2m N = 67 coups à 4m N = 91 coups à 9.5m N = 94 coups à 17m Refus à 25m

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

SC 06	0.0 - 2.00	Remblai constitué de sable argileux graveleux contenant des débris de briques et des morceaux de blocs en béton	
	2.00 - 10.0	Marne brunâtre à verdâtre (versicolore) contenant quelquefois des débris de coquilles calcaires d'âge Plaisancien	N = 30 coups à 4m N = 42 coups à 7.5m
	10.0 - 25.00	Marne saine grisâtre très ferme compacte devenant de plus en plus dure en profondeur d'âge Plaisancien	N = 58 coups à 10m N = 68 coups à 13m

Tranche 2

Tableau IV 5 : Sondages Carottés tranche 2

N° de sondage	Profondeur (m)	Nature de sol
SC 01	0.00 – 6.00	Un facies d'argile graveleuse, de couleur brunâtre
	6.00 – 10.00	Une formation de marne, de couleur grisâtre indurée et oxydée à cassures verticales
SC 02	1.0 – 0.40	Une couche de terre végétale
	0.40 – 6.00	Un facies d'argile marneuse, de couleur brunâtre
	6.00 – 15.00	Une formation de marne, de couleur grisâtre oxydée et indurée en profondeur à cassures verticales
SC 03	0.0 – 0.40	Une couche de terre végétale
	0.40 – 4.00	Un facies d'argile limono-sableuse, de couleur verdâtre à brunâtre
	4.00 – 20.00	Une formation de marne, de couleur grisâtre indurée et oxydée à cassures verticales.
SC 04	0.0 – 0.40	Une couche de terre végétale
	0.40 – 4.00	Un facies d'argile limono-sableuse oxydée, de couleur verdâtre brunâtre
	4.00 – 20.00	Une formation de marne, de couleur grisâtre indurée et oxydée à cassures verticales
SC 05	0.0 – 0.40	Une couche de terre végétale
	0.40 – 3.80	Un facies d'argile marneuse, de couleur brunâtre
	3.80 – 6.00	Une formation de marne, de couleur grisâtre
	6.00 – 10.00	Une formation de marne compacte, de couleur grisâtre
SC 06	0.0 – 0.40	Une couche de terre végétale
	0.40 – 2.80	Un facies d'argile limoneuse, de couleur rougeâtre
	2.80 – 5.00	Une formation de marne bariolée, de couleur grisâtre
	6.00 – 10.00	Une formation de marne compacte, de couleur grisâtre
SC 07	0.0 – 0.40	Une couche de terre végétale
	0.40 – 3.00	Un facies d'argile limoneuse, de couleur rougeâtre
	3.00 – 5.50	Une formation de marne bariolée, de couleur grisâtre
	5.50 – 12.00	Une formation de marne compacte, de couleur grisâtre

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

SC 08	0.0 – 0.40	Une couche de terre végétale
	0.40 – 2.70	Un facies d'argile limoneuse, de couleur rougeâtre
	2.70 – 4.00	Une formation de marne bariolée, de couleur grisâtre
	4.00 – 12.00	Une formation de marne compacte, de couleur grisâtre
SC 09	0.0 – 0.40	Une couche de terre végétale
	0.40 – 3.00	Un facies d'argile limono-sableuse, de couleur rougeâtre à brunâtre
	3.00 – 4.20	Une formation d'argile marneuse, de couleur brunâtre
	4.20 – 8.50	Une formation de marne bariolée, de couleur grisâtre
	8.50 – 15.00	Une formation de marne, de couleur grisâtre oxydée et indurée en profondeur à cassures verticales
SC 10	0.0 – 0.60	Une couche de terre végétale
	0.60 – 4.00	Un facies d'argile limono-sableuse, de couleur rougeâtre à brunâtre
	4.00 – 4.80	Une formation d'argile marneuse, de couleur brunâtre
	4.8 – 12.00	Une formation de marne bariolée, de couleur grisâtre
SC 11	0.0 – 0.60	Une couche de terre végétale
	0.60 – 5.00	Un facies d'argile limono-sableuse, de couleur rougeâtre à brunâtre
	5.00 – 6.90	Une formation d'argile marneuse, de couleur brunâtre

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

		SC16	0.0 – 0.40 0.40 – 2.60	
			2.60 – 5.80	
SC 12	6.90 – 12.00		5.80 – 7.40	
	0.0 – 0.60		7.40 – 9.20	
	0.60 – 4.30			
	4.30 – 4.90		9.20 – 10.00	
SC 13	4.90 – 12.00	Une formation de marne bariolée, de couleur grisâtre		
	0.0 – 0.60	Une couche de terre végétale		
	0.60 – 2.00	Un facies d'argile limono-sableuse, de couleur rougeâtre à brunâtre		
	2.00 – 2.00	Une formation d'argile marneuse, de couleur brunâtre		
	2.00 – 5.00	Une formation de marne compacte bariolée, de couleur grisâtre		
SC 14	5.00 – 5.00	Une couche de terre végétale Un facies d'argile, de couleur brunâtre		
	5.00 – 12.00	Une formation d'argile marneuse, de couleur jaunâtre à verdâtre Une formation de marne compacte à cassures verticales, de couleur grisâtre Une couche de terre		
	0.0 – 0.40	végétale Un facies d'argile, de couleur brunâtre		
	0.40 – 3.00	Une formation d'argile à cailloutis, de couleur jaunâtre à verdâtre		
	3.00 – 6.50	Une formation de marne compacte, de couleur grisâtre Une couche de terre végétale		
SC 15	6.50 – 10.00	Un facies d'argile marneuse, de couleur brunâtre		
	10.00 – 0.0	Une formation de marne, de couleur verdâtre à grisâtre		
	0.0 – 0.30	Une formation de marne compacte, de couleur grisâtre		
	0.30 – 4.30	Une couche de terre végétale		
	4.30 – 4.30	Un facies d'argile limono-sableuse, de couleur rougeâtre à brunâtre		
	4.30 – 8.00	Une formation d'argile marneuse bariolée, de couleur brunâtre		
	8.00 – 8.00	Passage alluvionnaire		
	8.00 – 12.00	Une formation de marne compacte bariolée, de couleur grisâtre		
	12.00 – 12.00	Une formation de marne compacte, de couleur grisâtre		
	12.00 – 12.00			

Tableau IV 6 : Sondages pressiométriques tranche 2

N° SP	Prof. (m)	E (bars)	PL (bars)	E/ PL	Interprétation
SP 01	1	80,86	6,19	13,06	Normalement consolidé
	2	101,31	8,29	12,22	
	3	104,06	7,4	14,06	
	4	104,48	8,47	12,34	
	5	144,17	11,61	12,42	
	6	195,46	15,85	12,33	
	7	236,83	17,81	13,3	
	8	412,64	24,44	16,88	
	9	344,82	28,82	11,96	
	1	62,08	4,23	14,68	

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

SP 02	2	68,83	5,26	13,09	Normalement consolidé
	3	68,83	5,36	12,84	
	4	128,1	11,92	10,75	
	5	489,29	35,84	13,65	
	6	470,92	31,53	14,94	
	7	499,96	35,26	14,18	
	8	805,42	65,23	12,35	
	9	1230,01	67,79	18,14	
	10	1051,16	50,44	20,84	
SP 03	1	94,65	6,2	15,27	Normalement consolidé
	2	102,52	8,26	12,41	
	3	115,93	11,56	10,03	
	4	115,9	11,71	9,9	
	5	140,49	11,72	11,99	
	6	201,61	13,74	14,67	
	7	196,38	15,86	12,38	
	8	198,97	15,92	12,5	
	9	421,41	28,29	14,9	
SP 04	1	39,99	2,47	16,19	Normalement consolidé
	2	93,61	6,34	14,76	
	3	74,89	5,4	13,87	
	4	80,7	6,48	12,45	
	5	80,7	6,37	12,67	
	6	146,7	12,06	12,16	
	7	135,14	11,89	11,37	
	8	137,29	12,17	11,28	
	9	201,61	14,04	14,36	
	10	262,29	18,06	14,52	
	11	388,91	28,57	13,61	
	1	70,1	5,25	13,35	
	2	56,29	4,3	13,09	
	3	40,2	2,17	18,53	
	4	69,21	5,51	12,56	
	5	166,02	13,75	12,07	
	6	233,51	17,71	13,19	

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

SP 05	7	375,92	24,24	15,51	Normalement consolidé
	8	449,82	32,03	14,04	
	9	500,93	35,88	13,96	
	10	428,9	35,89	11,95	
	11	530,61	35,97	14,75	
SP 06	1	80,58	5,17	15,59	Normalement consolidé
	2	98,19	7,31	13,43	
	3	96,74	6,34	15,26	
	4	68,5	4,49	15,26	
	5	178,33	16,34	10,91	
	6	368,96	32,32	11,42	
	7	453,75	36,06	12,58	
	8	440,3	35,89	12,27	
	9	904,58	66,81	13,54	
	10	1276,6	51,26	24,9	
	11	80,58	5,17	15,59	

42

SP 07	1	92,37	6,25	14,78	Normalement consolidé
	2	81,23	7,33	11,08	
	3	71,72	5,33	13,46	
	4	77,39	6,48	11,94	
	5	92,15	6,51	14,16	
	6	89,35	6,63	13,48	
	7	63,61	5,82	10,93	
	8	91,78	6,88	13,34	
	9	151,58	12,19	12,43	
	10	391,98	32,84	11,94	
	11	92,37	6,25	14,78	
SP 08	1	71,67	4,18	17,15	Normalement consolidé
	2	46,43	2,15	21,6	
	3	46,43	2,2	21,1	
	4	65,23	5,47	11,93	
	5	155,05	13,54	11,45	
	6	376,69	32,28	11,67	
	7	548,14	35,41	15,48	
	8	970,62	75,83	12,8	

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

	9	1238,01	50,43	24,55	
SP 09	1	79,87	5,99	13,33	Normalement consolidé
	2	94,84	7,31	12,97	
	3	112,02	8,42	13,3	
	4	83,74	6,29	13,31	
	5	66,55	5,65	11,78	
	6	66,55	5,75	11,57	
	7	432,32	28,34	15,25	
	8	371,84	32,46	11,46	
	9	433,04	36,06	12,01	
	10	515,45	35,75	14,42	
SP 10	1	87,97	5,24	16,79	Normalement consolidé
	2	100,3	7,27	13,8	
	3	77,47	6,41	12,09	
	4	77,47	6,5	11,92	
	5	87,15	5,44	16,02	
	6	81,46	6,51	12,51	
	7	140,02	11,87	11,8	
	8	153,71	13,71	11,21	
	9	209,21	17,79	11,76	
	10	430,08	24,12	17,83	
	11	374,96	32,13	11,67	
	1	106,27	8,2	12,96	
	2	100,55	8,32	12,09	

43

SP 11	3	108,06	7,37	14,66	Normalement consolidé
	4	76,05	5,46	13,93	
	5	64,83	4,68	13,85	
	6	64,83	4,78	13,56	
	7	202,25	17,92	11,29	
	8	813,61	73,56	11,06	
	9	1246,13	50,73	24,56	
	1	79,51	5,12	15,53	
	2	84,11	6,29	13,37	

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

SP 12	3	86,06	6,38	13,49	Normalement consolidé
	4	62,8	5,5	11,42	
	5	62,8	5,6	11,21	
	6	153,14	12,06	12,7	
	7	364,69	32,25	11,31	
	8	476,59	35,74	13,33	
	9	1154,37	76,68	15,05	
SP 13	1	93,53	5,16	18,13	Normalement consolidé
	2	88,87	6,29	14,13	
	3	100,01	7,32	13,66	
	4	68,17	5,44	12,53	
	5	68,17	5,54	12,31	
	6	102,97	8,67	11,88	
	7	433,89	24,14	17,97	Sur- consolidé
	9	530,61	35,37	15	

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

Tableau IV 7 : Installation de tubes piézométriques tranche 2

Lecture piézométrique	Niveau d'eau																
Date	S C 01	S C 02	S C 03	S C 04	S C 05	S C 06	S C 07	S C 08	S C 09	SC 10	SC 11	S C 12	S C 13	S C 14	S C 15	SP 12	S C 16
06/07/2023	/	/	/	/	/	/	3,7	1	/	1,1	6,8	1,7	/	/	/	/	/
20/07/2023	1,6	/	4,5	4,3	1,7	7,2	3,7	1	/	2,2	6,8	1,8	/	/	/	/	/
03/08/2023	1,4	/	4,4	4,4	1,9	6,8	/	/	/	/	/	/	5,4	3,5	/	/	/
11/08/2023	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4,3	4,7	4,7
23/08/2023	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4,5	5	4,8
07/09/2023	/	/	/	/	/	/	3,8	1,3	/	PERDU	PERDU	1,9	/	/	4,7	5,1	4,8

Tableau IV 8 : Puits de reconnaissances tranche 2

Groupes de puits	Nature de sol	caractéristiques
PR 02, PR 03, PR-05, PR 06 et PR-07	argile plastique	Présence de concrétions carbonatées par endroit, de couleur jaunâtre à brunâtre
PR 04, PR 08, PR 09, PR 10, PR 11 et PR 13	argiles	couleur jaunâtre à brunâtre surmontée par une mince couche de terre végétale d'épaisseur atteignant les 0.6m
PR 12	argiles	Couleur brunâtre surmontée par une couche de remblai d'épaisseur atteignant les 0.7m

Tranche 3

Tableau IV 9 : Sondages carottés tranche 3

N° de sondage	Profondeur (m)	Nature de sol

SC 01	0,00 - 1,30 1,30 - 15,00	Argile sableuse rougeâtre renfermant quelques grave et cailloux grès friables avec des passages compacts, de couleur jaunâtre, poreux et fracturé par endroit
SC 02	0,00 - 0,40 0,40 - 9,70 9,70 - 25,20	remblai constitué essentiellement d'argile sableuse, quelques graves et racines végétales Grès friables avec des passages compacts, de couleur brunâtre à jaunâtre, poreux, fracturé et oxydé par endroit Marne compacte grise
SC 03	0,00 - 0,80 0,80 - 3,00 3,00 - 3,90 3,90 - 25,00	remblai constitué essentiellement d'argile sableuse Argile limoneuse brunâtre de consistance peu ferme argile limoneuse jaunâtre de consistance peu ferme Marne compacte grisâtre
SC 04	0,00 - 14,70 14,70 - 30,0	sable gréseux renfermant graves et cailloux de couleur jaunâtre Grès friable avec des passages compacte, de couleur jaunâtre, poreux, fracturé et oxydé par endroit
SC 05	0,00 - 1,50 1,50 - 14,20 14,20 - 19,0 19,00 - 19,7 19,70 - 20,0	argile brunâtre sable fin jaunâtre avec des passages gréseux grès jaunâtre argile sableuse jaunâtre Grès friable jaunâtre
SC 06	0,00 - 0,10 0,10 - 0,60 0,60 - 14,10 14,1 - 19,25 19,25 - 20,0	remblai grès sable fin avec présence de passages gréseux Grès brunâtre à jaunâtre de consistance ferme argile sableuse jaunâtre
SC 07	0,00 - 0,75 0,75 - 9,90 9,90 - 11,5 11,5 - 15,00	remblai argileux Argile peu ferme à ferme de couleur rougeâtre à jaunâtre renfermant de petits cailloux Argile sableuse de couleur jaune sable fin argileux de couleur gris
SC 08	0,0 - 0,80 0,80 - 27,3 27,3 - 30,0	remblai constitué essentiellement d'argile sableuse, quelques graves et racines végétales grès compacte avec des passages friables, de couleur jaunâtre argile et sable fin gris avec présence de fossiles
SC 09	0,0 - 6,60 6,60 - 20,0	Argile sableuse rougeâtre, de consistance molle à peu ferme, renfermant des petits cailloux Grès compacte avec des passages friables, de couleur jaunâtre, poreux, fracturé et oxydé par endroit
SC 10	0,0 - 1,50 1,50 - 4,50 4,50 - 5,90 5,90 - 20,0	Remblai constitué essentiellement d'argile sableuse, quelques graves et racines végétales grès avec passages sableux grossier argile sableuse renfermant des cailloux Grès compacte avec des passages friables, de couleur brunâtre à jaunâtre, poreux, fracturé et oxydé par endroit
SC 11	0,0 - 1,40 1,40 - 2,50 2,50 - 15,0	remblai constitué essentiellement d'argile sableuse, quelques graves et racines végétales argile sableuse brunâtre à rougeâtre grès friables avec des passages compacts de couleur jaunâtre
SC 12	0,0 - 2,00 2,00 - 6,60 6,60 - 15,0	argile rougeâtre Grès friables avec des passages compacts, de couleur jaunâtre argile sableuse de couleur grisâtre

SC 13	0,0 - 7,50	sable argileux rougeâtre
	7,50 - 10,90	sable argileux jaunâtre renfermant des graves et cailloux
	10,90 - 20,0	Grès friables avec des passages compacts, de couleur brunâtre à jaunâtre, poreux
SC 14	0,0 - 11,5	Argile sableuse rougeâtre renfermant des cailloux par endroit
	11,5 - 15,00	Grès compacte à friable de couleur brunâtre à jaunâtre, poreux, fracturé et oxydé par endroit avec des passages de sable argileux graveleux

Tableau IV 10 : Installation de tubes piézométriques tranche 3

Sondage	PK	Date	Niveau d'eau
SC 02	06+920	23/06/2024	SEC
SC 03	07+240	23/06/2024	23.2
SC 05	07+800	23/06/2024	SEC
SC 09	08+540	23/06/2024	SEC
SC 11	08+960	23/06/2024	SEC
SC 12	09+020	23/06/2024	SEC
SC 13	09+280	23/06/2024	8.2
SC 14	09+460	23/06/2024	SEC

Tableau IV 11 : Puits de reconnaissances tranche 3

Puits	Profondeur	Nature de sol
PR 01	0.00 - 1.10	Argile limoneuse Brunâtre
	1.10 - 2.20	Sable et grès
PR 02	0.00 - 0.30	Terre végétale
	0.3 - 2.80	Argile limoneuse Brunâtre
PR 03	0.00 - 1.90	Sable fin Jaune Argile
	1.90 - 2.70	sableuse
PR 04	0.00 - 0.30 0.30	Terre végétale Sable
	- 2.30	limoneux
PR 05	0.00 - 0.35 0.35	Terre végétale
	- 2.30	Sable fin limoneux

IV.5 ESSAIS EN LABORATOIRE

TRANCHE 1

Tableau IV 12 : Relatif aux sondages carottés tranche 1

N°	Prof	Densité (t/m³)	granolu	W	Sr	Limites d'Atterberg	Cisaillement	Oedomètre
----	------	-------------------	---------	---	----	------------------------	--------------	-----------

Sonda ge	(m)	γ_d (t/m ³)	γ_h (t/m ³)	< 80 μ m	%	%	W _L %	I _p %	C _u Bars	$\varphi >$ (°)	C'	Φ'	P _c Bars	C _c (%)	C _g (%)	C _s (%)
SC 01	2.60– 3.00	1.70	2.06	87.67	21.0 9	96.94	62.40	27.34	1.32	27.86	0.27	16.11	3.51	17.8 4	3.19	/
	9.00– 9.30	1.58	1.94	97.67	22.3 9	85.81	57.60	28.52	0.91	23.39	0.33	16.67	1.60	21.6 8	6.38	/
	12.05– 12.40	1.76	2.04	98.70	15.7 3	79.35	56.30	27.33	0.97	25.44	0.32	21.14	1.72	16.8 5	4.56	/
SC 02	3.40– 3.80	1.91	2.20	99.13	15.3 7	99.92	51.20	18.83	1.97	17.72	1.08	24.67	2.10	12.9 6	3.26	/
	7.50– 7.80	1.89	2.19	98.09	15.8 3	99.92	53.60	28.44	2.2	30.2	1.03	21.64	8.94	13.9 1	1.24	/
	10.50– 11.00	1.87	2.17	98.80	16.5 3	99.91	56.70	27.77	1.07	15.09	0.75	27.69	7.02	10.2 7	1.30	/
SC 03	4.05– 4.35	1.82	2.15	98.37	17.9 2	99.92	58.30	27.15	2.69	12.76	0.27	26.68	3.27	15.2	2.34	/
	6.90– 7.35	1.76	2.10	98.23	19.5 3	98.48	62.55	33.12	1.2	27.55	0.64	20.71	6.31	12.5 9	0.85	/
	12.40– 12.80	1.86	2.17	98.88	16.8 0	99.92	55.20	25.38	1.72	17.13	1.22	11.95	7.71	15.5 7	2.28	/
SC 04	2.00– 2.35	1.57	1.94	98.81	23.6 8	88.66	64.30	32.04	0.14	24.81	0.23	24.14	1.08	19.0 5	4.49	/
	6.10– 6.45	1.66	2.00	99.42	20.1 1	87.05	64.60	31.78	0.45	13.99	0.2	8.58	3.03	16.2 3	7.75	/
	13.15– 13.50	1.95	2.23	97.89	14.2 6	99.85	65.45	33.30	0.92	30.96	0.56	25.56	6.66	7.29	1.37	/
SC 05	4.45– 4.95	1.88	2.18	99.08	16.1 1	99.97	55.40	27.51	0.31	38.55	1.26	23.87	6.21	9.94	0.85	/
	9.00– 9.50	1.85	2.16	99.71	17.1	99.82	59.40	29.80	0.36	22.43	1.46	8.04	10.15	17.2 3	2.08	/
	12.80– 13.20	1.92	2.21	/	14.9 6	99.89	/	/	0.91	16.9	0.43	22.95	6.17	8.94	0.72	/
	19.50– 19.90	1.89	2.19	99.51	15.8 5	99.89	55.95	28.45	/	/	/	/	/	/	/	/
SC 06	4.90– 5.50	1.63	2.02	97.05	24.3 4	99.64	69.70	31.77	1.78	33.15	0.22	9.16	10.61	22.1 9	4.88	/
	7.50– 8.00	1.70	2.07	98.45	21.5 8	99.85	72.40	43.58	1.89	12.76	0.23	12.05	9.40	20.5 4	11.5 3	/
	14.0– 14.50	1.93	2.21	98.79	14.8 7	99.86	52.40	22.93	2.1	7.56	/	/	5.56	11.2 6	1.56	/

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

Remarque :

Réalisation de la liaison autoroutière, rocade sud (05 Juillet) 2^{ème} rocade d'Alger et contournement de Draria Alger Février 2022 L'essai cisaillement CD relatif à l'échantillon SC 06 (14.00– 14.50) m n'a pas été réalisé à cause de la dureté de l'échantillon : confection très difficile des éprouvettes.

Tableau IV 13 : Analyses chimiques tranche 1

Sondage	Profondeur (m)	S ₀₄₋₂ (%)	Cl ⁻ (%)	Matière organique (%)	CaCO ₃ (%)
SC 01	2.60– 3.00	0.1236	0.044	5.70	19.86
	9.00– 9.30	0.6592	0.062	3.04	33.56
	12.05– 12.4	0.3296	0.071	2.18	29.45
SC 02	3.40– 3.80	0.3296	0.049	4.75	34.24
	7.50– 7.80	0.4532	0.053	4.49	36.98
	10.50– 11.0	0.2472	0.026	3.77	39.72
SC 03	4.05– 4.35	0.412	0.035	3.01	41.10
	6.90– 7.35	0.8652	0.028	5.37	26.03
	12.40– 12.8	0.1236	0.021	3.74	26.71
SC 04	2.00– 2.35	2.92	0.092	5.43	31.43
	6.10– 6.45	0.329	0.0301	4.97	30
	13.15– 13.5	0.165	0.0354	4.69	35
SC 05	4.45– 4.95	0.371	0.053	5.50	35
	9.00– 9.50	0.082	0.046	5.36	36.43
	12.80– 13.2	0.1236	0.039	4.98	34.29
SC 06	4.90– 5.50	0.124	0.051	6.51	34.04
	7.50– 8.00	0.0824	0.048	6.37	34.75
	14.0– 14.50	0.0412	0.035	4.41	36.03

Tableau IV 14 : Essai Proctor tranche 1

Sondage	Profondeur (m)	ω _{opt} (%)	γ _{opt} (t/m ³)
Bande droite	1.50	15.03	1.84
Axe	0.70	14.81	1.84
Bande gauche	2.50	15.89	1.77

TRANCHE 2

Tableau IV 15 : Relatif aux sondages carottés tranche 2

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

N° Sondage	Prof (m)	Densité (t/m³)		granolu	W	Sr	Limites d'Atterberg		Cisaillement				Oedomètre				Classification	RC (MPa)
		γ_d (t/m³)	γ_h (t/m³)	< 80 μm	%	%	WL %	Ip %	Cu Bars	$\varphi >$ (°)	C'	Φ'	P _c	C _c	C _g	P _g Bars	GT R	
SC 01	0,65 – 0,95	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,80	32,32	/	/	/	/	/	A ₂
	1,50 - 1,85	1,69	2,04	99,62	20,98	94,78	54,62	32,17	0,72	20	/	/	1,97	14,1	5,20	0,80	/	
	4,35 - 4,52	1,79	2,09	99,60	16,35	86,83	46,58	16,66	0,44	19	/	/	1,71	13,6	1,70	/	/	
	8,15 - 8,45	1,83	2,12	99,32	16,08	91,32	41,81	14,29	0,69	15	/	/	3,12	14,0	3,30	/	/	
SC 02	2,60 - 2,85	1,74	2,07	99,07	19,12	93,57	53	30,63	0,31	8	0,19	18,80	/	/	/	/	/	A ₃
	3,10 - 3,50	1,73	2,07	98,73	20,08	96,69	50	25,28	0,33	11	0,14	21	1,06	11,1	2,7	/	/	
	4,00 - 4,30	1,76	2,1	98,47	19,25	97,31	43,5	17,36	0,46	10	0,03	16,7	/	/	/	/	/	
	6,75 - 7,10	1,84	2,12	99,51	15,21	87,86	30,35	25,03	/	/	/	/	2,35	16,4	2,1	/	/	
	8,10 - 8,50	1,94	2,22	99,43	13,98	96,35	51,74	29,54	/	/	/	/	3,12	14	3,6	/	/	
	13,80 - 14,10								0,49	13	0,08	16,5	/	/	/	/	/	
SC 03	1,60 - 1,90	1,70	2,01	99,07	18,3	83,87	57,29	34,89	1,2	23,13	/	/	/	/	/	/	/	A ₃
	2,95 - 3,10	1,80	2,08	99,68	15,3	83,17	54,07	39,05	/	/	0,85	30	1,41	13,9	1,6	/	/	
	7,80 - 8,00	1,81	2,07	99,7	14,2	78,31	50,64	27,34	/	/	/	/	2,36	16,4	1,8	/	/	
	11,95 - 12,20	2,03	2,25	99,61	11,02	89,56	44,53	24,65	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	17,50 - 17,80	2,08	2,28	99,43	9,67	87,40	48,56	25,55	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
SC 04	1,45 - 1,75	1,72	2,04	99,14	18,39	87,58	56,62	33,3	1,13	22	/	/	/	/	/	/	/	A ₃
	3,20 - 3,60	1,76	2,08	99,28	18,38	92,47	50,74	31,71	/	/	1,2	31,8 3	1,8	9	3,7	/	/	
	5,55 - 5,885	1,78	2,04	99,14	14,33	75,39	44,31	30,16	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	10,75 - 11,0	2,12	2,29	99,66	8,14	79,92	48,28	31,92	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	17,15 - 17,45	1,93	2,17	99,42	12,22	83,26	50,75	26,41	/	/	/	/	/	/	/	/	/	

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

SC 05	2,45 - 2,65	1,69	2,02	67,10	19,06	86,11	34,20	18,39	/	/	/	/	/	/	/	/	A ₂
--------------	----------------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	---	---	---	---	---	---	---	---	----------------

50

	3,00 - 3,20	1,63	1,98	71,64	21,72	89,34	35,00	16,43	0,17	6	/	/	/	/	/	/	
	3,95 - 4,25	1,68	1,99	99,40	18,96	84,32	49,50	25,92	/	/	/	/	2,99	12,2	6,90	1,20	
	5,10 - 5,40	/	/	/	/	/	/	/	0,60	15	/	/	1,64	16,7	1,70	/	
SC 06	1,45 - 1,70	1,46	1,73	85,76	18,60	59,13	59,49	33,06	0,45	8,0 2	/	/	3,70	13,8	5,70	1,40	A ₃
	4,45 - 4,80	1,61	1,99	99,07	23,61	94,16	69,71	28,21	1,4	10,8	1	13,1 1	1,8	21,1	2,20	/	
	6,50 - 6,90	1,90	2,17	99,37	14,15	90,74	59,03	32,60	1,13	14,5	/	/	2,07	11,1	3,50	/	
SC 07	2,35 - 2,70	1,70	2,05	77,43	20,30	93,78	51,03	27,60	1,00	13,29	0,50	27,49	1,24	16,1	1,40	/	A ₃
	2,35 - 2,70	1,70	2,05	77,43	20,30	93,78	51,03	27,60	1,00	13,29	0,50	27,49	1,24	16,1	1,40	/	
	4,50 - 4,80	1,73	2,08	81,98	20,57	98,28	51,72	27,82	1,10	10,32	0,80	21,18	1,17	16,9	1,60	/	
	6,30 - 6,55	1,60	2,00	99,34	25,11	98,40	79,29	43,36	1,10	9,54	0,80	22,67	1,34	23,7	3,90	/	
SC 08	1,20 - 1,50	1,56	1,97	99,66	26,53	97,57	87,39	52,19	0,53	5,19	0,30	30,96	/	/	/	/	A ₃
	4,00 - 4,30	1,55	1,96	99,16	26,21	95,81	75,5	42,77	1,20	11,67	1,60	25,53	1,10	19,4	3,00	/	
	6,00 - 6,30	1,65	2,02	99,46	22,19	94,61	70,38	38,48	1,90	7,81	1,40	27,59	2,18	16,7	2,40	/	
	8,60 - 8,80	1,86	2,22	99,68	19,20	100	55,33	30,0	1,75	8,75	/	/	2,33	13,2	2,30	/	
SC 09	3,35 - 3,70	1,63	2,00	100	22,81	93,82	60,8	35,22	0,3	5	0,25	13,77	/	/	/	/	A ₃
	4,00 - 4,30	1,68	2,03	100	20,70	92,05	50	31,78	/	/	/	/	/	/	/	/	
	7,70 - 8,10	1,67	2,03	100	21,67	94,86	53,2	28,61	0,6	13,80	0,40	16,68	/	/	/	/	
	9,35 - 9,50	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3,10	11,5	1,6	/	
	10,95 - 11,2	1,86	2,15	100	15,43	92,25	53	27,89	/	/	/	/	2,78	12,5	2,1	/	
	14,20 - 14,8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
SC 10	0,90 - 1,20	1,70	2,01	71,34	17,99	83,04	42,65	24,45	0,40	6,00	0,35	24,00	0,39	9,10	0,80	/	A ₃
	3,10 - 3,40	1,72	2,02	74,39	17,78	83,59	/	/	0,50	11,00	0,40	33,00	1,74	15,0	1,20	/	
	6,00 - 6,30	1,76	2,07	99,47	17,52	88,77	59,31	33,58	1,15	17,00	0,90	36,00	1,39	22,7	3,70	/	

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

	11,3 - 11,65	2,01	2,25	99,53	11,74	92,99	75,60	42,87	4,30	23,00	/	/	/	/	/	/	/	
SC 11	1,25 - 1,60	1,62	1,97	79,59	21,67	87,65	59,68	33,15	0,60	7,00	0,42	23,0	2,69	8,60	3,40	/	/	
	4,50 - 4,85	2,04	2,32	57,24	13,70	100	40,35	23,62	0,60	10,00	0,50	33,0	1,18	7,20	0,80	/	/	
	6,60 - 6,90	1,88	2,15	71,92	14,60	89,76	43,13	25,63	/	/	/	/	/	/	/	/	/	A ₃
	7,40 - 7,70	/	/	/	/	/	/	/	1,2	16	1	33	/	/	/	/	/	
SC 12	2,40 - 2,60	/	/	67,13	/	/	55,16	29,69	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	4,25 - 4,60	1,79	1,97	96,98	15,11	80,44	57,73	31,60	1,00	7,00	0,65	26	1,34	12,6	2,30	/	/	
	5,20 - 5,60	2,00	2,20	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	A ₃
	6,20 - 6,60	2,04	2,24	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	7,60 - 7,95	/	/	99,35	9,97	82,69	49,55	28,52	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
SC 13	0,75 - 1,05	1,75	2,04	92,22	16,78	83,04	55	26,68	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	1,45 - 1,70	/	/	/	/	/	/	/	0,2	11	0,18	15	0,56	20,1	8	/	/	
	2,10 - 2,30	1,74	1,95	70,27	12,33	59,95	31,2	14,38	/	/	/	/	/	/	/	/	/	A ₂
	3,50 - 3,70	/	/	/	/	/	/	/	0,3	6	/	/	/	/	/	/	/	
	4,50 - 4,80	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,2	15	2,11	14,1	1,3	/	/	
	6,65 - 7,00	2,01	2,22	100	10,2	80,94	44	23,47	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
SC 14	1,75 - 2,00	1,83	2,11	84,43	15,15	86,39	40,5	21,38	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	2,40 - 2,75	/	/	/	/	/	/	/	0,9	14	/	/	/	/	/	/	/	A ₂
	6,10 - 6,40	1,81	2,07	98,41	14,18	78,25	46	24,04	0,45	15	/	/	/	/	/	/	/	
	8,40 - 8,70	2,06	2,24	97,33	8,49	74,50	37,2	18,97	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
SC 15	3,10 - 3,35	1,57	1,92	92,63	22,58	84,23	45	19,78	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	3,85 - 4,15	/	/	/	/	/	/	/	0,50	8	/	/	/	/	/	/	/	
	5,25 - 5,60	1,70	1,99	96,77	17,16	78,58	45	20,16	/	/	/	/	/	/	/	/	/	A ₂
	7,65 - 8,00	/	/	/	/	/	/	/	1,4	15	/	/	/	/	/	/	/	
	8,30 - 8,60	2,02	2,26	99,15	11,65	94,21	41,2	21,17	/	/	/	/	/	/	/	/	/	

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

SC 16	0,50 - 0,90	1,59	1,87	78,2	17,87	68,74	34,4	14,82	0,35	9	/	/	/	/	/	/	A ₂
	3,65 - 3,90	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,4	16	1,27	15,5	1,3	/	
	5,60 - 6,00	1,69	1,99	/	/	80,52	/	/	/	/	/	/	2,27	14,1	1	/	
	7,00 - 7,30	1,88	2,2	97,32	17,11	100	44,9	24,06	0,7	21	/	/	2,49	10,9	1,2	/	

52

- ✓ D'après les résultats obtenus de degrés saturation et de densité, nous concluons que le sol est détrempe à saturé témoignant d'une densité moyenne à élevée ;
- ✓ Les valeurs obtenues de l'essai des limites d'ATERBERG démontre que le faciès est de plasticité faible à élevée ;
- ✓ La courbe granulométrique présente un pourcentage des fines, soit les éléments Les résultats obtenus démontrent que le sol est peu gonflant à gonflant, ayant une compressibilité moyenne à très élevée.

Tableau IV 16 : Analyses chimiques tranche 2

Profondeur (m)	Sondage	Lithologie	S ₀₄₋₂ (%)	Cl ⁻ (%)	Gypse (%)	CaCO ₃ (%)	PH	CO ₂ (%)	Matière organique (%)	Agressivité vis-à-vis du béton
4,35 - 4,51	SC 1	Argile graveleuse brunâtre	0,48	0,88	0,87	13,00	8,3	5,67	6,00	XA1
2,60 - 2,85	SC 2	Argile marneuse brunâtre	0,78	0,17	1,4	25,1	8,4	10,8	8,47	XA2
2,95 - 3,10	SC 3	Argile limono-sableuse brunâtre	0,33	0,38	0,59	20,46	8	8,93	6,88	XA2
3,20 - 3,60	SC 4	Argile limono-sableuse brunâtre	0,28	0,34	0,51	17,90	7,9	7,8	5,60	XA1
2,45 - 2,65	SC 5	Argile marneuse brunâtre	Traces	0,98	Traces	9,12	/	3,98	/	Non agressif
3,95 - 4,25		Marne grisâtre	Traces	0,91	Traces	11,78	8	5,14	6,62	Non agressif

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

1,45 - 1,70	SC 6	Argile limoneuse rougeâtre	Traces	0,26	Traces	13,47	8,6	5,88	7,00	Non agressif
2,35 - 2,70	SC 7	Argile limoneuse rougeâtre	Traces	0,20	Traces	34,20	8,1	7,2	6,58	Non agressif
1,20 - 1,50	SC 8	Argile limoneuse rougeâtre	Traces	0,45	Traces	27,10	8,2	11,8	6,62	Non agressif
3,35 - 3,70	SC 9	Argile marneuse brunâtre	0,82	0,85	1,48	27,49	8,8	12	6,26	XA2
0,90 - 1,20	SC 10	Argile limono-sableuse brunâtre	Traces	0,50	Traces	5,42	8,3	2,4	6,29	Non agressif

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

1,25 - 1,60	SC 11	Argile limono-sableuse brunâtre	Traces	0,31	Traces	6,37	8,1	2,80	6,45	Non agressif
2,40 - 2,60	SC 12	Argile limono-sableuse brunâtre	Traces	0,46	Traces	9,46	8,5	4,13	5,49	Non agressif
2,10 - 2,30	SC 13	Argile marneuse jaunâtre	Traces	0,32	Traces	16,40	8,4	7,11	4,50	Non agressif
2,40 - 2,75	SC 14	Argile brunâtre	Traces	0,35	Traces	15,30	8,2	6,7	6,26	Non agressif
3,85 - 4,15	SC 15	Argile marneuse brunâtre	Traces	0,31	Traces	20,65	8,8	9,50	5,73	Non agressif
3,65 - 3,90	SC 16	Argile marneuse brunâtre	0,93	0,56	1,68	22,50	7,9	9,82	4,21	XA2

Relativement à l'agressivité vis à vis du béton et selon la norme NA 16002 (2016) :

- ✓ Onze échantillons de sol sont considérés comme des environnements non agressifs vis-à-vis du béton ;
- ✓ Deux échantillons de sol sont considérés comme des environnements de faible agressivité XA1 avec un taux de sulfate ($SO_4^{2-} \geq 2000$ et ≤ 3000 mg/kg) ;
- ✓ Quatre échantillons de sol présentent un taux de sulfate ($SO_4^{2-} > 3000$ et ≤ 12000 mg/kg) caractérisent des sols de classe d'exposition XA2 correspond à des environnements d'agressivité chimique modérée vis-à-vis du béton.

Les précautions nécessaires à prendre pour la confection du béton au contact de ces sols sont :

- Ciment résistant aux sulfates conforme à l'EN 197-1. □ La teneur minimale en ciment : 320 kg/m^3 .
 - Le rapport (e/c) maximal : 0,50.
 - La classe de résistance minimale : C30/37.
-
- ✓ Le taux de gypse est faible ;
 - ✓ Le sol est faiblement organique en se référant à la norme XP P 94-011

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

Tableau IV 17 : Essais physiques et mécaniques relatif au puits de reconnaissance tranche 2

N° Puits	Profondeur	Granulométrie			Limite d'Atterberg		Proctor modifié		VBS	Indice CBR %	Classification
		D _{max} (mm)	2 mm	80 µm	W _L (%)	I _p	γ _{OPM} (t/m ³)	ω _{OPM} (%)			GTR
PR 2	0,00 - 3,00	/	/	100	60	33,03	1,8	19,14	4,92	5,20	A ₃
PR 3	0,00 - 3,00	/	/	100	61	34,75	1,8	14,47	5,06	5,20	A ₃
PR 4	0,00 - 3,00	/	/	91,44	61,5	35,22	1,82	13,98	6,67	3,30	A ₃
PR 5	0,50 - 3,00	100	98	90,88	57	31,99	1,93	11,72	4,14	2,30	A ₃
PR 6	2,00 - 3,00	100	96	77,64	60,5	30,76	1,84	12,58	3,70	4,00	A ₃
PR 7	0,00 - 3,00	/	/	100	61,5	35,92	1,8	16,8	6,75	2,70	A ₃
PR 8	1,20 - 2,10	100	98	77,66	56	30,64	1,82	14,84	3,08	/	A ₃
	2,10 - 3,00	100	68	49,59	50	24,82	1,84	12,58	1,64	13,5	A ₂
PR 9	2,00 - 3,00	100	93	69,17	61	32,98	1,87	11,05	3,69	3,60	A ₃
PR 10	1,50 - 3,00	99,0	98	80	51	32,64	1,94	8,92	2,68	2,17	A ₃
PR 11	2,80 - 3,00	98,0	96	74	55,01	29,13	1,95	8,92	2,51	3,60	A ₃
PR 12	2,10 - 3,00	100	98	69	52,03	26,59	1,92	10,21	2,64	2,70	A ₃
PR 13	1,50 - 3,00	100	98	77	51	28	1,92	10,21	2,32	2,70	A ₃

- ✓ La courbe granulométrique présente un pourcentage des fines, soit les passants au tamis de 80 µm supérieur à 35 %, témoignant d'un sol fin ;
- ✓ Les valeurs obtenues de l'essai des limites d'ATERBERG démontre que le faciès est de plasticité élevée ;
- ✓ Selon la classification du potentiel de gonflement, nous avons des sols à potentiel de gonflement élevé au vue des valeurs de limites de liquidité et témoignant d'un sol très plastique ;
- ✓ Les essais de Proctor modifié mettent en évidence des densités Proctor γ_{OPM} variant de 1.80 t/m³ à 1.95 t/m³ et des teneurs en eau optimum ω_{OPM} variant de 8.92% à 19.14%.
- ✓ La valeur du bleu de méthylène VBS indique un sol limono-argileux à argileux ;
- ✓ Les valeurs du CBR sont faibles variant de 2.17% à 13.50 % induisant à une classe de portance de sol de S4 à S3 ;
- ✓ Selon les résultats obtenus à partir des essais au laboratoire relatif aux puits de reconnaissance en question, le sol est classé en classe A3.

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

Tableau IV 18 : Analyses chimiques tranche 2

Profondeur (m)	Puits	Lithologie	S ₀₄₋₂ (%)	Cl ⁻ (%)	Gypse (%)	CaCO ₃ (%)	PH	CO ₂ (%)	Matière organique (%)	Agressivité vis-à-vis du béton
0,00 - 3,00	PR 2	Argile brunâtre	4,52	0,32	8,11	17,64	7,70	/	9,94	XA3
0,00 - 3,00	PR 3	Argile brunâtre	0,94	0,16	1,68	25,83	11,25	8,2	6,20	XA2
0,00 - 3,00	PR 4	Argile brunâtre	Traces	0,59	Traces	6,28	2,74	8,2	4,03	Non agressif
0,50 - 3,00	PR 5	Argile brunâtre	Traces	0,21	Traces	14,93	6,51	/	3,09	Non agressif
2,00 - 3,00	PR 6	Argile brunâtre à concrétions carbonatée	0,27	0,26	0,48	19,8	8,46	/	2,72	XA2
0,00 - 3,00	PR 7	Argile brunâtre	Traces	0,68	Traces	17,66	7,711	/	3,75	Non agressif
1,20 - 2,10	PR 8	Argile brunâtre	Traces	0,57	Traces	7,61	3,32	8,1	7,31	Non agressif
2,10 - 3,00		Argile brunâtre	Traces	8,03	Traces	25,23	11,03	8,3	8,80	Non agressif
2,00 - 3,00	PR 9	Argile brunâtre à concrétions carbonatée	0,18	0,31	0,32	4,66	2,03	/	3,07	Non agressif
1,5 - 3,00	PR 10	Argile brunâtre	Traces	0,44	Traces	5,43	2,37	8,0	6,26	Non agressif
2,80 - 3,00	PR 11	Argile limoneuse brunâtre	Traces	0,48	Traces	5,14	2,24	8,1	5,80	Non agressif
2,10 - 3,00	PR 12	Argile marneuse brunâtre	Traces	0,50	Traces	5,40	6,72	8,5	4,30	Non agressif

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

1,50 - 3,00	PR 13	Argile marneuse brunâtre	Traces	0,52	Traces	6,11	2,66	8,5	4,12	Non agressif
-------------	-------	--------------------------------	--------	------	--------	------	------	-----	------	-----------------

Relativement à l'agressivité vis à vis du béton et selon la norme NA 16002 (2016) :

- ✓ Dix (10) échantillons de sol sont considérés comme des environnements non agressifs vis-à-vis du béton ;
- ✓ Deux (02) échantillons de sol présentent un taux de sulfate ($SO_4^{2-} > 3000$ et ≤ 12000 mg/kg) caractérisent deux sols de classe d'exposition XA2 correspond à des environnements d'agressivité chimique modérée vis-à-vis du béton ;

Les précautions nécessaires à prendre pour la confection du béton au contact de ces sols sont :

- Ciment résistant aux sulfates conforme à l'EN 197-1. □ La teneur minimale en ciment : 320 kg/m³.
- Le rapport (e/c) maximal : 0,50.
- La classe de résistance minimale : C30/37.
- ✓ Un échantillon (01) de sol présentent un taux de sulfate ($SO_4^{2-} > 12000$ et ≤ 24000 mg/kg) caractérisent deux sols de classe d'exposition XA3 correspond à des environnements d'agressivité chimique élevée vis-à-vis du béton ;

Les précautions nécessaires à prendre pour la confection du béton au contact de ces sols sont :

- Ciment résistant aux sulfates conforme à l'EN 197-1. □ La teneur minimale en ciment : 360 kg/m³.
- Le rapport (e/c) maximal : 0,45.
- La classe de résistance minimale : C35/45.
- ✓ Le taux de gypse est faible ;
- ✓ Le sol est faiblement organique en se référant à la norme XP P 94-011.

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

TRANCHE 3

Tableau IV 19 : Essais relatifs aux sondages carottés tranche 3

N° Sondage	Lithologie	W (%)	gd (t/m³)	gh (t/m³)	Sr (%)	<2 mm (%)	<8 µm (%)	<2 µm (%)	WL (%)	WP (%)	IP (%)	Cb (bar)	φ (°)	C' (bar)	φ' (°)	Cu (bar)	Φu (°)	Pc (bars)	Cc (%)	Cs (%)	Cg (%)	RCS (Bars)
SC 02	Argile sableuse rougeâtre	15. 87	1.78	2.0 6	82. 87	93. 31	62. 3	-	54. 75	25. 26	29. 49	-	-	-	-	4.6 7	21. 8	2.1 8	16. 19	0	2.3 4	12.10
SC 03	Marne grise	18. 66	1.78	2.1 2	98. 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.6 9	11. 69	0	1.4 3	-
	Marne grise	18. 76	1.76	2.1 2	98. 34	99. 74	73. 65	-	29. 6	17. 61	11. 99	-	-	-	-	-	-	4.1 6	22. 97	0	2.1 5	4.28
	Marne grise	19. 27	1.76	2.0 9	96. 84	98. 49	94. 44	-	34. 2	20. 66	13. 54	-	-	-	-	2.6 4	19. 27	-	-	-	-	-
	Marne grise	22. 36	1.68	2.0 5	99. 09	98. 95	97. 22	-	37. 65	21. 46	16. 19	-	-	-	-	2.2 5	12. 06	2.8	17. 18	0	3.3 2	-
	Marne grise	-	-	-	-	98. 96	97. 22	-	40. 8	22. 41	18. 39	-	-	-	-	2.5 7	14. 85	-	-	-	-	-
	Marne grise	18. 31	1.78	2.1	95. 04	98. 95	97. 07	-	37. 00	21. 05	15. 95	-	-	-	-	1.8 8	16	4.0 3	18. 5	0	3.0 3	7.68
SC 04	Argile limoneuse brunâtre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.67
	Argile limoneuse brunâtre	15. 45	1.86	2.1 5	92. 24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5 9	13. 14	0	1.5 6	2.08
	Marne grise	19. 18	1.77	2.1 1	98. 67	98. 09	93. 51	-	34. 3	21. 13	13. 17	-	-	0.3	9.29	3.3 5	9.3 5	3.7 4	18. 5	0	2.7 4	-
	Marne grise	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.36
	Marne grise	18. 89	1.78	2.1 2	99. 32	98. 52	91. 57	-	35. 5	20. 05	15. 45	-	-	-	-	-	-	1.4 7	12. 48	0	2.4 7	1.08
	Marne grise	-	-	-	-	99. 8	99. 16	-	39. 2	21. 98	17. 22	-	-	-	-	1.4 3	22. 79	-	-	-	-	-
	Marne grise	-	-	-	-	98. 97	94. 72	-	38. 2	21. 57	16. 63	-	-	-	-	1.7 74	19.	-	-	-	-	-
	Marne grise	19. 95	1.7	2.0 4	92. 14	99. 26	94. 52	-	41. 5	22. 9	18. 6	-	-	-	-	-	-	1.8	12. 48	0	2.2 1	-
	Marne grise	0.6 4	2.08	2.0 9	5.8 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Marne grise	26. 86	1.53	1.9 4	94. 48	10 0	94. 98	-	47. 2	27. 71	19. 49	-	-	-	-	-	-	3.7 9	10. 24	0	1.5	11.52
SC 05	Grès friable avec des passages compacte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.90
	Grès friable avec des passages compacte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.32

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

	Grès friable avec des passages compacte	8.1 2	2.02	2.1 9	65. 28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Grès friable avec des passages compacte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82.51
SC 06	Argile brunâtre	11. 69	1.81	2.0 2	64. 07	96. 99	59. 72	-	39. 95	19. 73	20. 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Grès jaunâtre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89.39
	Argile sableuse jaunâtre	21. 99	1.62	1.9 7	88. 76	99. 44	92. 89	-	51. 4	29. 35	22. 05	-	-	-	-	2.7	10. 43	-	-	-	-	-
SC 07	Argile sableuse jaunâtre	28. 78	1.49	1.9 2	95. 82	90. 67	83. 07	-	56. 9	28. 34	28. 56	-	-	-	-	1.2 1	6.4 3	-	-	-	-	-
SC 08	Argile de couleur rougeâtre	10. 33	1.94	2.1 5	71. 8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.63
	Argile de couleur rougeâtre	12. 18	1.83	2.0 5	68. 87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2 9	32. 11	-	-	-	-	-

	Argile de couleur rougeâtre	14. 44	1.84	2.1	82. 95	99. 82	66. 85	-	39. 3	17. 62	21. 68	-	-	-	-	-	-	4.8 1	11. 35	0	0.8 5	-
	Argile de couleur rougeâtre	11. 99	1.88	2.1	73. 74	99. 52	53. 42	-	37. 65	20. 51	17. 14	-	-	-	-	2.7 9	17. 18	-	-	-	-	-
	Argile de couleur rougeâtre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.06
	Argile de couleur rougeâtre	22. 5	1.66	2.0 3	96. 98	99. 89	61. 00	-	45. 7	24. 13	21. 57	-	-	-	-	-	-	1.7 7	15. 11	0	2.9 3	-
	Argile sableuse de couleur jaune	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4 6	3.7 6	-	-	-	-	-
	Marne grise	17. 8	1.79	2.1 1	94. 5	99. 2	59. 86	-	27. 3	16. 76	10. 54	-	-	-	-	-	-	4.1 7	16. 19	0	1.1 1	4.1
SC 09	Grès compacte avec des passages friables	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	113.9 4
	Grès compacte avec des passages friables	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.6
	Grès compacte avec des passages friables	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50.94
	Grès compacte avec des passages friables	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.91
	Grès compacte avec des passages friables	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45.69

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

	Grès compacte avec des passages friables	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50.5
	Marne grise	25.51	1.59	2	99.33	98.77	55.72	-	28.55	18.64	9.91	-	-	0.77	32.09	-	-	2.8	14.11	0.43	1.11	-
	Marne grise	17.54	1.81	2.13	96.65	96.81	61.47	-	27.3	19.34	7.96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Marne grise	20.84	1.67	2.02	90.95	97.86	52.3	-	25.6	19.11	6.49	-	-	-	-	0.68	26.35	-	-	-	-	-
SC 10	Argile sableuse rougeâtre	18.86	1.71	2.03	87.32	98.19	79.2	-	58	28.96	29.04	-	-	-	-	-	-	1.27	17.08	0	1.82	-
	Argile sableuse rougeâtre	-	-	-	-	99.67	54.83	-	45.19	24.14	21.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Grès compacte avec des passages friables	0.26	2	2.01	1.99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.31
	Grès compacte avec des passages friables	1.1	2	2.02	8.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.83
	Grès compacte avec des passages friables	1.64	2.14	2.17	16.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74.45
SC 11	Remblai	-	-	-	-	99.16	51.8	-	35.9	18.79	17.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SC 12	Argile sableuse renfermant des cailloux	-	-	-	-	85.75	41.45	-	35.5	21.52	13.98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Argile sableuse renfermant	13.06	1.8	2.04	70.95	84.94	57.27	-	45.4	23.59	21.81	-	-	-	-	-	-	4.86	21.8	0	2.67	-

	des cailloux																					
	Grès compacte avec des passages friables	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59.22
	Grès compacte avec des passages friables	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78.74
	Argile sableuse brunâtre à rougeâtre	9.12	1.85	2.02	53.54	99.89	62.53	-	43.6	21.16	22.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Grès friables avec des passages compacte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82.59
SC 13	Argile rougeâtre	-	-	-	-	99.76	75.44	-	66.8	36.77	30.03	-	-	-	-	-	-	1	18.72	0	1.69	-
	Grès friables avec des passages compacte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	119.7
	Marne grise	17.37	1.64	1.92	72.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.8	15.06	-	-	-	-	-

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

	Marne grise	19.39	1.77	2.11	99.76	98.85	81.88	-	31.6	21.9	9.7	-	-	0.67	21.7	-	-	4.72	15.86	0	2.43	5.17
	Marne grise	17.88	1.76	2.08	90.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.73
	Marne grise	18.22	1.79	2.12	96.79	99.82	77.31	-	31.55	21.03	10.52	-	-	1.05	22.5	2.22	16.73	4.75	13.54	0	1.63	-
SC 14	Sable argileux rougeâtre	16.13	1.78	2.07	84.57	99.48	46.02	-	36.5	22.5	14	-	-	-	-	3.14	19.05	0	2.47	-	-	-
	Sable argileux rougeâtre	18.89	1.49	1.77	62.87	10	43.2	-	41.9	21.92	19.98	-	-	0.42	19.65	-	-	1.62	29.56	0	0.85	-
	Sable argileux jaunâtre	13.06	1.77	2	66.64	82.3	34.14	-	27.7	18.18	9.52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Grès friables avec des passages compacte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58.85
SC 15	Argile sableuse rougeâtre	19.78	1.63	1.95	81.36	100	48.14	-	41.5	25.78	15.72	-	-	0.3	22	-	-	3.87	22.67	0	1.37	-
	Argile sableuse rougeâtre	18.29	1.69	2	83.11	99.98	56.18	-	48.6	23.14	25.48	-	-	0.92	9.84	1.64	14.6	0.82	21.75	0	2.47	-
	Grès compacte à friable	-	-	-	-	96.02	43.62	-	42.4	23.35	19.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau IV 20 : Essais relatifs aux puits de reconnaissance tranche 3

Puit N°	Lithologie	Profondeur (m)	W (%)	granulo		Limites d'Atterberg		Proctor modifié		CBR			VBS	ES	Classification GTR
				<2mm (%)	<80µm (%)	WL (%)	Ip (%)	γd max	W opm	10 C/C	25 C/C	56 C/C			
PR01	Sable et grès	1.10 - 2.15	13.59	60.14	28.8	37.50	13.83	1.92	12.45	13.59	29.89	26.91	1.8	17.52	A1
PR02	Argile limoneuse	0.00 - 2.80	25.31	99.17	75.83	34.40	15.77	1.94	12.8	0.81	6.35	7.94	2.93	6.4	A2
PR03	Sable fin	0.00 - 1.90	10.35	99.26	45.70	32.60	12.52	2.02	10.02	1.54	4.8	14.37	2.57	3.03	A2

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

PR04	Sable limoneux	0.00 - 2.30	17.67	99.59	57.79	50.60	21.92	1.90	14.43	0.23	1.13	3.56	3.94	3.37	A2
PR05	Sable fin limoneux	0.00 - 1.75	11.64	99.9	40.60	32.30	13.30	1.97	12.27	3.23	8.61	18.17	2.43	9.02	A2

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

62

V.1 INTRODUCTION

Le dimensionnement structurel constitue l'étape clé pour garantir la pérennité et la stabilité de la voie express face aux sollicitations du trafic lourd et aux variations climatiques. Il s'agit de mener une analyse rigoureuse afin de vérifier et de valider la constitution globale du corps de chaussée, aussi bien en termes de choix des matériaux que d'épaisseurs des couches.

La démarche de calcul s'appuie principalement sur les orientations méthodologiques du Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTP (Novembre 2001), ainsi que d'autres sources.

V.2 DONNEES DU PROJET

- Trafic année de comptage (2012) : 35040 V/j (tranche 2)
- Trafic mise en service (2024) : $T_{\text{mise en service}} = T_{2012} (1 + i\%)^n$

Avec : $i = 4 \%$ et $n = 12$ ans

$$T_{\text{mise en service}} (2024) = 35040 (1 + 4\%)^{12} = 56100 \text{ V/j}$$

- Taux de PL : 10 %
- Durée de vie : 20 ans
- ICBR = 4 % : la majorité des indices de CBR sont inférieurs de la valeur de 5 (selon le rapport géotechnique).
- Le taux d'accroissement : dans le rapport de dimensionnement soit pris égal à 3 %, nous préconisons une valeur de 4%, conformément à la norme de référence (catalogue de dimensionnement des chaussées neuves) ce qui est cohérent avec le développement futur de la région et ce qui pourra induire comme trafic.

V.3 DETERMINATION DU TRAFIC POIDS LOURDS A L'ANNEE MISE EN SERVICE

Si l'on prend comme hypothèse que les poids lourds sont répartis de façon égale suivant les deux sens, la part de poids lourds par sens sera donc de :

$$56100 \times 66.67\% = 37402 \text{ V/j/sens}$$

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

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

$$TPL_{2024} = 37402 \times 0.8 = 29922 \text{ PL/j/sens}$$

V.4 DETERMINATION DE LA CLASSE DE TRAFIC

La figure ci-après est tirée du fascicule 1 du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves. Elle permet de déterminer la classe de trafic en fonction du nombre de PL par jour et par sens.

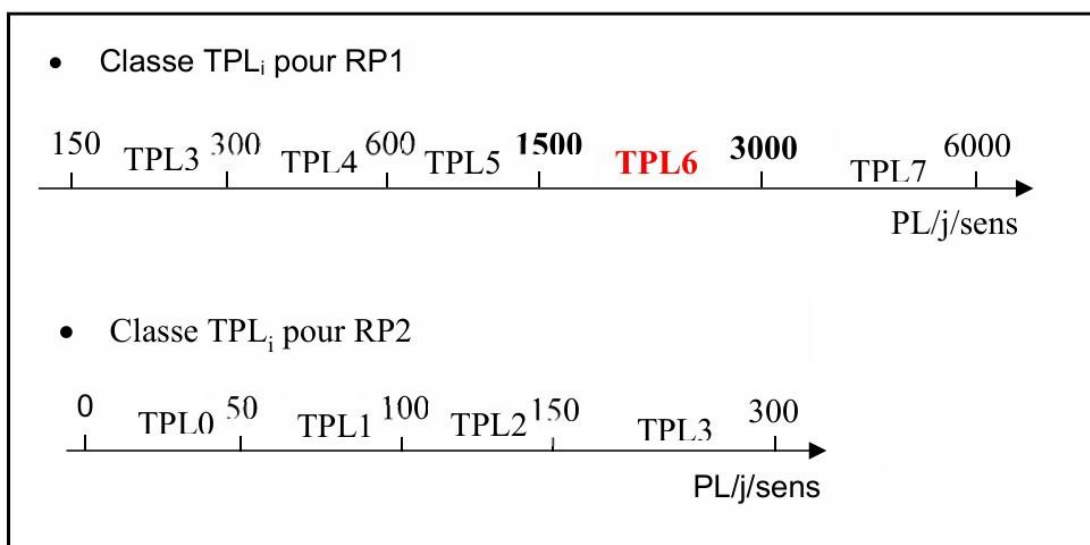


Figure V1 : classes de trafic (TPL_i)

D'après le calcul précédent, le réseau est le réseau principal 1 (RP1) et de classe TPL6 (1

V.5 DETERMINATION DE LA PORTANCE DU SOL-SUPPORT DE LA CHAUSSEE

Les sols sont classifiés suivant leur portance. Les différentes classes et leurs CBR sont données par le tableau suivant :

Tableau V1 : classe de portance du sol-support

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

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

La classe de portance du sol support pour le dimensionnement est donnée par la relation suivante :

$$E \text{ (MPa)} = 5 \times \text{CBR}$$

Ce qui nous donne : $E = 20 \text{ MPa}$. (ICBR = 4%)

Tableau V 2 : Classe de sol support

Classes de sol-supports	S4	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	15 - 25	25 - 50	50 - 125	125 - 200	> 200

La classe du sol support est donc la classe S4.

V.6 SURCLASSEMENT DU SOL SUPPORT

Le réseau RP1 ne considère que des classes de portance au moins égale à S2. Il est donc nécessaire de surclasser le sol support en intégrant une couche de forme.

Le tableau suivant donne les sur classements possibles, le type de matériau à mettre en œuvre ainsi que les épaisseurs.

Tableau V 3 : Sur classement avec couche de forme en matériau non traité

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

Il est donc préconisé une couche de forme de 60 cm en bicouche afin d'atteindre une classe de portance S2.

V.7 CHOIX DE CORPS DE CHAUSSEE

- Structures et matériaux considérés :**

Le corps de chaussée proposé pour la voie express est le suivant : BB-GB-GC. (Voir figure cidessous) :

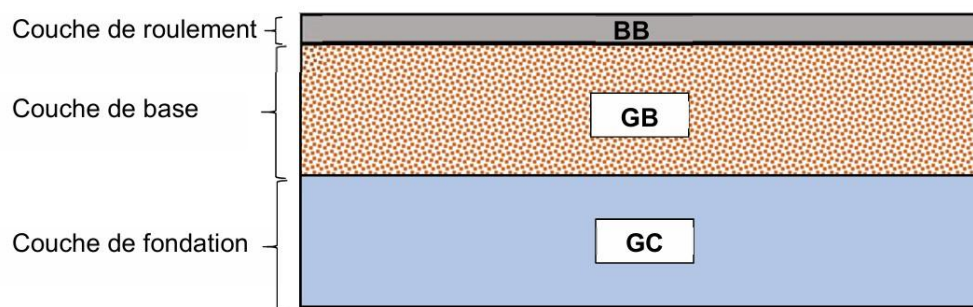


Figure V 2 : Structure du corps de chaussée considéré

Ce type de chaussée est défini pour le réseau RP1.

- Epaisseurs des matériaux considérées :**

Nous avons le corps de chaussée suivant :

CHAPITRE V : DIEMSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

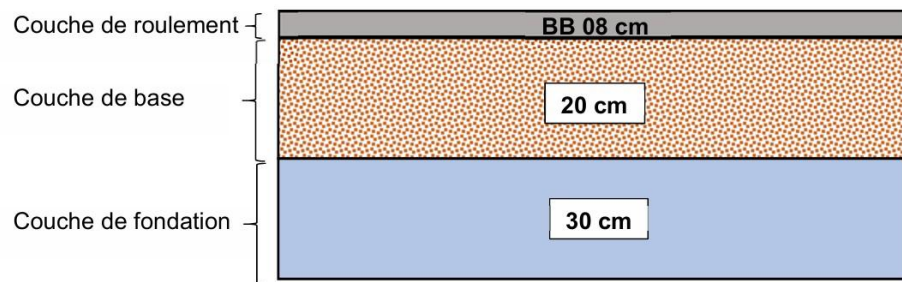


Figure V 3 : Epaisseurs considérées

CHAPITRE V : DIEMSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

V.8 CALCUL DES SOLLICITATIONS ADMISSIBLES

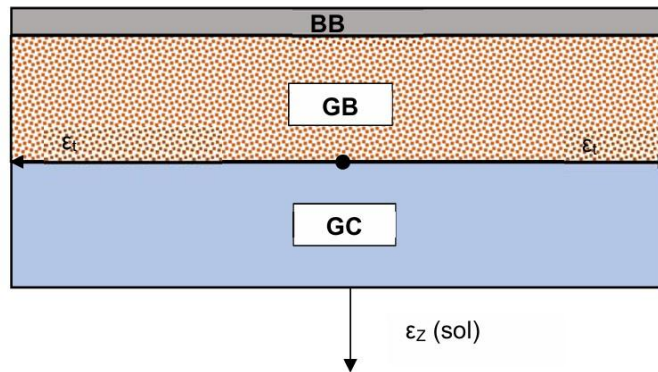


Figure V 4 : Localisation de la sollicitation à comparer à la déformation admissible

Il faudra vérifier que ϵ_z et ϵ_t , calculées à l'aide du logiciel Alize, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées $\epsilon_{z,ad}$, $\epsilon_{t,ad}$. La valeur admissible est donnée par la relation empirique déduite à partir d'une étude statistique de comportement des chaussées algériennes :

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

Avec :

TCE_i : trafic cumulé équivalent.

□ Détermination du trafic cumulé équivalent :

Le trafic cumulé équivalent est donné par la relation suivante :

$$TCE_i = TC_i \times A$$

Avec :

- ✓ A : coefficient d'agressivité
- ✓ TC_i : est le trafic cumulé de PL sur la période considérée $TPL_i \times 365 \times (1+i)^n - \frac{1}{i}$
- ✓ i : taux d'accroissement géométrique (4%)
- ✓ n : durée de vie considérée (20 ans)

$$TC_i = 2244 \times 365 \times (1+0.04)^{20} - \frac{1}{0.04} = 24.36 \times 10^6 \text{ PL/j/sens}$$

CHAPITRE V : DIEMSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

Le coefficient d'agressivité A est fonction du matériau et du réseau considéré. Il est donné dans le tableau suivant :

Tableau V 4 : Coefficient d'agressivité

Niveau de réseau principal (R _{Pi})	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume GB/GB, GB/Tuf, GB/SG	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques GL/GL, BCg/GC	1
RP2	Chaussées à matériaux non traités GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	0.6
	Chaussées à matériaux traités au bitume SB/SG	0.4
RP1 et RP2	Sol support (Calcul de ϵ_z , ad)	0.6

Le coefficient A est donc égal à 0.6 Et donc :

$$TCE_i = 24.36 \times 10^6 \times 0.6 = 14.62 \times 10^6$$

□ Détermination de la déformation admissible horizontale :

A l'issue du calcul du TCE_i nous pouvons maintenant déterminer la sollicitation admissible horizontale qui est égale à :

$$\epsilon_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} \times (14.62 \times 10^6)^{-0.235} = 455.68 \times 10^{-6}$$

• Détermination de la déformation admissible en traction : Avec :

$$\epsilon_{t,ad} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 245\text{Hz}) \times K_{ne} \times K_\theta \times K_r \times K_c$$

- ✓ $\epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 245\text{Hz})$: déformation limite détenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25 Hz (essai de fatigue).

- ✓ K_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée, $K_{ne} = \left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b$

CHAPITRE V : DIEMSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

- ✓ K_θ : facteur lié à la température, $k = \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta)}}$
- ✓ K_r : facteur lié au risque et aux dispersions, $K_r = 10^{-t_b \delta}$
- ✓ K_c : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées.

Avec :

- ✓ TCE_i : trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée. ✓
 b : pente de la droite de fatigue.
- ✓ $E(10^\circ C)$: Module complexe du matériau bitumineux à $10^\circ C$.
- ✓ $E(\theta_{eq})$: Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.

- ✓ δ : fonction de la dispersion, $\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2}$

Avec :

- ✓ SN : dispersion sur la loi de fatigue.
- ✓ Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm).
- ✓ c : coefficient égal à 0.02.
- ✓ t : fractile de la loi normale, qui est fonction du risque adopté ($r\%$).

• Caractéristiques des matériaux bitumineux et hypothèses de calcul :

Les caractéristiques des matériaux bitumineux proposés dans le corps de chaussée sont résumées dans le tableau ci-après :

Tableau V 5 : Caractéristiques des matériaux bitumineux

CHAPITRE V : DIEMSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

Matériau (MTB)	E (30°C, 10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°, 10Hz) (Mpa)	$\epsilon_6(10^\circ, 25\text{Hz})$ (10 ⁻⁶)	-1/b	SN	Sh (cm)	ν	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

En ce qui a trait à la GNT (GC), nous avons :

Tableau V 6 : Caractéristiques de la GNT (GC)

	E (20°C, 10Hz)	ν
GNT (GC)	200	0.25

- Au regard de la situation géographique du projet, nous nous situons dans la zone climatique I et la température équivalente est donc de 20 °C (cf. Annexe 3 fascicule 1)
- Le risque de calcul est pris égal à 5 % (cf. tableau 5 fascicule 2).
- Enfin, les conditions aux interfaces pour les chaussées de type GB/GNT/sol support est « toutes les interfaces collées » conformément au tableau 3 du fascicule 2.

$$K_{ne} = (14.62 \times 10^6 / 10^6)^{-0.146} = 0.675$$

$$K_{\theta} = (E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz}) / E(\theta_{eq}, 10\text{Hz}))^{0.5} = (12500 / 7000)^{0.5} = 1.337$$

$$K_r = 10^{-t\delta} \quad (r = 10 \% \text{ et } t = -1.282), \quad \delta = (0.45^2 + (0.02 / -0.146 \times 3)^2)^{0.5} = 0.61 \quad K_r = 0.768$$

$$K_c = 1.3$$

Alors :

$$\epsilon_{t,ad} = 100 \times 10^{-6} \times 0.675 \times 1.337 \times 0.768 \times 1.3 = 90.10 \times 10^{-6}$$

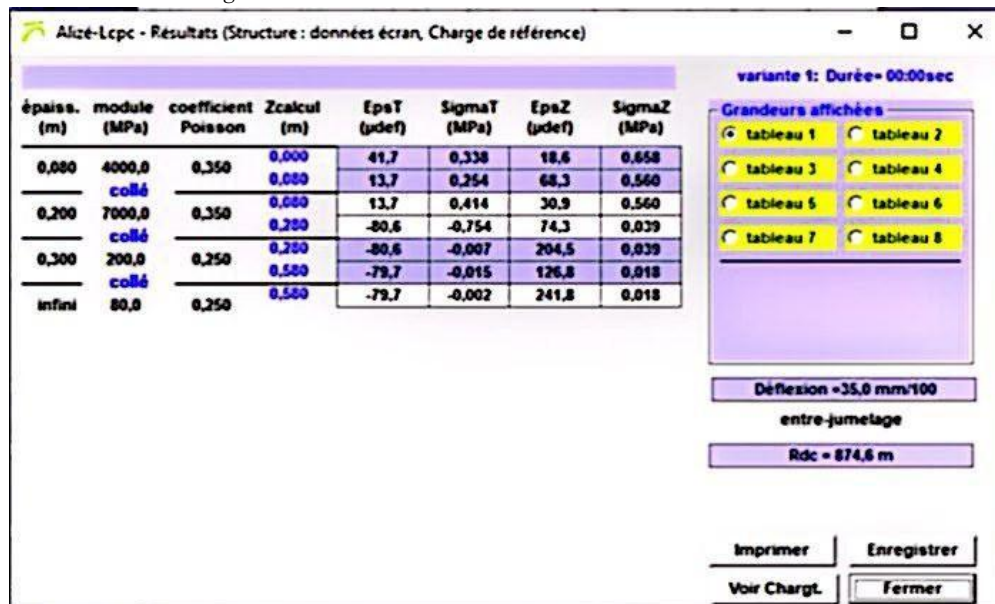
V.9 RESULTAT DU CALCUL DES CONTRAINTES

- Jumelage standard de 65 KN

CHAPITRE V : DIEMSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

- Pression verticale : 0.6620 MPa
- Rayon de contact : 0.1250 m
- Entraxe jumelage : 0.3750 m
- (Unités : m, MN et MPa ; déformations en μdef ; déflexions en mm/100)
- Déflexion maximale 31.8 mm/100 (entre-jumelage)
- Rayon de courbure 963.6 m (entre-jumelage)

Figure V 5 : Résultats des contraintes sur ALIZE



V.10 CONCLUSION

Etant donné que nous avons obtenu des sollicitations calculées par le logiciel Alizé de :

- $\varepsilon_t = 80.6 \times 10^{-6}$, qui est plus petite que la contrainte admissible $\varepsilon_{t, \text{adm}} = 90.10 \times 10^{-6}$;
- $\varepsilon_z = 241.8 \times 10^{-6}$ également plus faible que la contrainte admissible $\varepsilon_{z, \text{ad}} = 455.68 \times 10^{-6}$;

Le corps de chaussée (08 cm BB + 20 cm GB + 30 cm GC) + (60 cm couche de forme) est valable

CHAPITRES VI : CALCUL DES CUBATURES

CHAPITRE VI : CALCUL DES CUBATURES

73

VI.1 INTRODUCTION

Le calcul des cubatures constitue une étape fondamentale dans l'étude d'un projet routier. Il permet d'évaluer les volumes de déblais et de remblais nécessaires à la réalisation de la plateforme projetée. Ces calculs sont effectués à partir des profils en travers et des données du terrain naturel afin de déterminer les quantités de matériaux à excaver ou à mettre en œuvre. Dans cette étude, les cubatures sont calculées selon la méthode de la moyenne des aires.

Les éléments clés permettant de réaliser ces calculs sont :

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

VI.2 METHODES DE CALCUL DES CUBATURES

- **La méthode de la moyenne des aires (appelée aussi méthode des profils en travers)**

C'est la méthode la plus courante pour estimer les volumes entre deux profils en travers. On considère que le volume de terre entre deux profils (P1 et P2) est un prisme dont la section moyenne est la moyenne des aires des deux profils. Si S1 et S2 sont les aires des deux profils et L est la distance qui les sépare, le volume est :

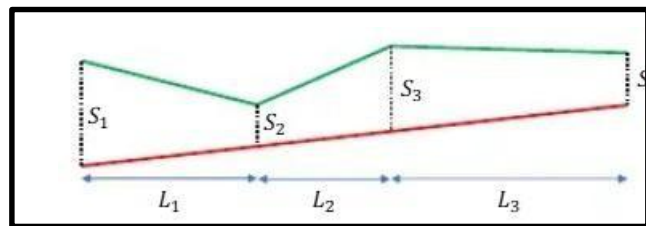


Figure VI 1 : Représentation schématique du calcul d'aire par la méthode de la moyenne des aires

$$\text{Volume du tronçon 1 (entre S1 et S2)} : V1 = \frac{S1+S2}{2} \times L1$$

$$\text{Volume du tronçon 2 (entre S2 et S3)} : V2 = \frac{S2+S3}{2} \times L2$$

$$\text{Volume du tronçon 3 (entre S3 et S4)} : V3 = \frac{S3+S4}{2} \times L3$$

$$\text{Volume total: } V = V1 + V2 + V3$$

$$V = \frac{S1+S2}{2} \times L1 + \frac{S2+S3}{2} \times L2 + \frac{S3+S4}{2} \times L3$$

$$V = S1 \times \left(\frac{L1}{2}\right) + S2 \times \left(\frac{L1+L2}{2}\right) + S3 \times \left(\frac{L2+L3}{2}\right) + S4 \times \left(\frac{L3}{2}\right)$$

CHAPITRE VI : CALCUL DES CUBATURES

□ Méthode de Gulden

La méthode de Gulden améliore la méthode de la moyenne des surfaces en tenant compte de la position réelle du barycentre (centre de gravité) de chaque section par rapport à l'axe du projet.

Contrairement à la méthode classique qui considère la distance le long de l'axe, la méthode de Gulden utilise la distance entre les barycentres des sections successives pour le calcul du volume.

Formule de Gulden :

$$V = \frac{(S_i + S_{i+1})}{2} \times d(\text{barycentres})$$

Avec :

- ✓ S_i et S_{i+1} : surfaces des profils en travers successifs (en m^2)
- ✓ $d(\text{barycentres})$: distance entre les barycentres des deux sections (en m)

CHAPITRE VI : CALCUL DES CUBATURES

VI.3 CUBATURES DU PROJET

- Récapitulatif déblais/remblais :

Tableau VI 1 : Cubatures déblais, remblais

Désignation	Volume (m ³)	Observation
VOLUME TOTAL DE DÉBLAI	1 381 185,9	Terrains à excaver
VOLUME TOTAL DE REMBLAI	1 435 872,4	Terrains à apporter
DIFFÉRENCE (Remblai - Déblai)	54 686,5	Excédent de remblai

- Récapitulatif matériaux :

Tableau VI 2 : Récapitulatif des matériaux

Matériaux	Volume (m ³)
Couche de roulement (BB)	7284.81
Couche de base (GB)	17629.82
Couche de fondation (GNT)	22629.44
Décapage	517759.67
Couche de forme	99735.07
Couche substitution	29346.88

VI.4 Conclusion

Le projet présente un excédent de remblai de 54 686,5 m³ (soit environ 3,8% du volume total). Cet équilibre quasi-équilibré entre déblai et remblai est favorable pour la gestion des terres sur le chantier. Les volumes importants de remblai correspondent à la zone des ouvrages d'art et des boucles de l'échangeur où le niveau du terrain naturel est inférieur au niveau de la chaussée projetée.

CHAPITRES VII : ASSAINISSEMENT

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

VII.1 INTRODUCTION

Le tracé traverse une zone au relief varié, caractérisée par des oueds et des bassins versants naturels qui nécessitent une étude approfondie des écoulements et la mise en place d'ouvrages hydrauliques adaptés.

L'objectif principal de ce chapitre est de présenter de manière unifiée l'étude hydrologique et le dimensionnement des ouvrages d'assainissement (ouvrages transversaux et drainage longitudinal) pour l'ensemble du projet, en s'appuyant sur les données et méthodologies développées dans les différentes études de tranches.

VII.2 CARACTERISTIQUES DU CLIMAT

La région du projet bénéficie d'un climat méditerranéen caractérisé par :

- ✓ Un été sec et chaud ;
- ✓ Un hiver doux et relativement humide ;
- ✓ Une influence méditerranéenne combinée à celle des vents ;
- ✓ Des variations importantes du taux d'humidité qui reste élevé en moyenne.

- **Températures**

La période estivale (juin à septembre) est caractérisée par des températures élevées dépassant régulièrement 25°C, tandis que la période hivernale (décembre à février) présente des températures modérées oscillant entre 8°C et 15°C.

Tableau VII 1 : Moyenne mensuelle des températures en °C

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T°C max	14.47	14.65	16.54	17.70	20.85	24.72	27.53	29.53	26.60	23.21	18.20	15.25
T°C min	8.06	8.92	10.42	11.05	14.25	17.52	20.25	21.86	19.89	16.55	12.81	10.23
T°C moy	11.43	11.79	13.46	14.57	17.51	20.85	22.92	25.85	23.21	19.73	15.30	12.29

- **Humidité**

Tableau VII 2 : Moyenne mensuelle de l'humidité

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
HU (%)	72.4	72.2	70.9	70.2	73.2	72.3	72.3	69.4	73.8	70.3	72.8	74.9

VII.3

PRECIPITATIONS MENSUELLES

Tableau VII 3 : Moyenne mensuelle des précipitations

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M.A
P (mm)	89.95	75.18	58.68	59.79	49.52	7.97	0.65	8.99	27.02	53.23	134.27	108.66	673.97

VII.4

PLUIES DE COURTES DUREE

Pour le dimensionnement des ouvrages, la relation Intensité-Durée-Fréquence (IDF) est requise. Deux méthodes ont été utilisées :

MÉTHODE 1 : Formule analytique

La relation utilisée est de la forme :

$$\frac{PT}{P_{jmax}} = a \times t^b$$

Avec :

Pt : pluie correspondante à un pas de temps t Pjmax

: pluie journalière maximale

a et b : paramètres climatiques (a = 0,30 ; b = 0,40)

Pj moy = 58,9 mm

•Coefficient de variation Cv = 0,38

MÉTHODE 2 : Courbes IDF de la station Birmourad-Reis (Code 020509)

Les paramètres de Montana utilisés sont : b = 0,69 a(T) pour différentes périodes de retour

VII.5

HYDROLOGIE

VII.5.1

Délimitation des bassins versants

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

La délimitation des bassins versants a été réalisée sur la base de cartes topographiques au 1/25 000. Chaque bassin versant est séparé des autres par la ligne de partage des eaux. La délimitation tient compte : □ Du tracé en plan du projet

- Des oueds et thalwegs existants
- De la structure des reliefs naturels

VII.5.2 Caractéristiques morphologiques

La détermination des caractéristiques morphologiques des sous bassins versants consiste à calculer, ou évaluer les paramètres explicatifs, indispensables à l'évaluation des débits de crues. □ La surface du bassin versant (km²).

- Le Périmètre (km).
- La longueur du talweg (km).
- L'altitude max (m).
- L'altitude min (m).
- L'altitude Moy (m).
- La Pente moyenne (%).
- Le temps de concentration (heures) □ Le coefficient de ruissellement.

VII.5.3 Temps de concentration

$$t_c = 0,11 \times \sqrt[3]{(S \times L^2)} / \sqrt{I}$$

Avec :

L : Longueur du cours d'eau principal en km

c) Superficie comprise entre 25 et 200 km² : Formule de GIANDOTTI

$$t_c = (4\sqrt{S} + 1,5L) / (0,8\sqrt{H})$$

Avec :

H : Altitude moyenne du bassin versant en m

VII.5.4 Coefficient de ruissellement

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

Le coefficient de ruissellement a été déterminé par deux méthodes ;

MÉTHODE KENESSEY :

$$C = C1 + C2 + C3$$

Tableau VII 4 : Coefficient C1 : dépendant de la pente du bassin versant

Pente	C1		
≤ 3.5%	0.01	0.03	0.05
Entre 3,5 et 11 %	0.06	0.08	0.1
Entre 11 et 35 %	0.12	0.16	0.2
> à 35 %	0.22	0.26	0.3

Tableau VII 5 : Coefficient C2 : dépendant de la nature du sol (perméabilité)

Nature du sol	C2		
Imperméable	0.22	0.26	0.3
Peu perméable	0.1	0.15	0.2
Perméable	0.06	0.08	0.1
Très perméable	0.03	0.04	0.05

Tableau VII 6 : Coefficient C3 : dépendant de la couverture végétale du bassin versant

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

Les Coefficients de ruissellement des bassins versants sont présentés dans le tableau suivant ;

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

Tableau VII 7 : Les Coefficients de ruissellement des bassins versants

	C1	C2	C3	C
BV01	0.08	0.15	0.11	0.34
BV02	0.08	0.15	0.11	0.34
BV03	0.08	0.15	0.11	0.34
BV04	0.1	0.15	0.11	0.36
BV05	0.16	0.15	0.11	0.42

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

DRAINAGE

VII.6

□ Drainage transversal (buses et dalots)

Pour les buses

$$Q_c = 2,80 \times R \times H^{1,5} \times 0,88$$

Avec :

R, H = Diamètre de la buse (m)

Pour les dalots :

$$Q_c = 1,5 \times L \times H^{4/3}$$

Avec :

L = Largeur de l'ouverture du dalot (m)

H = Hauteur de l'ouverture du dalot (m)

La période de retour retenue pour le dimensionnement des ouvrages transversaux est T = 100 ans.

Tranche 1

Tableau VII 8 : Caractéristiques des bassins versants - Tranche 1

BV	PK	S (km²)	L (km)	Tc (h)	Hmax (m)	Hmin (m)	I (m/m)
BV1	0+420	0,0375	0,330	0,116	240	225	0,045
BV2	0+806	0,100	0,434	0,180	250	230	0,046
BV3	1+069	0,048	0,237	0,170	250	234	0,068
BV4	2+122	0,016	0,147	0,050	250	235	0,010
BV5	2+426	0,174	0,784	0,200	252	195	0,073

Tableau VII 9 : Débits d'apport et ouvrages retenus - Tranche 1

BV	PK	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q100 (m³/s)	Ouvrage	Pente
----	----	------------	------------	-------------	---------	-------

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

BV1	0+420	0,31	0,42	0,46	Buse Φ1000	0,020
BV2	0+806	0,83	1,11	1,23	Buse Φ1000	0,030
BV3	1+069	0,56	0,74	0,82	Buse Φ1000	0,020
BV4	2+122	0,13	0,18	0,20	Buse Φ1000	0,038
BV5	2+426	1,71	2,28	2,53	Dalot 1,50×1,50	0,024

Tranche 2

Tableau VII 10 : Synthèse des débits de projet - Tranche 2

BV	PK	S (ha)	C	Tc (h)	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q100 (m³/s)
BV1	2+655	0,96	0,42	0,03	0,35	0,56	0,76
BV2	2+838	1,90	0,42	0,04	0,61	0,95	1,20
BV3	2+905	0,99	0,42	0,03	0,38	0,60	0,78
BV4	3+388	151,16	0,42	0,41	12,28	16,40	19,64
BV5	3+730	13,64	0,42	0,11	2,43	3,30	4,37
BV6	3+915	5,45	0,42	0,06	1,40	1,92	2,66
BV7	4+200	14,47	0,42	0,12	2,51	3,40	4,49
BV7.1	4+606	5,73	0,42	0,07	1,33	1,82	2,54
BV8	4+754	20,24	0,42	0,15	2,99	4,08	5,30
BV9	5+074	10,76	0,42	0,11	1,95	2,65	3,53
BV10	5+611	16,09	0,42	0,13	2,67	3,62	4,75
BV11	5+946	10,51	0,42	0,12	1,81	2,46	3,25

Tranche 3

Tableau VII 11 : Caractéristiques des bassins versants - Tranche 3

BV	PK	P (km)	S (ha)	L (m)	Hmax (m)	Hmin (m)	I (m/m)
BV01	7+230,57	0,496	1,403	152	181	165	0,0759
BV02	7+488,29	2,957	42,85	448	199	149	0,0943
BV03	8+191,30	1,611	11,24	390	177	148	0,0912
BV04	8+780	25,538	2027,3	10517	258	108	0,1032

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

BV05	9+273,58	0,768	3,359	67	172	143	0,1189
------	----------	-------	-------	----	-----	-----	--------

Tableau VII 12 : Débits de projet retenus - Tranche 3

BV	PK	S (km²)	C	Tc (h)	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q100 (m³/s)
BV01	7+230	0,014	0,34	0,055	0,21	0,31	0,60
BV02	7+488	0,429	0,34	0,271	2,48	3,64	6,05
BV03	8+191	0,112	0,34	0,141	0,96	1,41	2,49
BV04	8+780	20,273	0,36	2,046	36,88	54,17	63,66
BV05	9+274	0,034	0,42	0,068	0,55	0,81	1,53

□ Drainage longitudinal

La période de retour utilisée pour le dimensionnement des éléments de drainage longitudinal est de 10 ans.

Formule de MANNING-STRICKLER

$$Q = K \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \times S_m$$

Avec:

Q : Débit capable en m³/s

K : Coefficient de rugosité (K = 70 pour fossés bétonnés)

R_h : Rayon hydraulique (m)

S_m : Section mouillée en m²

I : Pente du fossé en m/m

Méthode rationnelle (débit à évacuer)

$$Q = 2,78 \times C_r \times I \times A$$

Avec :

Q : Débit à évacuer en l/s

C_r : Coefficient de ruissellement pondéré

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

I : Intensité moyenne maximale de précipitation (mm/h) A

: Surface de l'aire d'influence (ha)

Formule de MONTANA (Intensité de pluie)

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

Avec :

b = 0,69 (station Birmourad-Reis)

a(10) = 41,2 (pour T = 10 ans) **Temps**

de concentration $t_c = t_1 + t_2$

Avec : $t_1 = 3$ min (temps pour l'eau de la plateforme d'arriver à

l'ouvrage) $t_2 = L / (0,85 \times 60 \times V)$ (temps d'écoulement dans

l'ouvrage)

V : vitesse calculée pour le débit critique

Tableau VII 13 : Éléments de drainage longitudinal

Élément	Description	Rôle
FOSSE DE PIED (Remblai / Déblai)	Forme trapézoïdale revêtue Dimensions type : L = 0,50 à 1,50 m, H = 0,50 m	Collecter les eaux de ruissellement de l'impluvium de la plateforme et du terrain naturel
FOSSE DE CRÊTE DE DÉBLAI	Forme trapézoïdale revêtue Dimensions type : L = 0,50 à 1,50 m, H = 0,50 m	Protéger les talus sur les tronçons où le bassin versant naturel est modifié par le tracé
SEMI-BUSE	Diamètre : Φ 300 mm	Drainer les eaux de talus et de berme quand la hauteur de talus est supérieure à 6 m
DDESCENTE D'EAU	Espacement : 30 m selon les recommandations du SETRA	Acheminer l'eau de surface d'un fossé à un fossé de niveau inférieur, ou de la plateforme vers un fossé de pied

Tableau VII 14 : Synthèse du drainage longitudinal

Élément	Type retenu	Statut
---------	-------------	--------

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

Fossés de pied	T150×50×50 (L=1,50m, H=0,50m, talus=0,50m)	Vérifié : $Q_c \geq Q_{ev}$
Fossés de crête de déblai	T150×50×50	Vérifié : $Q_c \geq Q_{ev}$
Semi-buses	Φ300 mm	Vérifié : $Q_c \geq Q_{ev}$
Descentes d'eau	Espacement 30 m	Dimensionnées selon débit

VII.7 CONCLUSION

L'ensemble de l'étude d'assainissement démontre que le projet de la Liaison Autoroutière Rocade Sud est correctement dimensionné pour faire face aux écoulements naturels et aux eaux de ruissellement de la plateforme.

Les ouvrages transversaux et le drainage longitudinal proposés assurent une évacuation efficace des eaux pour des événements de période de retour 100 ans (ouvrages transversaux) et 10 ans (drainage longitudinal), conformément aux normes et recommandations en vigueur (SETRA, ICTAVRU).

La mise en œuvre des recommandations formulées dans ce rapport garantira la pérennité et la sécurité du système d'assainissement tout au long de la durée de vie de l'infrastructure.

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

VIII.1 INTRODUCTION

L'échangeur est un ouvrage d'art routier permettant le transfert des flux de trafic entre deux voies rapides sans interruption de la circulation principale. Parmi les différentes configurations existantes, l'échangeur en trèfle complet assure l'ensemble des mouvements de trafic par quatre boucles et quatre bretelles directes, réalisés avec un seul ouvrage de franchissement.

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ÉCHANGEUR

La présente étude porte sur la conception d'un tel échangeur sur une voie rapide urbaine (VRU) de type A 80. L'ouvrage est dimensionné conformément à l'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (ICTAVRU), document de référence édité par le CERTU et réédité en 2007. Cette instruction s'impose aux infrastructures à statut d'autoroute ou de route express en milieu urbain et constitue le guide technique essentiel pour la conception géométrique, le dimensionnement et la sécurité des voies rapides urbaines.

VIII.2 RÔLE DE L'ÉCHANGEUR

L'échangeur est un ouvrage d'art routier qui permet le raccordement entre deux voies rapides ou entre une voie rapide et une voirie traditionnelle, sans interruption du trafic et sans conflit de niveau. Son rôle principal est d'assurer :

- La continuité des flux de trafic entre les différents axes routiers ;
- La sécurité des usagers par l'élimination des intersections à niveau ;
- La fluidité du trafic grâce à des transitions de vitesse progressives ; □ L'accessibilité contrôlée à la voie rapide urbaine.

VIII.3 ÉLÉMENTS DE L'ÉCHANGEUR

Une bretelle d'échangeur se compose de quatre zones distinctes, chacune ayant un rôle spécifique dans la transition de vitesse :

Tableau VIII 1 : Eléments de l'échangeur

Zone	Description	Fonction
Dispositif de déboîtement/insertion	Zone de transition avec la voie rapide	Modulation de vitesse $V_p \rightarrow V_s$ ou $V_i \rightarrow V_p$
Zone de décélération/accélération	Section de changement de vitesse	Passage de V_s à $V(R)$ ou de $V(R)$ à V_i
Section en courbe	Courbe de rayon R en plan	Maintien de la vitesse $V(R)$
Zone de transition	Raccordement avec la voirie secondaire	Intégration au réseau existant

VIII.4 CATÉGORIES D'ÉCHANGEURS ROUTIERS

L'ICTAVRU distingue plusieurs catégories d'échangeurs selon leur niveau de service et leur complexité :

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ÉCHANGEUR

Tableau VIII 2 : catégories d'échangeurs selon leur niveau de service et leur complexité

Catégorie	Description	Caractéristiques
Carrefours à niveau	Équipés de feux tricolores ou giratoires	Intersections avec conflits de niveau
Diffuseurs	Raccordement par carrefours plans	Accès partiel, vitesses modérées
Nœuds simples	Échangeurs dénivelés basiques	Minimum 1 ouvrage d'art
Nœuds complexes	Trèfle, turbine, losange...	Plusieurs ouvrages d'art, tous mouvements

VIII.5 JUSTIFICATION DU CHOIX DE L'ÉCHANGEUR EN TRÈFLE COMPLET

VIII.5.1 Définition du trèfle complet

Le trèfle complet est un échangeur dénivelé de type nœud qui comporte :

- Quatre boucles (bretelles en virage à gauche) ;
- Quatre diagonales (bretelles en virage à droite) ;
- Un seul ouvrage d'art de franchissement ;
- Permet toutes les liaisons sans cisaillement.

VIII.5.2 Avantages du trèfle complet

- Toutes les liaisons sont possibles sans conflit de trafic ;
- Un seul ouvrage d'art est nécessaire (économie) ; □ Pas de cisaillement entre les flux ; □ Sécurité maximale (pas d'intersections à niveau).

VIII.5.3 Inconvénients et contraintes

- Grande emprise au sol (besoin d'espace important) ;
- Coût de construction élevé ;
- Vitesses réduites dans les boucles (risque pour les poids lourds) ; □ Longueur des parcours parfois importante.

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

VIII.5.4 Justification selon l'ICTAVRU

Selon l'ICTAVRU, le trèfle complet est un échangeur massif demandant une très grande emprise et qui est généralement justifié par un trafic important. Il comporte quatre boucles, quatre diagonales et permet toutes les liaisons sans cisaillement moyennant un seul ouvrage d'art.

Le choix du trèfle complet pour ce projet est justifié par :

- Le trafic important sur l'axe nécessitant un échangeur complet ;
- La disponibilité de l'emprise au sol ;
- La nécessité de sécuriser tous les mouvements tournants.

VIII.6 RECOMENDATIONS TECHNIQUES ET ELEMETS NORMATIFS

• Fonctionnement des bretelles

Les bretelles des diffuseurs sont destinées à assurer la transition entre la voirie traditionnelle ou une autre voie rapide urbaine et inversement. En conséquence, leurs caractéristiques géométriques doivent permettre une modulation des vitesses dépendant de la voie rapide urbaine quittée ou rejointe et des vitesses correspondant à la voirie traditionnelle ou la voie rapide urbaine rejointe ou quittée.

• Vitesse pratiquée

La vitesse pratiquée V_p (ou vitesse de groupe) de la chaussée principale correspond à des débits horaires de l'ordre de 1 500 uvp/h par voie. C'est un paramètre spécifique aux voies rapides urbaines, qui repère les possibilités de conduite en files et qui caractérise la sécurité collective de circulation aux heures de forte concentration. On admet que la valeur de V_p selon la catégorie de la voie est :

Tableau VIII 3 : Vitesse pratiquée selon la catégorie de voie

Catégorie de voie	A 100	A 80 U 80	U60
Vitesse pratiquée : V_p	70	60	50

• Fonctionnement d'une bretelle

Une bretelle se compose de quatre zones :

- ✓ Le dispositif de déboîtement ou d'insertion, où la manœuvre doit pouvoir s'effectuer :

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

- Au point de sortie au plus tôt ou au point d'entrée au plus tard à une vitesse égale à V_p ;

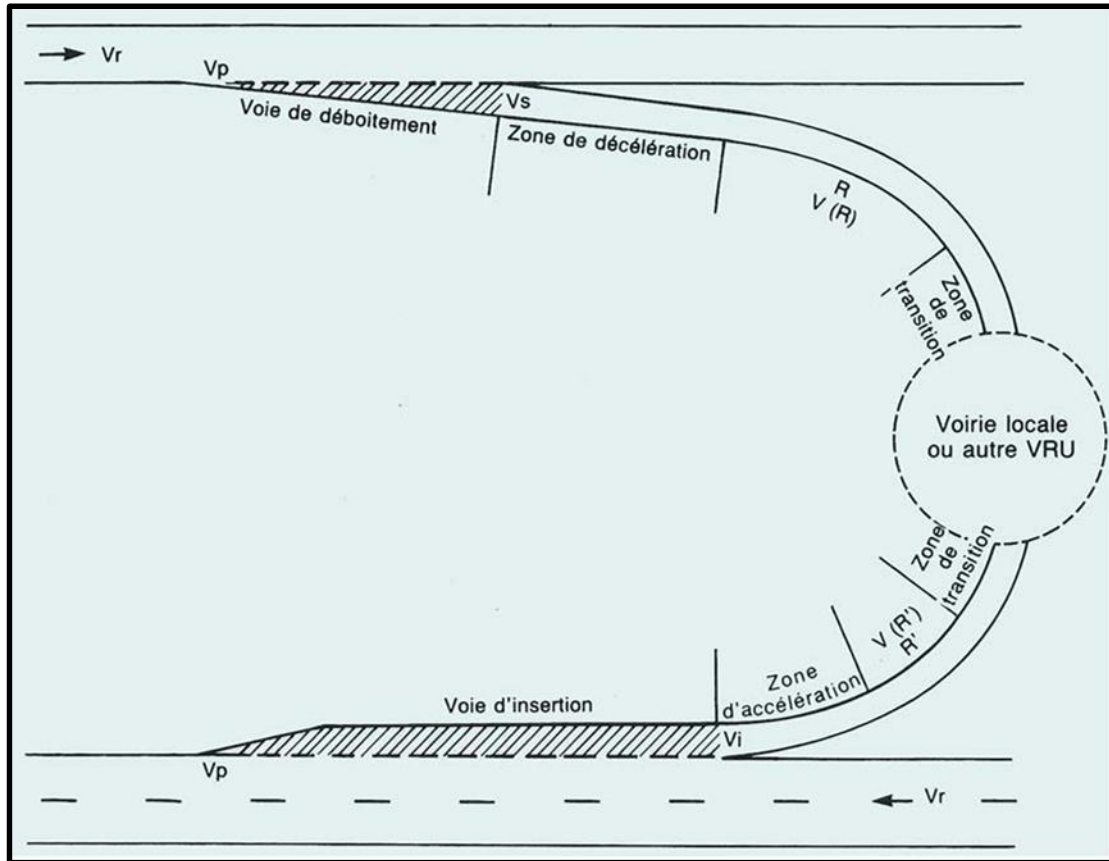


Figure VIII 1 : Fonctionnement d'une bretelle

Au point de sortie au plus tard ou au point d'entrée au plus tôt à une vitesse V_s ou V_i égale :

- à $V_p - 15$ km/h (soit 55 km/h) pour A 100 ;
 - à $V_p - 10$ km/h (soit 50 km/h) pour A 80 et U 80 ;
 - à $V_p - 10$ km/h (soit 40 km/h) pour U 60 ;
- ✓ Une zone de décélération ou d'accélération, permettant la transition entre V_s ou V_i de la vitesse admissible en fonction des caractéristiques de la bretelle (et inversement) ;
 - ✓ Une section en courbe définie en général par un rayon en plan ou une succession de rayons en plan, qui doit être parcourue à $V(R)$, vitesse admissible en fonction de la valeur du rayon R ;

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

- ✓ Une zone de transition permettant le raccordement de la section courbe à la voie traditionnelle ou à une autre voie rapide urbaine (cette zone peut être pratiquement inexistante).

- **Géométrie des dispositifs d'entrée et de sortie**

La conception des dispositifs a pour élément de base la vitesse prescrite en amont sur la chaussée principale. Leur géométrie est définie dans le guide d'application Conception des accès sur voies rapides urbaines de type A qui fixe les valeurs normales à respecter dans les cas généraux et les valeurs minimales pouvant être utilisées dans des cas particuliers. Ces valeurs minimales peuvent être appliquées pour les accès sur une VRU de type A 80 avec vitesses prescrites de 70 ou 90 km/h et sous réserve des conditions suivantes :

- En entrée : débit maximum ≤ 600 uvp/h ;
- En sortie : débit maximum ≤ 650 uvp/h.

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR



Dispositifs d'entrée :

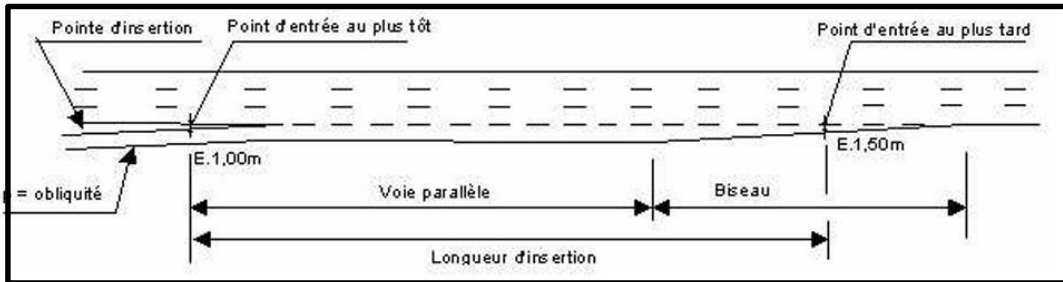


Figure VIII 2 : Schéma d'une entrée de type : Ei 1 « en insertion »

✓ Règles de visibilité :

Les règles de visibilité à respecter au voisinage d'une entrée sont :

- À partir de la chaussée principale, on applique la règle (géométrie liée à la vitesse de référence) ;
- À partir de la bretelle d'entrée, il y a lieu d'offrir la distance de visibilité sur le point E.1,00 m correspondant à la distance nécessaire d'accélération pour parvenir à la vitesse d'insertion (V_i) à ce point E.1,00

✓ Obliquité : p

Elle doit rester comprise entre $1/20$ et $1/30$:

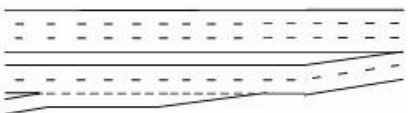
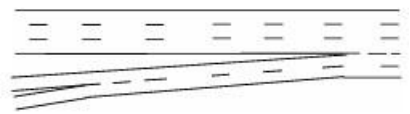
- Si $p \leq 1/20$: l'obliquité est trop forte, la brisure trop marquée entre la bretelle et la voie rejointe.
- Si $p \geq 1/30$: l'obliquité est trop faible, l'insertion sur la voie rejointe peut se faire plus tôt que la pointe du fait de l'impossibilité d'implanter des dispositifs de retenue.

✓ Les différents dispositifs d'entrée :

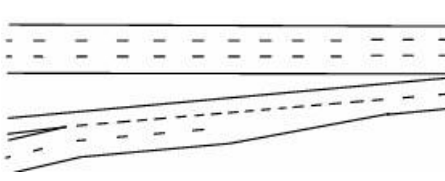
Tableau VIII 4 : Dispositifs d'entrée

Nouvelle nomenclature

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

	Types	Intitulés	Schémas
Entrées en insertion sur une chaussée principale	Ei 1	Insertion d'une voie	
	Ei 2	Insertion de deux voies	
Entrées avec adjonction d'une voie sur une chaussée principale	Ea 1	Entrée d'une voie	
	Ea 2	Entrée de deux voies	
Entrées sur une bretelle ou sur une collectrice	Eb 1 ₁	Ramification d'entrée d'une voie, en insertion, sur bretelle ou collectrice à une voie	
	Eb 1 ₂	Ramification d'entrée d'une voie, en insertion de type Ei 1, sur bretelle ou collectrice à deux voies	
	Eb 2 ₁	Ramification, en entrée, de deux bretelles à une voie	

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

	Eb 2 ₂	Ramification, pour trafic prépondérant entrant à droite	
--	-------------------	---	--

Dispositif de sortie :

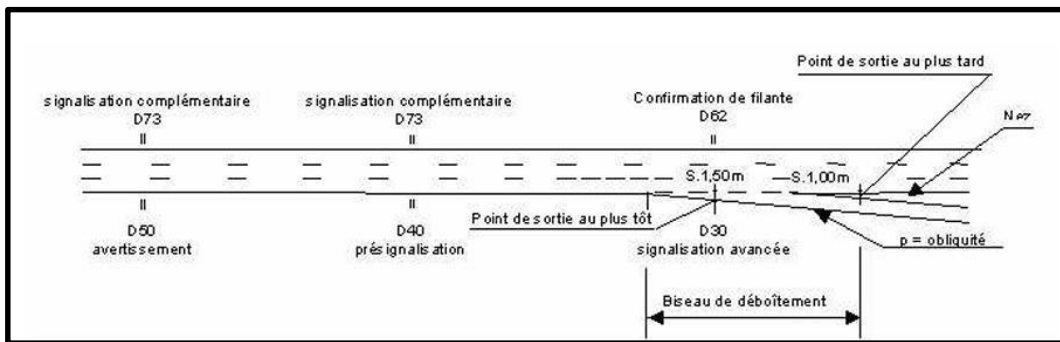


Figure VIII 3 : Schéma d'une sortie de type Sb 1 « déboîtement d'une voie »

✓ Règles de visibilité :

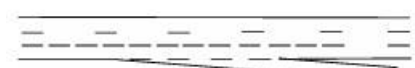
Les règles de visibilité à respecter au voisinage d'une sortie sont précisées dans l'article 4.5.

✓ Obliquité : p

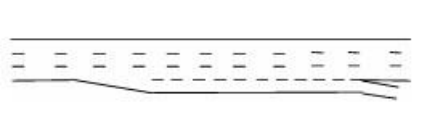
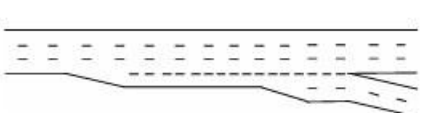
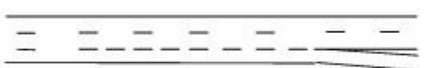
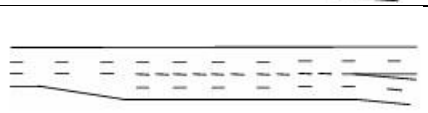
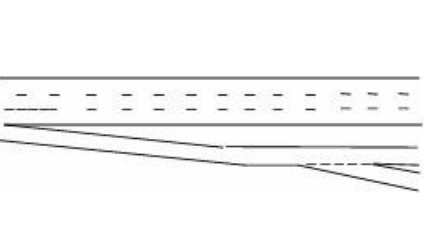
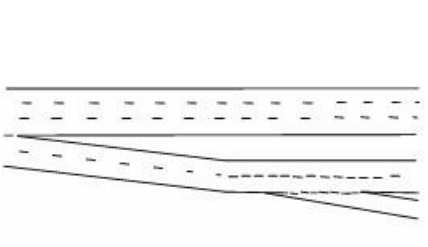
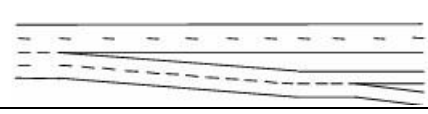
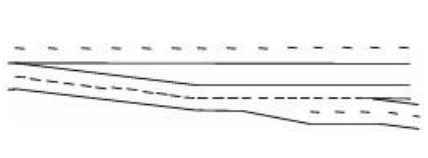
Elle est variable selon la longueur du biseau pour les sorties en déboîtement et elle doit être comprise entre 1/20^e et 1/30^e pour les sorties en affectation.

✓ Les différents dispositifs de sorties :

Tableau VIII 5 : Dispositifs de sorties

	Types	Intitulés	Schémas
	Sd 1 ₁	Déboîtement d'une voie	

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

Sorties en déboitement depuis une chaussée principale	Sd 1 ₂	Déboitement d'une voie en pseudo-affectation	
	Sd 2	Déboitement de deux voies en pseudo-affectation	
Sorties en affectation depuis une chaussée principale	Sa 1	Sortie d'une voie	
	Sa 2 ₁	Sortie de deux voies	
	Sa 2 ₂	Sortie de deux voies pour trafic sortant prépondérant	
Sorties depuis une bretelle ou une collectrice	Sb 1 ₁	Ramification de sortie d'une voie, en déboitement, à partir d'une bretelle ou d'une collectrice à une voie	
	Sb 1 ₂	Ramification de sortie d'une voie, en déboitement de type Sd1 ₁ , à partir d'une bretelle ou d'une collectrice à deux voies	
	Sb 2 ₁	Ramification de sorties en affectation	
	Sb 2 ₂	Ramification en affectation, pour trafic sortant à droite prépondérant	

Dispositifs d'entrée et de sortie à gauche :

Tout accès à droite doit être préféré à un accès à gauche, compte tenu des particularités de ces derniers. De tels dispositifs ne doivent être envisagés qu'à titre très exceptionnel dans des configurations de site particulièrement contraignantes. Pour en mesurer la nécessité, un tel dispositif devra être justifié par :

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR



- L'évaluation du report des trafics concernés sur les accès, à droite, les plus proches ;
 - Le nombre de PL concernés doit être inférieur à cinquante par heure ;
 - L'étude de la réalisation d'un accès à droite et son coût, comportant un ouvrage si nécessaire.
- ✓ **Les différents dispositifs d'entrée et de sortie à gauche :**

Tableau VIII 6 : Dispositifs d'entrée et de sortie à gauche

	Types	Intitulés	Schémas
Entrées à gauche sur une chaussée principale exclusivement à deux voies	Egi	Insertion d'une voie	
	Ega	Entrée d'une voie en adjonction	
Sortie à gauche en déboîtement depuis une chaussée principale exclusivement à deux voies	Sg 1	Déboîtement à gauche en pseudo affectation	

• Géométrie des zones d'accélération et de décélération :

Les sections de décélération ou d'accélération qui comprennent les clothoïdes de raccordement à la courbe de rayon R doivent permettre le passage de V_s ou V_i à $V(R)$, vitesse admissible pratiquée sur la section courbe de la bretelle. Cette disposition est obligatoire pour les voies de type A, et recommandée pour les voies de type U.

Le dimensionnement en longueur de ces sections se fait de la façon suivante :

- En sortie, la distance L entre le point de sortie au plus tard S.1.00 et le premier point correspondant au rayon en plan R doit correspondre à la distance de décélération nécessaire pour passer de V_s à $V(R)$ selon une valeur de décélération en palier de 1.5 m/s^2 ;

Avec :

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

$$L = \frac{(V_s^2 - (VR)^2)}{3}$$

L en m

Vs et V(R) en m/s ;

Tableau VIII 7 : Distance de décélération L (en m) en fonction de V(R) et Vs (en km/h)

V(R) Vs	30	35	40	45	50	55	60	65
40	18	10						
50	41	33	23	12				
55	54	46	36	25	13			
60	69	61	51	41	28	15		
70	103	95	85	74	62	48	33	17

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

- En entrée, la distance L' , entre la fin de la section courbe de rayon en plan R et le point d'entrée le plus tôt E.1.00 doit correspondre à la distance d'accélération en palier de 1 m/s^2 :

Avec :

$$L' = \frac{(Vi^2 - (VR)^2)}{2}$$

L' en (m)

Vi et $V(R)$ en m/s ;

Tableau VIII 8 : Distance d'accélération L' (en m) en fonction de $V(R)$ et Vi (en km/h)

$V_i \backslash V(R)$	30	35	40	45	50	55	60	65
40	27	14						
50	62	49	35	18				
55	82	69	55	40	20			
60	104	92	77	61	42	22		
70	154	142	127	111	93	72	50	26

Remarque sur l'influence des rampes et des pentes :

Etant donné la nécessité d'absorber la dénivelée due au gabarit en hauteur du franchissement de la voie à raccorder sur une longueur faible, les bretelles et les boucles en particulier, peuvent présenter des profils en long accusés.

Il convient alors de distinguer deux cas de figure :

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

- La bretelle est en rampe accentuée (maximum admissible) ;
- La bretelle est en pente accentuée (maximum admissible).

La présence de ces rampes ou pentes va influencer sur les vitesses pratiquées et les possibilités d'accélération ou de décélération.

$$L \text{ ou } L' = \frac{(Vs^2 \text{ ou } Vi^2 - V(R^2))}{2\gamma}$$

Les sections d'accélération, et surtout des sections de décélération doivent être suivant le cas allongées ou éventuellement raccourcies. On admet :

- Pour une pente de 8 %, des valeurs d'accélération de 1,5 m/s² et de décélération de 1 m/s² ;
- Pour une rampe de 7 %, des valeurs d'accélération de 0,5 m/s² et de décélération de 2 m/s². La formule alors à appliquer pour déterminer les longueurs d'accélération et de décélération est :

Avec : valeur de l'accélération ou de la décélération

L ou L' en m

Vs, Vi et V(R) en m/s γ

en m/s²

- **Géométrie des zones en courbe (Diffuseurs) :**

Le rayon minimum admis sur une attache (bouche ou diagonale) est R = 20 m. Le

rayon maximum admis sur une boucle est de R = 50 m.

Pour les diagonales, il n'est pas nécessaire d'implanter des courbes de rayon R supérieur à 120 m. La vitesse maximale V(R) pouvant être pratiquée sur une courbe de rayon R est donnée dans le tableau ci-dessous :

Tableau VIII 9 : La vitesse maximale V(R) pouvant être pratiquée sur une courbe de rayon R

V(R) km/h	30	35	40	45	50	55	60	65	70
R en m pour dévers $\delta = 5 \%$	22	33	45	60	80	100	125	155	185

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR



Profil en long :

- **Rayons saillants :**

Le choix de la valeur des rayons saillants est déterminé par la distance d'arrêt sur obstacle de 0,15 m pour les vitesses pratiquées sur le parcours de la bretelle

- **Rayons rentrants :**

Leur choix est déterminé principalement par des conditions de confort.

Leur valeur peut être comprise entre 500 et 1 000 m, sauf pour les coudes où on utilise les mêmes valeurs qu'en section courante.

- **Déclivités :**

En aucun point du tracé des bretelles on ne devra avoir de déclivité supérieure à :

Tableau VIII 10 : Déclivités du profil en long

Diffuseurs	Rampe	Pente
Entrée	5 %	8 %
Sortie	7 %	6 %

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

□

Profil en travers :

▪ Composition et dimensionnement :

- ✓ Berme : au moins 1 m et si possible 1,50 m ;
- ✓ BAU : si possible 2 m ; pour les rayons en plan de faible valeur, veiller aux servitudes de visibilité latérale ;
- ✓ BDG : 1 m à 0,50 m ; son dimensionnement est lié, pour les courbes à gauche, aux servitudes de visibilité latérale ; ✓

chaussée :

1 voie :

4 m + S (R) s'il existe une BAU ;

5 m + S (R) en l'absence de BAU ;

2 voies : 7 m + 2 S (R) ;

- ✓ La sur largeur S (R) sera calculée comme suit :

$$\text{Diffuseurs : } S(R) = \frac{35}{R}$$

▪ Passage à deux voies :

Lorsqu'une bretelle à 1 voie est d'une longueur supérieure ou égale à 250 m, il peut être utile d'y permettre le dépassement par adjonction sur sa gauche d'une voie supplémentaire.

Le passage de 1 à 2 voies s'effectue par un biseau de 50 m. Le rétrécissement de 2 à 1 voie s'effectue par un biseau de 40 m (pour V = 50 km/h) et de 80 m (pour V = 70 km/h).

▪ Chaussée bidirectionnelle :

Lorsque la même chaussée doit être empruntée par deux courants de sens opposés, dans les zones de forte courbure, il convient de prévoir une séparation physique entre eux.

• Dévers :

- Le dévers transversal est le même sur toute la largeur roulable.
- Aux points de jonction, soit avec la voie rapide urbaine, soit avec une autre bretelle, on doit s'attacher à obtenir le même dévers pour la partie commune des chaussées.
- On doit éviter les dévers supérieurs à 5 % en particulier dans les petits rayons.
- Dans les rayons déversés, le dévers doit régner sur la totalité de développement du rayon.
- Les variations de dévers s'effectuent en totalité sur les arcs de clothoïdes dont les longueurs peuvent être déterminées selon la formule de gauchissement :

Avec :
$$L = 200 \times 1 \times (\delta + \delta')$$

L : Longueur de clothoïde l

: largeur de la chaussée

δ et δ' : valeurs des dévers

Capacité des bretelles :

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

□

L'expérience montre qu'en dessous de 1 500 uvp/h, une bretelle à voie unique ne présente pas de problèmes de fonctionnement liés à sa capacité.

Par ailleurs, si le traitement général de la bretelle est favorable (rampes modérées, bonne visibilité, débouchés bien traités), on peut considérer que la capacité, et en conséquence le débit de dimensionnement, sont comparables à ceux d'une voie normale tels qu'ils sont définis dans le chapitre « géométrie liée au débit ». Il revient donc au projeteur, dans la fourchette de trafics attendus compris entre 1 500 et 1 800 uvp/h, de juger de l'opportunité de la mise à deux voies de la bretelle, et de son exploitation à deux voies sur sa totalité, ceci en regard de la qualité de confort générale offerte par l'aménagement, et en particulier des conditions de débouché de la bretelle sur la voie raccordée.

□ **Traitement des collectrices :**

Elles ne doivent pas comporter plus de deux files en section courante. On peut réduire la largeur des files jusqu'à 3 m.

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

VIII.7 APPLICATION DU PROJET

- Vitesse pratiquée :**

La vitesse pratiquée V_p (ou vitesse de groupe) de la chaussée principale correspond à des débits horaires de l'ordre de 1 500 uvp/h par voie.

Catégorie de voie	A 100	A 80 U 80	U60
Vitesse pratiquée : V_p	70	60	50

$$V_p = 60 \text{ km/h}$$

- Le dispositif de déboîtement ou d'insertion :**

C'est la zone de transition où le conducteur passe de la voie rapide à la bretelle (sortie = déboîtement) ou de la bretelle à la voie rapide (entrée = insertion).

Type de voie	V_p (Km/h)	$V_p - X$ (Km/h)	V_s ou V_i (Km/h)
A10)	70	15	55
A80	60	10	50
U80	60	10	50
U60	50	10	40

$$V_s = 50 \text{ Km/h}$$

- Géométrie des zones d'accélération et de décélération : ■ En sortie (Distance de décélération) :**

- ✓ $V_s = 50 \text{ km/h} \rightarrow 50/3,6 = 13,89 \text{ m/s}$
- ✓ $V(R) = 40 \text{ km/h} \rightarrow 40/3,6 = 11,11 \text{ m/s}$

$$L = \frac{(V_s^2 - (VR)^2)}{3}$$

- ✓ Vérification avec le tableau :

$$L = \frac{(13.89^2 - 11.11^2)}{3} = 23.1 \text{ m}$$

$V(R) \backslash V_s$	30	35	40	45	50	55	60	65
40	18	10						
50	41	33	23	12				
55	54	46	36	25	13			

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

□

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

60	69	61	51	41	28	15		
70	103	95	85	74	62	48	33	17

$$V_s = 50, V(R) = 40 \rightarrow L = 23 \text{ m}$$

▪ **En entrée (Distance d'accélération) :**

$$\checkmark V_i = 50 \text{ km/h} \rightarrow 50/3,6 = 13,89 \text{ m/s}$$

$$L' = \frac{(V_i^2 - (VR)^2)}{2}$$

$$\checkmark V(R) = 40 \text{ km/h} \rightarrow 40/3,6 = 11,11 \text{ m/s} \quad \checkmark \text{ V\'erification avec le tableau}$$

$$L' = \frac{(13.89^2 - 11.11^2)}{2} = 34.75 \text{ m}$$

V(R) V_i	30	35	40	45	50	55	60	65
40	27	14						
50	62	49	35	18				
55	82	69	55	40	20			
60	104	92	77	61	42	22		
70	154	142	127	111	93	72	50	26

$$V_s = 50, V(R) = 40 \rightarrow L' = 35 \text{ m}$$

□ **Remarque sur l'influence des rampes et des pentes :**

- Pour une pente de 8 %, des valeurs d'accélération de 1,5 m/s² et de décélération de 1 m/s² ;
- Pour une rampe de 7 %, des valeurs d'accélération de 0,5 m/s² et de décélération de 2 m/s².

$$L \text{ ou } L' = \frac{(V_s^2 \text{ ou } V_i^2 - V(R)^2)}{2\gamma}$$

Situation	γ décélération (m/s)	L (m)	γ accélération (m/s)	L'
Sans pente (plat)	1.5	23	1	35

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

Pente 8 % (descend)	1	35	1.5	23
Rampe 7 % (monte)	2	17	0.5	69

□ Géométrie des zones en courbe (Diffuseurs) :

- ✓ Le rayon minimum admis sur une attache (bouche ou diagonale) est $R = 20$ m.
- ✓ Le rayon maximum admis sur une boucle est de $R = 50$ m.

V(R) km/h	30	35	40	45	50	55	60	65	70
R en m pour dévers $\delta = 5$ %	22	33	45	60	80	100	125	155	185

□ Profil en long :

▪ Rayons saillants :

Le rayon saillant du profil en long des bretelles est fixé à **800 m** conformément aux valeurs normatives du guide SETRA pour les voies rapides urbaines et la vitesse pratiquée de 40 km/h sur les boucles de l'échangeur. Cette valeur, issue de l'expérience et des essais de visibilité, garantit la distance d'arrêt sur obstacle de 0,15 m sans nécessiter des rayons théoriquement trop élevés qui seraient irréalisables en pratique.

▪ Rayons rentrants :

Leur choix est déterminé principalement par des conditions de confort. Leur valeur peut être comprise entre **500 et 1 000 m**, sauf pour les coudes où on utilise les mêmes valeurs qu'en section courante.

▪ Déclivités :

En aucun point du tracé des bretelles on ne devra avoir de déclivité supérieure à :

Diffuseurs	Rampe	Pente
Entrée	5 %	8 %
Sortie	7 %	6 %

□ Profil en travers :

- ✓ Berme : au moins 1 m et si possible 1,50 m ;
- ✓ BAU : si possible 2 m ; ✓ BDG : 1 m à 0,50 m ;
- ✓ La sur largeur : $S(R) = \frac{35}{R} = \frac{35}{50} = 0.7m$
- ✓ Largeur de la chaussée (1voie) :
 $4\text{ m} + S(R) = 4 + 0.7 = 4.7\text{m}$ s'il existe une BAU
 $5\text{ m} + S(R) = 5 + 0.7 = 5.7\text{m}$ en l'absence de BAU

□ Dévers :

- ✓ Le dévers transversal est le même sur toute la largeur roulable.
- ✓ On doit éviter les dévers supérieurs à 5 % en particulier dans les petits rayons.

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

- ✓ Les variations de dévers s'effectuent en totalité sur les arcs de clothoïdes dont les longueurs peuvent être déterminées selon la formule de gauchissement :

$$L = 200 \times l \times (\delta + \delta')$$

Avec :

L : Longueur de clothoïde l

: largeur de la chaussée

δ et δ' : valeurs des dévers

Valeur de δ	Justification
$\delta = 2\%$ (standard)	VRU type A, évacuation eaux
$\delta' = 4\%$ (intermédiaire)	Ni trop faible (3%), ni trop dangereux (5%)

$$L = 200 \times 4.7 \times (2\% + 4\%) = 56.4\text{m}$$

VIII.8 CADRE ET PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE

- **Choix de la zone d'étude**

Conformément aux orientations de l'encadrant du projet de fin d'études, l'étude s'est concentrée sur la conception des axes intérieurs de l'échangeur en trèfle complet, à savoir les quatre bretelles boucles. Ce choix est justifié par le fait que ces axes intérieurs constituent les zones les plus critiques en termes d'interactions de trafic et de conflits de circulation dans un échangeur en trèfle.

- **Justification technique**

Les axes intérieurs (boucles) présentent des caractéristiques géométriques et fonctionnelles spécifiques qui les rendent particulièrement sensibles :

- ✓ Phénomènes de cisaillement : les boucles concentrent les mouvements tournants à gauche, générant des interactions complexes entre les flux de véhicules ;
- ✓ Rayons de courbure serrés : avec $R = 50$ m, les vitesses sont limitées à $V(R) = 40$ km/h, ce qui impacte directement la sécurité et le confort ;
- ✓ Conflits de circulation : les zones de convergence et de divergence des boucles sont des points de conflit potentiels nécessitant une attention particulière ;
- ✓ Dimensionnement critique : les zones de décélération (23 m) et d'accélération (35 m) doivent être soigneusement calibrées pour assurer une transition sécurisée.

- **Traitement des axes extérieurs**

Les axes extérieurs (diagonales) sont traités de manière synthétique dans le présent document. Ils ne présentent pas les mêmes contraintes géométriques que les boucles, car ils correspondent aux mouvements tournants à droite avec des rayons de courbure plus importants et des vitesses plus élevées. Leur description vise à présenter le fonctionnement global de l'ouvrage et à compléter la compréhension de l'échangeur dans son ensemble.

- **Validation de l'approche**

Cette approche, validée par l'encadrant du projet, permet de :

- ✓ Approfondir l'analyse des zones les plus sensibles de l'échangeur ;
- ✓ Optimiser le temps d'étude sur les éléments critiques ;

CHAPITRE VIII : ETUDE DE L'ECHANGEUR

- ✓ Garantir la sécurité et la performance de l'ouvrage dans ses zones à risque ; ✓ Proposer une conception détaillée et justifiée des bretelles boucles.

VIII.9 CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

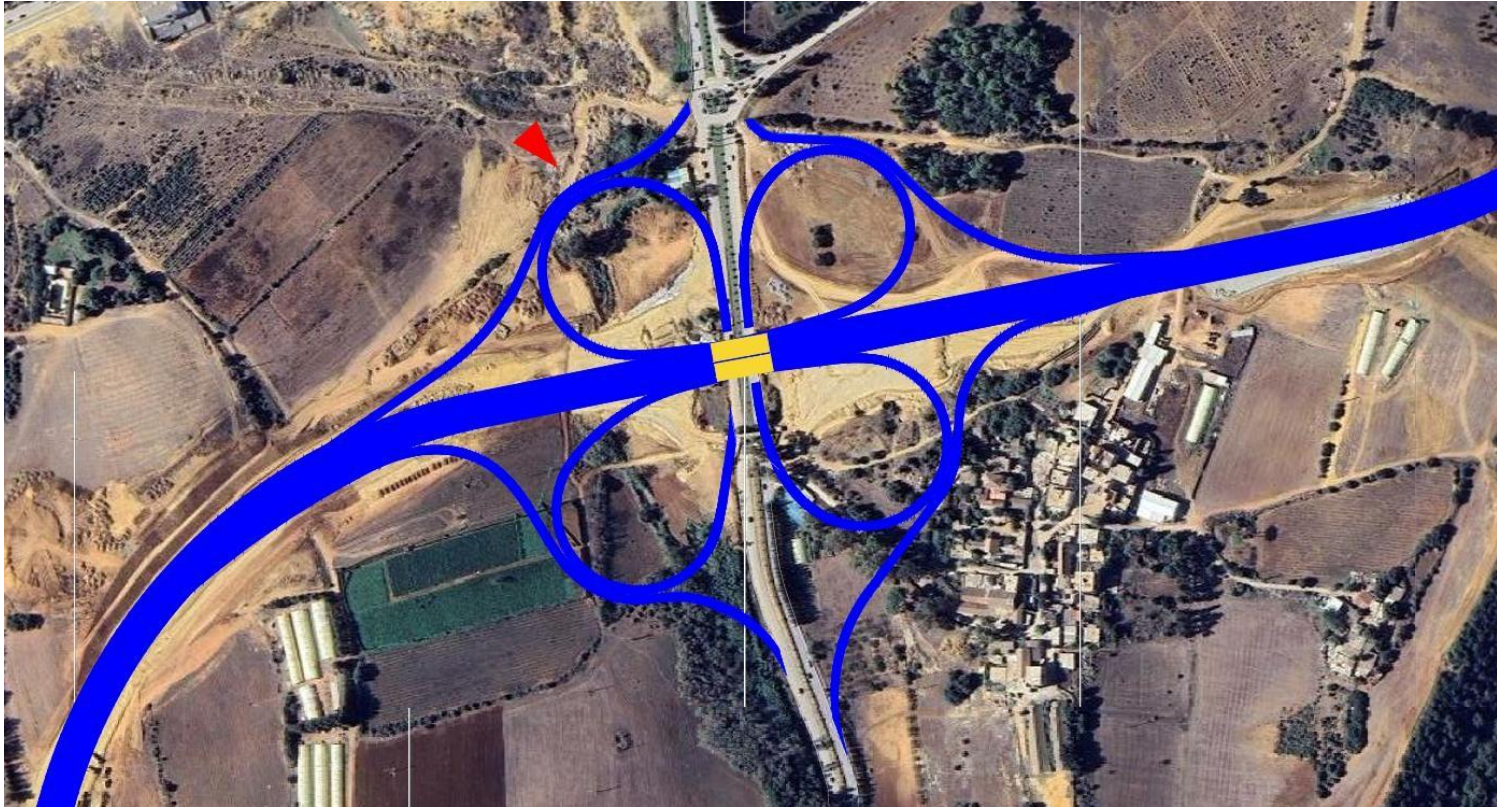


Figure VIII 4 : Conception de l'échangeur

CHAPITRE IX : SIGNALISATION

IX.1 INTRODUCTION

CHAPITRE IX : SIGNALISATION

Dans le cadre de l'aménagement routier, la signalisation occupe une place importante afin d'assurer la sécurité et la fluidité de la circulation. Elle permet d'informer, de guider et de réglementer les usagers à travers la signalisation horizontale, la signalisation verticale et les équipements de balisage.

Dans le cadre du présent projet, la conception de ces dispositifs a été réalisée conformément à la réglementation de la Signalisation Routière issue des Arrêtés et Instructions Interministériels du 15 juillet 1974, complétée par les prescriptions de l'Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière (IISR) française.

IX.2 LES TYPES DE SIGNALISATION

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

IX.3 SIGNALISATION HORIZONTALE

La signalisation horizontale sur chaussée a pour but d'indiquer clairement les parties de la chaussée consacrées aux différentes voies de circulation ou à certaines catégories d'usagers de la route, ainsi que, en quelques cas, le comportement que les conducteurs doivent observer.

IX.4 TYPOLOGIE DE MARQUES ROUTIERES

- **Lignes longitudinales :** Les marques routières longitudinales ont pour objectif la délimitation des différentes voies qui forment la chaussée, déterminant ainsi celles qui devront être utilisées par un groupe spécifique d'usagers, et proportionner aussi l'information de la conduite que devront mener les usagers selon les dispositions du code de la route. Les marques routières devront être de réfléchissantes et de couleur blanche, et devront être mise en œuvre sur des deux couches en enduit à chaud. La largeur des différentes marques routières longitudinales dépend du type de voie ou de la route, selon ce qui suit :

Tableau IX 1 : Marques routières longitudinales

Type de voie/route	Largeur des marques routières (U) en cm
Autoroutes et voies rapides urbaines	7.5
Routes et voies urbaines dont le trafic dépasse 3000 véhicules par jour	6
Toutes les autres routes	5

IX.5 EXEMPLES

Tableau IX 2 : Désignation des marques

CHAPITRE IX : SIGNALISATION

Désignation des marques	Modulation	Largeur
Lignes latérales pour délimitation du terre-plein central, des voies de détresse et du couloir réservé à l'arrêt d'urgence	CONTINUE	3u
Lignes médianes pour la délimitation de voies	T1	2u
Lignes pour la délimitation de la bande d'arrêt d'urgence	T4	3u
Lignes pour la délimitation des voies de décélération ou d'accélération	T2	5u
Lignes latérales pour la délimitation du terre-plein central et sur le bord gauche des bretelles	CONTINUE	3u
Lignes axiales pour la délimitation de la voie et l'interdiction de dépassement sur les passages supérieurs ou inférieurs (visibilité insuffisante/nulle)	CONTINUE	2u
Lignes médianes pour la délimitation de voies	T1	2u

IX.6 AUTRES MARQUES

□ **Zones exclues au trafic et îlots** : sont délimités par un marquage au sol constitué de hachures blanches inclinées selon un rapport de 2 pour 1 (parallèles et perpendiculaires à la rive). Ces hachures ont une largeur de 0.50 m et un espacement de 1.35 m entre parallèles. Au niveau des points de divergence entre la section courante et la voie de détresse, les hachures prennent la forme de chevrons orientés, avec les pointes dirigées vers le conducteur. L'inclinaison de deux sur un des hachures est définie par rapport à la bissectrice de l'angle. □ **Lignes transversales sur intersections** ■ ligne continue "STOP".

- ligne discontinue "CEDEZ LE PASSAGE" de type T2 (5U) de 0.50 m de largeur.

IX.7 SIGNALISATION VERTICALE

Les panneaux de signalisation sont de formes et de couleurs différentes suivant la nature des indications à porter à la connaissance des usagers de la route. Ils se subdivisent en 3 catégories qui sont les suivantes :

IX.8 PANNEAUX DE SIGNALISATION

Tableau IX 3 : Panneaux de signalisation selon catégorie et, type et fonction

Catégorie	Fonction du Signal	Type
Danger	Avertissement de danger	A
Règlementation	Priorité	Type B

CHAPITRE IX : SIGNALISATION

Indication	Interdiction ou de restriction	Type C
	Obligation	Type D
	identification des routes	Type E
	pré-signalisation	
	direction	
	localisation	
	confirmation	
	conduite des véhicules	
	installations	

IX.9 DIMENSIONS ET CONDITIONS D'EMPLOI DES PANNEAUX

□ **Dimensions** : de forme générale les panneaux s'adapteront au tableau de dimensions suivant selon le type de signal et son utilisation ;

Tableau IX 4 : Dimensions des panneaux

LOCALISATION	GAMME	TRIANGLE (Côté nominal)	DISQUE (Diamètre)	OCTOGONE (Largeur entre les côtés opposés)	CARRÉ (Côté nominal)
Axe principal	Grande	1250	1050	1000	900
bretelles d'échangeur	Normale	1000	850	800	700

- Les dimensions des signaux sont variables selon :
 - Le type de voie ;
 - Le nombre de noms de localités ;
 - Le nombre de lettres que comportent ces noms.
- Les signaux de direction comportant un seul nom de localité seront bilingues, dont les caractères arabes doivent figurer sur la partie supérieure du signal.
- Lorsqu'on doit signaler au moins deux directions, les inscriptions dans chaque langue se feront sur deux signaux d'instincts. Les inscriptions du signal supérieur seront en caractères arabes, les inscriptions du signal inférieur seront en caractères latins.

CHAPITRE IX : SIGNALISATION

- Les dimensions dépendent des inscriptions qu'ils portent. Pour être lisibles, tous ces éléments sont dimensionnés en fonction de la vitesse d'approche des véhicules, c'est-à-dire celle de l'utilisateur au moment où il prend connaissance de la signalisation, et de la distance de lisibilité des inscriptions. Cette dernière doit prendre en compte le temps nécessaire à la lecture du panneau, à la compréhension du message et à l'accomplissement de l'action.
- Pour des raisons évidentes de sécurité, la vitesse pratiquée est écartée à la vitesse limite autorisée. A chaque vitesse correspond une gamme de dimensionnement, appelée hauteur de base (Hb) de caractères qui permet de déterminer, selon la couleur du panneau, la hauteur de composition (Hc) nécessaire au dimensionnement des éléments constitutifs d'un panneau. On utilisera une hauteur Hb de 250 mm pour la signalisation de l'axe principal et une hauteur de 100 mm sur d'autres voies et les bretelles d'échangeur.
- Les dimensions de ces panneaux seront ajustées à ceux indiqués dans le tableau suivant, en tenant compte que pour les longueurs supérieures à 3500 mm et pour les hauteurs supérieures à 1200 mm, les dimensions augmentent avec un pas de 100 mm.

	LONGUEUR								
	800	1000	1300	1600	1900	2200	2500	3000	3500
HAUTEUR	250	x	x	x	x	x	x		
	300	x	x	x	x	x	x		
	400	x	x	x	x	x	x	x	x
	500	o	x	x	x	x	x	x	x
	600		o	x	x	x	x	x	x
	750			o	x	x	x	x	x
	900				o	x	x	x	x
	1200					o	x	x	x

o : dimensions réservées aux panneaux de forme rectangulaire

Figure IX 1 : Dimensions des panneaux rectangulaires

□ Implantation des signaux

La distance entre l'aplomb de l'extrémité du panneau situé du côté de la chaussée et la rive voisine de cette extrémité ne doit pas être inférieure à 0.70 m. Dans les cas où les contraintes physiques ou géométriques peuvent être importantes, il peut être nécessaire d'accepter une distance plus faible.

En rase campagne, les panneaux sont placés en dehors de la zone située sur le bord de chaussée et traitée de telle façon que les usagers puissent y engager une manœuvre de redirection ou de freinage dite « zone de récupération », ou leur support au minimum à 3.0 m du bord voisin de la chaussée (BAU 2.50 m + L/5 « L=2.5 m »), à moins que des circonstances particulières s'y opposent.

CHAPITRE IX : SIGNALISATION

La hauteur des panneaux au-dessus du sol s'entend toujours sauf indication contraire, de la hauteur du bord inférieur du panneau ou du panonceau associé par rapport au niveau de l'accotement. Pour les panneaux situés sur la chaussée la distance devra être, au moins, de 5.50 mètres. □ **Implantation et hauteur des signaux :**

En rase campagne, la hauteur réglementaire est fixée en principe à 1 m. inférieur), hauteur assurant généralement la meilleure visibilité des panneaux frappés par les feux des véhicules. Elle peut être modifiée compte tenu des circonstances locales :

- Soit pour assurer une meilleure visibilité des panneaux
- Soit pour éviter qu'ils masquent la circulation. Comme par exemple sur les îlots directionnels.

- **Visibilité de nuit des panneaux et panonceaux**

En rase campagne, le revêtement de classe 2 est prescrit pour l'ensemble des panneaux et panonceaux implantés à une hauteur supérieure à 2 m. Il est également exigé pour tous les dispositifs de signalisation implantée sur autoroutes ainsi que sur les bretelles d'échangeurs, indépendamment de leur hauteur d'implantation.

- **Signalisation de virage :**

Conformément aux dispositions de l'Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière (IISR, article 27 relatif aux virages), la décision de mise en place d'une signalisation de virage ainsi que le choix des dispositifs associés dépendent des caractéristiques du site et doivent s'inscrire dans une cohérence globale et homogène de la signalisation de l'itinéraire.

Sur les routes bidirectionnelles situées en rase campagne, le niveau de signalisation à mettre en œuvre est déterminé en fonction du niveau de danger présenté par le virage pour les usagers. Ainsi, une signalisation de danger est généralement retenue lorsque la courbe présente un rayon relativement faible par rapport aux autres courbes de l'itinéraire ou une variation significative du rayon de courbure.

La séquence de signalisation retenue pour le traitement des courbes est la suivante :

- Implantation d'un panneau de signalisation de type A1 assurant l'annonce anticipée du danger ;
- Mise en place de balises J1 et de balises J4 multi chevrons assurant le guidage et le renforcement de la perception de la courbe (signalisation de position).

- **Bornes kilométriques :**

Les bornes kilométriques (E52a) constituent des dispositifs de repérage implantés le long des routes et des autoroutes afin de fournir aux usagers des informations de localisation précises. Elles indiquent notamment le numéro de la route ainsi que le point kilométrique correspondant, facilitant ainsi l'identification et la communication de l'emplacement exact d'un incident, d'une perturbation ou de toute autre situation nécessitant une intervention. Les caractéristiques géométriques ainsi que les conditions d'implantation de ces bornes sont définies par l'article 99-5 de l'Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière (IISR). Dans le cadre du projet, les bornes kilométriques sont implantées à un intervalle régulier d'un kilomètre.

CHAPITRE IX : SIGNALISATION

- **Signaux de priorité (type B) :**

Les caractéristiques et les conditions d'implantation du panneau d'interdiction d'arrêt et de stationnement (B6d) au niveau de la Bande Dérasée de Gauche (BDG) sont conformes aux dispositions de l'article 55-3 de l'IISR. De même, les caractéristiques et les conditions d'implantation du panneau de Bande d'Arrêt d'Urgence (B29) sont conformes à l'article 67-10 de l'IISR. Dans les deux cas, ces panneaux sont implantés approximativement tous les kilomètres.

- **Signalisation de confirmation :**

Les panneaux de confirmation sont utilisés sur les routes (D61a) et les autoroutes (D61b). Ils sont implantés après une intersection, à une distance correspondant approximativement à 15 secondes de parcours en aval du point d'entrée de l'utilisateur sur la voie ou à partir de la fin de la voie d'insertion lorsque le prochain échangeur constitue une sortie. Leurs caractéristiques ainsi que leurs conditions d'implantation sont conformes aux dispositions de l'article 83-8 de l'IISR.

L'ensemble des panneaux D61a et D61b est surmonté d'un cartouche E42. Ce dispositif permet d'identifier et de localiser la route sur laquelle le panneau est implanté, en assurant la correspondance entre la cartographie et la situation sur le terrain. Ses caractéristiques ainsi que ses conditions d'implantation sont conformes aux dispositions de l'article 99-4 de l'IISR.

IX.10 SIGNIFICATION DES PANNEAUX

- **SIGNALISATION DE DANGER (Type A)**

Tableau IX 5 : Signalisation de danger type A

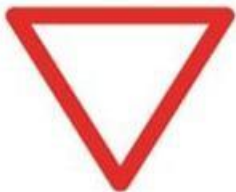
Code	Figure	Pictogramme	Description	Signification
A1b		Triangle rouge vide + panneau "150 m"	Cédez le passage à 150 m	Indique la distance avant un danger nécessitant de céder le passage
A1c		Triangle rouge avec virage à gauche	Virage dangereux à gauche	Annonce un virage serré à gauche sur la route

CHAPITRE IX : SIGNALISATION

A1d		Triangle rouge avec virage à droite	Virage dangereux à droite	Annonce un virage serré à droite sur la route
------------	---	-------------------------------------	---------------------------	---

• INTERSECTION ET RÉGIME DE PRIORITÉ (Type B)

Tableau IX 6 : Signalisation de priorité type B

Code	Figure	Pictogramme	Description	Signification
B2a		Octogone rouge "STOP"	Arrêt obligatoire	Obligation de marquer un arrêt complet avant de s'engager
B1a		Triangle rouge vide	Cédez le passage	Obligation de céder le passage aux usagers sur la voie prioritaire

□ SIGNALISATION D'INTERDICTION (Type B)

Tableau IX 7 : Signalisation d'interdiction type B

Code	Figure	Pictogramme	Description	Signification
B14		Rond rouge "110"	Vitesse limitée à 110 km/h	Interdiction de dépasser la vitesse de 110 km/h

CHAPITRE IX : SIGNALISATION

B12		Rond rouge "5,25 m"	Hauteur limitée à 5,25 m	Accès interdit aux véhicules de hauteur > 5,25 m
------------	---	---------------------	--------------------------	--

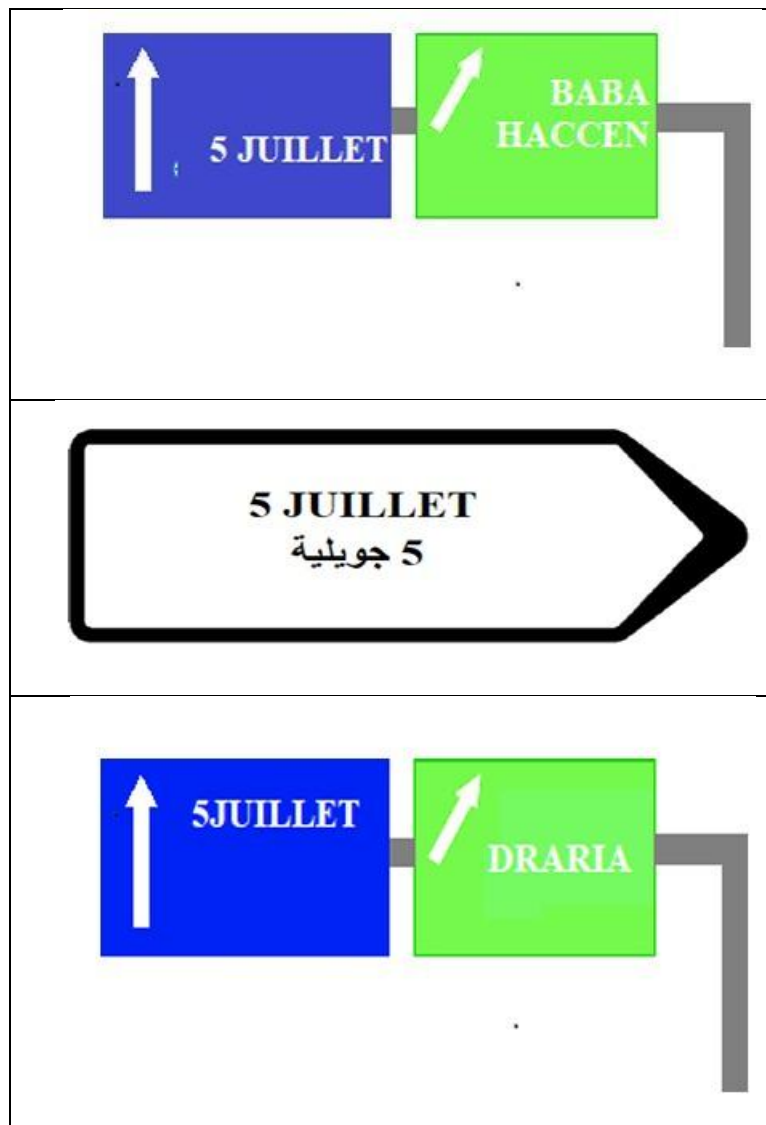
• SIGNALISATION D'INDICATION (Type C)

Tableau IX 8 : Signalisation d'indication type C

Code	Figure	Pictogramme	Description	Signification
C107		Carré bleu autoroute	Début d'autoroute	Indique le début d'une section de route autoroutière
C108		Carré bleu autoroute barré	Fin d'autoroute	Indique la fin de la section autoroutière
C25		Losange vert	Voie verte	Indique une voie réservée aux véhicules propres ou transports en commun

CHAPITRE IX : SIGNALISATION

- SIGNALISATION DE DIRECTION (Type D)



CHAPITRE IX : SIGNALISATION

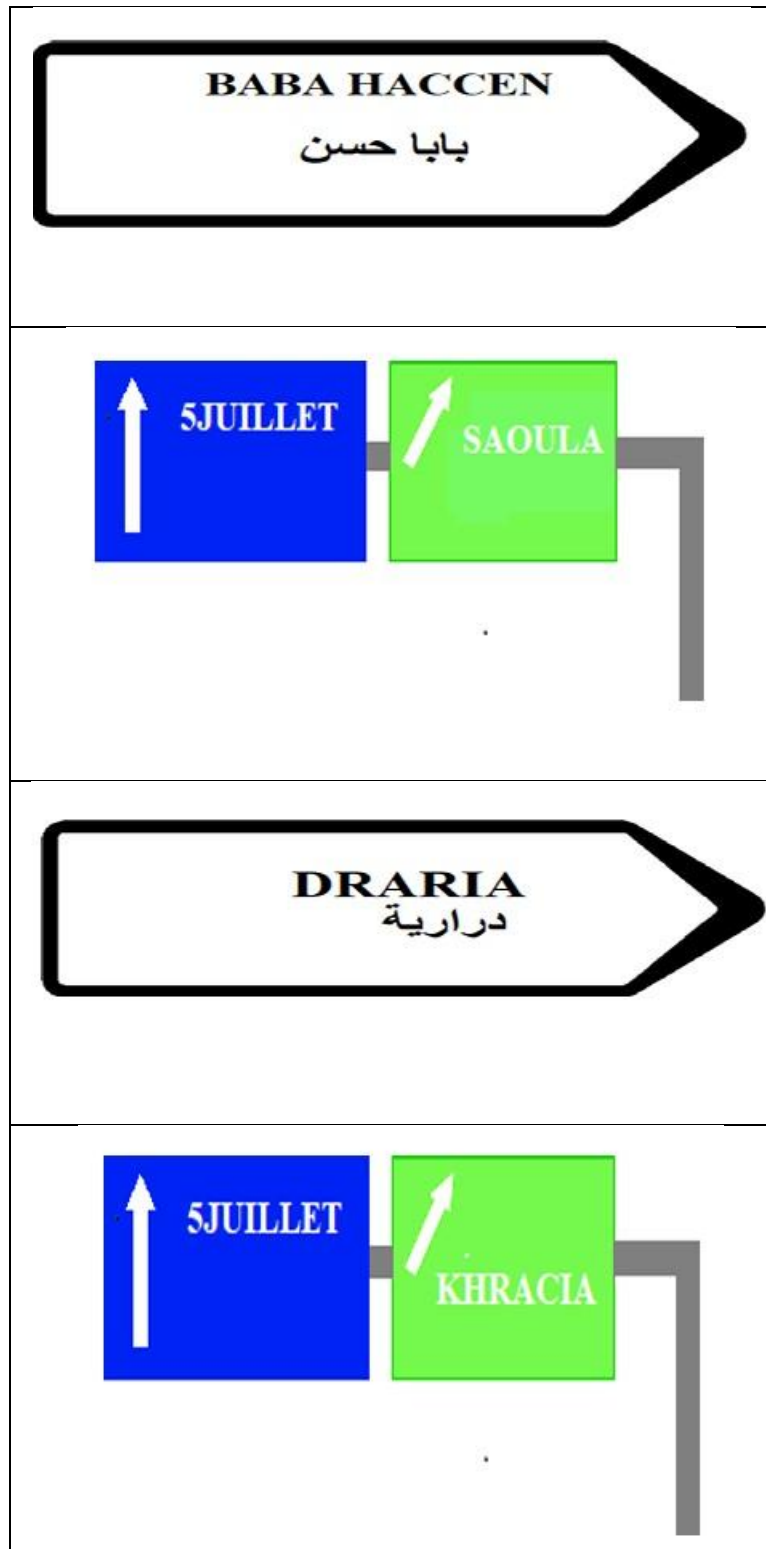


Figure IX 2 : Signalisation de direction

CHAPITRE X : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

X.1 INTRODUCTION

L'étude d'impact sur l'environnement constitue une étape indispensable dans tout projet d'infrastructure routière. Elle vise à identifier et à évaluer les effets du projet sur les différents milieux concernés afin d'intégrer les contraintes environnementales dès la phase de conception.

CHAPITRE X : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Compte tenu des nuisances pouvant être générées par le transport routier, tout projet routier doit faire l'objet d'une analyse de ses impacts environnementaux. Dans le cadre de cette étude, la préoccupation environnementale a été prise en considération lors de la recherche du tracé afin de limiter au maximum les effets négatifs sur l'environnement.

X.2 IDENTIFICATION DES IMPACTS

On distingue deux niveaux de conséquences environnementales ;

Les impacts primaires résultant directement de la réalisation et du fonctionnement des ouvrages et affectant physiquement le patrimoine naturel et humain formant l'environnement des zones concernées.

Les impacts secondaires résultant des impacts primaires, ils se manifestent sur le milieu naturel par la réduction du capital environnement par destruction, prélèvement ou dégradation des 5 ressources principales : sol, eau, air, flore, faune

- **Les impacts primaires :**

- ✓ Érosion et prélèvement
- ✓ Inondation et drainage des zones inondées ou hydromorphes
- ✓ Pollution des nappes aquifères
- ✓ Pollution des eaux de surface
- ✓ Pollution de l'atmosphère
- ✓ Pollution par les bruits et autres émissions
- ✓ Destruction du couvert végétal
- ✓ Destruction de la faune et de l'équilibre des écosystèmes
- ✓ Modification du paysage et destruction de l'harmonie du site.

- **Les impacts secondaires :**

Les impacts secondaires sont les effets des impacts primaires systématiquement sur les 5 ressources naturelles (sol, eau, air, faune, flore) et sur 3 niveaux du milieu humain (activités économiques activités socioculturelle et qualité de vie).

Sol : érosion, décapage de la couche végétale, tassements, pollution par hydrocarbures.

Eau : modification du drainage naturel, risque de pollution des eaux de surface et souterraines, augmentation du ruissellement.

CHAPITRE X : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Air : émissions de poussières pendant les travaux, gaz d'échappement des engins et véhicules.

Faune : perturbation des habitats, dérangement de la circulation des espèces, mortalité liée au trafic.

Flore : défrichement, destruction de la végétation, fragmentation des habitats végétaux.

- **Les impacts sur le milieu humain :**

Occupation du sol : agriculture, sylviculture, industrie, agglomération urbaine.

Infrastructure et aménagement : dégradation de constructions et aménagements, suppression ou réduction de la capacité de voies. Suppression de dessertes et stationnement des riverains, libération d'emprises occupées.

Réseaux divers : modification des réseaux de drainage de distribution d'eau potable, des eaux usées, de distribution d'électricité et de gaz de service téléphonique.

Situation socio-économique : modification des activités économiques des ressources de la population, changement des profils démographiques ainsi que la qualité et mode de vie.

La situation socioculturelle : modification des activités culturelles destruction au patrimoine culturel.

X.3 EVALUATION DES IMPACTS

Après identification des impacts primaires et leurs effets (impacts secondaires), on procédera à l'évaluation de ces impacts. Cette évaluation se fera par localisation, quantification, situation dans le temps (période, durée, fréquence etc.) et estimation de la probabilité d'occurrence.

En milieu naturel, les impacts identifiés seront évalués en fonction de l'état initial de la ressource concernée quantitativement (rareté et capacité de reconstitution naturelle) et qualitativement (sensibilité et rôle dans l'équilibre des écosystèmes locaux).

En milieu humain, l'évaluation portera sur les 3 niveaux définis précédemment (activité économique activité socioculturelle et qualité de vie) et sera qualitative ou quantitative suivant les cas.

X.4 MESURES D'ATTENUATION DES IMPACTS DU PROJET

Ces mesures sont spécifiques à chaque projet et à chaque situation de l'état initial des milieux naturel et humain. Cependant, elles doivent toutes permettre :

- D'intégrer le tracé et les ouvrages d'art dans le paysage naturel et créé.

CHAPITRE X : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

- De limiter les risques d'érosion des sols d'inondation et de pollution des eaux souterraines.
- De limiter les désagréments occasionnés aux riverains aussi bien pendant la phase des travaux que pendant la phase d'exploitation (coupures d'eau, d'électricité et de téléphone, collecte des ordures bruit et poussière du chantier sécurité envers la circulation etc.).
- De remettre en état les lieux après les travaux et en particulier le reboisement des zones déboisées par le chantier le comblement des excavations et l'évacuation des déchets du chantier.
- D'indemniser les occupants exploitants et propriétaires des habitations endommagées par le projet.

Pour chaque mesure, les éléments suivants seront définis :

- Une description de la mesure
- Les conditions d'application (timing) et de durabilité
- Les procédures opérationnelles de mise en œuvre de suivi et d'évaluation
- Une estimation des coûts
- Les responsabilités et le plan de financement
- Les justifications écologiques ou/et socioéconomiques de la mesure

X.5 CONCLUSION

L'étude des impacts environnementaux permet d'identifier les principales incidences du projet sur le milieu naturel et humain.

Les mesures proposées contribuent à réduire ces effets et leur coût reste justifié au regard des bénéfices attendus. Ainsi, malgré certains impacts négatifs, le projet présente globalement un bilan favorable grâce à ses retombées positives sur la circulation, la sécurité et le développement de la région.

CHAPITRE X : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

CHAPITRE XI : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

- **TRANCHE 1**

CHAPITRE XI : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Lot route

N°	DESIGNATION	U	Quantité	PU / DA HT	Montant / HT
1	Installation de chantier et études d'exécution et géotechniques				
1.1	Installation du chantier	F	1	69 000 000,00	69 000 000,00
1.2	Etude d'exécution, étude géotechnique et établissement de plans de recollement	F	1	20 000 000,00	20 000 000,00
2	Travaux préparatoires				
2.1	Démolitions de hangars, bâtisses, plateforme en béton, Habitats précaires y compris évacuation des gravats à la décharge publique	M2	500	5 000,00	2 500 000,00
3	Travaux de Terrassements				
3.1	Décapage de terre végétale y compris mise en dépôt provisoire	M2	30 000	200,00	6 000 000,00
3.2	Déblai en grande masse en terrain meuble	M3	150 000	600,00	90 000 000,00
3.3	Pose d'un lit en tout venant de carrière compact	M3	20 000	2 300,00	46 000 000,00
3.4	Remblai d'emprunt	M3	176 800	2 300,00	406 640 000,00
3.5	F/P de géotextile non tissé de séparation, aiguilleté et en fibre vierge de polypropylène à haute tenacité y compris toutes sujétions de bonne exécution	M2	20 000	450,00	9 000 000,00
3.6	F/P de géotextile tissé de polystère à haut module, de rupture supérieur à 200KN/M dans les deux sens SP et ST y compris toutes sujétions de bonne exécution	M2	20 000	1 500,00	30 000 000,00
3.7	Evacuation des terres à la décharge publique	M3	159 000	420,00	66 780 000,00
4	Travaux d'assainissement				
4.1	F/P de fossé en béton au treillis soudés de forme trapézoïdale 1,5 x 0,5 x 0,5 m épaisseur 10 cm	ML	1 500	5 800,00	8 700 000,00

CHAPITRE XI : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

4.2	F/P de fossé de crête en béton au treillis soudés de forme trapézoïdale 0,9 x 0,3 x 0,3 m épaisseur 10 cm y compris toutes sujétions de bonne exécution	ML	1 000	4 990,00	4 990 000,00
4.3	Fourniture et pose de caniveau à fente diamètre intérieur 300 mm y toutes sujétions de bonne exécution	ML	1 000	15 000,00	15 000 000,00

4.4	Fourniture et pose de buse Diamètre 300 en PVC PN 6 type assainissement y compris toutes sujétions de bonne exécution	ML	200	3 780,00	756 000,00
4.5	Fourniture et pose de regards et puisard en béton armé y compris tampon en fonte série lourd				
4.5.1	Type 1,5*1,5*2,5 m épaisseur 15 cm y compris tympon en fonte série lourde	U	10	154 000,00	1 540 000,00
4.6	Fourniture et pose d'avaloirs Dimensions 0,6 x 0,6 y compris grille en fonte 400*400 mm	U	20	120 000,00	2 400 000,00
4.7	Fourniture et pose de buse en béton armé type hydrocanal y compris toutes sujétions de bonne exécution				
4.7.1	Diamètre 1000 mm	ML	350	38 000,00	13 300 000,00
4.8	Béton armé RN 27 dosé à 350 Kg/m3 pour tête d'ouvrage	M3	50	38 000,00	1 900 000,00
4.9	Fourniture et pose de descente d'eau en béton RN 27 à 350 Kg/m3	ML	500	3 500,00	1 750 000,00
5	Travaux de soutènement				
5.1	F/pose de géo grille de renforcement avec fibre polyvinyle d'alcool/polyamide de haute tenacité à module élevé et à faible fluage recouvert d'une protection extérieur	M2	20 000	1 125,00	22 500 000,00
5.2	Parement métallique par couche de 50 cm	ML	6 800	4 235,00	28 798 000,00
5.3	Géo-tisse contre l'érosion y compris jambe de force	M2	15 000	1 121,00	16 815 000,00
5.4	Remblai compacté y compris terre végétale de devant	M3	5 000	2 300,00	11 500 000,00

CHAPITRE XI : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

5.5	F/p d'un géo-grille de drainage sur talus y compris cunette à la base, tuyau de drainage, tissu de filtration et de drainage pour évacuation des eaux d'infiltration ainsi que toutes sujétions de bonne exécution	M2	5 000	2 000,00	10 000 000,00
6	Travaux de chaussée				
6.1	Couche de forme	M3	30 000	2 300,00	69 000 000,00
6.2	Couche de fondation en tuf y compris réglage et compactage de forme	M3	15 000	2 300,00	34 500 000,00
6.3	Couche en grave concassée y compris réglage et compactage,	M3	15 000	3 300,00	49 500 000,00
6.4	Couche d'imprégnation au-cut back 0/1	M2	50 000	100,00	5 000 000,00
6.5	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de grave bitume y compris couche d'accrochage en émulsion de bitume résiduel 0,3 kg/m ²	T	16 740	6 600,00	110 484 000,00
6.6	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de roulement en béton bitumineux y compris couche d'accrochage sur GB	T	6 303.2	7 500,00	47 274 000,00
6.7	Fourniture et pose de glissière type GBA H= 50 cm y toutes sujétions de bonne exécution	ML	10 000	4 500,00	45 000 000,00
Total Route / HT					1 246 627 000,00

Lot ouvrages d'art

N°	DESIGNATION	U	Quantité	PU/DA HT	Montant/HT
1	Installation y/c amenée et repli	F	1,00	50 000 000,00	50 000 000,00
2	etude technique et géotechnique	F	1,00	45 000 000,00	45 000 000,00
3	Épreuve générale de l'ouvrage	F	1,00	6 000 000,00	6 000 000,00
4	Déblai pour fouille	M3	16 220,00	900,00	14 598 000,00
5	Remblai pour fouille avec des matériaux excavés	M3	12 870,00	1 200,00	15 444 000,00
6	Remblais derrière culée en matériaux sélectionnés	M3	2 560,00	1 750,00	4 480 000,00

CHAPITRE XI : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

7	Exécution de pieu foré (120cm Diam.), Profondeur≥30ml	ML	2 950,00	58 000,00	171 100 000,00
8	Recépage des têtes de pieux	U	118,00	11 000,00	1 298 000,00
9	Tube pour essai sonique diam DIAM 50/60	ML	5 900,00	1 500,00	8 850 000,00
10	Tube pour essai sonique diam DIAM 102/114	ML	2 950,00	3 200,00	9 440 000,00
11	Peinture bitumineuse pour les parties enterrées	M2	1 170,00	300,00	351 000,00
12	Béton de propreté dosé à 150Kg/M3	M3	123,00	10 500,00	1 291 500,00
13	Béton RN27 pour semelle, Semelle de liaison de pieux, Dalle de transition Y/C Coffrage	M3	2 482,00	15 000,00	37 230 000,00
14	Béton RN27 pour culée, mur de retour, mur de soutènement, pilier, Y/C coffrage	M3	1 833,00	17 000,00	31 161 000,00
15	Béton RN30 pour hourdis	M3	3 010,00	22 000,00	66 220 000,00
16	Acier Fe E40A pour béton armé	KG	1 647 825,00	130,00	214 217 250,00
17	Fourniture et pose de poutre en PRS	KG	2 391 425,00	550,00	1 315 283 750,00
18	Chappe d'étanchéité	M2	8 360,00	2 500,00	20 900 000,00
19	Appareil d'appui 440X490X95 mm Multi directionnels ELS 3000KN sur culées	U	8,00	450 000,00	3 600 000,00
20	F/P d'appareil d'appui diam 850 mm hg 130mm Isolation en élastomère fretté $\epsilon=16\%$	U	28,00	700 000,00	19 600 000,00
21	Joint de tablier	ML	60,00	110 000,00	6 600 000,00
22	Avaloir	U	52,00	35 000,00	1 820 000,00
23	Tube PVC Diam 100mm	ML	1 130,00	1 100,00	1 243 000,00
24	Garde-corps	ML	1 760,00	15 000,00	26 400 000,00
25	Glissière de sécurité	ML	1 760,00	11 200,00	19 712 000,00
26	Corniche et trottoirs	ML	1 760,00	9 500,00	16 720 000,00
27	Drain PVC Ø150mm Perforé	ML	90,00	5 000,00	450 000,00
TOTAL O, A / HT					2 109 009 500,00

Récapitulation :

CHAPITRE XI : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

TOTAL ROUTE / HT	1 246 627 000,00 DA
TOTAL O, A / HT	2 109 009 500,00 DA
TOTAL (ROUTES+OA)/HT	3 355 636 500,00 DA
TVA 19%	637 570 935,00 DA
TOTAL TTC	3 993 207 435,00 DA

Arrêter le montant du présent marché à la somme en toutes taxes comprises, de :

3 993 207 435,00 DA

Soit en lettres :

Trois Milliards Neuf Cent Quatre Vingt Treize Millions Deux Cent Sept Mille Quatre Cent Trente Cinq Dinars algériens, et zéro cts,

• **TRANCHE 2 :**

N°	Désignation	U	Quantités	Prix Unitaires	Montant
1	Installation de chantier et études d'exécution et géotechniques				
1.1	Installation du chantier	F	1,00	69 000 000,00	69 000 000,00
1.2	Etude d'exécution, programme géotechnique et établissement de plans de recollement	F	1,00	30 000 000,00	30 000 000,00
2	Travaux de Terrassements				

2.1	Abattage des arbres différents diamètres	U	100,00	3 000,00	300 000,00
2.2	Décapage de terre végétale y compris mise en dépôt provisoire	M2	287 350,00	200,00	57 470 000,00
2.3	Déblai en grande masse en terrain meuble	M3	103 415,00	600,00	62 049 000,00
2.4	Remblai d'emprunt	M3	379 346,00	2 550,00	967 332 300,00
2.7	Evacuation des terres à la décharge publique	M3	129 268,00	850,00	109 877 800,00
3	Travaux d'assainissement				

CHAPITRE XI : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

3.1	F/P de fossé en béton au treillis soudés de forme trapézoïdale 1,5 x 0,5 x 0,5 m épaisseur 15 cm	ML	12 610,00	5 800,00	73 138 000,00
3.2	F/P de fossé de crête en béton au treillis soudés de forme trapézoïdale 0,9 x 0,3 x 0,3 m épaisseur 10 cm y compris toutes sujétions de bonne exécution	ML	6 200,00	4 990,00	30 938 000,00
3.3	F/P de caniveau en béton armé de forme rectangulaire 0,5 x 0,5 m épaisseur 15 cm	ML	700,00	15 000,00	10 500 000,00
3.4	Regard en béton armé avec tampon de 1,30 x 1,30 x 2,00 m	U	35,00	240 000,00	8 400 000,00
3.5	Avaloir en béton avec grille en fonte de 60 x 60 cm	U	58,00	125 000,00	7 250 000,00
3.6	Fourniture et pose de semi buse de diamètre intérieur 300 mm y toutes sujétions de bonne exécution	ML	2 000,00	4 500,00	9 000 000,00
3.7	Fourniture et pose de buse en béton armé y compris toutes sujétions de bonne exécution				
3.7.1	Diamètre 1000 mm	ML	530,00	38 000,00	20 140 000,00
3.7.2	Diamètre 1500 mm	ML	1 030,00	48 000,00	49 440 000,00
3.8	Béton armé RN 27 dosé à 350 Kg/m3 pour tête d'ouvrage	M3	485,00	45 000,00	21 825 000,00
3.9	Fourniture et pose de descente d'eau en béton RN 27 à 350 Kg/m3	ML	1 790,00	3 500,00	6 265 000,00
3.10	Béton de propreté dosé à 150 Kg/m3 (y compris coffrage)	M3	100,00	10 500,00	1 050 000,00
3.11	Béton armé pour dalot dosage 350Kg/M3 (compris coffrage)	M3	2 680,00	45 000,00	120 600 000,00
3,12	Déblai pour fouille y compris évacuation à la décharge publique	M3	2 680,00	1 400,00	3 752 000,00
3,13	Badigeonnage	M2	1 500,00	300,00	450 000,00
3.14	F/P de géotextile non tissé de séparation, aiguilleté et en fibre vierge de polypropylène à haute ténacité y compris toutes sujétions de bonne exécution	M2	400,00	500,00	200 000,00
3.15	Enrochement et agrégat pour drainage 0/63, 0/100 et 200/400	M3	200,00	4 300,00	860 000,00
4	Travaux de chaussée				

CHAPITRE XI : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

4.1	Fraisage de la chaussée existante sur une épaisseur	M2	6 500,00	200,00	1 300 000,00
4.2	Couche de forme	M3	52 650,00	2 755,00	145 050 750,00
4.3	Couche de fondation en grave concassée y compris réglage et compactage	M3	49 300,00	3 500,00	172 550 000,00
4.4	Couche d'imprégnation au cut-back 0/1	M2	162 000,00	150,00	24 300 000,00

4.5	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de grave bitume de 20 cm y compris le réglage et compactage y/c compris couche d'accrochage	T	74 480,00	7 900,00	588 392 000,00
4.7	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de roulement en béton bitumineux de 08 cm y compris le réglage et com y/c y compris Couche d'accrochage en émulsion de bitume résiduel 0,3 kg/m2	T	31 230,00	8 800,00	274 824 000,00
5	Signalisation horizontale				
5.1	Marquage par hachures (zébras)	M2	4 650,00	802,00	3 729 300,00
5.2	Bande de largeur de 150 mm	ML	18 050,00	122,00	2 202 100,00
5.3	Bande de largeur de 225 mm	ML	29 420,00	182,00	5 354 440,00
5.4	Bande de largeur de 375 mm	ML	2 400,00	302,00	724 800,00
5.5	Marquage de flèche de direction	U	30,00	802,00	24 060,00
5.6	Marquage de flèche de rabattement	U	74,00	1 410,00	104 340,00
6	Signalisation verticale				
6.1	Panneau triangulaire de gamme normal (cote nominal 1000mm)	U	118,00	30 933,00	3 650 094,00
6.2	Panneau circulaire de très grande gamme (cote nominal 1250mm)	U	16,00	50 722,00	811 552,00
6.3	Panneau circulaire de gamme normal (cote nominal 850mm)	U	174,00	29 045,00	5 053 830,00
6.4	Panneau carré de très grande gamme (cote nominal 1050mm)	U	8,00	55 402,00	443 216,00
6.5	Panneau carré de gamme normal (cote nominal 700mm)	U	98,00	27 578,00	2 702 644,00
6.6	Panneau octogonale de gamme normale (côté nominal 800 mm)	U	4,00	27 033,00	108 132,00
6.7	Panneau carré de très grande gamme (cote nominal 2000x2000mm)	U	44,00	151 708,00	6 675 152,00

CHAPITRE XI : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

6.8	Panneaux de type E (2,00 m x 1,50 m)	U	4,00	142 857,00	571 428,00
6.9	Panneaux de direction de type D (1,30 m x 0,60 m)	U	110,00	52 252,00	5 747 720,00
6.10	Balise de type J4 (50x50 cm)	U	4,00	15 400,00	61 600,00
6.11	Balise de type J14a (métallique rayon de 1,20 m x 1,00 m)	U	6,00	31 250,00	187 500,00
7	Dispositif de retenue				
7.1	Fourniture et pose de glissière type DBA H= 85 cm (Double talon) y toutes sujétions de bonne exécution	ML	1 910,00	6 000,00	11 460 000,00
7.2	Fourniture et pose de glissière type GBA H= 85 cm (Simple talon) y toutes sujétions de bonne exécution	ML	26 220,00	5 200,00	136 344 000,00
7.3	Fourniture et pose de glissière type GBA H= 50 cm (Simple talon) y toutes sujétions de bonne exécution	ML	1 000,00	4 500,00	4 500 000,00
7.4	Bordure pour trottoirs type T3	ML	2 750,00	1 500,00	4 125 000,00

Récapitulation :

TOTAL HT	3 060 834 758,00 DA
TVA 19%	581 558 604,02 DA
TOTAL TTC	3 642 393 362,02 DA

Arrêter le montant du présent marché à la somme en toutes taxes comprises, de :

3 642 393 362,02 DA

Soit en lettres :

Trois milliards six cent quarante-deux millions trois cent quatre-vingt-treize mille trois cent soixante-deux dinars algériens et deux centimes.

□ **TRANCHE 3 :**

CHAPITRE XI : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	Désignation	U	Quantités	Prix Unitaires	Montant
1	Forfait				
1.1	Installation du chantier	F	1,00	6 000 000,00	6 000 000,00
1.2	Etude d'exécution	F	1,00	500 000,00	500 000,00
1.3	Etude géotechnique	F	1,00	500 000,00	500 000,00
2	Travaux de Terrassements				
2.1	Décapage de terre végétale y compris mise en dépôt provisoire	M2	200 000,00	186,00	37 200 000,00
2.2	Déblai en grande masse en terrain meuble	M3	700 000,00	450,00	315 000 000,00
2.3	Remblai d'emprunt	M3	803 000,00	2 300,00	1 846 900 000,00
2.4	Evacuation des terres à la décharge publique	M3	700 000,00	240,00	168 000 000,00
3	Travaux d'assainissement				
3.1	F/P de fossé en béton au treillis soudés de forme trapézoïdale 1,5 x 0,5 x 0,5 m épaisseur 10 cm	ML	6 500,00	5 800,00	37 700 000,00
3.2	F/P de fossé de crête en béton au treillis soudés de forme trapézoïdale 0,9 x 0,3 x 0,3 m épaisseur 10 cm y compris toutes sujétions de bonne exécution	ML	2 500,00	4 990,00	12 475 000,00
3.3	Fourniture et pose de semi buse de diamètre intérieur 300 mm y compris toutes sujétions de bonne exécution	ML	2 500,00	4 500,00	11 250 000,00
3.4	Fourniture et pose de buse en béton armé y compris toutes sujétions de bonne exécution				
3.4.1	Diamètre 1000 mm	ML	600,00	38 000,00	22 800 000,00
3.4.2	Diamètre 1500 mm	ML	500,00	48 000,00	24 000 000,00
3.5	Béton armé RN 27 dosé à 350 Kg/m3 pour tête d'ouvrage	M3	300,00	45 000,00	13 500 000,00

CHAPITRE XI : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

3.6	Fourniture et pose de descente d'eau en béton RN 27 à 350 Kg/m ³	ML	2 500,00	3 500,00	8 750 000,00
3.7	Béton de propreté dosé à 150 Kg/m ³ (y compris coffrage)	M3	220,00	10 500,00	2 310 000,00
3.8	Béton armé pour dalot dosage 350Kg/m ³ (y compris coffrage)	M3	1 530,00	45 000,00	68 850 000,00
3.9	Déblai pour fouille y compris évacuation à la décharge publique	M3	2 167,50	1 400,00	3 034 500,00
3.10	Badigeonnage	M2	1 572,50	300,00	471 750,00
4	Travaux de chaussée				
4.1	Couche de forme de 30 cm	M3	31 008,00	2 755,00	85 427 040,00
4.2	Couche de fondation en grave concassée y compris réglage et compactage	M3	31 620,00	3 500,00	110 670 000,00
4.3	Couche d'imprégnation au cut-back 0/1	M2	116 535,00	150,00	17 480 250,00
4.4	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de grave bitume de 20 cm y compris couche d'accrochage en émulsion de bitume résiduel 0,3 kg/m ² , réglage et compactage	T	48 880,00	7 900,00	386 152 000,0
4.5	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de roulement en béton bitumineux de 08 cm y compris couche d'accrochage en émulsion de bitume	T	23 450,00	206 360 000,00	8 800,00
	résiduel 0,3 kg/m ² , réglage et compactage				
5	Signalisation horizontale				
5.1	Marquage par hachures (zébras)	M3	1 240,00	802,00	994 480,00
5.2	Bande de largeur de 150 mm	ML	8 660,00	122,00	1056 520,00
5.3	Bande de largeur de 225 mm	ML	22 250,00	182,00	4 049 500,00
5.4	Bande de largeur de 375 mm	ML	2 500,00	302,00	755 000,00
5.5	Marquage de flèche de direction	U	52,00	802,00	41 704,00
5.6	Marquage de flèche de rabattement	U	36,00	1410,00	50 760,00
6	Signalisation verticale				
6.1	Panneau triangulaire de gamme normal (cote nominal 1000mm)	U	34,00	30 933,00	1 051 722,00
6.2	Panneau circulaire de très grande gamme (cote nominal 1250mm)	U	26,00	50 722,00	1 318 772,00
6.3	Panneau circulaire de gamme normal (cote nominal 850mm)	U	36,0	29 045,00	1 045 620,00

CHAPITRE XI : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

6.4	Panneau carré de très grande gamme (cote nominal 1050mm)	U	12,00	55 402,00	664 824,00
6.5	Panneau carré de gamme normal (cote nominal 700mm)	U	38,00	27 578,00	1 047 964,00
6.6	Panneau carré de très grande gamme (cote nominal 2000×2000mm)	U	7,00	151 708,00	1 061 956,00
6.7	Panneaux de type E (2,00 m × 1,50 m)	U	6,00	142 857,00	857 142,00
6.8	Panneaux de direction de type D (1.30 m × 0,60 m)	U	42,00	52 252,00	2 194 584,00
6.9	Balise de type J4 (50x50 cm)	U	4,00	15 400,00	61 600,00
6.10	Balise de type J14a (métallique rayon de 1.20 m x 1,00 m)	U	4,00	31 250,00	125 000,00
7	Dispositif de retenue				
7.1	Fourniture et pose de glissière type DBA H= 85 cm (Double talon) y compris toutes sujétions de bonne exécution	ML	1 500,00	6 000,00	9 000 000,00
7.2	Fourniture et pose de glissière type GBA H= 85 cm (Simple talon) y compris toutes sujétions de bonne exécution	ML	20 000,00	5 100,00	102 000 000,00
7.3	Bordure pour trottoirs type T3	ML	780,00	1 500,00	1 170 000,00

Récapitulation :

TOTAL HT	3 513 877 688,00 DA
TVA 19%	667 636 760,72 DA
TOTAL TTC	4 181 514 448,72 DA

Arrêter le montant du présent marché à la somme en toutes taxes comprises, de :

4 181 514 448,72 DA

Soit en lettres :

Quatre milliards cent quatre-vingt-un millions cinq cent quatorze mille quatre cent quarante-huit dinars algériens et soixante-douze centi

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION

Le présent mémoire de fin d'études a permis de mener à bien l'analyse complète et la conception d'un tronçon autoroutier stratégique reliant la Rocade Sud (05 Juillet) à la 2ème Rocade d'Alger, avec la réalisation d'un échangeur en trèfle complet au niveau de la zone de Draria. Ce projet, d'une longueur totale de 9,748 km, répond à une problématique majeure de mobilité dans la région d'Alger et s'inscrit dans la politique nationale de développement des infrastructures de transport.

L'étude du trafic a démontré la nécessité d'un profil en travers de 2×3 voies pour absorber les flux actuels et futurs, avec un horizon de saturation théorique fixé à l'année 2042, soit 27 ans après la mise en service. Cette prévision garantit la pérennité de l'infrastructure et sa capacité à accompagner le développement urbain et économique de la région sur le long terme.

L'étude géométrique, conduite conformément aux normes de l'ICTAVRU, a permis de définir les caractéristiques techniques du tracé en plan, du profil en long et du profil en travers. La dualité des catégories de voirie retenues (U60 pour la 1ère tranche et A80 pour les 2ème et 3ème tranches) reflète une adaptation pragmatique aux contraintes du terrain et aux objectifs de fonctionnement de chaque section.

L'étude géotechnique a révélé la prédominance de formations marno-argileuses sur l'ensemble du tracé, avec des caractéristiques mécaniques variables nécessitant des traitements adaptés. La classification des sols selon le GTR et l'évaluation de leur portance ont guidé les choix de fondation et de traitement, notamment la mise en place d'une couche de forme de 60 cm pour surclasser le sol support en classe S2.

Le dimensionnement du corps de chaussée, réalisé selon le catalogue du CTTTP, a abouti à une structure optimale composée de 8 cm de béton bitumineux (BB), 20 cm de grave bitume (GB) et 30 cm de grave concassée (GC), surmontant une couche de forme de 60 cm. Les sollicitations calculées par le logiciel Alizé se sont révélées inférieures aux contraintes admissibles, validant ainsi la conception proposée pour une durée de vie de 20 ans.

L'étude hydraulique et d'assainissement a permis de dimensionner l'ensemble des ouvrages transversaux (buses et dalots) et du drainage longitudinal (fossés, caniveaux, descentes d'eau) pour des périodes de retour de 100 ans et 10 ans respectivement. Les 21 bassins versants identifiés ont été caractérisés et les débits de crue calculés selon les méthodes de l'ICTAVRU et du SETRA.

L'étude de l'échangeur en trèfle complet a constitué le cœur technique du projet. La conception des quatre boucles et quatre diagonales, avec un seul ouvrage d'art de franchissement, a été menée en respectant strictement les normes ICTAVRU. Les bretelles boucles, avec un rayon de 50 m et une vitesse pratiquée de 40 km/h, ont fait l'objet d'une analyse détaillée des zones de décélération (23 m) et d'accélération (35 m), ainsi que des profils en long, en travers et des dévers.

La signalisation horizontale et verticale a été conçue conformément à l'IISR, avec des dimensions adaptées aux vitesses pratiquées sur l'axe principal et les bretelles d'échangeur. Les panneaux de danger, de réglementation, d'indication et de direction ont été dimensionnés selon les gammes normales et grandes gammes requises.

L'étude d'impact environnemental a identifié les principales nuisances du projet (érosion, pollution, destruction de la végétation, perturbation de la faune) et proposé des mesures d'atténuation adaptées. L'analyse a montré que les impacts négatifs peuvent être significativement réduits par une conception attentive et la mise en œuvre de mesures compensatoires.

Enfin, le devis quantitatif et estimatif a permis d'évaluer le coût total du projet à 11 817 115 245,74 DA TTC, réparti sur les trois tranches de réalisation. Cette estimation détaillée, fondée sur des quantités précises et des prix unitaires actualisés, constitue une base solide pour la programmation et le financement des travaux.

En définitive, ce mémoire démontre que la conception d'une infrastructure autoroutière complexe nécessite une approche intégrée, rigoureuse et multidisciplinaire, associant expertise technique, respect des normes et sensibilité aux enjeux environnementaux et économiques. Le projet de liaison Rcade Sud – 2ème Rcade d'Alger, avec son échangeur en trèfle complet, constitue une contribution significative au désenclavement et au développement harmonieux de la région d'Alger, et illustre la capacité de l'ingénierie algérienne à répondre aux défis des grandes infrastructures de transport.

Les perspectives d'amélioration futures pourraient inclure une modélisation plus fine du trafic par simulation dynamique, une analyse sismique détaillée des ouvrages d'art compte tenu de la zone VI, et l'intégration de solutions de smart mobility pour optimiser la gestion du trafic en temps réel. Ces axes de développement permettront de renforcer encore la performance et la résilience de cette infrastructure essentielle pour la région d'Alger.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 ICTAVRU : Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines ;

- 2 Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves. Ministère des Travaux Publics / « CTP ». 2001 ;
- 3 La Norme NF P 98-086 (Octobre 2011) relative au dimensionnement structurel des chaussées routières ;
- 4 Le Catalogue des structures types de chaussées neuves (SETRA/LCPC – 1998) ;
- 5 Le Manuel de conception des chaussées d'autoroutes de SCETAUROUTE (2015) ;
- 6 Rapport géotechnique du projet ;
- 7 Manuel de projet routier .Kalli F.Z- Goumettre Ahmed (Edition OPU) ;
- 8 Guide Technique Assainissement routier - SETRA, 2006 ;
- 9 Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (ICTAVRU) ;
- 10 Agence Nationale des Ressources en Eau (ANRH) - Données pluviométriques station Birmourad-Reis ;
- 11 Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER) - Station de Bouzaréah ;
- 12 EIE : Guide des études des impacts sur l'environnement ;
- 13 Signalisation routière arrêté et instruction interministériels du 15 Juillet 1974.

ANNEXE

ANNEXE AXE PRINCIPAL

<i>Profil En Long Projet</i>

Nom du dessin
Nom de l'axe

PFE.dwg
Nouveau Projet - Axe Principal

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente -0.62 %	291,142	0,000	224,266
Parabole 1	Rayon 5000.003 m	174,287	291,142	222,452
	Sommet Absc. 322.295 m			
	Sommet Alt. 222.355 m			
Pente 2	Pente 2.86 %	105,904	465,429	224,404
Parabole 2	Rayon -5000.003 m	117,323	571,333	227,436
	Sommet Absc. 714.467 m			
	Sommet Alt. 229.484 m			
Pente 3	Pente 0.52 %	952,660	688,656	229,418
Parabole 3	Rayon -3000.001 m	195,486	1641,316	234,336
	Sommet Absc. 1656.802 m			
	Sommet Alt. 234.376 m			
Pente 4	Pente -6.00 %	447,021	1836,802	228,976
Parabole 4	Rayon 5000.000 m	269,531	2283,823	202,154
	Sommet Absc. 2583.823 m			
	Sommet Alt. 193.154 m			
Pente 5	Pente -0.61 %	466,993	2553,354	193,247
Parabole 5	Rayon -10000.001 m	199,854	3020,347	190,401
	Sommet Absc. 2959.410 m			
	Sommet Alt. 190.587 m			
Pente 6	Pente -2.61 %	415,868	3220,201	187,186
Parabole 6	Rayon 5000.002 m	155,396	3636,069	176,341
	Sommet Absc. 3766.465 m			
	Sommet Alt. 174.641 m			
Pente 7	Pente 0.50 %	491,046	3791,465	174,703
Parabole 7	Rayon -6000.000 m	153,550	4282,511	177,158
	Sommet Absc. 4312.511 m			
	Sommet Alt. 177.233 m			
Pente 8	Pente -2.06 %	1276,442	4436,061	175,961
Parabole 8	Rayon 7000.000 m	267,390	5712,503	149,677
	Sommet Absc. 5856.645 m			
	Sommet Alt. 148.193 m			
Pente 9	Pente 1.76 %	1009,491	5979,893	149,278
Parabole 9	Rayon -9999.931 m	382,856	6989,383	167,052
	Sommet Absc. 7165.451 m			
	Sommet Alt. 168.602 m			
Pente 10	Pente -2.07 %	617,848	7372,239	166,464
Parabole 10	Rayon 10000.012 m	119,661	7990,087	153,687
	Sommet Absc. 8196.877 m			
	Sommet Alt. 151.549 m			

Pente 11	Pente	-0.87 %	817,304	8109,748	151,929
Parabole 11	Rayon	5000.000 m	231,630	8927,052	144,808
	Sommet Absc.	8970.616 m			
	Sommet Alt.	144.618 m			
Pente 12	Pente	3.76 %	577,415	9158,681	148,155
				9736,096	169,873
Longueur totale de l'axe 9736.096 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 9738.595 mètre(s)					

ANNEXE PROFIL EN LONG

Axe En Plan

Nom du dessin PFE.dwg
Nom de l'axe Nouveau Projet - Axe Principal

Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	218.17gr	92,222	499758,816	4067278,202
				499732,845	4067189,712
Arc 1	Rayon	-800.000 m	77,652		
	Centre X	498965.221 m			
	Centre Y	4067414.997 m			
Droite 2	Gisement	224.35gr	36,670	499707,399	4067116,380
				499693,711	4067082,361
				499641,249	4066992,436
Clothoïde 1	Paramètre	-112.250	105,000		
Arc 2	Rayon	-120.000 m	43,954		
	Centre X	499559.385 m			
	Centre Y	4067080.176 m			
Clothoïde 2	Paramètre	112.250	105,000	499604,395	4066968,937
				499500,731	4066959,313
				499456,145	4066961,679
Droite 3	Gisement	303.38gr	44,649		
Arc 3	Rayon	270.000 m	89,851		
	Centre X	499441.837 m			
	Centre Y	4066692.058 m			
Droite 4	Gisement	282.19gr	144,336	499367,282	4066951,561
				499228,558	4066911,706

Arc 4	Rayon	500.000 m	196,727	936,060 1123,643	499054,869 498908,213	4066822,055 4066705,096
	Centre X	499366.622 m				
	Centre Y	4066431.145 m				
Droite 5	Gisement	257.14gr	187,583	1290,070 1325,499	498771,330 498740,843	4066610,669 4066592,620
Arc 5	Rayon	-1200.000 m	166,427			
	Centre X	498160.008 m				
	Centre Y	4067643.279 m		1399,911 1474,349 1514,349	498674,232 498605,262 498568,842	4066559,608 4066531,603 4066515,124
Droite 6	Gisement	265.97gr	35,429			
Arc 6	Rayon	-500.000 m	74,412			
	Centre X	498486.125 m		1739,059 1779,059 2297,134	498486,315 498499,375 498687,697	4066323,429 4066285,647 4065803,012
	Centre Y	4067022.874 m				
Droite 7	Gisement	275.45gr	74,438			
Clothoïde 3	Paramètre	82,462	40,000	2998,037 3736,059	498702,511 498464,145	4065116,528 4064418,059
Arc 7	Rayon	170.000 m	224,710			
	Centre X	498650.844 m				
	Centre Y	4066366.209 m		3866,387 4386,039	498412,213 498166,832	4064298,682 4063840,614
Clothoïde 4	Paramètre	-82,462	40,000			
Droite 8	Gisement	176.32gr	518,075			
Arc 8	Rayon	-1000.000 m	700,903	4753,574 5143,311	498063,303 498030,831	4063490,619 4063102,236
	Centre X	497756.105 m				
	Centre Y	4065439.508 m				
Droite 9	Gisement	220.94gr	738,023			
Arc 9	Rayon	-800.000 m	130,328			
	Centre X	497707.020 m				
	Centre Y	4064676.443 m				
Droite 10	Gisement	231.31gr	519,652			
Arc 10	Rayon	900.000 m	367,534			
	Centre X	498960.174 m				
	Centre Y	4063415.633 m				
Droite 11	Gisement	205.31gr	389,738			

Arc 11	Rayon	-1000.000 m	203,699	5347,010 5696,029	497993,374 497894,537	4062902,369 4062567,638
	Centre X	497034.308 m				
	Centre Y	4063185.554 m				
Droite 12	Gisement	218.28gr	349,019			
Arc 12	Rayon	400.000 m	636,292			

Droite 13	Gisement	117.01gr	152,859	6332,321		
Arc 13	Rayon	-400.000 m	442,456	6485,180		
	Centre X	498214.389 m				
	Centre Y	4061642.392 m				
Droite 14	Gisement	187.43gr	661,160	6927,636 7588,796		
Arc 14	Rayon	400.000 m	563,651			
	Centre X	499128.559 m				
	Centre Y	4061151.039 m				
Droite 15	Gisement	97.72gr	0,036	8152,447		

Centre X 498278.163 m
Centre Y 4062454.364 m

498172,558 4062068,556
498319,994 4062028,199

498606,615 4061720,870
498736,333 4061072,560

499142,880 4060751,296

Arc 15	Rayon	-400.000 m	428,618	8152,483	499142,916 4060751,297
	Centre X	499157.237 m			
	Centre Y	4060351.553 m			
Droite 16	Gisement	165.94gr	124,920	8581,102	499501,332 4060555,511
Clothoïde 5	Paramètre	-158,745	105,000	8706,022	499565,028 4060448,050
				8811,022	499611,747 4060354,266
Arc 16	Rayon	-240.000 m	104,797		
	Centre X	499383.654 m			
	Centre Y	4060279.611 m			
Clothoïde 6	Paramètre	158,745	105,000	8915,819	499621,918 4060250,798
Droite 17	Gisement	221.59gr	64,337	9020,819	499594,354 4060149,712
				9085,156	499572,954 4060089,038
Arc 17	Rayon	800.000 m	127,587		
	Centre X	500327.399 m			
	Centre Y	4059822.933 m			
Droite 18	Gisement	211.43gr	111,327	9212,743	499540,268 4059965,849
Clothoïde 7	Paramètre	-158,745	105,000	9324,070	499520,380 4059856,313
				9429,070	499494,205 4059754,858
Arc 18	Rayon	-240.000 m	111,246		
	Centre X	499272.997 m			
	Centre Y	4059847.956 m			
Clothoïde 8	Paramètre	158,745	105,000	9540,316	499429,239 4059665,779
Droite 19	Gisement	268.80gr	90,780	9645,316	499340,636 4059609,852
				9736,096	499260,545 4059567,116
Longueur totale de l'axe 9736.096 mètr (s)					

ANNEXE CUBATURES

Cubatures Matériaux : Profils (Gulden)

Nom du dessin
Nom de l'axe

PFE.dwg
Nouveau Projet - Axe Principal

Profil P01, Abscisse : 0.000 m, Longueur d'application : 12.500 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	112,9	112,9
BB	2,08	26,0	26,0
GB	5,86	73,2	73,2
STABILISE	0,08	1,0	1,0
TERRE VEGETALE	1,01	12,7	12,7
TUF	18,90	236,2	236,2

Profil P02, Abscisse : 25.000 m, Longueur d'application : 25.000 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	225,8	338,7
BB	2,08	52,0	78,0
GB	5,86	146,4	219,6
STABILISE	0,08	2,0	3,0
TERRE VEGETALE	1,12	27,9	40,6
TUF	18,90	472,4	708,6

Profil P03, Abscisse : 50.000 m, Longueur d'application : 25.000 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	225,8	564,6
BB	2,08	52,0	130,0
GB	5,86	146,4	366,0
STABILISE	0,08	2,0	5,0
TERRE VEGETALE	1,23	30,7	71,3
TUF	18,90	472,4	1180,9

Profil P04, Abscisse : 75.000 m, Longueur d'application : 21.111 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	190,7	755,3
BB	2,08	43,9	173,9
GB	5,86	123,6	489,6
STABILISE	0,08	1,7	6,7
TERRE VEGETALE	0,99	20,9	92,3
TUF	18,90	398,9	1579,8

Profil P05, Abscisse : 92.222 m, Longueur d'application : 12.500 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	112,9	868,2
BB	2,08	26,0	199,9
GB	5,86	73,2	562,8
STABILISE	0,08	1,0	7,7
TERRE VEGETALE	0,91	11,4	103,6
TUF	18,90	236,2	1816,0

Profil P06, Abscisse : 100.000 m, Longueur d'application : 16.389 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	148,0	1016,2
BB	2,08	34,1	234,0
GB	5,86	96,0	658,8
STABILISE	0,08	1,3	9,0
TERRE VEGETALE	0,91	14,8	118,4
TUF	18,90	309,7	2125,7

Profil P07, Abscisse : 125.000 m, Longueur d'application : 25.000 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	225,8	1242,1
BB	2,08	52,0	286,0
GB	5,86	146,4	805,2
STABILISE	0,08	2,0	11,0
TERRE VEGETALE	1,18	29,4	147,9
TUF	18,90	472,4	2598,1

Profil P08, Abscisse : 150.000 m, Longueur d'application : 22.437 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
----------	-------------------	----------------	---------------

0,315	9,03	202,7	1444,7
BB	2,08	46,7	332,7
GB	5,86	131,4	936,6
STABILISE	0,08	1,8	12,8
TERRE VEGETALE	1,43	32,3	180,2
TUF	18,90	424,0	3022,0

Profil P09, Abscisse : 169.874 m, Longueur d'application : 12.500 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	112,9	1557,6
BB	2,08	26,0	358,7
GB	5,86	73,2	1009,8
STABILISE	0,08	1,0	13,8
TERRE VEGETALE	0,97	12,0	192,2
TUF	18,90	236,2	3258,2

Profil P10, Abscisse : 175.000 m, Longueur d'application : 15.063 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	136,1	1693,7
BB	2,08	31,3	390,0
GB	5,86	88,2	1098,0
STABILISE	0,08	1,2	15,0
TERRE VEGETALE	0,69	10,4	202,6
TUF	18,90	284,6	3542,8

Profil P11, Abscisse : 200.000 m, Longueur d'application : 15.772 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	142,5	1836,2
BB	2,08	32,8	422,8
GB	5,86	92,4	1190,4
STABILISE	0,08	1,3	16,3
TERRE VEGETALE	2,00	31,6	234,3
TUF	18,90	298,0	3840,8

Profil P12, Abscisse : 206.544 m, Longueur d'application : 12.500 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	112,9	1949,1
BB	2,08	26,0	448,8
GB	5,86	73,2	1263,6
STABILISE	0,08	1,0	17,3
TERRE VEGETALE	4,03	50,4	284,6
TUF	18,90	236,2	4077,0

Profil P13, Abscisse : 225.000 m, Longueur d'application : 21.728 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	196,2	2145,3
BB	2,08	45,2	494,0
GB	5,86	127,3	1390,9
STABILISE	0,08	1,7	19,0
TERRE VEGETALE	2,40	52,0	336,6
TUF	18,89	410,4	4487,4

Profil P14, Abscisse : 250.000 m, Longueur d'application : 25.000 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	225,6	2370,9
BB	2,08	52,0	546,0
GB	5,86	146,4	1537,3
STABILISE	0,08	2,0	21,0
TERRE VEGETALE	1,91	48,5	385,1
TUF	18,88	471,8	4959,2

Profil P15, Abscisse : 275.000 m, Longueur d'application : 25.000 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,02	225,5	2596,5
BB	2,08	52,0	598,0
GB	5,86	146,5	1683,8
STABILISE	0,08	2,0	23,0

TERRE VEGETALE	2,57	71,1	456,2
TUF	18,86	471,5	5430,7

Profil P16, Abscisse : 300.000 m, Longueur d'application : 18.272 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,02	164,8	2761,2
BB	2,08	38,0	636,0
GB	5,86	107,1	1790,8
STABILISE	0,08	1,5	24,5

TERRE VEGETALE	1,05	18,9	475,0
TUF	18,86	344,3	5775,1

Profil P17, Abscisse : 311.544 m, Longueur d'application : 12.500 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,02	112,7	2873,9
BB	2,08	26,0	662,0
GB	5,86	73,3	1864,1
STABILISE	0,08	1,0	25,5
TERRE VEGETALE	0,94	12,0	487,1
TUF	18,85	235,5	6010,5

Profil P18, Abscisse : 325.000 m, Longueur d'application : 19.228 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,02	173,3	3047,2
BB	2,08	40,0	702,0
GB	5,86	112,7	1976,8
STABILISE	0,08	1,5	27,0
TERRE VEGETALE	0,78	15,6	502,6
TUF	18,85	362,1	6372,6

Profil P19, Abscisse : 350.000 m, Longueur d'application : 15.249 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,02	137,4	3184,6
BB	2,08	31,7	733,7
GB	5,86	89,4	2066,1
STABILISE	0,08	1,2	28,2
TERRE VEGETALE	0,71	11,1	513,8
TUF	18,85	287,2	6659,8

Profil P20, Abscisse : 355.497 m, Longueur d'application : 12.500 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,02	112,7	3297,3
BB	2,08	26,0	759,7
GB	5,86	73,3	2139,4
STABILISE	0,08	1,0	29,2
TERRE VEGETALE	0,68	8,7	522,4
TUF	18,85	235,4	6895,2

Profil P21, Abscisse : 375.000 m, Longueur d'application : 22.251 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,02	200,6	3497,9
BB	2,08	46,3	806,0
GB	5,86	130,4	2269,8
STABILISE	0,08	1,8	31,0
TERRE VEGETALE	0,48	12,1	534,5
TUF	18,85	419,3	7314,5

Profil P22, Abscisse : 400.000 m, Longueur d'application : 25.000 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,02	225,5	3723,4
BB	2,08	52,0	858,0
GB	5,86	146,5	2416,2
STABILISE	0,08	2,0	33,0
TERRE VEGETALE	1,43	37,2	571,7
TUF	18,86	471,4	7786,0

Profil P23, Abscisse : 425.000 m, Longueur d'application : 25.000 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	225,6	3949,0
BB	2,08	52,0	910,0
GB	5,86	146,4	2562,7
STABILISE	0,08	2,0	35,0
TERRE VEGETALE	3,25	85,2	656,9
TUF	18,87	471,8	8257,7

Profil P24, Abscisse : 450.000 m, Longueur d'application : 17.749 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	160,3	4109,3
BB	2,08	36,9	947,0
GB	5,86	104,0	2666,6
STABILISE	0,08	1,4	36,4
TERRE VEGETALE	2,98	54,3	711,2
TUF	18,88	335,1	8592,9

Profil P25, Abscisse : 460.497 m, Longueur d'application : 12.500 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	112,9	4222,2
BB	2,08	26,0	973,0
GB	5,86	73,2	2739,9
STABILISE	0,08	1,0	37,4
TERRE VEGETALE	3,15	39,4	750,6
TUF	18,89	236,1	8829,0

Profil P26, Abscisse : 475.000 m, Longueur d'application : 19.751 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	178,4	4400,6
BB	2,08	41,1	1014,0
GB	5,86	115,7	2855,5
STABILISE	0,08	1,6	39,0
TERRE VEGETALE	3,31	65,5	816,1
TUF	18,90	373,2	9202,2

Profil P27, Abscisse : 500.000 m, Longueur d'application : 15.073 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	136,2	4536,7
BB	2,08	31,4	1045,4
GB	5,86	88,3	2943,8
STABILISE	0,08	1,2	40,2
TERRE VEGETALE	3,28	49,4	865,5

TUF	18,90	284,8	9487,0
-----	-------	-------	--------

Profil P28, Abscisse : 505.146 m, Longueur d'application : 12.500 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	112,9	4649,7
BB	2,08	26,0	1071,4
GB	5,86	73,2	3017,0
STABILISE	0,08	1,0	41,2
TERRE VEGETALE	2,75	34,1	899,6
TUF	18,90	236,2	9723,2

Profil P29, Abscisse : 525.000 m, Longueur d'application : 22.427 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	202,6	4852,2
BB	2,08	46,6	1118,0
GB	5,86	131,3	3148,3
STABILISE	0,08	1,8	43,0
TERRE VEGETALE	2,03	46,0	945,7
TUF	18,90	423,8	10146,9

Profil P30, Abscisse : 550.000 m, Longueur d'application : 25.000 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
0,315	9,03	225,8	5078,1
BB	2,08	52,0	1170,0
GB	5,86	146,4	3294,7
STABILISE	0,08	2,0	45,0
TERRE VEGETALE	1,22	32,2	977,9
TUF	18,90	472,4	10619,3

