

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

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

فرنسيس جانسون

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson



# Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Matériaux & Structures

# Thème

Etude d'avant-projet détaillé d'un tronçon autoroutier  
(3-ème rocade) sur 10 Km du PK 70+000 au 80+000  
avec la conception d'un échangeur

❖ Présenté par :

- BECIT Mohamed Ayoub

- DAHMOUNI Hafidh

➤ Encadré par :

- Mr. BENBOUZID Mohamed Lakhdar

Promotion 2023/2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# اهداء

الحمد لله والصلوة والسلام على رسول الله أما بعد

أهدي هذا العمل المتواضع

إلى أمي وأبي، إختوتي، أعمامي وأخوالي

إلى كل عائلة دحموني

إلى كل من رافقني في هذا العمل زميلي  
محمد بسيط

إلى كل إختوتي وأصدقائي في الله



حفيظ دحموني

## اهداء

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله أما بعد

أهدي هذا العمل المتواضع

إلى أمي وأبي، إختي، أعمامي وأخوالي

إلى كل عائلة بسيط

إلى كل من رافقني في هذا العمل زميلي

حفيظ دحموني

إلى كل إختي وأصدقائي في الله



محمد أيوب بسيط

## REMERCIEMENT

*Nous remercions d'abord nos familles pour les sacrifices qu'elles ont fait pour que nous puisse terminer nos études.*

*Nous tenons à remercier notre encadreur Mr. BENBOUZID*

*Mohamed Lakhdar, pour tous les efforts qu'il a fournis pour nous faciliter et aider à accomplir notre travail, nous le remercions pour ses conseils avisés qui ont rendu ce travail possible.*

*Nous souhaitons exprimer nos gratitudes à tous les enseignants qui nous ont formé dès la 1<sup>ère</sup> à la 5<sup>ème</sup> Année à L'ESNTP.*

*Sans oublier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

## ملخص

تتناول هذه المذكرة المتواضعة دراسة جزء (10 كيلو متر) مشروع طريق سيار يربط بين ولايتي تيبازة وتيزي وزوو يمتد لمسافة 160 كيلومتر تقريبا بالإضافة الى مبادل طريق مع الطريق الولائي رقم 46, في هذا المشروع قمنا بتحديد ابعاد الطريق وسمك طبقاتها بحيث تتناسب مع الحركة المرورية، يتكون كل اتجاه من ثلاث مسارات يفصل بين الاتجاهين فاصل ترابي بعرض 3 أمتار.

بعد تحديد المجاري المائية وتدفعاتها التي تقطع الطريق قمنا بتحديد ابعاد المنشآت المائية وقمنا أيضا بدراسة جيوتقنية لمحور الطريق وبمحاكاته باستخدام برنامج سيفيل ثلاثي الابعاد ورسم مقاطع الطريق الطولية والعرضية وحساب كميات تربة الردم والحفر، حددنا إشارات المرور العمودية والافقية وكذلك منشآت الجسور التي تقطع الطريق، انجزنا تصميم مبادل الطريق

في الأخير قمنا بدراسة تأثير هذا المشروع على البيئة والمساحات التي يمر بها وختاماً وضعنا خاتمة عامة حول المشروع.

## Résumé

Ce mémoire traite l'étude d'un tronçon de 10 km de projet d'autoroute reliant la wilaya de Tipaza et de Tizi Ouzou, s'étendant sur une distance d'environ 160 km, comporte un échangeur avec la route nationale RN46.

Dans ce projet, nous avons déterminé les dimensions de la route et l'épaisseur de ses couches de manière à ce qu'elles s'adaptent les trafics. Chaque direction est constituée de trois voies, séparées par un terre pleine central de 3 mètres de large.

Après avoir identifié les cours d'eau et leurs débits qui traversent la route, nous avons déterminé les dimensions des ouvrages hydraulique.

Nous avons également réalisé une étude géotechnique de l'axe routier, en le simulant à l'aide du programme Civil 3D, en dessinant les profils en long et en trévires, en calculant les quantités de terre de remblai et déblais. Nous avons déterminé la signalisation vertical et horizontal ainsi que les structures de ponts qui traversent la route. Nous avons terminé la conception de l'échangeur routier.

Enfin, nous avons étudié l'impact de ce projet sur l'environnement et les espaces qu'il traverse, et en conclusion nous avons dressé une conclusion générale sur le projet.

## TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE.....	
CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET .....	<b>1</b>
I.1 PRESENTATION DU PROJET .....	2
I.2 LOCALISATION DU PROJET.....	3
CHAPITRE II : DONNEES DE BASE .....	<b>4</b>
II.1 OBJECTIF .....	5
II.2 L'OBJECTIF DE L'ICTAAL 2000 ET DOMAINE D'APPLICATION.....	5
II.3 CHOIX DE CATEGORIE .....	5
II.4 VITESSE DE BASE .....	6
II.5 VISIBILITE.....	6
II.5.1 Disposition conventionnelle .....	6
II.5.2 Règle de visibilité.....	6
II.5.3 Distance d'arrêt $D_a$ : .....	6
II.5.4 Temps de Perception -Réaction.....	7
CHAPITRE III : CALCUL DU TRAFIC .....	<b>8</b>
III.1 INTRODUCTION .....	9
III.2 DEFINITION DE L'ETUDE DU TRAFIC D'UN PROJET ROUTIER .....	9
III.3 LES DIFFERENTS TYPES DU TRAFIC .....	9
III.3.1 Trafic normal.....	9
III.3.2 Trafic induit.....	9
III.3.3 Trafic total.....	10
III.4 CALCUL DE TJMA A L'ANNEE HORIZON.....	10
III.5 CALCUL DU TRAFIC EFFECTIF .....	10
III.6 DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMALE.....	11
III.7 DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE.....	11
III.8 CALCUL DU NOMBRE DE VOIES .....	12
III.9 APPLICATION AU PROJET .....	12
III.9.1 Les données de trafic : .....	12
III.9.2 Calcul : .....	13
III.9.2.1 TJMA a l'année de la mise en service admissible : .....	13
III.9.2.2 TJMA a l'année horizon [2048] : .....	13
III.9.2.3 Trafic effectif : .....	13
III.9.2.4 Débit de pointe .....	13
III.9.2.5 Débit admissible .....	13
III.9.2.6 Nombre des voies .....	13
III.9.2.7 Calcul de l'année de saturation .....	14
III.10 CONCLUSION .....	14
CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE .....	<b>15</b>
IV.1 TRACE EN PLAN .....	16
IV.1.1 Introduction .....	16
IV.1.2 Règles à respecter dans le tracé en plan : .....	16
IV.1.3 Éléments constituant tracé en plan : .....	17

IV.1.3.1 Alignements droits .....	17
IV.1.3.2 Les arcs de cercle .....	18
IV.1.3.3 Surlargeur des courbes .....	18
IV.1.3.4 Les raccords progressifs .....	18
IV.1.3.5 Enchaînement des éléments du tracé en plan.....	19
<i>IV.1.4 Exemple de calcul manuel d'axe du tracé en plan.....</i>	<i>19</i>
IV.1.4.1 Calcul .....	20
IV.1.4.2 Calcul des gisements .....	20
IV.1.4.3 Calcul de l'angle $\gamma$ .....	20
IV.1.4.4 Calcul de tangente T .....	20
<i>IV.1.5 Calcul des coordonnées des points de tangente .....</i>	<i>20</i>
<b>IV.2 PROFIL EN LONG .....</b>	<b>21</b>
<i>IV.2.1 Introduction .....</i>	<i>21</i>
<i>IV.2.2 Les principes règles respectes pour la trace du linge rouge.....</i>	<i>21</i>
<i>IV.2.3 Déclivité.....</i>	<i>22</i>
IV.2.3.1 Déclivité minimale .....	22
IV.2.3.2 Déclivité maximale .....	22
<i>IV.2.4 Valeurs limites .....</i>	<i>22</i>
<i>IV.2.5 Coordination du tracé en plan et du profil en long.....</i>	<i>23</i>
<i>IV.2.6 Exemple de calcul manuel d'axe de profil en long : .....</i>	<i>23</i>
IV.2.6.1 Calcul .....	24
<i>IV.2.7 Coordination entre la trace en plan et le profil en long.....</i>	<i>25</i>
<b>IV.3 PROFILE EN TRAVERS .....</b>	<b>26</b>
<i>IV.3.1 Introduction .....</i>	<i>26</i>
<i>IV.3.2 Types de profils en travers .....</i>	<i>26</i>
IV.3.2.1 Profil en remblai.....	26
IV.3.2.2 profil en déblai .....	27
IV.3.2.3 profil mixte :.....	27
<i>IV.3.3 Les éléments du profil en traverses .....</i>	<i>27</i>
IV.3.3.1 La chaussée .....	27
IV.3.3.2 Terre-plein central (T.P.C).....	28
IV.3.3.3 Bande dérasée gauche (B.D.G) .....	28
IV.3.3.4 Bande médiane (B.M) .....	28
IV.3.3.5 Accotement .....	28
IV.3.3.6 La zone de sécurité.....	28
IV.3.3.7 La bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) .....	29
IV.3.3.8 Refuges et postes d'appel d'urgence (P.A.U.).....	29
IV.3.3.9 La berme .....	29
IV.3.3.10 Application au projet.....	30
<i>IV.3.4 Pentes transversales .....</i>	<i>30</i>
IV.3.4.1 Valeurs du dévers.....	30
IV.3.4.2 Changement du dévers .....	31
IV.3.4.3 Application au projet.....	31
<b>CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE .....</b>	<b>32</b>
V.1 INTRODUCTION .....	33
V.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	34

V.3 NORMES ET PROGRAMMES DES ESSAIS GEOTECHNIQUES.....	35
V.3.1 Normes des investigations In Situ.....	35
V.3.2 Normes des essais de laboratoire.....	36
V.4 RESULTATS DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES.....	38
V.4.1 Résultats des essais au laboratoire.....	39
V.4.1.1 Les résultats des essais physiques.....	39
V.4.1.2 Les résultats des essais mécaniques.....	41
V.5 CLASSIFICATION DES SOLS (PUITS DE RECONNAISSANCE).....	41
V.5.1 Classification GTR.....	41
V.5.1.1 Exemple de classification GTR.....	42
V.5.1.2 Résultats de classification GTR.....	42
V.6 CLASSIFICATION LCPC.....	43
V.6.1 Exemple de classification LCPC PK73-R (71+325).....	44
V.6.2 Résultat de Classification LCPC (puits de reconnaissance).....	44
V.7 CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI.....	45
V.8 LES DEPOTS.....	46
V.8.1 Les zones de dépôt potentielles des déblais pour la 3ème rocade d'Alger (les plus proche à notre projet PK70-80).....	47
V.9 STABILITE DES TALUS.....	47
V.9.1 Généralité sur le glissement de terrain.....	47
V.9.2 Types de glissement de terrain.....	48
V.9.2.1 Glissement plan.....	48
V.9.2.2 Glissement rotationnel simple.....	48
V.9.2.3 Glissement rotationnel complexe.....	49
V.10 DEFINITION DES PENTES DES TALUS.....	49
V.11 VERIFICATIONS DE STABILITE DES TALUS.....	50
V.11.1 Analyse de stabilité de déblai.....	50
V.11.2 Analyse de stabilité de Remblai.....	51
<b>CHAPITRE VI : DIMENSSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE.....</b>	<b>53</b>
VI.1 INTRODUCTION.....	54
VI.2 L'OBJECTIVE DE DIMENSIONNEMENT.....	54
VI.3 LES METHODES DE DIMENSIONNEMENT.....	54
VI.3.1 La Méthode CBR.....	55
VI.3.2 Données et hypothèses de dimensionnement structurel.....	55
VI.4 LES DONNEES.....	55
VI.4.1.1 Les données de calcul.....	55
VI.4.1.2 Résultats de l'essai CBR sur le sol support.....	55
VI.4.1.3 Répartition transversale sur la voie la plus chargée.....	56
VI.4.1.4 L'épaisseur équivalente.....	56
VI.5 LA METHODE DU CATALOGUE ALGERIEN DE DIMENSIONNEMENT :.....	57
VI.5.1 Les données climatiques :.....	57
VI.5.2 Température équivalente.....	57
VI.5.3 Les données de trafic :.....	57
VI.5.4 Détermination la classe de trafic TPL :.....	58
VI.5.5 Le trafic cumule de poids lourds (TCi) :.....	58
VI.5.6 Trafic cumulé équivalent TCEi.....	59

VI.5.7 Détermination du risque de calcul :	59
VI.5.8 Détermination de la portance du sol support :	60
VI.5.9 Sur classement avec couche de forme en matériaux non traité	60
VI.6 CHOIX DES DIFFERENTES COUCHES CONSTITUANTES DE LA CHAUSSEE	61
VI.6.1 Les structures possibles de chaussée d'après le catalogue :	61
VI.6.1.1 Les structures concernant Rp1	61
VI.7 CHOIX DE DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE	61
VI.8 CALCUL DE LA DEFORMATION ADMISSIBLE	63
VI.8.1 Calcul de la déformation admissible ( $\epsilon_z$ , adm.) du sol support	63
VI.8.2 Calcul de la déformation admissible de traction $\epsilon_t$ , adm	63
VI.8.2.1 Performances mécaniques des matériaux bitumineux	64
VI.9 VERIFICATION DE LA FATIGUE DES STRUCTURES ET DE LA DEFORMATION DU SOL SUPPORT	65
VI.10 ALISÉ-LCPC :	65
VI.10.1 Les résultats de calcul qui obtient par Alizé-LCPC :	65
VI.11 LES RESULTATS DES DEUX METHODES	66
VI.12 CONCLUSION	66
<b>CHAPITRE VII : CALCUL DES CUBAURES</b>	<b>67</b>
VII.1 INTRODUCTION	68
VII.2 LES METHODES DU CALCUL	68
VII.3 DESCRIPTION DE LA METHODE	68
VII.3.1 Exemple du calcul :	69
VII.4 CALCUL DES CUBATURES DE PROJET	69
VII.4.1 Les valeurs obtenues à partir de civil 3D	70
<b>CHAPITRE VIII : ASSAINISSEMENT ROUTIER</b>	<b>72</b>
VIII.1 INTRODUCTION	73
VIII.2 SYSTEMES ET OUVRAGES DE DRAINAGE TRANSVERSAL	73
VIII.3 SYSTEMES DE DRAINAGE LONGITUDINAL	74
VIII.4 CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT ROUTIER	75
VIII.5 ÉTUDE HYDROLOGIQUE	75
VIII.6 BASSINS VERSANT	76
VIII.6.1 Définition	76
VIII.6.2 Les caractéristiques des bassins versants	76
VIII.7 LES REGLES A RESPECTEES POUR LE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES	77
VIII.8 L'ESTIMATION DU DEBIT DE POINTE	77
VIII.8.1 Le Coefficient de ruissellement	77
VIII.8.2 Temps de concentration TC	78
VIII.8.3 Intensité de la pluie	79
VIII.8.4 Les résultats de calcul des débits	80
VIII.9 DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE DRAINAGE	81
VIII.9.1 Dimensionnement du système de drainage transversal	81
VIII.9.1.1 Dimensionnement des dalots	81
VIII.9.1.2 Dimensionnement des buses	82
VIII.9.1.3 Les résultats de dimensionnement	83
VIII.9.2 Dimensionnement du système de drainage longitudinal	83

VIII.9.2.1 Les surfaces des sous-bassins versants.....	84
VIII.9.2.2 Le débit d'apport : .....	84
VIII.9.2.3 Dimensionnement de fossé.....	85
VIII.9.2.1 Application .....	85
VIII.9.2.2 Fossé de terre-plein central.....	85
<b>CHAPITRE IX : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR.....</b>	<b>86</b>
IX.1 INTRODUCTION.....	87
IX.2 LES AVANTAGES D'UN ECHANGEUR .....	87
IX.3 LES INCONVENIENTS D'UN ECHANGEUR .....	87
IX.4 LES DIFFERENTS TYPES D'ECHANGEUR.....	88
IX.4.1 Echangeur majeur :.....	88
IX.4.2 Echangeur mineur .....	88
IX.4.3 Choix type d'un échangeur : .....	88
IX.5 LES ELEMENTS D'UN ECHANGEUR .....	89
IX.5.1 Les carrefours plans .....	89
IX.5.2 Ouvrage d'art (pont) .....	89
IX.5.3 Les bretelles (rampes d'entrées et rampes sorties) .....	89
IX.5.3.1 Les types de bretelle.....	89
IX.5.3.2 Les caractéristiques géométriques de bretelle.....	89
IX.5.3.3 Pente transversale d'une bretelle .....	91
IX.5.4 Raccordement avec l'autoroute.....	92
IX.5.4.1 Le dispositif d'entrée comprend successivement.....	92
IX.5.4.2 Le dispositif de sortie comporte successivement.....	92
IX.5.4.3 Longueurs de décélération/d'accélération.....	93
IX.5.5 Visibilité à l'approche des points d'accès.....	93
IX.5.5.1 Visibilité sur une entrée d'autoroute .....	93
IX.5.5.2 Visibilité sur une sortie d'autoroute : .....	94
IX.6 APPLICATION SUR NOTRE PROJET .....	95
IX.6.1 Choix de notre échangeur .....	95
IX.6.2 La conception de notre Echangeur.....	95
<b>CHAPITRE X : OUVRAGE D'ART .....</b>	<b>96</b>
X.1 INTRODUCTION .....	97
X.2 PRESENTATION DES OUVRAGES .....	97
X.2.1 Les ouvrage d'art de notre projet.....	97
X.2.2 Les ouvrages d'art qui intersectes notre tracé .....	97
X.2.2.1 Description des ouvrages.....	97
X.2.2.2 Gabarit à réserver .....	98
X.3 CHOIX DU TYPE DE L'OUVRAGE. ....	98
X.3.1.1 Variant 1 : « Pont a poutre en Béton précontrainte » .....	98
X.3.1.2 Variant 2 : « Pont mixte Bipoutre » .....	99
X.3.1.3 Solution technique retenue .....	100
<b>CHAPITRE XI : SIGNALISATION ROUTIERE .....</b>	<b>101</b>
XI.1 INTRODUCTION.....	102
XI.2 LES CATEGORIES DE SIGNALISATION .....	102

XI.3 LES DIFFERENTS TYPES DE SIGNALISATION.....	102
<i>XI.3.1 Signalisation horizontale :</i> .....	102
XI.3.1.1 Les catégories de marquage de la chaussée .....	103
XI.3.1.2 Les lignes longitudinales.....	103
XI.3.1.3 Modulation des lignes discontinues .....	104
XI.3.1.4 Les lignes transversales.....	105
XI.3.1.5 Flèche de rabattement .....	105
XI.3.1.6 Flèches directionnelles .....	106
XI.3.1.7 Point de convergence et de divergence .....	106
XI.3.1.8 Couleur de marquage sur chaussée : .....	106
<i>XI.3.2 Signalisation verticale</i> .....	107
XI.3.2.1 Les différents panneaux de signalisation .....	107
<b>CHAPITRE XII : IMPECT SUR L'ENVIRONNEMNT .....</b>	<b>111</b>
XII.1 INTRODUCTION .....	112
<i>XII.1.1 L'objectif d'une étude d'impact</i> .....	112
XII.2 CADRE JURIDIQUE .....	112
XII.3 IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT .....	112
<i>XII.3.1 Impact sur la nature</i> .....	112
<i>XII.3.2 Impact sur l'agriculture</i> .....	113
<i>XII.3.3 Impact sur les habitants</i> .....	113
XII.4 STRATEGIES POUR ATTENUER LES IMPACTS NEGATIFS .....	114
XII.5 CONCLUSION.....	114
<b>CHAPITRE XIII : DEVIS ESTIMATIF ET QAUNTITATIF .....</b>	<b>115</b>
XIII.1 ESTIMATION DE DEVIS DES DALOTS .....	116
XIII.2 ESTIMATION DU DEVIS DE SIGNALISATION .....	117
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>119</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>121</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>123</b>
ANNEXE A : ELEMENT DU TRACE EN PLAN .....	124
ANNEXE B : ELEMENT DU PROFIL EN LONG .....	129
ANNEXE C : CALCUL DES CUBATURES .....	130
ANNEXE D : VOLUME DES MATERIAX DE CORPE CHAUSSEE.....	141

## LES TABLEAUX

TABLEAU VI-1: VALEURS EXTREMES DES ALIGNEMENTS DROITS DU TRACE EN PLAN (ICTAAL 2000).....	17
TABLEAU VI-2 : VALEURS MINIMALES DES RAYONS DU TRACE EN PLAN (ICTAAL2000) .....	18
TABLEAU VI-3 : LES POINTS DU TRACE EN PLAN.....	19
TABLEAU VI-4: VALEURS LIMITEES DES PARAMETRES DU PROFIL EN LONG.....	22
TABLEAU VI-5 : LES CARACTERISTIQUES DE PROFIL EN LONG DE NOTRE PROJET .....	23
TABLEAU VI-6 : LES POINTS DU PROFIL EN LONG :.....	24
TABLEAU VI-7 : LES DIMENSIONS TRANSVERSALES.....	30
TABLEAU VI-8 : APPLICATION AU PROJET .....	31
DANS LE PRESENT RAPPORT, NOUS PRESENTONS LES RESULTATS D'INVESTIGATIONS EXECUTEES SELON DES NORMES INTERNATIONALES, REGROUPEES DANS LE TABLEAU (IV-1) , AFIN DE CARACTERISER LES ASPECTS LITHOLOGIQUES ET MECANIQUES DU SOL SUPPORT DE LA ZONE D'ETUDE.....	35
TABLEAU IV-1 : APERÇU SUR LES NORMES DES INVESTIGATIONS IN SITU .....	35
TABLEAU IV-2 : APERÇU SUR LES NORMES DES INVESTIGATIONS AU LABORATOIRE.....	36
TABLEAU IV-3 : LES RESULTATS DES PUIITS DE RECONNAISSANCE.....	38
TABLEAU IV-4 : LES RESULTATS DES ANALYSES DE LABORATOIRE DES ECHANTILLONS DES PUIT DE RECONNAISSANCE .....	39
TABLEAU IV-5 : LES RESULTATS DES ANALYSES DE LABORATOIRE DES ECHANTILLONS DES SONDAGES CAROTTES .....	40
TABLEAU IV-6 : LES RESULTATS DES ESSAIS MECANIQUES .....	41
TABLEAU IV-7 : RESULTATS DE CLASSIFICATION GTR (PUIITS DE RECONNAISSANCE) .....	42
TABLEAU IV-8 : POUR LA CLASSIFICATION DES SOLS GRENUS .....	44
TABLEAU IV-9 : CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI.....	45
TABLEAU IV-10 : LA ZONE DE DEPOT .....	47
TABLEAU IV-11 : COEFFICIENT D'ACCELERATION A .....	50
TABLEAU IV-12 : DES PARAMETRES DE CALCUL DE LA STABILITE DU DEBLAI .....	50
TABLEAU IV-13: LA CHARGE SUR CHAUSSEE .....	51
TABLEAU IV-14 : DES PARAMETRES DE CALCUL DE LA STABILITE DU REMBLAI.....	52
TABLEAU V-1 : LES DONNEES DE CALCUL.....	55
TABLEAU V-2 : RESULTATS DE L'ESSAI CBR SUR LE SOL SUPPORT.....	55
TABLEAU V-3 : LES COEFFICIENTS D'EQUIVALENCE .....	56
TABLEAU V-4 : TEMPERATURE EQUIVALENTE :.....	57
TABLEAU V-5 : CHOIX DE TYPE DE RESEAU PRINCIPAL .....	57
TABLEAU V-6 : CLASSE TPL POUR Rp1 .....	58
TABLEAU V-7 : COEFFICIENT D'AGRESSIVITE A .....	59
TABLEAU V-8 : LE RISQUE DE CALCUL R% .....	59
TABLEAU V-9: LES CLASSE DE PORTANCE DU SOL .....	60
TABLEAU V-10: SUR CLASSEMENT AVEC COUCHE DE FORME EN MATERIAUX NON TRAITE .....	60
TABLEAU V-11: LES STRUCTURE CONCERNANT Rp1.....	61
TABLEAU V-12: FRACTILE DE LA LOI NORMALE.....	64
TABLEAU V-13: PERFORMANCES MECANIQUES DES MATERIAUX BITUMINEUX .....	64
TABLEAU V-14: I.1 LES RESULTATS DES DEUX METHODES .....	66
TABLEAU VII-1 : VALEURS DES REMBLAIS ET DEBLAIS (LOGICIEL AUTOCAD CIVIL 3D 2024) 70	

TABLEAU VIII-1 : PREDIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES (SETRA).....	75
TABLEAU VIII-2 : LES CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANT .....	76
TABLEAU VIII-3 : COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT – C1.....	78
TABLEAU VIII-4 : PARAMETRES DE MONTANA.....	79
TABLEAU VIII-5 : LES RESULTATS DE CALCUL DES DEBUTS.....	80
TABLEAU VIII-6 : LES RESULTATS DE DIMENSIONNEMENT .....	83
TABLEAU VIII-7 : LES SURFACES DES SOUS-BASSINS VERSANTS .....	84
TABLEAU VIII-8 : COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT.....	84
TABLEAU VIII-9 : DETERMINATION DES DEBUTS D’APPORTS .....	84
TABLEAU IX-1: VALEURS LIMITES DES RAYONS DU TRACE EN PLAN.....	89
TABLEAU IX-2: ENCHAINEMENT DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN .....	90
TABLEAU IX-3 : LES VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DU PROFIL EN LONG SONT LES SUIVANTES .....	91
TABLEAU IX-4 : LES LARGEURS DES COMPOSANTES DU PROFIL EN TRAVERS SONT LES SUIVANTES .....	91
TABLEAU IX-5 : PENTE TRANSVERSALE D’UNE BRETELLE.....	91
TABLEAU IX-6 : LES PRINCIPALES DISTANCES DE VISIBILITE (SETRA) : .....	95
TABLEAU X-1 : LES OUVRAGES AU NIVEAU DU TRACE .....	97
TABLEAU X-2 : LES AVANTAGES ET LES INCONVENIENTS DE PONT A POUTRE EN BETON PRECONTRAINTES.....	99
TABLEAU X-3 : LES AVANTAGES ET LES INCONVENIENTS D’UN PONT MIXTE BIPOUTRE.....	99
TABLEAU X-4 : LA SOLUTION TECHNIQUE RETENUE.....	100
TABLEAU XI-1 : LARGEUR DES LIGNES .....	103
TABLEAU XI-2 : LES CARACTERISTIQUES DES LIGNES LONGITUDINALES .....	103
TABLEAU XI-3 : LES CARACTERISTIQUES DE MODULATION DES LIGNES DISCONTINUES.....	104
TABLEAU XI-4 : SCHEMA DE DIFFERENTS PANNEAUX DE SIGNALISATION.....	108
TABLEAU XIII-1: VOLUME DE BETONNE ARMES DES DALOTS .....	116
TABLEAU XIII-2 : DEVIS DE MARQUAGE SUR LA CHAUSSEE.....	117
TABLEAU XIII-3 : LE DEVIS TOTAL DE NOTRE PROJET .....	118

## LES FIGURES

FIGURE I-1: TRACE DE LA 3EME ROCADE D'ALGER .....	2
FIGURE I-2: PHOTO SATELLITAIRE DU TRACE DE LA 3EME ROCADE D'ALGER.....	3
FIGURE II-1: RECAPITULATIF DES PRINCIPALES DISTANCES DE VISIBILITE.....	6
FIGURE II-2 : PARAMETRES GEOMETRIQUES DE L'AUTOROUTE .....	7
FIGURE III-1: COEFFICIENT D'EQUIVALENCE [P] .....	10
FIGURE III-2 : VALEURS DE <b>K1</b> .....	11
FIGURE III-3 : VALEURS DE CAPACITE THEORIQUE <b>Cth</b> .....	11
FIGURE III-4 : TABLEAU RECAPITULATIF DU RESULTAT.....	14
FIGURE VI-1 : LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN .....	17
FIGURE VI-2 : RACCORDEMENT CIRCULAIRE ENTRE DEUX ALIGNEMENTS .....	19
FIGURE VI-3 : SCHEMA ILLUSTRATIF D'UN RAYON CONVEXE.....	23
FIGURE VI-4 : PROFIL EN REMBLAI .....	26
FIGURE VI-5 : PROFIL EN DEBLAI .....	27
FIGURE VI-6 : PROFIL MIXTE .....	27
FIGURE VI-7 : CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES DES REFUGES .....	29
FIGURE IV-1 : CARTE GEOLOGIQUE DE LA REGION D'ALGER, ÉCHELLE ORIGINALE : 1/500 000 .....	34
FIGURE IV-2 : ABAQUE DE CLASSIFICATION GTR.....	41
FIGURE IV-3 : POUR LA CLASSIFICATION DES SOLS FINS .....	43
FIGURE IV-4 : ABAQUE DE CASAGRANDE.....	43
FIGURE IV-5 : POUR LA CLASSIFICATION DES SOLS GRENUS .....	44
FIGURE IV-6: GLISSEMENT PLAN .....	48
FIGURE IV-7 : GLISSEMENT ROTATIONNEL SEMPLE.....	48
FIGURE IV-8 : GLISSEMENT ROTATIONNEL COMPLEXE .....	49
FIGURE IV-9 : VERIFICATION DE LA STABILITE DU DEBLAI.....	51
FIGURE IV-10 : VERIFICATION DE LA STABILITE DU REMBLAI .....	52
FIGURE V-1 : LES ELEMENTS DE CHAUSSEE.....	54
FIGURE V-2 : POSITION DU PROJET DANS LA CARTE CLIMATIQUE DE L'ALGERIE (FASCICULE 1).....	57
FIGURE V-3 : CHOIX DE DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE (FASCICULE3).....	62
FIGURE V-4: LES RESULTATS DE CALCUL QUI OBTIENT PAR ALIZE-LCPC .....	65
FIGURE V-5 : LES RESULTATS DE CALCULEES QUI OBTIENT PAR ALIZE-LCPC.....	66
FIGURE VII-1 : POSITIONS DES SECTIONS DANS UN PROFIL EN LONG D'UN TRACE DONNE .....	69
FIGURE VII-2 : CALCUL DE VOLUME DE REMBLAI.....	71
FIGURE VIII-1 : DISPOSITIF D'ASSAINISSEMENT.....	74
FIGURE VIII-2 : LES BASSINS VERSANT PAR GLOBALE AMPERE.....	76
FIGURE VIII-3 : SECTION TRANSVERSALE D'UN DALOT.....	81
FIGURE VIII-4 : SECTION TRANSVERSALE D'UNE BUSE .....	82
FIGURE VIII-5 : SECTION TRANSVERSALE DE FOSSE .....	85
FIGURE IX-1 : LES DIFFERENTS TYPES D'ECHANGEUR.....	88
FIGURE IX-2 : LES TYPES DE BRETTELLE .....	89
FIGURE IX-3 : LA LONGUEUR DE CLOTHOÏDE EN FONCTION DU RAYON (ICTAVRI) .....	90
FIGURE IX-4 : DISPOSITIF D'ENTREE DE L'AUTOROUTE (ECTAAL) .....	92
FIGURE IX-5 : DISPOSITIF DE SORTIE DE L'AUTOROUTE (ECTAAL) .....	92
FIGURE IX-6 : LONGUEURS DE DECELERATION/D'ACCELERATION (ECTAAL) .....	93

FIGURE IX-7: VISIBILITE SUR UNE ENTREE D'AUTOROUTE (SETRA) .....	94
FIGURE IX-8 : VISIBILITE SUR UNE ENTREE D'AUTOROUTE (SETRA) .....	94
FIGURE IX-9 : CONCEPTION DE NOTRE ECHANGEUR .....	95
FIGURE X-1 : LES DIMENSIONS DES OUVRAGES D'ART .....	97
FIGURE XI-1 : LES LIGNES LONGITUDINALES .....	104
FIGURE XI-2 : LES LIGNES DE SEPARATION DES VOIES .....	104
FIGURE XI-3 : SCHEMA DE LIGNE TRANSVERSAL .....	105
FIGURE XI-4 : FLECHE DE RABATTEMENT .....	105
FIGURE XI-5 : FLECHES DIRECTIONNELLES .....	106
FIGURE XI-6 : FLECHES CONVERGENCE ET DIVERGENCE.....	106

## Liste des abréviations

**APD** : Avant-projet détaillé.

**BBME** : béton bitumineux à module élevé.

**EME** : enrobé à module élevé.

**RAHP** : Rocade Autoroutière des Hauts Plateaux.

**RN** : route nationale.

**PK** : point kilométrique.

**ICTAAL** : Instruction sur les Condition Techniques d'Aménagement Des Autoroutes de Liaisons.

**TJMA** : trafic journalier moyen annuelle.

**U.V.P** : unités de véhicules particuliers.

**PL** : poids lourds.

**CTTP** : Organisme National de Contrôle Technique des Travaux Publics.

**TPC** : terre pleine centrale.

**BDG** : bande dérasée gauche.

**BM** : bande moyenne.

**BAU** : bande d'arrêt d'urgence

**BDD** : bande dérasé droite.

**GTR** : guide de terrassement routier.

**SETRA** : service d'études techniques des routes et autoroutes.

**LCPC** : laboratoire centrale des ponts et chaussées.

**SPT** : Essais de pénétration standard.

**CBR**: California - Bearing – Ratio.

**BB** : béton bitumineux.

**GB** : grave bitumineux.

**GNT** : grave non traitée.

**BV** : bassin versant.

**GS** : glissière de sécurité.

---

---

# INTRODUCTION GENERALE

---

---

### Introduction Générale

En Algérie, le ministère des travaux publics a une mission cruciale : élaborer une politique routière et autoroutière en cohérence avec le schéma national d'aménagement du territoire (SNAT). Face à la saturation croissante des routes existantes, due à l'augmentation du parc automobile, la direction des travaux publics a opté pour des investissements dans de nouvelles infrastructures routières. Ces nouveaux axes et liaisons visent à soulager la congestion routière et à faciliter les déplacements vers les destinations désirées.

Ces dernières années, le secteur de transport en Algérie a enregistré une croissance significative, englobant les domaines routier, ferroviaire, maritime et aérien. Cette expansion se caractérise par l'amélioration et l'expansion des infrastructures. Le réseau routier en particulier a connu un développement notable, avec des progrès dans toutes les catégories, des chemins de Wilaya (CW) aux autoroutes. Il demeure ainsi le principal moyen de transport dans le pays depuis plusieurs années.

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

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

# CHAPITRE I

---

## PRESENTATION DU PROJET

---

### I.1 Présentation du projet

Le tracé s'étend sur une distance d'environ 160 km, dans un Axe est-ouest, au sud d'Alger. Il traverse cinq wilayas : Tipaza, Blida, Alger, Boumerdès et Tizi-Ouzou. il prend origine à l'ouest de Sidi Rached sur les côtes de Djebel El Bitri et se termine sur la RN 12 à l'ouest de Tizi-Ouzou ; Situé dans la plaine de la Mitidja, le projet est implanté dans la wilaya de Tipaza dont une grande partie de la wilaya de Blida.

Finalement, dans la région de Boumerdès, le tracé demeure situé au cœur de la wilaya. Il s'installe sur les contreforts de l'Atlas tellien en évitant les reliefs trop marqués.

La 3ème rocade d'Alger présente les caractéristiques d'une autoroute de (2 x 2 voies), séparée par un TPC de 12 mètres de large, permettant un élargissement ultérieur à trois voies par direction (2 x 3 voies). Elle est équipée d'une structure de chaussée souple avec un revêtement en béton bitumineux, avec une largeur de plateforme de 35,0 mètres.

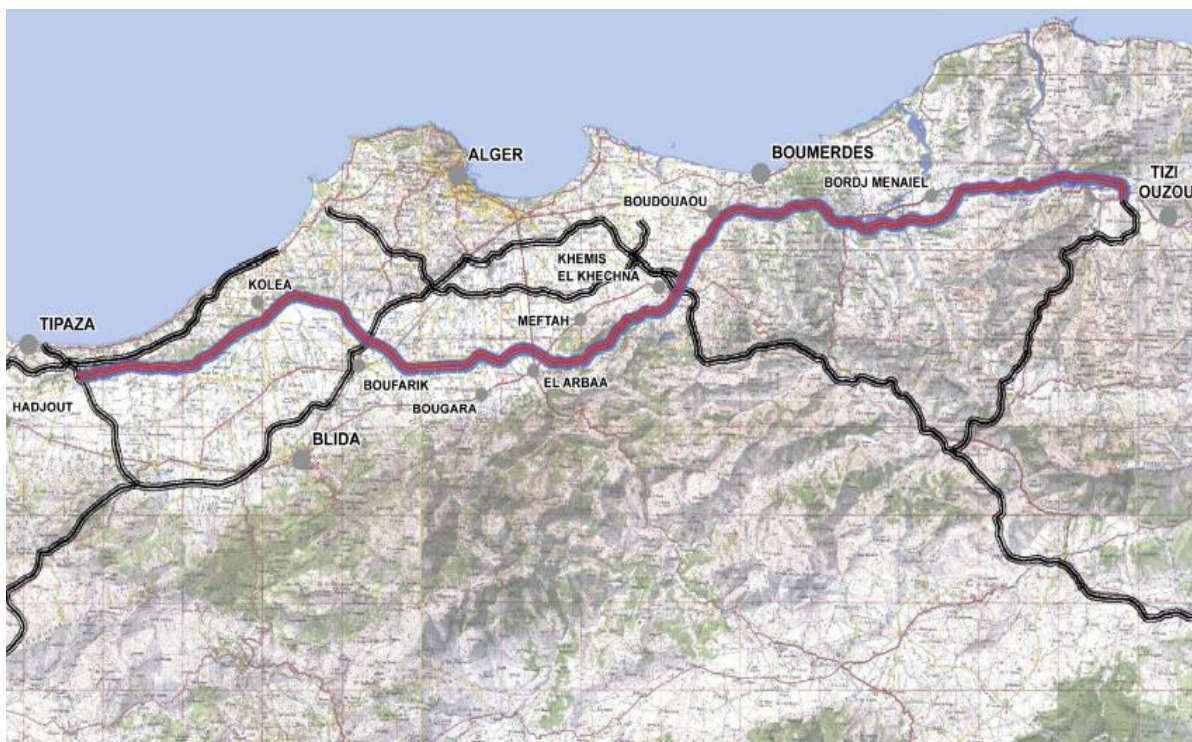


Figure I-1: Tracé de la 3ème Rocade d'Alger

## I.2 Localisation du projet

Le tracé débute en suivant le bord du Sahel sur 36 km, puis se dirige vers le sud après la cluse du Mazafran (Sidi Abdallah), traversant la plaine de la Mitidja sur environ 20 km jusqu'à l'entrée nord de Boufarik. Il continue vers l'est à travers la plaine de la Mitidja jusqu'au PK68, puis traverse la zone montagneuse au sud de Meftah après Larbaa, rejoignant le sud de Khemis Khechena. Ensuite, il prend une direction nord-est jusqu'à l'emprise de la deuxième Rociade entre Khemis Khechena et Kharrouba sur environ 9 kilomètres. En passant par les monts de Thénia et la plaine de Si Mustapha, il rejoint l'emprise la RN12 près de Naciria. De là, il se dirige vers la plaine de Tademaït, longeant la rive gauche de l'Oued Sébaou jusqu'à Sidi Naamane, puis traverse à nouveau l'Oued Sébaou pour atteindre Draa Benkhedda et l'échangeur de la pénétrante de Tizi-Ouzou.

### Encadrement géologique :

Le profil en long géologique peut être divisé en 7 sections principales.

- (PK0+00 au PK36+00) Retombée Sud du Sahel d'Alger ;
- (PK36+00 au PK68+00) plaine de la Mitidja centrale ;
- (PK68+00 au PK84+000) Mont Sud de Meftah ;
- (PK84+00 au PK 102+00) Khemis El Khechena - Ben Marzouga ;
- (PK102+00 au PK110+00) Reliefs de Benmerzouga - Koudiet Taourirth ;
- (PK110+00 au PK116+00) Mont de Thénia ;
- (PK116+00 au PK159+170) Si Mustapha - Draa BenKhedda.

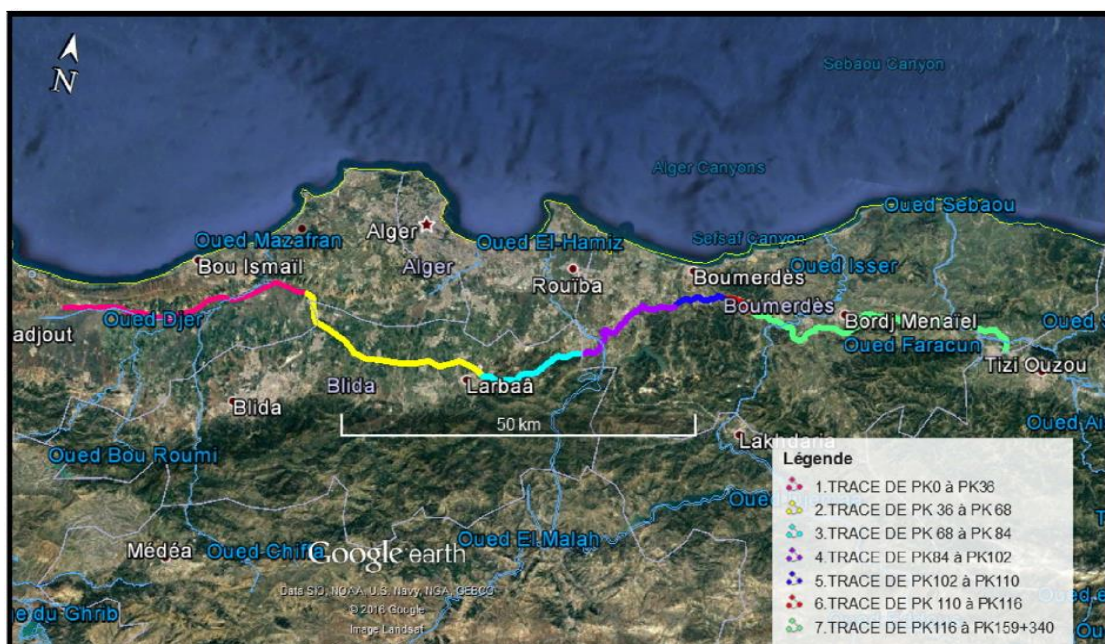


Figure I-2: Photo satellitaire du tracé de la 3ème Rociade d'Alger

## CHAPITRE II

---

## DONNEES DE BASE

---

### II.1 Objectif

L'Objectif de ce chapitre consiste à exposer les normes géométriques qui ont servi de fondement à l'approfondissement de l'APD. Ces normes ont fait l'objet d'une discussion approfondie dans le cadre de ce projet.

Pour la conception géométrique nous avons utilisé La norme ICTAAL 2000 (Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison).

### II.2 L'objectif de L'ICTAAL 2000 et domaine d'application

L'ICTAAL se concentre sur la planification et la construction des autoroutes interurbaines, qu'il s'agisse de nouvelles infrastructures ou d'aménagements sur les réseaux existants. Dans cette instruction, le terme "autoroute" désigne une route à chaussées séparées comportant au moins deux voies en section courante, distincte de son environnement et avec des carrefours dénivelés.

Cependant, l'ICTAAL ne s'applique pas aux autres types de routes principales, tels que les routes express à une voie, les artères, les circulations interurbaines et les routes classiques mentionnées dans le guide d'aménagement des routes classiques (A.R.P.). De même, elle ne concerne pas les routes à chaussées séparées avec une seule voie de circulation et des créneaux de déviation.

Les autoroutes en milieu urbain, considérées comme des voies rapides urbaines, sont soumises à l'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (L.C.T.A.V.R.U.), même lorsqu'elles font partie d'un réseau interurbain. Cependant, il est recommandé d'appliquer les principes de l'ICTAAL dans les zones périurbaines lorsque le caractère urbain présent ou futur de la voie est limité.

### II.3 Choix de catégorie

L'ICTAAL propose deux catégories de vitesse de référence pour les autoroutes, selon l'article 1.2 du circulaire 2 décembre 2000

- **La catégorie L1** est adaptée aux zones de plaine ou vallonnées où les contraintes de relief sont modérées.
- **La classe L2** est plus appropriée pour les sites de relief plus difficiles, en raison des conséquences économiques et environnementales qu'elle entraîne.

Le présent projet est de **catégorie L2**.

## II.4 Vitesse de base

La vitesse de base est l'élément essentiel pour définir les paramètres géométriques d'un itinéraire et établir la corrélation entre ces paramètres ; elle varie en fonction de la catégorie. Selon l'ICTAAL, notre projet se trouve dans la catégorie L2, ce qui signifie que la vitesse maximale de base est de **110 km/h**.

## II.5 Visibilité

### II.5.1 Disposition conventionnelle

- **Point d'observation** : L'œil du conducteur de véhicule léger est placé à une hauteur de  $I_m$  du sol et à 2m du bord droit de la voie.
- **Point observé** : L'emplacement observé est le moins contraignant des deux feux arrière, situé à une hauteur de 0,6m du sol et à une distance de  $I_m$  et de 2,5m du bord droit de la voie en question.

### II.5.2 Règle de visibilité

La distance de visibilité à chercher correspond à la distance à laquelle un véhicule arrêté sur sa voie est visible depuis l'arrière. Il est également nécessaire de garantir cette distance d'arrêt lorsqu'on se rapproche de points ou de zones qui présentent un risque spécifique de ralentissement ou de retenue des véhicules (réduction du nombre de voies, points d'accès, gares de péage...).

### II.5.3 Distance d'arrêt $D_a$ :

La distance d'arrêt est constituée de la distance de freinage, qui correspond à la distance parcourue pendant l'action de freinage, multipliée par la distance parcourue pendant le temps de perception-réaction.

$$D = V^2 / (2g (\gamma (v)P) + 2V$$

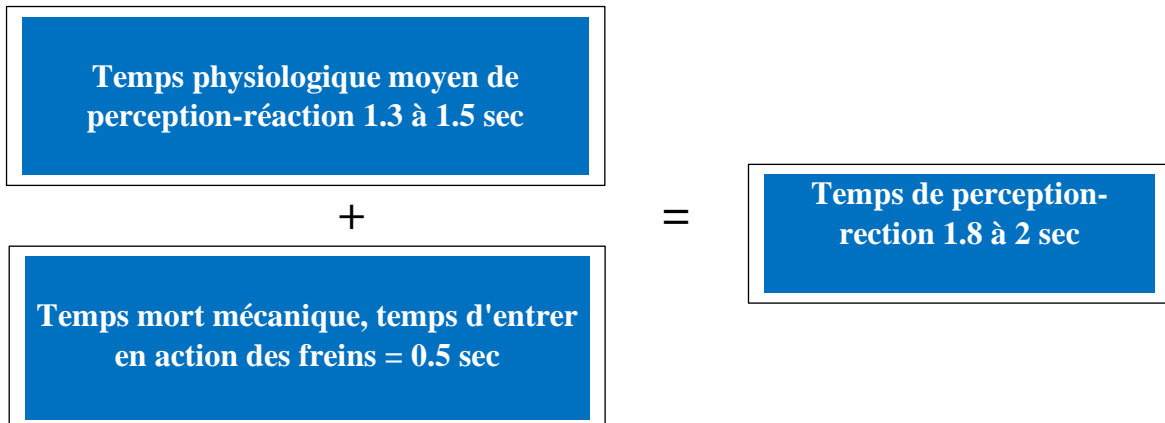
- V en m/s.
- $\gamma (v)$  : décélération moyenne exprimée en fraction de g, elle dépend de V.
- P : la déclivité, en valeur algébrique.

**Figure II-1: Récapitulatif des principales distances de visibilité**

Vitesse (Km/h)	V	50	70	90	110	130
Décélération moyenne	$\gamma(v)$	0.46	0.44	0.40	0.36	0.32
Distance d'arrêt ( $p=0$ )	$d_a$	50	85	130	195	280
Distance de manœuvre en sortie	$d_{ms}$	85	120	150	185	220

### II.5.4 Temps de Perception -Réaction

Le temps de perception - réaction est le temps nécessaire au conducteur pour prendre en toute situation les mesures nécessaires à sa sécurité ; la durée de ce temps est conditionnée par les caractéristiques environnementale du conducteur et du véhicule. C'est le temps nécessaire pour la mise en œuvre du dispositif de freinage lors d'une situation imprévue et celle des autres exigeant un ralentissement ou un arrêt.



On choissons un temps de Perception -Réaction 2 sec

Figure II-2 : Paramètres géométriques de l'autoroute

Désignations des paramètres	Catégorie	
Vitesse de référence V (km/h)	130 (L1)	110 (L2)
<b>Tracé en plan</b>		
Rayon minimum absolu Rm (m)	600	400
Rayon minimum non déversée Rnd (m)	1000	650
Rayon minimum sans courbe de transition R (m)	1500	975
Longueur minimum de clothoïde Ls (m)	Max (14 Δδ  ; R/9)	
<b>Profil en long</b>		
Déclivité maximum P (%)	5	6
Déclivité minimum P (%)	0.5	0.5
Rayon minimal de raccordement convexe Rv (m)	12500	6000
Rayon minimal de raccordement concave Rv (m)	4200	3000
<b>Profil en travers</b>		
Nombre de voies de chaque chaussée	N	2 à 4
Largeur de voie	L(m)	3.5
Dévers minimum	d (%)	2.5(-)
Dévers maximum	d (%)	7

## CHAPITRE III

---

# CALCUL DU TRAFIC

---

### III.1 Introduction

L'étude de trafic est une étape très importante et une phase fondamentale d'aménagement de l'infrastructure du transport. Elle permet de déterminer les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voies et types d'échanges jusqu'au dimensionnement du corps de la chaussée qui nécessite la connaissance du trafic moyen journalier annuel (TMJA) ainsi que sa répartition sur les différentes catégories des véhicules. L'étude du trafic est constituée des étapes suivantes :

- Reconstitution de la situation actuelle.
- Prévisions du trafic.
- Modélisation, simulation et évaluation de la rentabilité socio-économique du contournement.
- Les statistiques générales.
- Le comptage sur route « manuel ou/et bien automatique ».
- Une enquête de circulation.

### III.2 Définition de l'étude du trafic d'un projet routier

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

### III.3 Les différents types du trafic

On distingue quatre types de trafics :

#### III.3.1 Trafic normal

- C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en compte le nouveau projet.

#### III.3.2 Trafic induit

- C'est le trafic qui résulte : Des nouveaux déplacements qui s'effectuent en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier et qui ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
- Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due à une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

### III.3.3 Trafic total

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

### III.4 Calcul de TJMA à l'année horizon

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

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

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

### III.5 Calcul du trafic effectif

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

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

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

Figure III-1: coefficient d'équivalence [P]

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

### III.6 Débit de pointe horaire normale

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

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

- n** : généralement 8 heures.
- Q** : débit de pointe horaire exprimé en (UVP/h).

### III.7 Débit horaire admissible

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

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

- K<sub>1</sub>** : coefficient lié à l'environnement.
- K<sub>2</sub>** : coefficient de réduction de capacité.
- C<sub>th</sub>** : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Figure III-2 : valeurs de **K<sub>1</sub>**

Environnement	E1	E2	E3
<b>K<sub>1</sub></b>	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau III.3 : valeurs de **K<sub>2</sub>** :

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

Figure III-3 : valeurs de capacité théorique **C<sub>th</sub>**

Type	Capacité théorique <b>C<sub>th</sub></b> (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

### III.8 Calcul du nombre de voies

#### 1-cas d'une chaussée bidirectionnelle

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

#### 2-cas d'une chaussée unidirectionnelle

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

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

D'où :

- **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.

### III.9 Application au projet

#### III.9.1 Les données de trafic :

- Le trafic à l'année 2016 :  $TJMA_{2016} = 14570$  v/j/sens.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic  $\tau = 3.08\%$ .
- La vitesse de base sur le tracé  $V_b = 110$  Km/h
- Le pourcentage de poids lourds  $Z = 3.01\%$ .
- L'année de mise en service **2028**.
- La durée de vie du projet : **20ans**.
- Notre terrain est **vallonné** ce qui nous donne un environnement **E2**, Le coefficient d'équivalence de poids lourd : Pour une route à bonne caractéristique et un environnement E3 on a **P=6**.
- Les coefficients correcteurs : **K1=0.85** pour E2. **K2= 0.99** pour E2 et C1.
- La capacité théorique :  **$C_{th} = 1800$  (uvp/h)** (E2, C1 et pour deux chaussées séparées à 2 voies).

### III.9.2 Calcul :

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

$$TJMA_{2022} = TJMA_{2016}(1 + 0.0308)^{12} = TJMA_{2028} = 14570(1 + 0.0308)^6 = 20968 \text{ (véh/j/sens)}$$

$$TJMA_{2028} = 20968 \text{ (véh/j/sens)}$$

#### III.9.2.2 TJMA a l'année horizon [2048] :

$$TJMA_{2048} = TJMA_{2028}(1 + 0.03)^{20} = TJMA_{2048} = 17479(1 + 0.0308)^{20} = 38463 \text{ (véh/j/sens)}$$

$$TJMA_{2048} = 38463 \text{ (véh/j/sens)}$$

#### III.9.2.3 Trafic effectif :

$$T_{eff} = TJMA_n[(1 - Z) + PZ] \text{ Avec } P=6 \text{ et } Z= 11.3\%.$$

D'où

$$T_{eff2028} = 20968 [(1 - 0.113) + 6 \cdot 0.113] = 32815 \text{ (uvp/j/sens).}$$

$$T_{eff2048} = 38463 [(1 - 0.113) + 6 \cdot 0.113] = 60195 \text{ (uvp/j/sens).}$$

Donc :

$$T_{eff2028} = 32815 \text{ (uvp/j/sens).} \quad \text{et} \quad T_{eff2048} = 60195 \text{ (uvp/j/sens).}$$

#### III.9.2.4 Débit de pointe

$$n=8 \rightarrow \frac{1}{n} = 0.12 \text{ donc } Q = 0.12 \times T_{eff}. \text{ (Référence B40).}$$

$$Q_{2022} = 0.12 \times T_{eff2022} = 0.12 \times 32815 = 3938 \text{ (uvp/h).}$$

$$Q_{2042} = 0.12 \times T_{eff2042} = 0.12 \times 60195 = 7224 \text{ (uvp/h).}$$

Donc :

$$Q_{2028} = 3938 \text{ (uvp/h)}$$

$$Q_{2048} = 7224 \text{ (uvp/h)}$$

#### III.9.2.5 Débit admissible

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

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

#### III.9.2.6 Nombre des voies

$$N = \frac{S \times Q}{Q_{adm}} = \frac{2}{3} \times \frac{7224}{1515} = 3.18$$

Donc on prend nombre de voies **3 par chaussée.**

### III.9.2.7 Calcul de l'année de saturation

On a  $Q_{adm} = 1515(\text{uvp/h})$  et  $Q_{2028} = 3938(\text{uvp/h})$ .

$$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm}.$$

Donc :

$$Q_{saturation} = 4 \times 1515 = 6060(\text{uvp/h})$$

$$Q_{saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2022} \rightarrow (1 + \tau)^n = \frac{Q_{saturation}}{Q_{2028}} \rightarrow (1 + \tau)^n = \frac{6060}{3938} = 1.54$$

$$n = \frac{\ln(1.54)}{\ln(1+0.0202)} = 21 \text{ ans}$$

Donc l'année de saturation est : 2049

Figure III-4 : tableau récapitulatif du résultat.

$TJMA_{2028}$ (v/j/sens)	$TJMA_{2048}$ (v/j/sens)	$T_{eff2028}$ (uvp/j)	$T_{eff2048}$ (uvp/j)	$Q_{2028}$ (uvp/h)	$Q_{2048}$ (uvp/h)	Nombre de voies par sens (N)
20968	38463	32815	60195	3938	7224	3

### III.10 Conclusion

Dans notre projet la route sera saturée 21 ans après la mise en service, l'année de saturation est donc 2049.

## **CHAPITRE IV**

---

# **ETUDE GEOMETRIE**

---

### IV.1 Trace en plan

#### IV.1.1 Introduction

- Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche du couloir de la route dans le site concerné.
- Le tracé en plan est une succession de droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau.
- Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

#### IV.1.2 Règles à respecter dans le tracé en plan :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans le B40, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qu'elles nous semblent pertinentes.

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.
- Éviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Éviter au maximum les propriétés privées.
- Éviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- Éviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé.

### IV.1.3 Éléments constituant tracé en plan :

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

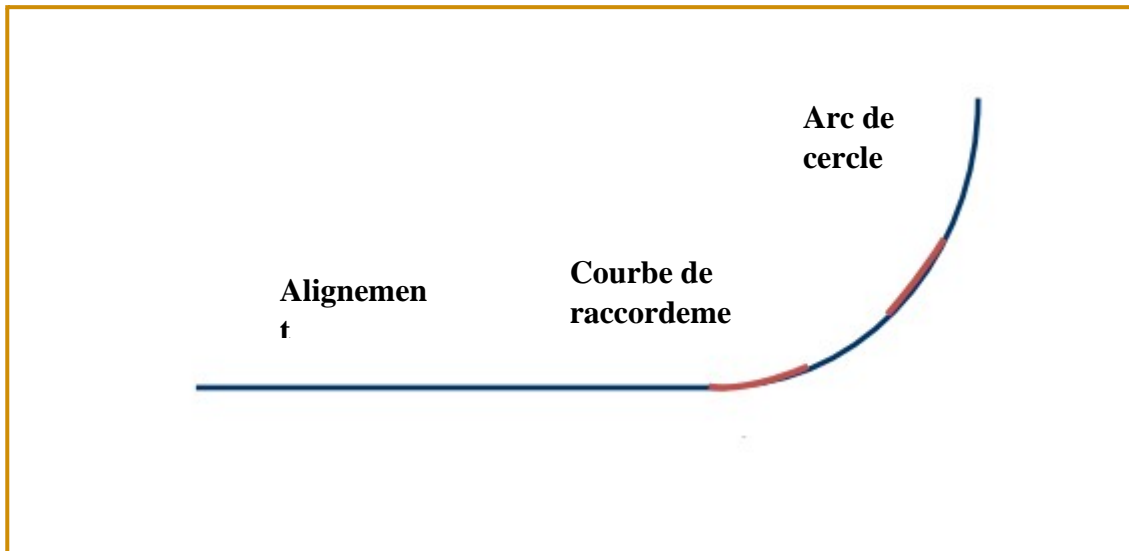


Figure IV-1 : les éléments du tracé en plan

#### IV.1.3.1 Alignements droits

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

Tableau IV-1: Valeurs extrêmes des alignements droits du tracé en plan (ICTAAL 2000)

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

### IV.1.3.2 Les arcs de cercle

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

**Tableau IV-2 : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (ICTAAL2000)**

Type des rayons	Vitesse de référence = 110 (km/h).
Rayon horizontal minimal absolu $R_{min}$ (7%)	400m
Rayon minimal non déversé $R_{Hnd}$ (-2.5%)	650 m
Rayon de courbure minimal (R) sans spirale de transition (Clothoïde)	975 m

### IV.1.3.3 Surlargeur des courbes

- Un long véhicule à 2 essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit.
- Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en

alignement.

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

- L : longueur du véhicule (valeur moyenne L=10m).
- R : rayon de l'axe de la route.

### IV.1.3.4 Les raccordements progressifs

Les courbes de rayon inférieur à 1,5  $R_{nd}$  sont introduites par des raccordements progressifs (Clothoïdes).

Pour assurer les trois conditions suivantes :

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

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

$$\{ 14|\Delta\delta| \text{ et } \frac{R}{9} \} ; [\text{ICTAAL2000}].$$

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

### IV.1.3.5 Enchaînement des éléments du tracé en plan

Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des rayons supérieurs ou égaux à  $1.5 R_{nd}$ , en respectant toujours les conditions de confort et les règles de visibilité.

Comme elles doivent respecter les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après :

- Deux courbes successives doivent satisfaire à la condition « $R_1 \leq 1,5 R_2$ », où  $R_1$  est le rayon de la première courbe rencontrée et « $R_2$ ».

Cette recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent.

- Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins 200 m, si ce n'est pas le cas on utilise l'un des raccordements suivants :
  - ✓ Courbe en C, courbe à sommet, ou la courbe ovale pour deux courbes de même sens.
  - ✓ Courbe en S pour les courbes de sens contraire.

### IV.1.4 Exemple de calcul manuel d'axe du tracé en plan

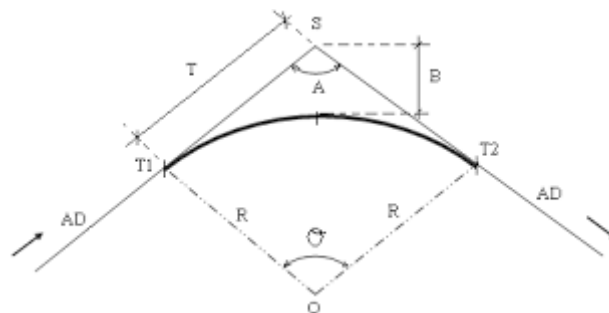


Figure IV-2 : Raccordement circulaire entre deux alignements

Tableau IV-3 : Les points du tracé en plan

Sommets	X(m)	Y(m)	R(m)	VB (km/h)
$S_1$	519173.18	4047817.72	1000	110
$S_2$	520419.34	4047706.49		
$S_3$	520812.49	4048572.58		

Pour notre projet on a :  $1000 \text{ m} > 975 \text{ m} \rightarrow d = -2.5\%$ .

#### IV.1.4.1 Calcul

#### IV.1.4.2 Calcul des gisements

- $\Delta x_{12} = |x_{s2} - x_{s1}| = 1249.16 \text{ m.}$
- $\Delta y_{12} = |y_{s2} - y_{s1}| = 111.23 \text{ m.}$
- $G_{S1}^{S2} = 100 - \text{Arctg} \left( \frac{\Delta y_{12}}{\Delta x_{12}} \right) = 100 - \text{Arctg} \left( \frac{111.23}{1249.16} \right) = 94.91 \text{ (grade).}$
- $G_{S2}^{S1} = 400 - 94.91 = 305.09 \text{ (grade).}$

$$D = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{1249.16^2 + 111.23^2} = 1254.10 \text{ m}$$

- $\Delta x_{23} = |x_{s3} - x_{s2}| = 393.15 \text{ m.}$
- $\Delta y_{23} = |y_{s3} - y_{s2}| = 866.09 \text{ m.}$
- $G_{S2}^{S3} = 100 - \text{Arctg} \left( \frac{\Delta y_{23}}{\Delta x_{23}} \right) = 100 - \text{Arctg} \left( \frac{866.09}{393.15} \right) = 34.41 \text{ (grade).}$
- $G_{S2}^{S1} = 200 + 34.41 = 234.41 \text{ (grade).}$

$$D = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{393.15^2 + 866.09^2} = 951.15 \text{ m}$$

#### IV.1.4.3 Calcul de l'angle $\gamma$

- $\gamma = G_{S2}^{S1} - G_{S2}^{S3} = 305.09 - 234.41 = 70.68 \text{ grade.}$

#### IV.1.4.4 Calcul de tangente T

$$T = R \times \tan \left( \frac{\gamma}{2} \right) = 1000 \times \tan \left( \frac{70.68}{2} \right) = 709.12 \text{ m.}$$

#### IV.1.5 Calcul des coordonnées des points de tangente

$$\beta = 11.5 \text{ gr}$$

- $X_{KA1} = x_{s2} + T \times \sin(\beta) = 520419 + 709.12 \text{ m} \times \sin(11.5) = 520560.3758 \text{ m}$
- $Y_{KA1} = y_{s2} - T \times \sin(\beta) = 4047706 - 709.12 \text{ m} \times \sin(11.5) = 4047564.624 \text{ m}$
- $\theta = 11.01 \text{ gr}$
- $X_{KA2} = x_{s2} + T \times \sin(\theta) = 520419 + 709.12 \text{ m} \times \sin(11.01) = 520554.428 \text{ m}$
- $Y_{KA1} = y_{s2} - T \times \sin(\theta) = 4047706 - 709.12 \text{ m} \times \sin(11.01) = 4047570.572 \text{ m}$

$$L_{arc} = \pi R \left( \frac{\gamma}{200} \right) = \pi \times 1000 \times \left( \frac{70.68}{200} \right) = 1110.24 \text{ m}$$

#### Remarque

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

### IV.2 Profil en long

#### IV.2.1 Introduction

Le profil en long est une coupe longitudinale de terrain, suivant le plan vertical pour l'axe du tracé, il est constitué en général d'une sécession d'alignements raccordés par des courbes circulaires. Le profil fictif est le profil situé au point de rencontre du ligne du terrain naturel est du ligne du projet. Le pourcentage de déclivité dans les rampes pentes est choisir de manière :

- Assurer une circulation, sans gêne pour les poids en limitant la valeur des rampes, si possibles aux valeurs de (B40) ; ou en créant des voies supplémentaires pour celle catégorie de veinules
- Assurer l'assainissement de la plat forme dans les longueurs section en déblais ou dans les zones de devers nul pour création de pentes longitudinale. Pour le profil en long on à deux types de rayons :
- Rayons en angle saillant (au convexe)
- Rayons en angle rentraient (au concave)

#### IV.2.2 Les principes règles respectes pour la trace du linge rouge

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne projet retenue n'est pas arbitraire mais il doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Parmi ces conditions il y a lieu :

- De s'adapter au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux.
- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- D'éviter les angles rentrants en déblai, pour éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Éviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

- Éviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou bien par une combinaison de cercles et arcs courbures progressives de très grand rayon.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

### IV.2.3 Déclivité

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec l'horizontale. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montés.

#### IV.2.3.1 Déclivité minimale

Pour les déclivités minimales en profil en long, il n'est plus imposé en règle générale de valeur minimale, il est nécessaire d'avoir une déclivité :

- Dans les zones de dévers nul, au moins de 0.5% à 1% pour éviter la stagnation des eaux.
- Dans la longue section en déblai ; au moins 0.2% Pour l'ouvrage longitudinal d'évacuation des eaux ne soit pas trop profondément enterré du côté aval.

#### IV.2.3.2 Déclivité maximale

La déclivité maximale dépend de :

- Condition d'adhérence.
- Vitesse minimum de PL (vitesse minimum).
- Condition économique (coût des transports, coût de construction)

### IV.2.4 Valeurs limites

Les paramètres du profil en long doivent respecter les valeurs limites données dans le tableau

**Tableau IV-4: Valeurs limites des paramètres du profil en long**

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

L'utilisation de rayons supérieurs aux rayons minimaux est préconisée si cela n'induit pas de Surcoût sensible. (ECTAL)

### IV.2.5 Coordination du tracé en plan et du profil en long

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

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

Tableau IV-5 : Les caractéristiques de profil en long de notre projet

Catégorie	L2
Déclivité maximale	6%
Déclivité minimale	0.5%
Rayon minimal en angle saillant	6000 m
Rayon minimal en angle rentrant	3000 m

### IV.2.6 Exemple de calcul manuel d’axe de profil en long :

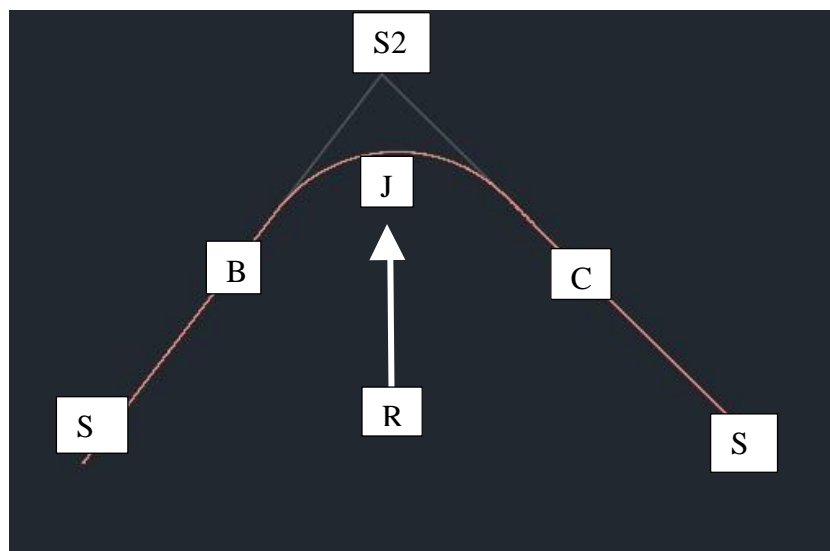


Figure IV-3 : schéma illustratif d’un rayon convexe

Tableau IV-6 : Les points du profil en long :

Sommets	X(m)	Z(m)	R(m)	VB (km/h)
S <sub>1</sub>	4517.72m	246.920m	15000.000	110
S <sub>2</sub>	5893.49m	327.441m		
S <sub>3</sub>	7559.85m	254.527m		

#### IV.2.6.1 Calcul

Calcul des déclivités :

$$\bullet P_1 = \frac{Z_{S_2} - Z_{S_1}}{X_{S_2} - X_{S_1}} = \frac{327.441 - 246.920}{5893.49 - 4517.72} = 0.0585\%$$

$$\bullet P_2 = \frac{Z_{S_3} - Z_{S_2}}{X_{S_3} - X_{S_2}} = \frac{254.527 - 327.41}{7559.85 - 5893.49} = -0.0437\%$$

Calcul des tangentes :

$$\bullet T = \frac{R}{2} \times (|P_1| + |P_2|) = \frac{15000}{2} \times (0.0354 + 0.0248) = 766.5m$$

Calcul de la bissectrice (flèche) BX :

$$\bullet B_X = \frac{T^2}{2 \times R} = \frac{766.5^2}{2 \times 15000} = 19.584(m)$$

Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$\bullet X_B = X_{S_2} - T = 5893.49 - 766.5 = 5126.99m$$

$$\bullet Z_B = Z_{S_2} - T \times P_1 = 327.441 - 766.5 \times 0.0585 = 282.60m$$

✓ B (5126.99m; 282.60m).

$$\bullet X_C = X_{S_2} + T = 5893.49 + 766.5 = 6659.99m$$

$$\bullet Z_C = Z_{S_2} - T \times |P_2| = 327.441 - 766.5 \times |-0.0437| = 293.94m$$

✓ C (6659.99m ; 293.94m)

Calcul de la longueur de raccordement :

$$\bullet L = 2 \times T = 766.5 \times 2 = 1533m$$

Calcul des cordonnées du point J :

$$\bullet X_{J/S_1} = R \times P_1 = 15000 \times 0.0585 = 877.5m$$

$$\bullet Z_{J/S_1} = X_{J/S_1} \times P_1 - \left( \frac{X_{J/S_1}^2}{2 \times R} \right) = 25.66m$$

- $X_J = X_{S2} + X_{J/S1} = 5893.49 + 877.5 = 6770.99\text{m}$
- $Z_J = Z_{S2} - Z_{J/S1} = 327.441 - 25.66 = 301.781\text{m}$

✓ J (6770.99m; 301.781m)

### IV.2.7 Coordination entre la trace en plan et le profil en long

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble afin d'assurer une bonne insertion dans le site.

Outre les objectifs d'intégration dans le site, cette coordination vise également en termes de sécurité à assurer pour l'utilisateur :

- La perception des points singuliers de l'itinéraire.
- La prévision anticipée des évolutions du tracé.
- L'appréciation de l'adaptation au terrain sans être abusé par des trompe-l'œil ou gêné par des brisures ou des discontinuités.

Pour cette approche, il est nécessaire d'utiliser des perspectives qui permettent une synthèse entre les deux éléments en deux dimensions. Les outils informatiques actuels incluent généralement cette fonctionnalité.

L'expérience acquise dans ce domaine permet d'édicter quelques règles simples à respecter :

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un alignement droit en plan ou un à une courbe de très grand rayon.
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, en essayant de respecter la proportion **R vertical** > **6R horizontal**, pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de surcoût sensible.
- Éviter qu'un début de courbe faible (< 300m) se situe en point haut de profil en long car cela entraîne une dégradation de la perception du virage
- Éviter de positionner des carrefours ou accès en point haut, courbes ou zone de visibilité réduite (éventuellement côté externe des courbes non déversées après vérification des conditions de visibilité).

#### Remarque :

Les calculs complets de l'axe du profil en long sont faits à l'aide du logiciel AUTOCAD, CIVIL 3D 2024 et sont joints dans les annexes.

### IV.3 Profil en travers

#### IV.3.1 Introduction

Après les études du tracé en situation et du tracé en élévation qui recherchaient essentiellement l'évolution de l'axe de la route, il s'agit maintenant de définir le 3-ème élément d'un projet routier : le profil en travers.

Le profil en travers d'une route c'est la coupe transversale de la chaussée et de ses Dépendances.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers type » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, ...etc.).

Les profils en travers permettent de calculer les paramètres suivants :

- La position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements.
- L'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel.
- Les cubatures (volumes de déblais et de remblais).

#### IV.3.2 Types de profils en travers

##### IV.3.2.1 Profil en remblai

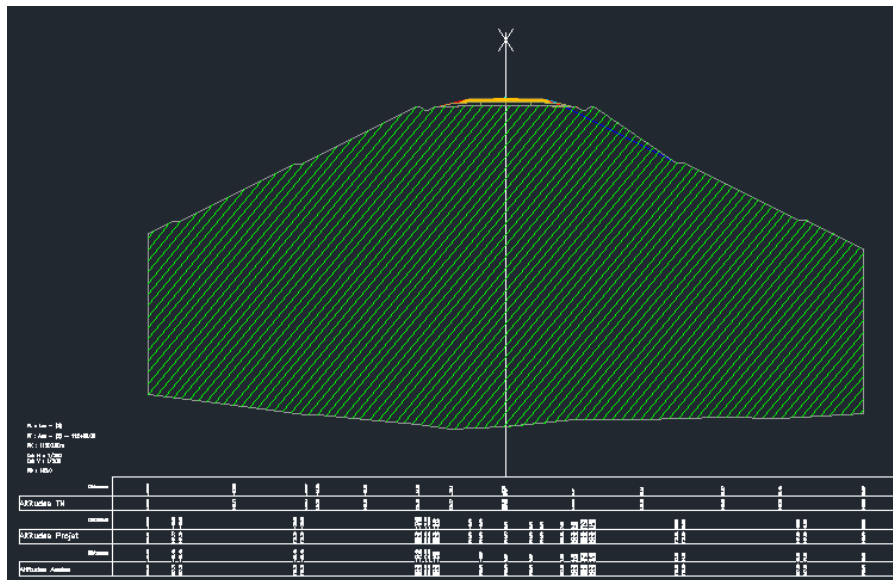


Figure IV-4 : profil en remblai

### IV.3.2.2 profil en déblai

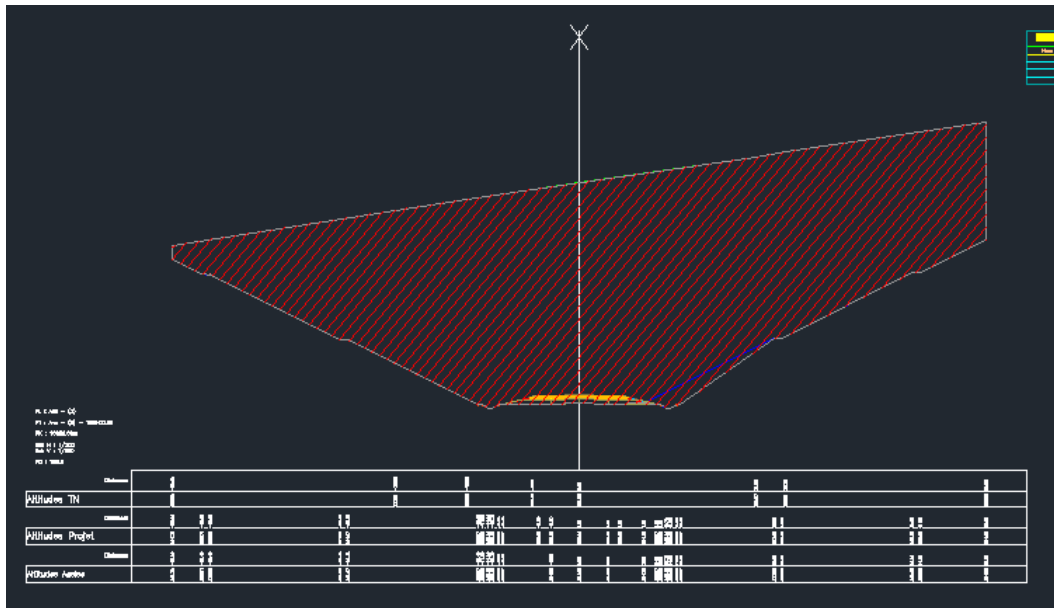


Figure IV-5 : profil en déblai

### IV.3.2.3 profil mixte :

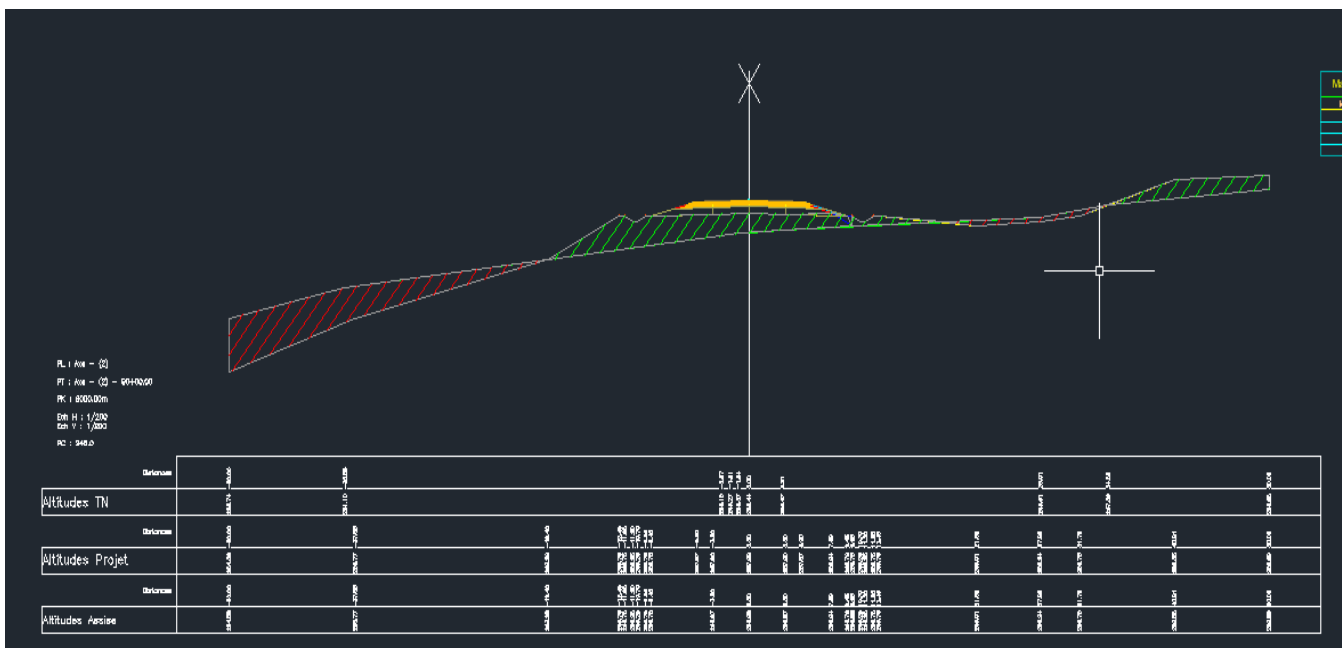


Figure IV-6 : profil mixte

## IV.3.3 Les éléments du profil en traverses

### IV.3.3.1 La chaussée

Après l'étude de trafic, le profile en travers type retenue pour ce projet sera composé du deux chaussée, chaque chaussée est unidirectionnelle (2 voies par chaussée).

### IV.3.3.2 Terre-plein central (T.P.C)

Le terre-plein central a pour fonctions la séparation physique de deux sens de circulation, d'éviter les mouvements de traversée des véhicules et les mouvements de tourne-à-gauche vers les accès éventuels, l'implantation de signalisation ...etc.

Ses caractéristiques dépendent essentiellement du milieu traversé, des fonctions de la route et de la limitation de vitesse, elle est constituée de :

### IV.3.3.3 Bande dérasée gauche (B.D.G)

Elle est destinée à permettre de légers écarts de trajectoire et à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité. Elle contribue dans les courbes à gauche au respect des règles de visibilité. Elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sans dénivellation.

Sa largeur est de 0.5 m.

### IV.3.3.4 Bande médiane (B.M)

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

Sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés.

Si elle est inférieure ou égale à 3 m, elle est stabilisée et revêtue pour en faciliter l'entretien.

### IV.3.3.5 Accotement

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

### IV.3.3.6 La zone de sécurité

La largeur de la zone de sécurité est, à compter du bord de la chaussée, de 8,50 m en déblai, la zone de sécurité ne s'étend pas au-delà d'une hauteur de 3 m.

Dans la zone de sécurité, doit être isolé (sinon exclu), tout dispositif agressif tel :

- Obstacle : arbre, poteau, maçonnerie, support de signalisation directionnelle, paroi rocheuse, appui d'ouvrage d'art...
- Caniveau non couvert.
- Fossé dépassant 50 cm de profondeur, sauf fossé de pente inférieure à 25%.
- Talus de déblai ou un merlon dont la pente dépasse 70%.
- Remblai de plus de 4 m de haut, dont la pente dépasse 25%, ou de plus de 1 m en cas de dénivellation brutale. (Source ICTAVRI).

### IV.3.3.7 La bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)

La B.A.U facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire, l'évitement d'un obstacle sur la chaussée, l'intervention des services de secours, d'entretien et d'exploitation.

Elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée d'une surlargeur de chaussée qui porte le marquage en rive, puis d'une partie dégagée de tout obstacle, revêtue et apte à accueillir un véhicule lourd en stationnement.

Aucune dénivellation ne doit exister entre la chaussée et la B.A.U. (Source ICTAVRI)  
Sa largeur lorsque le trafic poids lourd excède 2 000 v/j (deux sens confondus) est :

$$L_{B.A.U} = 2.5m.$$

### IV.3.3.8 Refuges et postes d'appel d'urgence (P.A.U.)

Des refuges sont aménagés tous les 2 km et, en présence de de B.A.U.

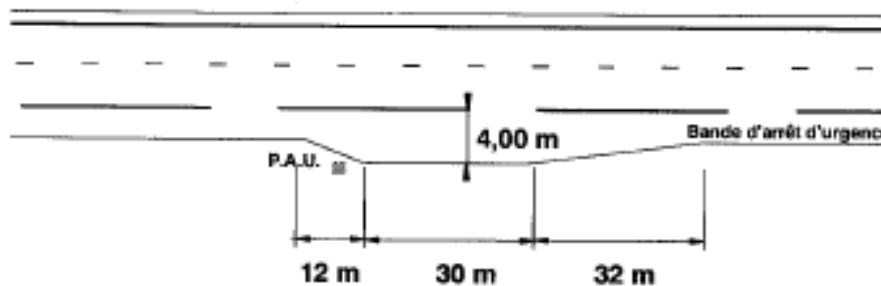


Figure IV-7 : Caractéristiques géométriques des refuges

### IV.3.3.9 La berme

Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisation verticale...).

Sa largeur qui dépend surtout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place est de 1 m minimum.

La berme extérieure présente une pente transversale de 8% qui peut être portée jusqu'à 25% dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement. (Source ICTAVRI).

### IV.3.3.10 Application au projet

Après l'étude de trafic, le profile en travers type retenue pour ce projet sera composé du deux chaussée, chaque chaussée est unidirectionnelle, les éléments constituant ce profil type sont :

- Chaussée :  $2 \times (3 \times 3.5) = 21$  m
- Terre-plein centrale (T.P.C) : 3 m
- Bande dérasée gauche (B.D.G) de  $0.5 \text{ m} \times 2 = 1$  m
- Accotement : (une berme de 1.5 m + Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) de 2.5m)  $\times 2 = 8$  m

La largeur de la plateforme de ce projet est **34 m**.

**Tableau IV-7 : Les dimensions transversales**

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale (m)
Voie de circulation(3x3)	3.5	6	<b>21</b>
Terre-plein centrale (T.P.C).	3	1	<b>3</b>
Bande dérasée gauche (B.D.G).	0.5	2	<b>1</b>
<b>Accotement :</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
-Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U).	2.5	2	5
-La berme.	1.5	3	3
<b>Totale</b>	<b>34m</b>		

### IV.3.4 Pentés transversales

#### IV.3.4.1 Valeurs du dévers

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

### IV.3.4.2 Changement du dévers

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

- **Point de rotation des dévers :**

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

- **Évacuation des eaux de ruissellement :**

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

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

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

### IV.3.4.3 Application au projet

Tableau IV-8 : Application au projet

Dévers en section droite	
Chaussée.	2.5 % vers l'extérieur.
Bande dérasée gauche (B.D.G).	2.5 % vers l'extérieur.
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U).	4% vers l'extérieur.
Berme extérieure.	8% vers l'extérieur.
Dévers en courbe	
Chaussée.	2.5%
Bande dérasée gauche (B.D.G).	2.5%
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U).	4% vers l'extérieur.

## CHAPITRE V

---

# ETUDE GEOTECHNIQUE

---

### V.1 Introduction

La géotechnique routière vise à anticiper la réaction des sols ou des matériaux granulaires. La détermination de celle-ci se fait en effectuant des travaux de reconnaissance le long et autour de la zone étudiée.

L'objectif des travaux de reconnaissance est d'établir la stratigraphie du tracé, de déterminer les caractéristiques géotechniques des matériaux rencontrés pour réaliser le dimensionnement du corps de chaussée, de déterminer la stabilité des talus des déblais et remblais et les conditions de réutilisation des sols fouillés. La reconnaissance géologique et géotechnique était composée de :

- L'analyse des archives et des documents existants
- La mise en place de puits d'exploration et de forages
- L'installation de piézomètres.
- Une série de tests mécaniques sur place.
- Et une batterie de tests en laboratoire.

La géotechnique routière se concentre sur les problèmes liés à la route, dans tous ses aspects. Elle examine notamment :

- Les remblais utilisés.
- Les fondations de la chaussée
- La mise en place des diverses couches de la chaussée.

### V.2 Contexte géologique

L'analyse ou bien l'étude géologique est indispensable afin de déterminer :

- Les caractéristiques géologiques du site choisi pour le projet (stratégiques, structurelles et hydrauliques) ;
- Les éléments qui influencent la stabilité ou l'instabilité des bases géologiques ;
- Les liens entre les éléments géologiques hydrauliques et géotechniques et leurs conséquences sur le projet de construction ;
- Les emplacements des matériaux qui pourraient être utilisés dans la construction (routes, infrastructures, remblais...).

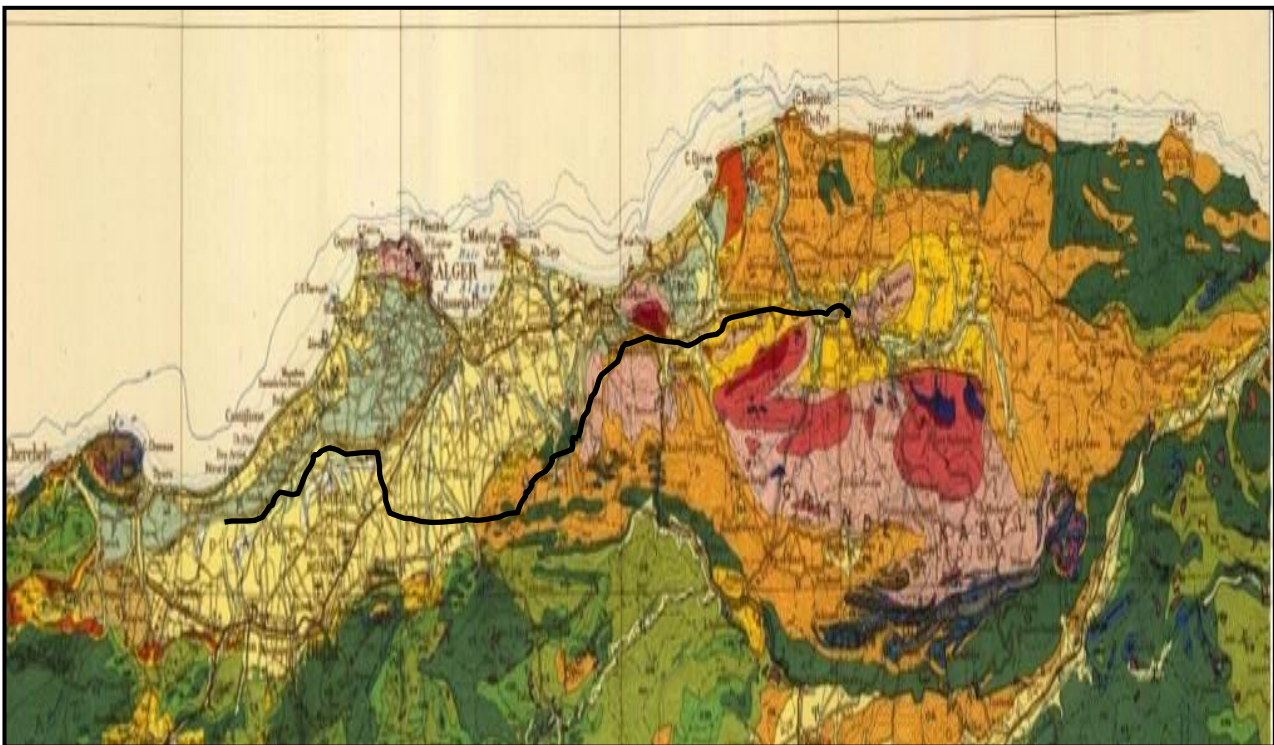


Figure V-1 : Carte Géologique de la Région d'Alger, Échelle originale : 1/500 000

### V.3 Normes et programmes des essais géotechniques

Le présent rapport englobe les résultats des travaux de prospection géotechnique relatifs à la partie route du couloir de la 3ème Rcade d’Alger retenu pour l’APD.

Une campagne de reconnaissance géotechnique a été réalisée par les laboratoires INZAMAC, INGEO et HAMZA INTERNATIONAL durant la période juillet 2015 et août 2016.

Elle a permis de ressortir les logs, les profils pressiométriques et les bulletins individuels de l’ensemble des résultats présentés en annexes.

#### V.3.1 Normes des investigations In Situ

Dans le présent rapport, nous présentons les résultats d’investigations exécutées selon des normes internationales, regroupées dans le tableau (V-1) , afin de caractériser les aspects lithologiques et mécaniques du sol support de la zone d’étude

**Tableau V-2 : Aperçu sur les normes des investigations in situ**

N°	Désignations	Objectifs
1	<b>Puits de Reconnaissance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identification du sol en phase d’APD.</li> <li>▪ Prélèvements des échantillons.</li> <li>▪ Détermination de la portance du terrain. (Essais CBR).</li> </ul>
2	<b>Sondages Pressiométriques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Évaluer les caractéristiques de déformabilité des terrains ainsi que leur Pression limite.</li> </ul>
3	<b>Sondages carottés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identification d’un sol.</li> <li>▪ Distinction des types de formation.</li> <li>▪ Prélèvements des échantillons.</li> </ul>

### V.3.2 Normes des essais de laboratoire

Dans le but de caractériser les sols et roches des formations rencontrées le long du tracé de la 3ème Rocade d’Alger, des essais de laboratoire physiques, chimiques et mécaniques ont été réalisés sur des échantillons prélevés aussi bien des puits de reconnaissance (échantillons remaniés) que des sondages carottés (échantillons intacts et carottes intacts).

**Tableau V-3 : Aperçu sur les normes des investigations au laboratoire**

Essais	Description	Objectif
<b>D’identification</b>  <b>Physico-chimiques</b>	Analyse granulométrique (Tamisage à sec) AG	Répartition pondérale des éléments granulaires d’un matériau des terrassements
	Analyse granulométrique par méthode de sédimentation	Détermination de la distribution pondérale
	Teneur en eau naturelle	Détermination de la teneur en eau d’un matériau.
	Limites d’Atterberg	Détermination de l’argilosité d’un sol
	Teneur en CaSO <sub>4</sub>	Détermination de la teneur en sulfate - Degré d’agressivité du sol
	Teneur en CaCO <sub>3</sub>	Détermination de la teneur en carbonate -Méthode du calcimètre
	Valeur de bleu d’un sol NF	Détermination de l’argilosité d’un matériau
	Détermination de la Masse volumique des particules solides d’un sol	Détermination de la masse volumique moyenne des particules solides de sol
	Masse volumique sèche d’une roche	Détermination de la masse volumique sèche d’un élément de roche

Essais	Description	Objectif
<b>Essais Routiers</b>	Essai Proctor normal	Déterminer la masse volumique sèche d'un matériau et sa teneur en eau correspondante.
	Indice CBR après immersion	Déterminer l'indice portant d'un échantillon de sol compacté dans un moule CBR avec une énergie Proctor Normal
<b>Essais Mécaniques des sols</b>	Essai œdométriques XP	Étudier la compressibilité d'un échantillon de sol
	Essai de cisaillement NF	Mesure des paramètres de résistance au cisaillement rectiligne (cohésion et angle de frottement interne) d'un matériau
<b>Essais mécaniques des roches</b>	Essai Los Angeles (LA)	Mesure de la résistance d'une fraction granulaire à la fragmentation par chocs
	Essai Micro Deval humide (MDE)	Mesure de la résistance d'usure d'une fraction granulaire
	Essai de fragmentabilité (FG)	Mesure de la résistance de la roche sous la charge due au trafic routier
	Essai de dégradabilité (DG)	Qualifier la sensibilité du matériau rocheux aux sollicitations hydriques
	Essai de compression simple	Mesure de la résistance à la compression
	Essai de résistance à la traction	Mesure de la résistance à la traction

V.4 Resultats des investigations géotechniques

Tableau V-4 : les résultats des puits de reconnaissance

N° des Puits	PK	Profondeur réalisée(m)	Lithologie	Formation géologique
F69-R	69+800	Inaccessible	-	-
F70-R	70+456	3,7	Argilite grise verdâtre	Crétacé supérieur à Eocène e1- 2 : Flysch nummulitique
F71-R	70+716	4,1	Argilite grise verdâtre	
F72-R	70+964	3,2	Argile schisteuse verdâtre avec des schistes feuilletés à verdâtre à la base Argilite grise verdâtre	Crétacé inférieur c1-2 : Flysch de Guerrouch
F73-R	71+325	2,2	Argilite grise verdâtre, sables à graves	
F74-R	71+824	2	Argile jaunâtre carbonatée grise verdâtre à graves à la base	
F75-R	72+681	4,2	Argilite grise verdâtre	
F76-R	73+278	2,2	Argilite grise verdâtre	Crétacé inférieur c1-2: flysch de Guerrouch
F77-R	74+959	3,7	Argilite grise verdâtre	Crétacé supérieur à Eocène e1-2 : Flysch nummulitique
F78-R	76+325	3,8	Argilite grise verdâtre	
F79-R	76+675	3,7	Argilite grise verdâtre	
F80-R	77+308	Inaccessible	Argilite grise verdâtre	-
F81-R	77+900	Inaccessible	Argilite grise verdâtre	-
F82-R	79+100	Inaccessible	Argilite grise verdâtre	-
F83-R	79+700	Inaccessible	Argilite grise verdâtre	-
F84-R	80+500	Inaccessible	Argilite grise verdâtre	-

### V.4.1 Résultats des essais au laboratoire

#### V.4.1.1 Les résultats des essais physiques

Les résultats des essais effectués sur les échantillons issus des puits de reconnaissance et des sondages carottés sont données dans les tableaux suivants :

**Tableau V-5 : Les résultats des analyses de laboratoire des échantillons des puits de reconnaissance**

Référence Sondage	Profondeur (m)	Teneur en eau	Analyse granulométrique				Limites d'Atterberg		Valeur au bleu de Méthylène
		W (%)	Dmax	<2mm (%)	<0,08mm (%)	<2 µm (%)	WL (%)	Ip (%)	
F70-R	1,10-	4,69	30	65,59	52,71	32,48	44	24	2,45
F71-R	3,1	7,84	10,5	85,84	37,8	17,64	39	17	2,48
F72-R	1,9	5,03	50,5	56,66	27,02	14,05	38	17	1,58
F73-R	1,2	5,74	40	41,7	23,05	9,93	35	15	1,59
F74-R	1,60-	5,24	100	48,62	37,12	23,21	42	23	2,48
F75-R	3,5	5,18	12	88,02	76,55	26,31	40	17	1,6
F76-R	1,6	6,85	12	86,72	55,41	28,18	37	16	1,59
F77-R	2,2	3,13	5	73,18	44,85	35,14	32	11	1,57
F78-R	3	5,93	80	70,81	36,54	18,56	38	15	2,47
F79-R	3,2	5,62	25	79,24	50,75	25,85	32	13	2

**Tableau V-6 : Les résultats des analyses de laboratoire des échantillons des sondages carottés**

Réf,	Profondeur (m)	Densité apparente	Densité sèche	poids spécifique	Analyse granulométrique				Limites d'Atterberg		Teneur en eau
		$\gamma_h$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	% <5mm	% <2mm	% < 80 $\mu$ m	% < 2 $\mu$ m	Wl (%)	Ip (%)	Wn (%)
SC 19-R Bis	02,00 - 02,25	2,05	1,78	2,71	94,18	87,13	61,88	33,29	38	20	14,91
	13,00 - 13,35	2,22	1,98	2,72	99,2	95,32	83,97	32,61	35	20	11,88
	17,50 - 18,00	2,2	2,01	2,69	94,66	88,95	55,19	26,32	31	15	9,31
SC22-R+SPT	9,00 - 9,40	2,25	2,04	2,69	85,96	83,65	68,85	36,13	44	22	10,05
	12,10 - 12,60	2,28	2,08	2,66	99,36	91,32	63,85	27,62	40	19	9,33
	18,50 - 19,00	2,3	2,1	2,69	99,8	97,65	72,38	31,81	41	21	9,24
SC23-R+SPT	7,00 - 7,40	2,32	2,13	2,63	90,59	88,61	74,22	33,3	36	17	8,45
	17,00 - 17,40	2,27	2,05	2,64	99,19	97,52	43,53	17,5	33	13	10,09
	22,00 - 22,30	2,23	2,04	2,59	94,27	91,55	62,76	26,21	30	12	9,22
SC24-R+SPT	5,00 - 5,30	2,08	1,76	2,6	87,57	80,76	60,24	28,97	39	18	18,11
	10,00 - 10,30	2,16	1,85	2,66	81,72	69,8	50,74	23,61	32	14	16,23
SC26-R+SPT	3,50 - 3,80	2,06	1,81	2,67	87,97	81,38	51,73	23,19	33	13	13,25
	6,65 - 7,00	2,17	1,82	2,66	90,9	79,4	36,91	20,69	35	16	19,29
SC28-R+SPT	16,60 - 17,00	2,02	1,74	2,62	93,47	89,37	69,95	40,4	36	18	15,5
	20,00 - 20,30	2,19	1,93	2,71	97,77	93,41	63,88	37,32	29	13	13,19

### V.4.1.2 Les résultats des essais mécaniques

Tableau V-7 : Les résultats des essais mécaniques

Réf- érence	Profo- - ndeur (m)	Essai de cisaillement		Essai Proctor Normal		Essai Proctor Modifié		Essai CBR imbibé			Essai immédiat CBR			Indice de consistance Ic (%)
		C (Bar)	Φ (degré)	Gdmax (t/m3)	Wopm (%)	Gdma x (t/m)	Wopm (%)	CBR 10c/c	CBR 25c/c	CBR 55c/c	CBR 10c/c	CBR 25c/c	CBR 55c/c	
F70-R	1,10-	92	23,87	1,91	10,36	2,07	6,52				8	19	24	2
F71-R	3,1	0,77	29,91	1,78	16,14	2,07	6,11	0,6	1	1				2
F72-R	1,9	0,24	27,45	1,81	13,95	1,91	10,24							2
F73-R	1,2	0,36	30,59	1,85	10,42	2,11	8,2	1	2	2				2
F74-R	1,60-	0,4	27,82	1,75	13,91	1,91	10,06				7	12	16	2
F75-R	3,5	1,23	23,04	1,93	10,39	2,12	6,22	1	1	1				2
F76-R	1,6	0,83	18,73	1,86	10,03	2,06	6,35	1	1	1				2
F77-R	2,2	0,37	37,73	1,95	10,26	2,12	6,16	2	5	9				3
F78-R	3	0,26	26,54	1,82	8,16	2,05	6,27				10	16	19	2
F79-R	3,2	0,295	0,4	1,96	10,16	2,04	6,09				13	20	30	2

## V.5 Classification des sols (puits de reconnaissance)

### V.5.1 Classification GTR

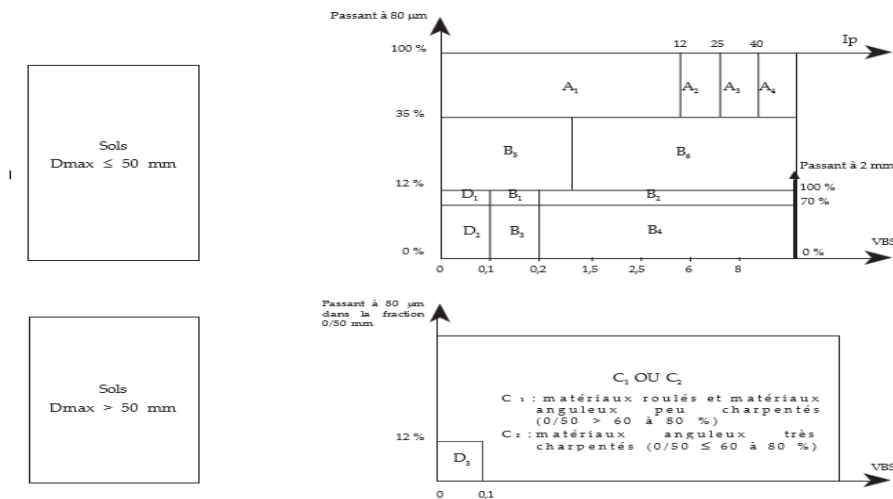


Figure V-2 : Abaque de classification GTR

### V.5.1.1 Exemple de classification GTR

▪ **Classement selon la nature :**

Paramètre de nature premier niveau de classification :

F70-R (PK :70+456):

$D_{max}=30\text{mm} < 50\text{mm}$

Et classe **A** sol fin.

Tamisé à 80  $\mu\text{m}$  =52,71% >35%

Paramètre de nature deuxième niveau de classification :

$VBS=2.45 < 2.5$  sous classe **A<sub>1</sub>**.

▪ **Classement selon l'état hydrique :**

$W_{opn} = 10.36\%$  ;  $W_n = 4.96\%$

$W_n = 4.69\% < 0,7 \times W_{opn} = 7.252\%$  **A<sub>1ts</sub>**.

### V.5.1.2 Résultats de classification GTR

Tableau V-8 : Résultats de classification GTR (puits de reconnaissance)

Référence Sondage	PK	Profondeur(m)	Classification GTR
F70-R	70+456	1,10	<b>A1ts</b>
F71-R	70+716	3,1	<b>A1ts</b>
F72-R	70+964	1,9	<b>A1ts</b>
F73-R	71+325	1,2	<b>B6ts</b>
F74-R	71+824	1,60-	<b>C1A1ts</b>
F75-R	72+681	3,5	<b>A1s</b>
F76-R	73+278	1,6	<b>A1ts</b>
F77-R	74+959	2,2	<b>A1ts</b>
F78-R	76+325	3	<b>C1A1s</b>
F79-R	76+675	3.2	<b>A1ts</b>

### V.6 Classification LCPC

La classification LCPC se base sur les abaques et le diagramme de Casagrande (ou diagramme de plasticité). Elle a l'avantage de nommer les sols par des dénominations concrètes facilitant aux praticiens leur identification à partir d'essais limités. Toutefois, elle ne permet pas de caractériser l'aspect évolutif de certains sols ainsi que l'état des sols de façon générale (teneurs en eau et air) et leurs conditions d'extraction.

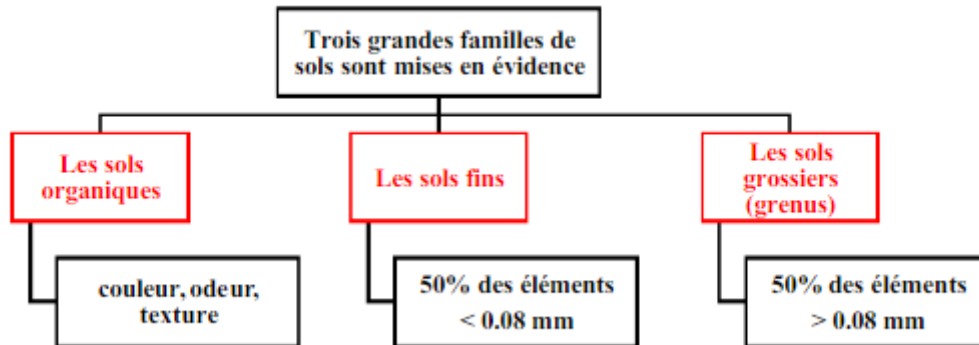


Figure V-3 : Pour la classification des sols fins

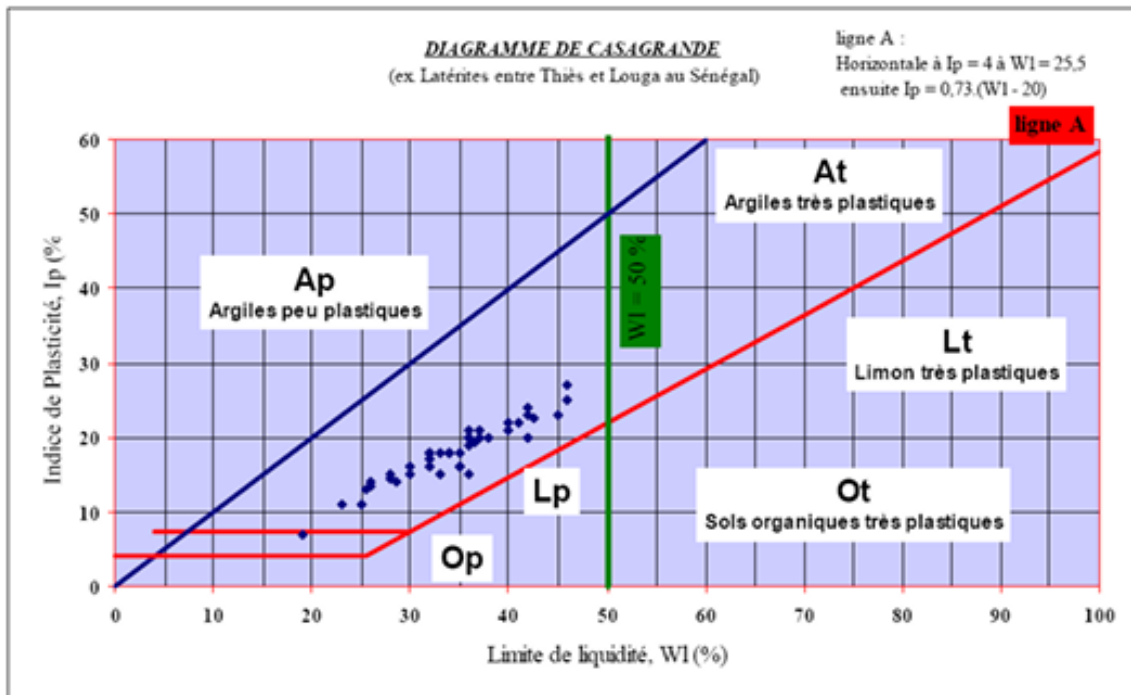


Figure V-4 : Abaque de Casagrande

Source [www.GenieCivilPDF.com](http://www.GenieCivilPDF.com)

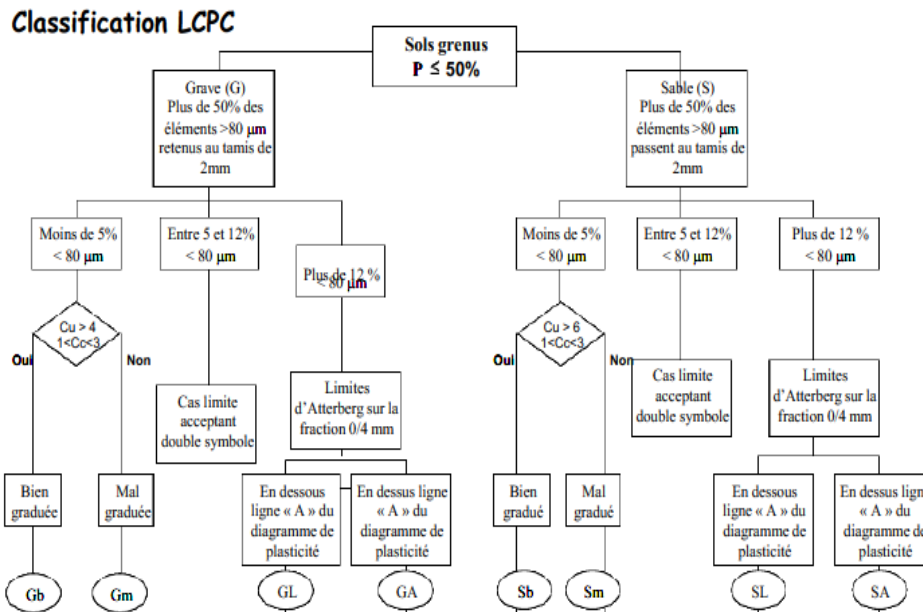


Figure V-5 : Pour la classification des sols grenus

Source www.GenieCivilPDF.com

**V.6.1 Exemple de classification LCPC PK73-R (71+325)**

On a : 58.3% (des éléments > 80 μm) > 50% (retenus au tamis 2mm) ➡ **G** (grave)

23.05% (des éléments < 80 μm) > 12%

WL = 35% et Ip = 15% (abaque de casagrande) ➡ **GA** (grave argileux).

**V.6.2 Résultat de Classification LCPC (puits de reconnaissance)**

Tableau V-9 : Pour la classification des sols grenus

Référence Sondage	PK	Analyse granulométrique		Limites d'Atterberg		Classification LCPC
		<2mm(%)	<0,08mm(%)	WL(%)	Ip (%)	
F70-R	70+456	65,59	52,71	44	24	Ap
F71-R	70+716	85,84	37,8	39	17	SA
F72-R	70+964	56,66	27,02	38	17	SA
F73-R	71+325	41,7	23,05	35	15	GA
F74-R	71+824	48,62	37,12	42	23	GA
F75-R	72+681	88,02	76,55	40	17	Ap
F76-R	73+278	86,72	55,41	37	16	Ap
F77-R	74+959	73,18	44,85	32	11	SA
F78-R	76+325	70,81	36,54	38	15	SA
F79-R	76+675	79,24	50,75	32	13	Ap

### V.7 Conditions d'utilisation des matériaux en remblai

La majorité des matériaux de cette zone (notre projet) sont sensibles à l'eau, avec des valeurs CBR imbibé inférieures à 5, non réutilisable selon le GTR.

La réutilisation de ces matériaux est possible avec un traitement aux liants hydrauliques ou autre méthode (sauf les matériaux de classe CA1s et A1s).

**Tableau V-10 : Conditions d'utilisation des matériaux en remblai**

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code						
					E	G	W	T	R	C	H
CA1s	Ces sols sont difficiles à compacter  L'humidification pour changer d'état exigeant un malaxage au moins grossier du sol peut être rendue difficile par la présence des blocs. Si ce malaxage ne peut être réalisé il convient alors de laisser percoler l'eau à partir de la surface après avoir réalisé une scarification. Dans ce cas il convient d'observer un temps de percolation de plusieurs heures	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas de maîtriser l'humidification des sols nécessaire pour permettre leur utilisation et risquant de conduire rapidement à des excès de teneur en eau	NON						
		+	Pluie faible	<b>Solution 1 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0	0	0	0	0	1	1
				<b>Solution 2 : extraction en couches</b> E : extraction en couches R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1	0	0	0	1	1	2
		=	Ni pluie, Ni évaporation importante	<b>Solution 1 : utilisation en l'état</b> C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0	0	0	0	0	1	1
				<b>Solution 2 : humidification</b> W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage moyen	0	0	4	0	1	2	0
		-	Évaporation importante	<b>Solution 1 : maintien de l'état</b> W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne	0	0	3	0	0	1	2
<b>Solution 2 : humidification</b> W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage intense	0			0	4	0	1	1	0		
A1s	Ces sols sont difficiles à compacter. Il faut au moins éviter de réduire encore leur	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON						
		+	Pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (□ 10 m)	1	0	0	0	1	2	2
				<b>Solution 1 : humidification dans la masse</b> W : humidification pour changement d'état R : régilage en couches minces C : compactage moyen	0	0	4	0	1	2	0
		=	Ni pluie Ni évaporation importante	<b>Solution 2 : emploi en l'état</b> C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (□ 10 m)	0	0	0	0	0	1	2

	teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire.	-	Évaporation importante	<b>Solution 1 : arrosage superficiel</b> W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de faible hauteur (□ 5 m)	0 0 3 0 0 1 1
				<b>Solution 2 : extraction avec arrosage superficiel</b> E : extraction frontale W : arrosage superficiel C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (□ 10 m)	2 0 3 0 0 1 2
				<b>Solution 3 : humidification dans la masse</b> W : humidification pour changement d'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (□ 10 m)	0 0 4 0 1 1 2
<b>A1ts</b>	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> Leur humidification pour les ramener dans l'état s voire m peut être envisagée sous réserve d'une étude spécifique				NON
<b>B6ts</b>	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> Leur humidification pour changer d'état doit être décidée à l'appui d'une étude spécifique				NON
<b>CIA1ts</b>	<b>Sols normalement inutilisables en l'état</b> L'humidification de ces sols pour les ramener au moins à l'état (s) peut être envisagée à l'appui d'une étude spécifique				NON

Source GTR

## V.8 Les dépôts

Il faudra transporter et décharger les matériaux inutilisables ainsi que les terres végétales décapées vers les dépôts. Il est essentiel de faire une distinction entre le dépôt temporaire et le dépôt permanent.

Il sera nécessaire de transporter les couches de terre végétale et de matériaux réutilisables vers des dépôts provisoires, que ce soit pour l'aménagement futur des talus de déblais ou de remblais, ou pour la réutilisation en remblai. Les matériaux qui ne peuvent pas être réutilisés et recouverts doivent être déposés définitivement.

Les dépôts doivent être envisagés autant que possible à proximité du tracé et en priorité sur des terrains publics en premier lieu.

### V.8.1 Les zones de dépôt potentielles des déblais pour la 3ème rocade d'Alger (les plus proche à notre projet PK70-80)

L'objectif est de trouver des endroits adaptés pour stocker les déblais qui ne pourront pas être réutilisés.

Il est nécessaire de trouver des endroits favorables pour les dépôts inutilisables.

En général, on a trois zones principales de dépôt :

- Les anciennes carrières le long du tracé
- Les nouvelles carrières à ouvrir pour alimenter en matériaux le projet
- Les ravins des zones montagneuses loin des zones habitables, agricoles, forestières et hydriques.

Il convient de noter que la région de la Mitidja située entre l'oued Mazafran et Larbaa sera principalement soumise à des travaux de remblai, mais ne présente pas de déblais importants

Voici le site le plus proche du PK 70-80 :

**Tableau V-11 : La zone de dépôt**

N°	Nom du Site	PK	Distance / tracé	X	Y	Observation
10	Djebel Klafta	79	800 m	524113	4052310	Indice "20" Klafta

## V.9 Stabilité des talus

### V.9.1 Généralité sur le glissement de terrain

Un glissement de terrain se définit par un déplacement relatif d'un volume du sol par rapport au reste du massif selon une surface de glissement quelconque.

Il peut intéresser les couches superficielles ou être très profonds (plusieurs dizaines de mètres).

Dans ce dernier cas, les volumes de terrain peuvent être considérables.

Il existe trois types de glissement de terrain présentés dans ce qui suit.

## V.9.2 Types de glissement de terrain

### V.9.2.1 Glissement plan

Ce type de glissement se produit lorsque le massif en pente est constitué de sols par exemple meubles reposant sur un substratum, ou encore lorsque la longueur de la surface de rupture potentiel est très grande par rapport à l'épaisseur du terrain.

La taille de tels glissements est très variable et peut comprendre des surfaces allant de quelques mètres carrés à plusieurs hectares.

Les zones de flysch, les schistes marno-calcaires ou les schistes métamorphiques sont les formations les plus sujettes à ce genre de glissement.



Figure V-6: Glissement plan

### V.9.2.2 Glissement rotationnel simple

Lors d'un glissement rotationnel, la masse se déplace vers l'aval le long d'une surface de rupture circulaire. Habituellement, les glissements de ce type sont de faible volume et le déplacement des matériaux est limité.

Ils se produisent principalement dans des terrains meubles homogènes surtout argileux et silteux.

Lors d'un glissement rotationnel simple, la surface de rupture a une forme simple et peut être assimilée à un cylindre dans la plupart des cas.

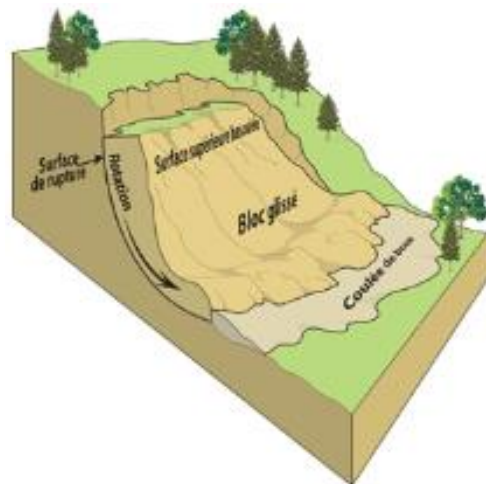


Figure V-7 : Glissement rotationnel simple

Il comprend :

- En tête : des fissures de traction,
- Un escarpement correspondant au départ de la surface de glissement.
- A la base : un bourrelet formé par des matières glissées.

### V.9.2.3 Glissement rotationnel complexe

C'est la deuxième classe des glissements rotationnels. Il s'agit de glissements multiples « emboîtés » les uns dans les autres.

C'est une réaction à la chaîne amorcée par un premier glissement rotationnel simple qui en se déplaçant supprime la butée qui soutenait la masse sus-jacente de terrain, ce qui engendre le deuxième glissement et ainsi de suite jusqu'à remonter vers l'amont de la colline.

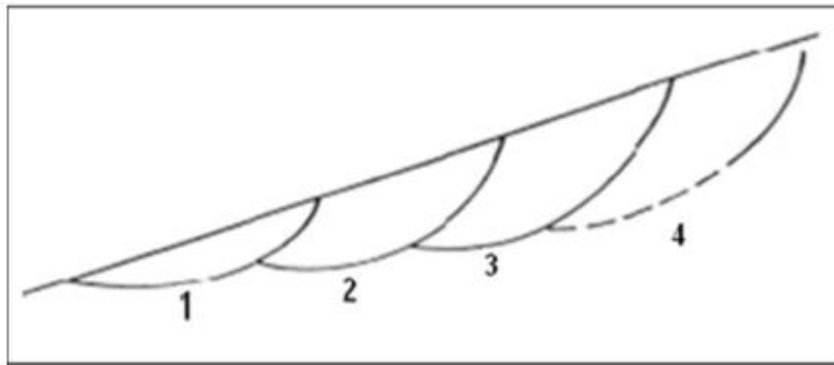


Figure V-8 : Glissement rotationnel complexe

### V.10 Définition des pentes des talus

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

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

Tous ces paramètres réunis nous ont incités à considérer lors de notre vérification de la stabilité des déblais importants notamment, des pentes de talus variant entre 1/1 (H/V), 1/2 (H/V), 2/1 (H/V), 3/2 (H/V). Le choix des pentes de talus par zone a été fait de la manière suivante :

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

### V.11 Vérifications de stabilité des talus

- La vérification se fait par logiciel **SLIDE**, méthode de BISHOP.
- Banquâtes de 8 m (V) ; 3 m (H).

#### V.11.1 Analyse de stabilité de déblai

- Les surface de ruptures supposées circulaire.
- L'aspect sismique a été pris en considération.

On prend le cas le plus défavorable qui se situe au PK 80 km+550 m à une hauteur de **58.9 m**.

#### Les Coefficients sismique :

Tableau V-12 : Coefficient d'accélération A

Groupe	Zone			
	I	II a	II b	III
1	0.15	0.25	0.3	0.4
2	0.12	0.20	0.25	<b>0.3</b>
3	0.10	0.15	0.20	0.25

#### Calcul des coefficients sismique horizontales et verticales

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

Les composantes sismiques  $K_h$  et  $K_v$  utilisées lors de la modélisation sont respectivement **0.15** et **0.045**

Nous avons considéré comme coefficient de sécurité minimal permettant une stabilité à long terme de l'ouvrage (déblai) de **FS >= 1.5**.

Tableau V-13 : des paramètres de calcul de la stabilité du déblai

Réf-puits	Poids volumique $\gamma_h$ (KN/m <sup>3</sup> )	Cohésion C (bars)	Angle de frottement $\phi$ (°)	Pente de déblai
SC23R+SPT Flysch	22.7	0.11	38	2(H) : 1(V)

Tableau V-14: la charge sur chaussée

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

Facteur de sécurité (par SLIDE) :

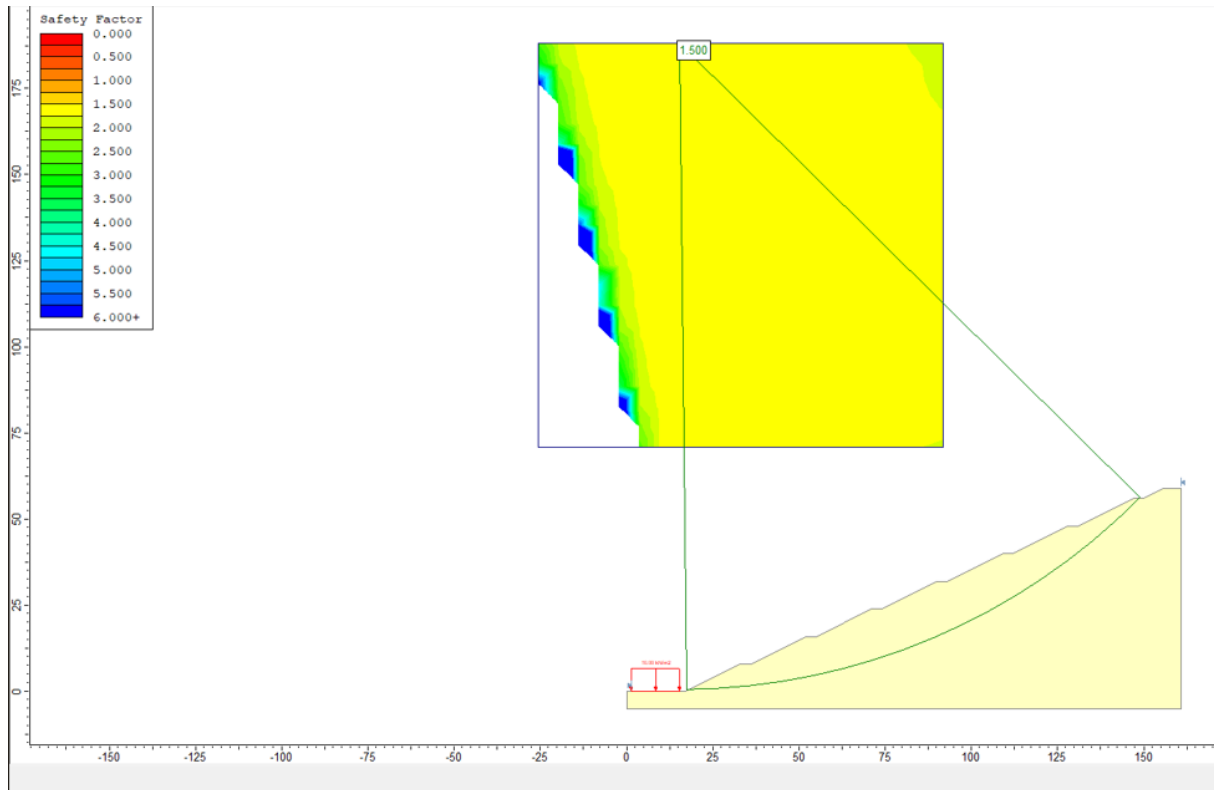


Figure V-9 : Vérification de la stabilité du déblai

Résultat de vérification :

$$F_s = 1.5 \geq 1.5 \quad \text{vérifier.}$$

Donc la stabilité de tous les déblais est vérifiée

### V.11.2 Analyse de stabilité de Remblai

On prend le cas le plus défavorable qui se situe au PK 70 km+225 m à une hauteur de 37 m

- L'aspect sismique a été pris en considération.
- La pente de talus 2(H) :1(V).
- Les surfaces de ruptures supposées circulaires.
- Nous avons considéré comme coefficient de sécurité minimal permettant une stabilité à long terme de l'ouvrage (déblai) de **FS ≥ 1.5**.

Tableau V-15 : des paramètres de calcul de la stabilité du remblai

Gite	Poids volumique $\gamma_h$ (KN/m <sup>3</sup> )	Angle de frottement $\phi$ (°)	Cohésion C (bars)	Pente de déblai
Domaine Boucetta /Calcarétines et grèstendre.	20	38	10	2(H) : 1(V)

### La charge sur la chaussée

La charge  $Q = 10$  kpa sur une largeur de 14 m.

### Facteur de sécurité (par SLAYD) :

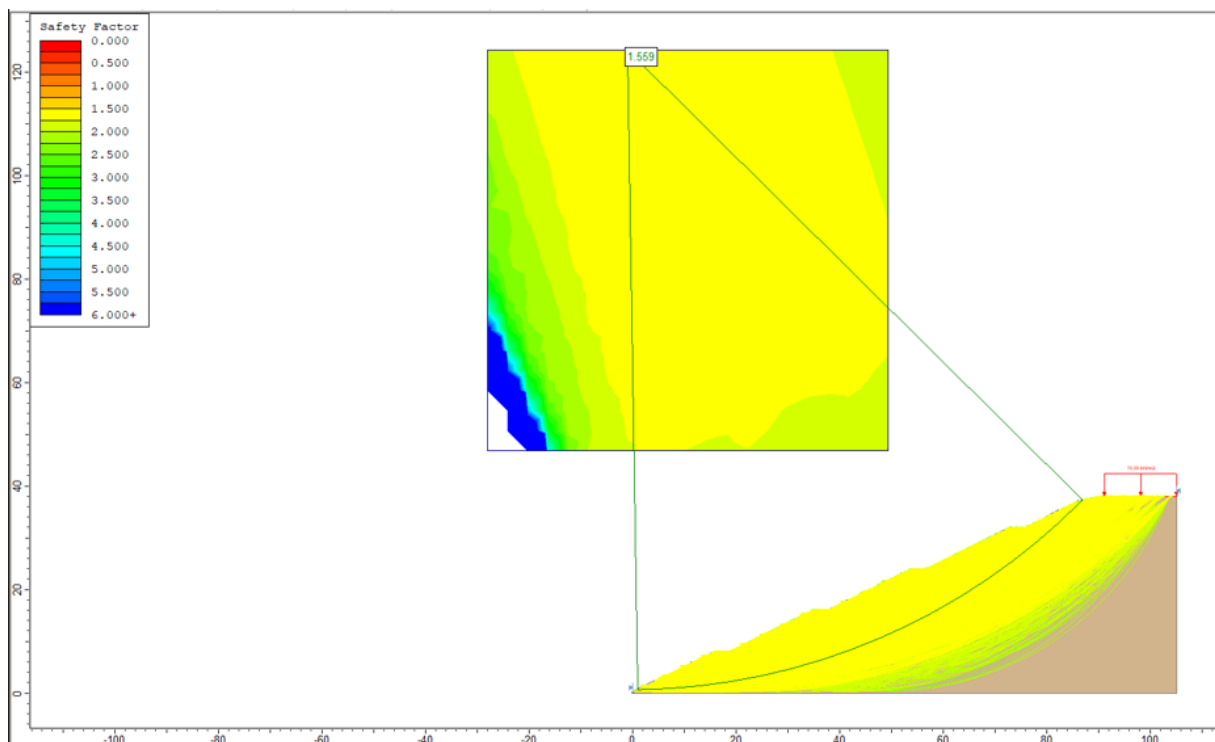


Figure V-10 : Vérification de la stabilité du remblai

### Résultat de vérification :

$$F_s = 1.559 = 1.5 \quad \text{vérifier.}$$

Donc la stabilité de tous les remblais sont vérifiée

## CHAPITRE VI

---

# DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

---

### VI.1 Introduction

Le projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un tracé et d'un profil en long adéquat. En effet, une fois achevée, la route devra affronter les conditions climatiques telles que la pluie, la neige, le verglas, le gel, etc...

La qualité des chaussées est primordiale, car elle exigera non seulement des caractéristiques géométriques appropriées, mais aussi des caractéristiques mécaniques solides qui lui permettront de supporter toutes les charges tout au long de sa durée de vie.

Il est essentiel de bien connaître le sol support et de faire une sélection éclairée des matériaux à utiliser pour cela.

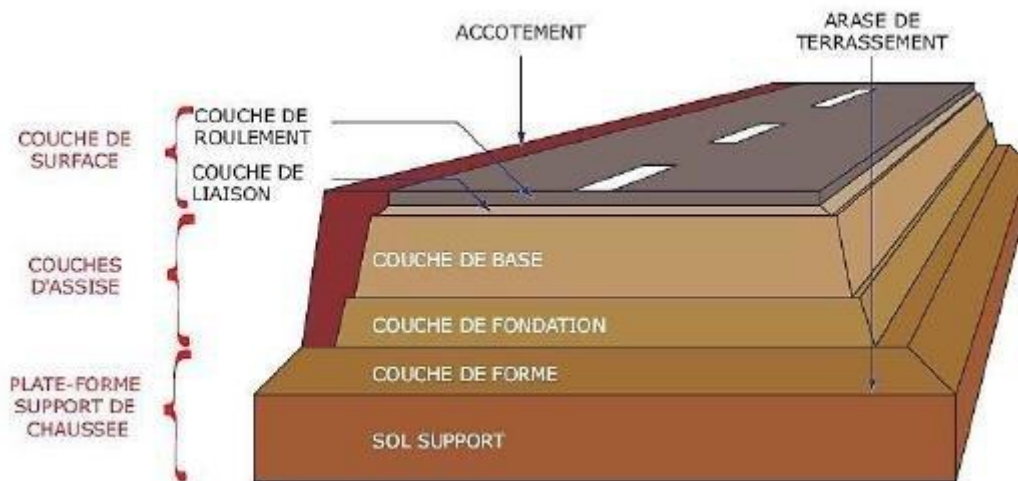


Figure VI-1 : Les éléments de chaussée

### VI.2 L'objectif de dimensionnement

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

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

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

### VI.3 Les Méthodes de dimensionnement

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

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

### VI.3.1 La Méthode CBR

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

### VI.3.2 Données et hypothèses de dimensionnement structurel

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

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

### VI.4 Les données

#### VI.4.1.1 Les données de calcul

Tableau VI-1 : Les données de calcul

TJMA de l'année de mise en service (V/J)	TJMA Le trafic de l'année 2048 (V/J)	Z=PL (%)	La charge par roue P (Essieu 13t)
$TJMA_{2028} = 20968$	$TJMA_{2048} = 38463$	11.3	6.5t

#### VI.4.1.2 Résultats de l'essai CBR sur le sol support

Tableau VI-2 : Résultats de l'essai CBR sur le sol support

Reference de sondage	Profondeur (m)	Essai CBR imbibe		
		CBR 10c/c	CBR 25c/c	CBR55c/c
F71-R	3.1	0.6	1.4	1.33
F73-R	1.2	1.4	1.66	2.35
F75-R	3.5	1.01	1.17	1.18
F76-R	1.6	0.57	0.8	0.86
F77-R	2.2	2.35	4.8	8.53

L'épaisseur totale du corps de chaussée est donnée par la formule suivant :

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

Avec :

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

Calculer N :

$$TPL_{2048} = TJMA_{2048} \cdot 2/3 \cdot Z$$

Application :  $TPL_{2048} = 38463 \cdot 2/3 \cdot 0.113 = 2897.55 \text{ v/j/sens.}$

### VI.4.1.3 Répartition transversale sur la voie la plus chargée

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

$$N = 0.5 \cdot TPL_{2048} = 1448.77 \text{ v/j/sens.}$$

$$E_{totale} = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log(1448.77/10))}{0.86 + 5}$$

$$E_{totale} = 97 \text{ cm.}$$

### VI.4.1.4 L'épaisseur équivalente

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

Avec :

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

Tableau VI-3 : Les coefficients d'équivalence

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

On propose deux épaisseurs et on calcule le troisième

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

$$E_{totale} = a_1 \cdot e_1 + a_2 \cdot e_2 + a_3 \cdot e_3 \quad \text{Donc : } e_3 = 65 \text{ cm.}$$

Épaisseur réelle :  $E_{réel} = 8 + 10 + 65 = 83 \text{ cm}$

Notre structure de chaussée par la méthode de CBR est :

- ✓ Couche de roulement en béton bitumineux : **8BB.**
- ✓ Couche de base en grave bitume : **10GB.**
- ✓ Couche de fondation en grave non traité : **65GNT.**

$$\mathbf{8BB + 10GB + 65GNT}$$

**VI.5 La Méthode du catalogue Algérien de dimensionnement :**

Les données essentielles pour le dimensionnement de la chaussée sont :

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

**VI.5.1 Les données climatiques :**

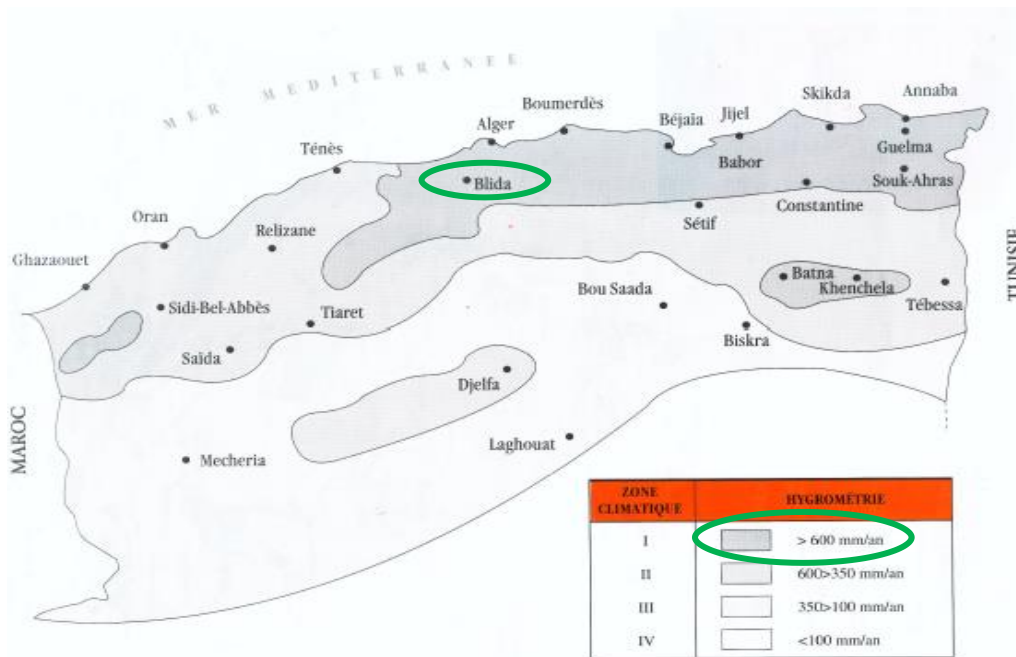


Figure VI-2 : Position du projet dans la carte climatique de l’Algérie (Fascicule 1)

**VI.5.2 Température équivalente**

Tableau VI-4 : Température équivalente :

Zone climatique	I et II	III	IV
Température équivalente $\theta_{eq}$	20°C	25°C	30°C

Fascicule 2

Notre projet de zone I  $\longrightarrow$   $\theta_{eq} = 20^\circ\text{C}$

**VI.5.3 Les données de trafic :**

Tableau VI-5 : Choix de type de réseau principal

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

Fascicule 1

$$TJMA_{2050} = 38463v/j > 1500 v/j.$$

Donc :

Notre Réseau principale est : **Rp1**

#### VI.5.4 Détermination la classe de trafic TPL :

Les caractéristiques de trafic sont les suivant :

- Pourcentage de poids lourds 11.3%.
- La durée vie est de 20 ans.
- Taux de croissance de poids lourds  $\tau = 3.08\%$ .
- $TJMA_{2016} = 14570v/j$ .
- $TJMA_{2028} = 20968v/j$ .
- $TPL_{2028} = TJMA_{2028} * 2/3 * Z$

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

$$TPL_{2028} = 20968 \times 0.113 \times (2/3) \times 0.8 = 1265 \text{ PL/j/sens.}$$

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

**Tableau VI-6 : Classe TPL pour Rp1**

TPL <sub>i</sub>	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

Fascicule 1

D'après la classification du catalogue de dimensionnement nous sommes dans un réseau principal de classe **TPL5** pour un **TPL=1265 pl/j/sens** entre (600 et 1500).

#### VI.5.5 Le trafic cumule de poids lourds (TC<sub>i</sub>) :

Le TC<sub>i</sub> est le trafic de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie) il est donnée par la formule suivante :

$$TC_i = TPL_i \times 365 \times \frac{(1+\tau)^n - 1}{\tau}$$

Application numérique :

$$TC_i = 1265 \times 365 \times \frac{(1+0.0308)^{20} - 1}{0.0308}$$

$$TC_i = 12.5 \times 10^6 \text{ PL.}$$

**VI.5.6 Trafic cumulé équivalent TCEi**

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

$$TCEi = TCi \times A.$$


**A** : coefficient d’agressivité de poids lourd par rapport à l’essieu de référence de 13 tonnes.

En fonction du réseau principal **Rpi**.

**Tableau VI-7 : Coefficient d’agressivité A**

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

Fascicule 2

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

Donc :  $TCEi = 0.6 \times TCi = 18.5 \times 10^6 \text{ PL}$

$TCEi = 18.5 \times 10^6 \text{ PL}$

**VI.5.7 Détermination du risque de calcul :**

D’après le catalogue de dimensionnement algérien :

**Tableau VI-8 : Le risque de calcul R%**

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

Fascicule 2

Nous avons un risque de **r= 10%**

VI.5.8 Détermination de la portance du sol support :

Tableau VI-9: Les classe de portance du sol

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

Fascicule 1

On a  $CBR=0.86 < 5$  donc la portance du sol est : **S4**

VI.5.9 Sur classement avec couche de forme en matériaux non traité

Tableau VI-10: Sur classement avec couche de forme en matériaux non traité

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

Fascicule 1

Donc il faut faire une amélioration par deux couches de matériau non traité MNT (60cm) pour atteindre à la classe de portance **S2** (deux couches de **tufs 30cm** pour chacune).

**VI.6 Choix des différentes couches constituant de la chaussée**

**VI.6.1 Les structures possibles de chaussée d’après le catalogue :**

**VI.6.1.1 Les structures concernant Rp1**

**Tableau VI-11: Les structure concernant Rp1**

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

Fascicule2

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

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

**VI.7 Choix de dimensionnement du corps de chaussée**

Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique **I**, durée de vie de **20 ans**, la classe de trafic **TPL5** et un taux d’accroissement moyen (**3.08%**).

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

Figure VI-3 : Choix de dimensionnement de corps de chaussée (Fascicule3)

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

- Couche de roulement : **BB = 6 cm.**
- Couche de base : **GB = 11cm.**
- Couche de fondation : **GB = 12cm.**

Choi final de la structure chaussée : **6B + 11GB + 12GB.**

Et nous avons choisi aussi pour la couche de forme le matériaux non traite 60cm (30cm par couches) **TUF.**

## VI.8 Calcul de la déformation admissible

### VI.8.1 Calcul de la déformation admissible ( $\epsilon_z, adm.$ ) du sol support

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

Application numérique :  $\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (18.5 \times 10^6)^{-0.235}$

$\epsilon_{z,adm} = 431 \times 10^{-6}$
---

### VI.8.2 Calcul de la déformation admissible de traction $\epsilon_t, adm$

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

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

$\epsilon_6 (10^\circ c, 25hZ)$  : déformation limite détenue au bout de 106 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz (essai de fatigue).

- $K_{\theta}$  : facteur lié à la température.
- $K_{ne}$  : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- $K_r$  : facteur lié au risque et aux dispersions.
- $K_c$  : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée.

Avec :  $K_r = 10^{-tb\delta}$ ,  $K_{ne} = (TCEi / 10^6)^b$ ,  $K_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^\circ c)}{E\theta_{eq}}}$

D'où

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6 (10^\circ c, 25Hz) \times (TCEi / 10^6)^b \times \left( \sqrt{\frac{E(10^\circ c)}{E\theta_{eq}}} \right) \times 10^{-tb\delta} \times K_c$$

Avec :

- $b$  : pente de la droite de fatigue ( $b < 0$ ).
- $E (10^\circ c)$  : module complexe du matériau bitumineux à 10°C.
- $E (\theta_{eq})$  : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.

- $\delta$  : La dispersion 
$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b}\right) Sh)^2}$$
- SN : dispersion sur la loi de fatigue.
- Sh : dispersion sur les épaisseurs.
- c : coefficient égal à 0.02
- t : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté (r %).

Tableau VI-12: Fractile de la loi normale

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

### VI.8.2.1 Performances mécaniques des matériaux bitumineux

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

Tableau VI-13: Performances mécaniques des matériaux bitumineux

MTB	E Mpa (30c,10Hz)	E Mpa (25c,10Hz)	E Mpa (20c,10Hz)	E Mpa (10c,10Hz)	$\epsilon_6$ Mpa (10c,25Hz) $10^{-6}$	-1/b	SN	Sh (cm)	v	Kc calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0.86	2.5	0.45	1.3

D'après le tableau au dessus on obtient :

- $\theta_{eq}$  = température équivalent ( $\theta_{eq} = 20c^\circ$ ) => E (20° ,10HZ)=7000 MPa.
- Classe de trafic (TPL6).
- Risque adopté pour le réseau RP1 et la classe du trafic TPL5 (r=10%).
- c : coefficient égal 0.02
- t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté donc (t = -1.282 ).

Application numérique :

$$\delta = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146}\right) 3)^2} = 0.609 \text{ avec } b = -0.146$$

$$\epsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} (4.6 \times 10^6 / 10^6)^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{7000}} \times 10^{-(-1.282 \times 0.609 \times -0.146)} \times 1.3$$

$$\epsilon_{t,adm} = 87 * 10^{-6}$$

### VI.9 Vérification de la fatigue des structures et de la déformation du sol support

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

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

### VI.10 ALISÉ-LCPC :

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

#### VI.10.1 Les résultats de calcul qui obtient par Alizé-LCPC :

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0 collé	0,350	0,000	58,1	0,434	6,9	0,658
			0,060	30,4	0,347	56,0	0,606
0,110	7000,0 collé	0,350	0,060	30,4	0,589	15,5	0,606
			0,170	-20,7	-0,098	40,6	0,235
0,120	7000,0 collé	0,350	0,170	-20,7	-0,098	40,6	0,235
			0,290	-94,9	-0,922	86,9	0,019
infini	50,0	0,250	0,290	-94,9	0,001	376,4	0,019

Figure VI-4: Les résultats de calcul qui obtient par Alizé-LCPC

$$\epsilon_z = 376,4 * 10^{-6} < \epsilon_{z,adm} = 431 * 10^{-6} \quad \text{vérifier}$$

$$\epsilon_t = 94,9 * 10^{-6} > \epsilon_{t,adm} = 87 * 10^{-6} \quad \text{non vérifier}$$

il faut augmenter les épaisseurs :

On propose :

- Couche de roulement : **BB = 6 cm.**
- Couche de base : **GB = 12cm.**
- Couche de fondation : **GB = 15cm.**

Les résultats de calcul obtenu par Alizé-LCPC :

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	44,5	0,342	23,0	0,658
			0,060	25,0	0,300	64,1	0,611
0,120	7000,0	0,350	0,060	25,0	0,505	23,3	0,611
			0,180	-14,9	-0,031	35,3	0,240
0,150	7000,0	0,350	0,180	-14,9	-0,031	35,3	0,240
			0,330	-77,0	-0,758	72,2	0,015
infini	50,0	0,250	0,330	-77,0	0,000	301,8	0,015

Figure VI-5 : Les résultats de calculées qui obtient par Alizé-LCPC

Les résultats en fatigue de structure et de la déformation du sol support sont vérifiés.

Choi final de la structure chaussée : **6B + 12GB + 15GB.**

### VI.11 Les résultats des deux méthodes

Tableau VI-14: I.1 Les résultats des deux méthodes

Méthode	CBR	Catalogue
Structure chaussée	8BB + 10GB + 65GNT	6B + 12GB + 15GB+60TUF

### VI.12 Conclusion

D’après les résultats dans le tableau ci-dessus on remarque que les épaisseurs de la méthode de catalogue ils sont très importants que les autres de méthode de CBR, et comme notre sol de mauvais caractéristiques la méthode de catalogue propose une couche de forme pour supporter notre structure.

Donc, la structure retenue est celle nous déterminera par la méthode du catalogue :

**6BB + 12GB + 15GB+60TUF**

## CHAPITRE VII

---

# CALCUL DES CUBATURES

---

### VII.1 Introduction

La cubature est une méthode utilisée pour calculer le volume d'un objet tridimensionnel. Ce concept trouve une multitude d'applications dans les domaines de l'ingénierie et de la construction, permettant notamment d'estimer la quantité de matériaux nécessaires pour un projet donné. Le calcul de cubature est essentiel pour réaliser des travaux de terrassement, déterminer la capacité d'un réservoir ou évaluer la quantité de matériaux à utiliser. Ce domaine joue un rôle crucial dans la planification et l'exécution de projets, permettant une gestion précise des ressources et une optimisation des coûts.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

### VII.2 Les méthodes du calcul

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai, parmi lesquelles nous citerons :

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

Parmi les méthodes de calcul des cubatures de terrassement existantes, nous avons choisi la méthode de la moyenne des aires car elle est la plus simple. Cependant elle présente un inconvénient : les résultats sont obtenus avec une marge d'erreur. Ainsi pour remédier à ce problème on doit les majorer par un coefficient de 10% pour des raisons de sécurité.

### VII.3 Description de la méthode

Le principe de la méthode de la moyenne des aires est de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivante :

$$V = \frac{H_m}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S)$$

- $H_m$  : Distance moyenne entre deux profils.
- $S_1, S_2$  : les surfaces verticales des profils en travers  $P_1$  et  $P_2$ .
- $S$  : surface limitée à mi-distances des profils.

VII.3.1 Exemple du calcul :

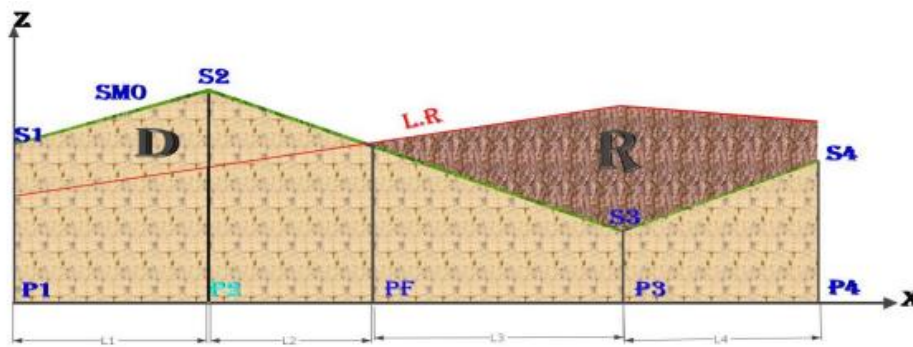


Figure VII-1 : Positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

Le volume compris entre les deux profils en travers  $P_1$  et  $P_2$  de section  $S_1$  et  $S_2$  sera égale à :

$$V = \frac{L_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_m)$$

Pour éviter un calcul très long, on considère que :  $S_m = \frac{(S_1+S_2)}{2}$ .

Donc les volumes seront :

- Entre  $P_1$  et  $P_2$  :  $V_1 = \frac{L_1}{2} (S_1 + S_2)$ .
- Entre  $P_2$  et  $P_F$  :  $V_2 = \frac{L_2}{2} (S_2 + 0)$
- Entre  $P_F$  et  $P_3$  :  $V_3 = \frac{L_3}{2} (0 + S_3)$ .
- Entre  $P_3$  et  $P_4$  :  $V_4 = \frac{L_4}{2} (S_4 + S_3)$ .

Le volume total :  $V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$ .

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

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

VII.4 Calcul des cubatures de projet

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide de logiciel AutoCAD,

Civil 3d 2024.

Tableau VII-1 : Valeurs des remblais et déblais (logiciel AutoCAD Civil 3d 2024)

Volume total au niveau de l'abscisse curviligne 105+50.52	
Surface de déblai	3236.29
Surface de remblai	0.00
Vol déblai	1789.65
Vol remblai	0.00
Vol déblai cumulé	5943888.63
Vol remblai cumulé	3942877.01
Vol net	2001011.62

Donc on a trouvé que :

#### VII.4.1 Les valeurs obtenues à partir de civil 3D

La valeur de Déblai total est : **5,943,888.63 m<sup>3</sup>.**

La valeur de Remblai total par logiciel est : **3,942,877.01 m<sup>3</sup>.**

#### Remarque :

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

#### Calcul de la nouvelle valeur de remblai :

Le calcul se fait par cette méthode :

$$\boxed{\text{La valeur finale de remblai}} = \boxed{\text{La valeur obtenue par logiciel civil 3D}} - \boxed{\text{La valeur des remblais qui été remplacé par les ouvrages}}$$

Figure VII-2 : calcul de volume de remblai

Remblai n°	PK (km + m)		Volume de remblai	ΣVi
	Début	Fin	Vi	
1	70	70+275	444,954.71	1,698,030.31
2	74 + 25	74 + 500	626,537.8	
3	76 + 400	76 + 875	626,537.8	

La valeur finale de remblai :

$$V = 2272987.67 \text{ m}^3.$$

## CHAPITRE VIII

---

# ASSAINISSEMENT

---

### VIII.1 Introduction

L'assainissement routier, également connu sous le nom de drainage routier, est un ensemble de techniques visant à collecter, canaliser et évacuer les eaux pluviales et de ruissellement qui s'écoulent sur les chaussées et accotements des routes. Il joue un rôle crucial dans la préservation de l'infrastructure routière, la sécurité des usagers et la protection de l'environnement.

Un assainissement routier défaillant peut entraîner de nombreuses conséquences néfastes, telles que :

- **Dégradations des chaussées** : L'accumulation d'eau sur les routes peut fragiliser les chaussées, provoquant des fissures, des affaissements et des nids de poule.
- **Stagnation des eaux** : La présence d'eau sur la chaussée peut réduire l'adhérence des pneumatiques, augmentant ainsi les risques d'aquaplaning et d'accidents de la route.
- **Inondations** : En cas de fortes pluies, un mauvais drainage peut submerger les routes, rendant la circulation impossible et pouvant causer des inondations dans les zones riveraines.

Pour éviter les problèmes liés à l'eau sur les routes, il est essentiel de mettre en place des systèmes de drainage efficaces, qui se composent de deux systèmes principaux :

### VIII.2 Systèmes et ouvrages de drainage transversal

Le drainage transversal vise à collecter l'eau qui s'écoule perpendiculairement à l'axe de la route, en provenance des surfaces de roulement et des accotements. Les principaux ouvrages de drainage transversal comprennent :

- **Les ponts.**
- **Les dalots.**
- **Le passage busé.**
- **Caniveaux** : Ce sont des fossés situés de part et d'autre de la chaussée, destinés à recueillir l'eau de ruissellement. Leur pente transversale dirige l'eau vers le drainage longitudinal.
- **Exutoires** : Ce sont des points de sortie de l'eau collectée dans les caniveaux. Ils peuvent prendre la forme de fossés latéraux, de canalisations souterraines ou de regards connectés au drainage longitudinal.

- **Descendants d'accotement** : Ce sont des dispositifs qui permettent à l'eau de s'écouler des accotements vers les caniveaux. Ils peuvent être constitués de caniveaux en béton, en gabions ou de simples pentes en terre compactée.

### VIII.3 Systèmes de drainage longitudinal

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

- **Caniveaux longitudinaux** : Ce sont des fossés situés le long du bord de la chaussée, en aval des caniveaux transversaux. Ils reçoivent l'eau collectée par ces derniers et l'acheminent vers les exutoires finaux.
- **Collecteurs** : Ce sont des canalisations souterraines qui transportent l'eau collectée par les caniveaux longitudinaux sur de plus longues distances. Ils peuvent être en béton, en PVC ou en d'autres matériaux.

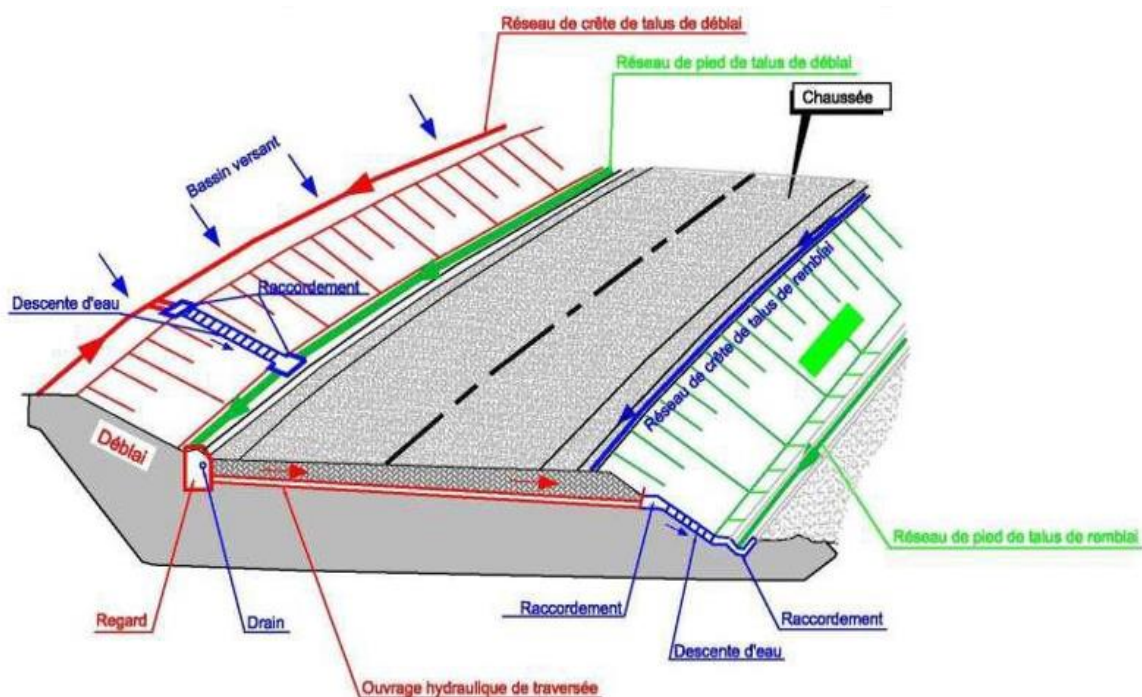


Figure VIII-1 : Dispositif d'assainissement

### VIII.4 Conception et dimensionnement des systèmes d'assainissement routier

La conception et le dimensionnement d'un système d'assainissement routier doivent tenir compte de plusieurs facteurs, notamment :

- **La pluviométrie** : La quantité et la fréquence des précipitations dans la zone concernée.
- **La topographie du terrain** : La pente et le relief du terrain influencent l'écoulement des eaux.
- **Le type de chaussée** : La perméabilité de la chaussée détermine la quantité d'eau qui s'infiltré dans le sol.
- **Le trafic routier** : Le volume et le type de trafic influencent la quantité de polluants susceptibles d'être transportés par les eaux pluviales

### VIII.5 Étude hydrologique

L'étude hydrologique est une analyse approfondie du cycle de l'eau dans un bassin versant spécifique, en tenant compte des précipitations, de l'infiltration, du ruissellement, de l'évaporation et de l'écoulement des cours d'eau.

Dans le contexte des systèmes d'assainissement des eaux pluviales, l'étude hydrologique joue un rôle principal dans la connaissance des débits le dimensionnement des systèmes d'assainissement et la prévention des risques liés à l'eau.

**Tableau VIII-1 : Prédimensionnement des ouvrages (SETRA)**

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

## VIII.6 Bassins versant

### VIII.6.1 Définition

Un bassin versant est une zone géographique délimitée par des lignes de crête, comme un grand entonnoir naturel, toute l'eau qui tombe à l'intérieur du bassin versant s'écoule vers un seul point de sortie, appelé exutoire

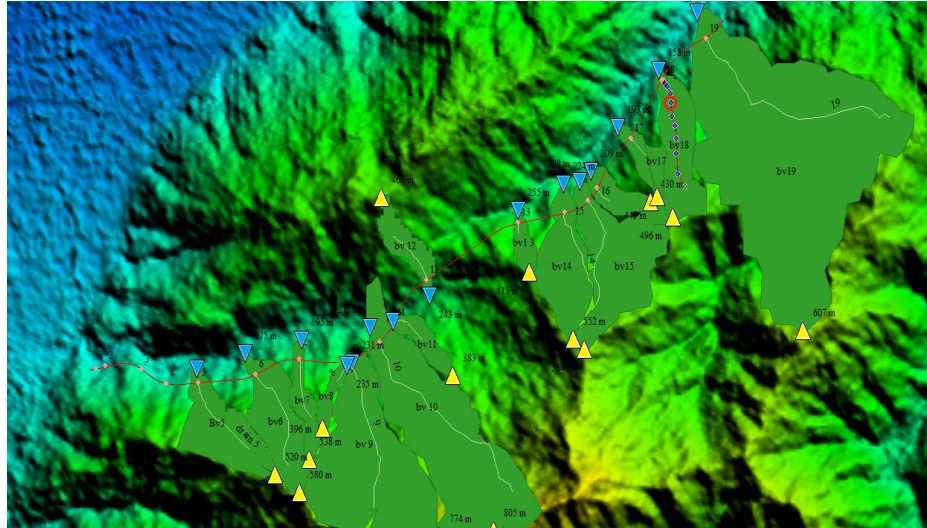


Figure VIII-2 : Les bassins versant par globale ampère

### VIII.6.2 Les caractéristiques des bassins versants

Tableau VIII-2 : Les caractéristiques des bassins versant

N°BV	S(km <sup>2</sup> )	Périm	Ld(km)	Hmax(m)	Hmin(m)	Pente I(m/m)
1	0,1239	2,298	229,06	278	48	0,546
2	0,1941	2,587	435,5	381	118	0,351
3	0,175	2,061	207,75	255	122	0,631
4	0,1895	2,661	245,82	321	173	0,48
5	0,827	5,289	1102	356	176	0,33
6	0,809	4,827	1294	393	188	0,313
7	0,2865	4,075	713,58	467	190	0,481
8	2,314	7,662	1864	363	217	0,29
9	2,75	9,301	2775	315	220	0,213
10	0,242	2,589	491,03	439	247	0,322
11	0,3365	3,92	745,41	469	310	0,299
12	0,1524	1,982	184,66	508	353	0,845
13	0,847	4,663	911,5	500	449	0,36
14	1,364	6,907	1437	495	490	0,249
15	0,2596	2,394	228,77	482	230	0,966
16	0,2573	3,965	315,8	477	220	0,81
17	0,759	4,644	1,337	471	242	0,253
18	6,029	12,181	3057	607	136	0,154

### VIII.7 Les règles à respectées pour le dimensionnement des ouvrages

Les règles suivantes doivent être respectées du dimensionnement de l'ouvrage de franchissement :

Il est important que l'ouvrage hydraulique ne soit pas en charge.

- Le volume de l'ouvrage peut être rempli jusqu'à 80% de sa hauteur.
- Le calage de l'ouvrage permet d'obtenir un remous amont acceptable par rapport à la situation initiale, tout en évitant des vitesses excessives en aval qui pourraient causer des problèmes en sortie de l'ouvrage.
- Il est essentiel que les dérives temporaires présentent les mêmes caractéristiques que le cours d'eau restauré.

### VIII.8 L'estimation du débit de pointe

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

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

- **Q<sub>a</sub>** : Débit de pointe de crue en (m<sup>3</sup>/s).
- **K** : Coefficient de conversion des unités **K = 1000/3600 = 0.278**.
- **C** : Coefficient de ruissellement.
- **I<sub>t</sub>** : Intensité moyenne de l'averse décennale en (mm/h).
- **A** : Superficie du bassin versant en (km<sup>2</sup>).

#### VIII.8.1 Le Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement C c'est un pourcentage de l'eau ruisselant sur un sol saturé par les précipitations antérieures par rapport la totalité de l'averse, sera obtenu par la méthode KENESSEY(Hongrie) ou c c'est la somme de 3 coefficients.

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

C<sub>1</sub> : Coefficient associé à la pente.

C<sub>2</sub> : Coefficient associé à la nature du sol.

C<sub>3</sub> : Couverture végétale.

Tableau VIII-3 : Coefficients de ruissellement – C1

Classe de pente	T=50ans	T=100 ans
Pente < 3,5%	0,04	0,05
3,5% < Pente < 11%	0,10	0,13
11% < Pente < 35%	0,18	0,23
Pente > 35%	0,28	0,35

### Coefficients de ruissellement – C2

La valeur de C2 vaut 0,18 pour T=50 ans et 0,25 pour T=100 ans, elle correspond à un sol peu perméable et elle est constante pour toute la région.

### Coefficients de ruissellement – C3

La valeur de C3 vaut 0,18 pour T=50 ans et 0,25 pour T=100 ans, elle correspond à des prairies.

La somme des trois coefficients est jugée conservatrice pour la région à l'étude.

## VIII.8.2 Temps de concentration TC

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

Notre surface est inférieures à 5 km<sup>2</sup>

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

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

- Formule de passini  $5 < S < 25 \text{ km}^2$

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

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

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

Avec :

Tc : temps de concentration (heures) ;

S : superficie du bassin (km<sup>2</sup>) ;

P : Pente moyenne du bassin versant en m/m ;

L : longueur du thalweg principal (km) ;

H : Hmoy - Hmin en m ;

Hmoy : altitude moyenne (m)= (Hmax+Hmin) /2 ;

Hmax : altitude maximale (m) ;

Hmin : altitude minimale (m).

**VIII.8.3 Intensité de la pluie**

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

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

Avec :

I : Intensité de pluie exprimé en mm/h ;

T : Période de retour exprimé en ans ;

tc : temps exprimé en heures ;

a et b : paramètres de Montana.

**Tableau VIII-4 : Paramètres de Montana.**

Station	Paramètres de Montana	Période de retour (ans)				
		2 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
HAMIZ BARRAGE	a	25,0	40,2	45,8	53,2	58,8
	b	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66

VIII.8.4 Les résultats de calcul des débits

Tableau VIII-5 : Les résultats de calcul des débits

Exut	PK (km)	C1	C2	C3	Cr	tc(h)	Intensité (mm/h)	Q50(m3/s)	Ouvrage
1	70+65	0,28	0,18	0,18	0,64	0,0605	338,8	7,47	Ouvrage
2	70+174	0,28	0,18	0,18	0,64	0,0944	252,6	8,72	
3	70+716	0,28	0,18	0,18	0,64	0,0668	317,37	9,88	Dalot
4	71+105	0,28	0,18	0,18	0,64	0,0797	282,455	9,52	Dalot
5	71+495	0,18	0,18	0,18	0,54	0,201	153,39	22,56	Dalot
6	72+273	0,18	0,18	0,18	0,54	0,204	151,89	21,88	Dalot
7	72+914	0,28	0,18	0,18	0,64	0,098	246,44	12,56	Dalot
8	73+618	0,18	0,18	0,18	0,54	0,359	104,6	43,06	Dalot
9	74+155	0,18	0,18	0,18	0,54	0,456	89,329	43,7	Ouvrage
10	74+365	0,18	0,18	0,18	0,54	0,11	228,345	9,83	
11	75+57	0,18	0,18	0,18	0,54	0,135	199,476	11,94	Dalot
12	76+409	0,28	0,18	0,18	0,64	0,054	365,2	9,9	Ouvrage
13	77+183	0,28	0,18	0,18	0,64	0,195	156,491	23,85	Dalot
14	77+454	0,18	0,18	0,18	0,54	0,297	118,547	28,76	Dalot
15	78+227	0,28	0,18	0,18	0,64	0,066	319,899	14,77	Dalot
16	78+391	0,28	0,18	0,18	0,64	0,072	302,045	13,83	Dalot
17	79+217	0,18	0,18	0,18	0,54	0,22	144,51	19,51	Dalot
18	80+72	0,18	0,18	0,18	0,54	0,84	59,69	64,02	Dalot

### VIII.9 Dimensionnement du système de drainage

La dimension des ouvrages de drainage est une méthode qui peut être utilisée pour déterminer l'emprise et la capacité nécessaires aux différents éléments de drainage transversal et longitudinale.

#### VIII.9.1 Dimensionnement du système de drainage transversal

Pour dimensionner le réseau d'assainissement transversal, on utilise une période de retour de 50 ans.

Pour le dimensionnement on pose :

$$Q_a = Q_s$$

$Q_s$  : Débit de saturation.

##### VIII.9.1.1 Dimensionnement des dalots

Les dalots se déclinent en diverses formes de section, mais en Algérie, la section rectangulaire est la plus répandue, comme on peut le constater.

La section et le périmètre mouillés d'un dalot sont calculés en fonction de sa hauteur de remplissage ( $h_r = 0,8H$ ).

D'où :

- Section mouillée :  $S_m = b \times 0,8H$  ;

- Périmètre mouillé :  $P_m = 1,6H + b$  ;

- Rayon mouillé :  $R_m = \frac{S_m}{P_m} = \frac{b \times 0,8H}{1,6H + b}$ .

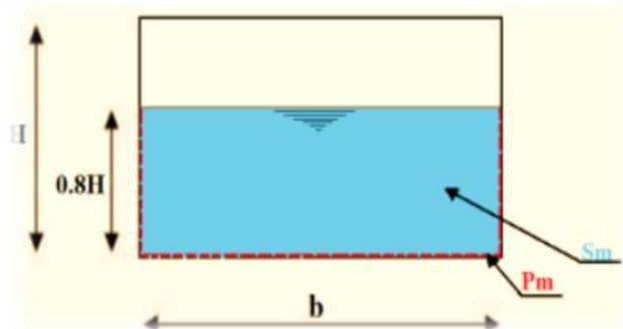


Figure VIII-3 : Section transversale d'un dalot

Pour le calcul de ce débit on utilise la formule de « MANNING STRICKLER » :

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

Les dalots en béton armé, donc le coefficient de rugosité  $K_{st} = 70$

$$Q_a = K_{st} \times I^{1/2} \times R_m^{2/3} \times S_m ; \text{avec } I = 1\%$$

$$Q_a = K_{st} \times I^{1/2} \times \left( \frac{b \times 0,8H}{1,6H + b} \right)^{2/3} \times (b \times 0,8H)$$

$$H = \frac{1}{0,8b} \left( \frac{Q_a}{K_{st} \times I^{1/2}} \right)^{3/5} \times (1,6H + b)^{2/5}$$

On propose la largeur  $b$  et on trouve la hauteur  $H$ .

**Vérification :**

- ✓ Vérification de la vitesse :  $V = \frac{Q_a}{S} < 4 \text{ m/s.}$
- ✓ Vérification de la hauteur critique :  $h_c = \sqrt[3]{\frac{Q_a^2}{g \times b^2}} < H.$
- ✓ Vérification de régime d'écoulement : nombre de froud =  $\frac{V}{\sqrt{g \times H}}$

**Exemple (Exutoire 1 PK 70+70m) :**

On propose  $b = 2\text{m}$  on trouve  $H = \frac{1}{0.8 \times 2} \left( \frac{7.47}{70 \times 0.01^{1/2}} \right)^{3/5} \times (1.6H + 2)^{2/5}$   
 $H = 0.650 \times (1.6H + 2)^{2/5}$

On trouve  $H=1.10$  donc on prend  $H=1.5\text{m}$  D'où : Dalot ( $2 \times 1.5\text{m}$ )

$V = 7.47 / (2 \times 1.5) = 2.49 < 4\text{m/s}$  **vérifier.**

$h_c = \sqrt[3]{\frac{7.47^2}{9.81 \times 2^2}} = 1.12\text{m} < H=1.5$  **vérifier.**

$N_{\text{froud}} = \frac{2.49}{\sqrt{9.81 \times 1.5}} = 0.649 < 1$  **vérifier.**

**VIII.9.1.2 Dimensionnement des buses**

Une buse est une conduite préfabriquée de béton armé en forme de cylindre utilisé pour la construction de réseaux d'assainissement. Elle sert à évacuer les eaux usées et pluviales des habitations et des infrastructures urbaines.

**Le diamètre normalisé commercial : Ø400, Ø500, Ø800, Ø1000, Ø1200, Ø1500.....**

- Section mouillée :  $S_m = 0.8(\pi \times R^2)$  ;
- Périmètre mouille :  $P_m = 1.6\pi \times R$  ;
- Rayon mouille :  $R_h = \frac{0.8(\pi \times R^2)}{1.6\pi \times R} = R/2$

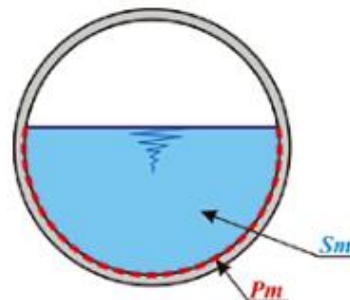


Figure VIII-4 : Section transversale d'une buse

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

$$Q_a = K_{st} \times I^{1/2} \times (R/2)^{2/3} \times 0.8(\pi \times R^2)$$

$$R = \left( \frac{1.98 Q_a}{K_{st} \times \pi \times I^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Avec : les buses préfabriquées  $K_{st}=80$  ; la pente de pose des buses est  $I=1\%$

On prend le diamètre commercial de buse tel que  $\varnothing \geq 2R$  (le plus économique).

✓ Vérification de la vitesse : 
$$V = \frac{Q_a}{S} < 4 \text{ m/s.}$$

Remarque : Dans notre projet n’y a aucune des buses.

### VIII.9.1.3 Les résultats de dimensionnement

Tableau VIII-6 : Les résultats de dimensionnement

Ouvrage	Valeur calculée (m)		$V = \frac{Q_a}{S}$ (m/s)	$N_f = \frac{V}{\sqrt{g \times H}}$	$h_c = \sqrt[3]{\frac{Q_a^2}{g \times b^2}}$ (m)	Dimensionnement (m)
	b	H				
Dalot	2	1.36	3.29	0.86	1.35	<b>2x1.5</b>
Dalot	2	1.32	3.17	0.82	1.32	<b>2x1.5</b>
Dalot	4	1.3	3.76	0.98	1.4	<b>4x1.5</b>
Dalot	4	1.27	3.65	0.95	1.44	<b>4x1.5</b>
Dalot	3	1.105	2.09	0.54	1.21	<b>3x1.5</b>
Dalot	9	1.066	3.18	0.83	1.32	<b>3x3x1.5</b>
Dalot	3	1.066	2.65	0.69	1.17	<b>3x1.5</b>
Dalot	6	0.98	2.65	0.69	1.17	<b>2x3x1.5</b>
Dalot	6	1.104	3.2	0.83	1.32	<b>2x3x1.5</b>
Dalot	3	0.971	3.28	0.86	1.35	<b>3x1.5</b>
Dalot	3	1.183	3.07	0.8	1.29	<b>3x1.5</b>
Dalot	4	1.173	3.25	0.85	1.34	<b>4x1.5</b>
Dalot	12	1.12	2.37	0.62	1.43	<b>4x3x1.5</b>

### VIII.9.2 Dimensionnement du système de drainage longitudinal

Le but du drainage longitudinal de l'emprise et de la plateforme est de garantir la durabilité et la sécurité de la route. Son rôle consiste à collecter et évacuer :

- Les précipitations qui coulent sur la plateforme vers les structures d'assise.
- Les écoulements des pentes et des bassins versants.

Pour dimensionner le réseau d'assainissement de la plateforme, on utilise une période de retour de 10 ans.

### VIII.9.2.1 Les surfaces des sous-bassins versants

On prend le déblai le plus grand pour le dimensionnement des fossés. (L=500m)

Tableau VIII-7 : Les surfaces des sous-bassins versants

SBV	Largeur(m)	Surface (m <sup>2</sup> )	Pente (%)
<b>Chaussée + BAU + BDG</b>	14	7000	2.5
<b>Berme</b>	1.5	750	8
<b>Talus de déblai</b>	58.9	16000	66.67

### VIII.9.2.2 Le débit d'apport :

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

Avec  $Q_a = Q_c + Q_B + Q_T$

Avec :

$Q_c$  : débit d'apport de (chaussée + BAU+BDG) ;

$Q_B$  : débit d'apport de Berme ;

$Q_T$  : débit d'apport de Talus.

### Temps de concentration TC

La surface inférieure a inférieure a 5 km<sup>2</sup> :  $T_c = 0,127 \sqrt{\frac{S}{P}}$  (ventura).

**Intensité (T=10 ans) :**  $I(t, T) = \frac{a(T)}{tc^{b(T)}}$  Avec : a= 40.2 ; b=0.66.

Tableau VIII-8 : Coefficient de ruissellement

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

Tableau VIII-9 : Détermination des débits d'apports

SBV	S(km <sup>2</sup> ) 10 <sup>-6</sup>	C	p (%)	Tc(h)	I(mm/h)	Qa (m <sup>3</sup> /s)	Qaeq
<b>1</b>	7000	0.95	2.5	0.067	239.94	0.444	<b>1.221</b>
<b>2</b>	750	0.40	8	0.0123	732,64	0.061	
<b>3</b>	16000	0.30	66.67	0.0197	536,88	0.716	

### VIII.9.2.3 Dimensionnement de fossé

On pose l'angle  $\alpha = 45^\circ$  pour simplifier les calculs ( $e = h$ ).

- Section mouillée :  $S_m = h (b + h)$  ;
- Périmètre mouillé :  $P_m = 2\sqrt{2}h + b$  ;
- Rayon mouillé :  $R_m = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h(b+h)}{2\sqrt{2}h+b}$

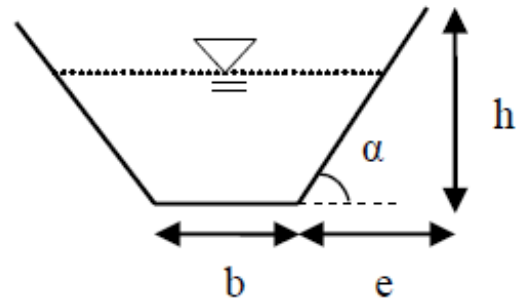


Figure VIII-5 : section transversale de fossé

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

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

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

Avec :

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

La de fossé  $I = 1\%$ .

On pose :

**B = 60 cm**

#### VIII.9.2.1 Application

On propose  $h = 40$  après deux itérations en trouve :

**h = 50 cm**

#### VIII.9.2.2 Fossé de terre-plein central

On propose un fossé trapézoïdal de largeur  $b = 30$  cm et hauteur  $h = 30$  cm

## CHAPITRE IX

---

# CONCEPTION D'UN ECHANGEUR

---

### IX.1 Introduction

Un échangeur routier est une structure complexe conçue pour permettre la transition fluide du trafic entre différentes routes ou autoroutes. Il agit comme un point de jonction où les véhicules peuvent changer de direction ou de voie en toute sécurité, tout en maintenant un flux de circulation continu. Les échangeurs sont généralement composés de ponts, de voies d'accès et de sorties, de rampes d'entrée et de sortie, ainsi que de dispositifs de signalisation et de marquage routier pour guider les conducteurs. Ces infrastructures sont essentielles pour faciliter la mobilité urbaine et régionale, réduire les congestions et assurer la sécurité sur les routes à forte circulation.

### IX.2 Les avantages d'un échangeur

Un échangeur routier il donne plusieurs avantages, parmi ces avantages on a :

- Les échangeurs offrent une circulation fluide en évitant les croisements à niveau, maintenant ainsi un flux continu.
- Ils contribuent à réduire la congestion routière en facilitant les transitions entre les routes principales et secondaires.
- Ils améliorent la sécurité routière, en fournissant des voies distinctes de sortie et d'accès.
- Ils augmentent la mobilité en offrant aux conducteurs des options de routes et de directions plus faciles d'accès.
- Les échangeurs permettent des économies de temps et de carburant en réduisant les embouteillages et les retards.
- Ils favorisent le développement économique en facilitant le mouvement des biens et des personnes, stimulant ainsi le commerce et l'investissement.

### IX.3 Les inconvénients d'un échangeur

- Coûts élevés de construction et d'entretien
- Il occupe des grands espaces.

## IX.4 Les différents types d'échangeur

### IX.4.1 Echangeur majeur :

- Echangeur en trèfle complet ;
- Echangeur bifurcation <Y>.

### IX.4.2 Echangeur mineur

- Echangeur en demi-trèfle ;
- Echangeur en trompette ;
- Echangeur en losange.

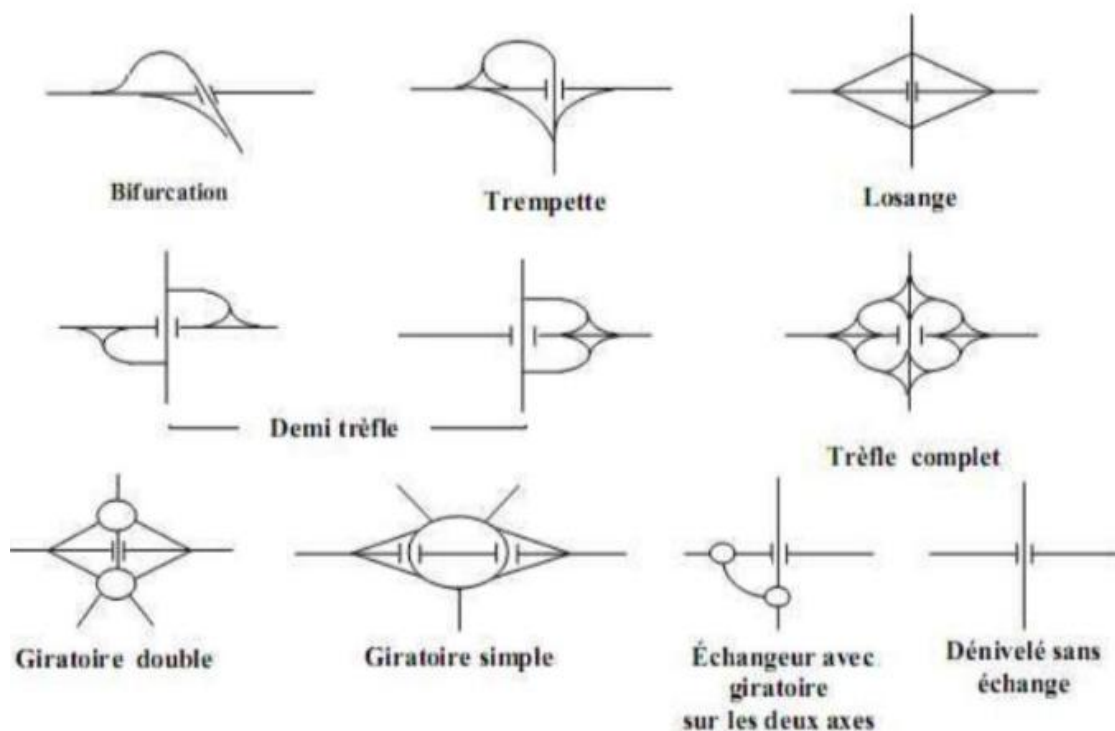


Figure IX-1 : Les différents types d'échangeur

### IX.4.3 Choix type d'un échangeur :

Pour le choix de type d'échangeur il faut prendre en considération plusieurs facteurs :

- Les types de routes qui se croisent ;
- Topographie et la configuration du terrain autour de l'emplacement de l'échangeur ;
- Le niveau de trafic.

### IX.5 Les éléments d'un échangeur

Chaque échangeur constitué a trois éléments principaux quelle que soit sa portance :

#### IX.5.1 Les carrefours plans

On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements Autoroute-route.

#### IX.5.2 Ouvrage d'art (pont)

De type passage supérieur ou inférieur, qui assure la liaison et l'échange entre les bretelles.

#### IX.5.3 Les bretelles (rampes d'entrées et rampes sorties)

Sont des voies qui assurent et raccorder les deux routes à la jonction.

##### IX.5.3.1 Les types de bretelle

Il existe trois types de bretelle

- Bretelle en forme de Boucle.
- Bretelle en forme de Anse.
- Bretelle en forme de Diagonale.

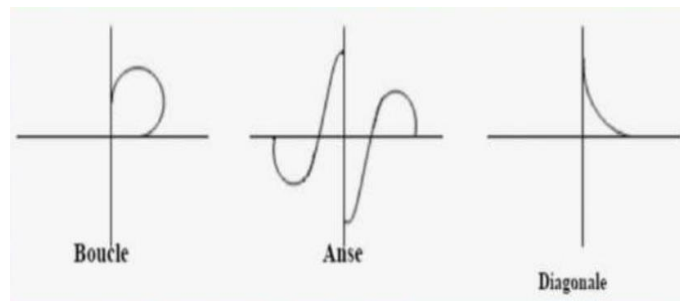


Figure IX-2 : Les types de bretelle

##### IX.5.3.2 Les caractéristiques géométriques de bretelle

Selon l'ECTAAL2000 les bretelles des diffuseurs sont à une ou deux voies.

- **Tracé en plan d'une bretelle**

Tableau IX-1: Valeurs limites des rayons du tracé en plan

Rayon	Une voie sortie	Une voie boucle
Rayon minimal <b>Rm(m)</b>	40 (7%) 100 (Le premier courbe rencontré en sortie)	40 (7%)
Rayon minimal non déversé <b>Rnd(m)</b>	300	/
Rayon maximal dans la boucle (m)	/	60
Dévers entre <b>Rnd</b> et <b>Rm</b>	$d = (675/R) + 0.25$ entre 300 et 100	/

**Remarque :** Dans une courbe de rayon inférieur à 100 m, une surlargeur de  $S = 50/R$  par voie est à introduire à l'intérieur de la courbe.

• **Enchaînement des éléments du tracé en plan**

- Une boucle comporte un arc circulaire unique encadré par des arcs de clothoïde ;
- Deux courbes successives de sens contraire ou de même sens doivent satisfaire à la condition :  $R1 < 2R2$  où  $R1$  et  $R2$  notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées dans le sens de circulation sauf si  $R2 \geq 1,5Rdn$  et  $R1 > R2$  ;
- De plus, deux courbes successives de même sens et de rayons inférieurs à  $1,5Rdn$  doivent être séparées d'un alignement droit d'au moins 3 secondes à la vitesse autorisée hors clothoïdes, sauf si  $R1 < R2$ .

**Tableau IX-2: Enchaînement des éléments du tracé en plan**

Les éléments du tracé	$R1 < R2$	$R1 < 2R2$
<b>Courbes de même sens</b>	AD 3s Ove $L=7 (d2-d1)$ Courbe en C	AD 3s
<b>Courbe de sens contraire</b>	Courbe en S	Courbe en S

• **Raccordement progressif**

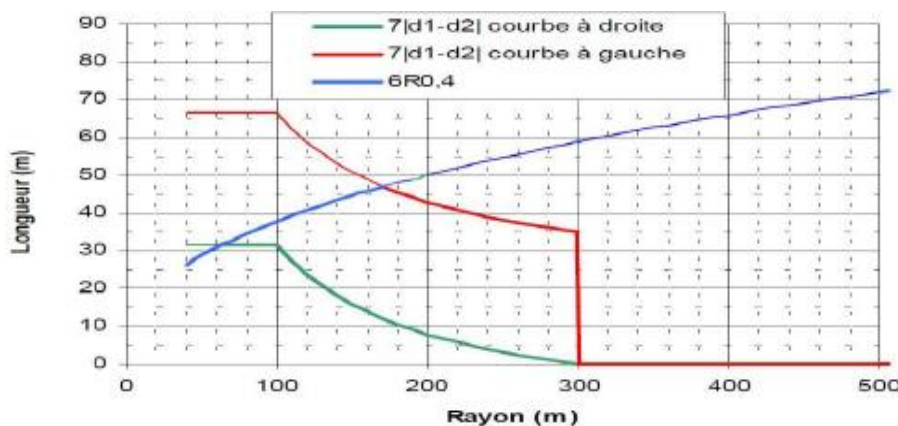
Une courbe circulaire est encadrée par deux arcs de clothoïde de longueur égale à la plus grande des deux valeurs :  $6R^{0.4}$  et  $7|\Delta\delta|$  ;

Avec :

$R$  le rayon de courbure (m) ;

$\Delta\delta$  la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés.

Il s'agit de longueurs minimales, mais il n'est pas recommandé de recourir à des valeurs supérieures qui peuvent rendre l'appréciation de la courbure finale plus difficile pour l'utilisateur.



**Figure IX-3 : La longueur de clothoïde en fonction du rayon (ICTAVRI)**

- **Profil en long d'une bretelle :**

**Tableau IX-3 : Les valeurs limites des paramètres du profil en long sont les suivantes**

Déclivité maximale	6 %
Rayon minimal en angle saillant	1500 m
Rayon minimal en angle rentrant	800 m

Au carrefour de raccordement avec la voirie ordinaire, on peut utiliser des rayons inférieurs sur de faibles développées

- **Profil en travers d'une bretelle**

La chaussée est bordée de part et d'autre par une bande dérasée de même structure qu'elle, et par une berme qui peut être intégrée au dispositif d'assainissement.

**Tableau IX-4 : Les largeurs des composantes du profil en travers sont les suivantes**

Chaussée unidirectionnelle	3,50 m
Bidirectionnelle	7,00 m
B.D.D.	1,00 m
B.D.G.	0,50 m

Si  $R < 100m$  on ajoute une surlargeur en courbe (par voie) :  $S = 50/R$

### IX.5.3.3 Pente transversale d'une bretelle

Le profil d'une chaussée bidirectionnelle est composé de deux versants raccordés sur l'axe, celui d'une chaussée unidirectionnelle d'un seul versant, les bandes dérasées ayant la même pente transversale que la voie adjacente.

**Tableau IX-5 : Pente transversale d'une bretelle**

Élément	Rayons (m)	Valeur du dévers
<b>Alignement ou rayon <math>\geq R_{nd}</math></b>	$300 < R < \infty$	2.5 % orientés vers la droite
	$100 < R < 300$	Variation en $1/R$ entre 2.5 % (R300) et 7 % (R100)
<b>Rayon déversé <math>R &lt; R_{nd}</math></b>	$R < 100 m$	7 %

### IX.5.4 Raccordement avec l'autoroute

Une bretelle est reliée à l'autoroute par une voie d'insertion en entrée et par une voie de décélération en sortie.

#### IX.5.4.1 Le dispositif d'entrée comprend successivement

- Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 et 5 %. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle, doit permettre d'atteindre au point "E = 1,00 m", la vitesse conventionnelle de 55 km/h avec une accélération en palier de 1 m/s ;
- Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de 200 m et large de 3,50 m ;
- Un biseau long de 75 m.

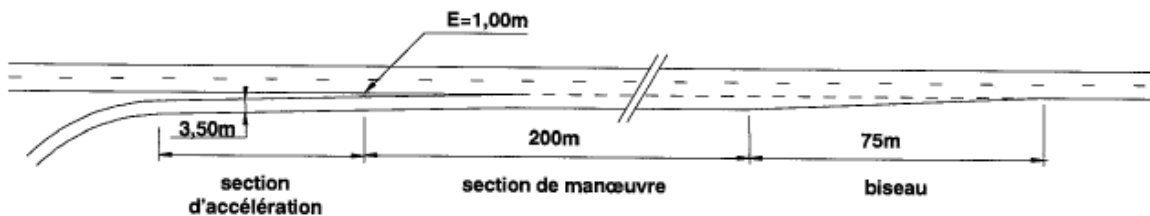


Figure IX-4 : Dispositif d'entrée de l'autoroute (ECTAAL)

#### IX.5.4.2 Le dispositif de sortie comporte successivement

- Une section de manœuvre qui est un biseau contigu à l'autoroute, longue de 150 m jusqu'à l'endroit où le musoir de divergence atteint une largeur de 1 m ;
- Une section de décélération, dont la longueur permet de passer de la vitesse conventionnelle (70 km/h, pour un rayon de la bretelle inférieur à 120 m) à la fin de la section de Manoeuvre, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée avec une décélération en palier de 1,5 m/s<sup>2</sup>.

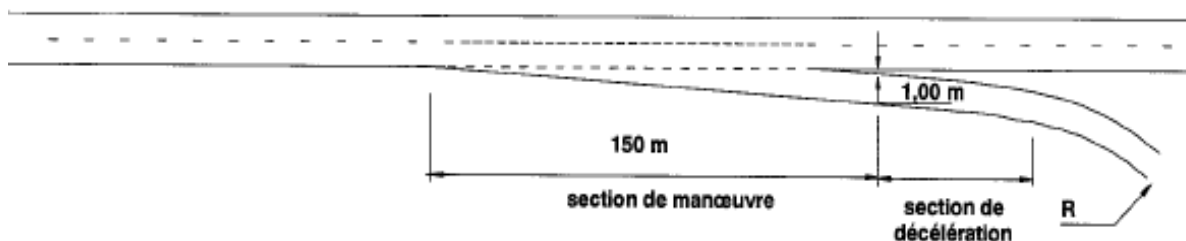


Figure IX-5 : Dispositif de sortie de l'autoroute (ECTAAL)

### IX.5.4.3 Longueurs de décélération/d'accélération

Longueurs de décélération/d'accélération en palier  $L_0$  en fonction du rayon de la première/dernière courbe de la bretelle.

La longueur d'une zone de décélération ou d'accélération en pente est donnée par la formule :

$$L_{d/a} = L_0 / (1 - 10 \cdot p)$$

Avec : P est la déclivité en valeur algébrique.

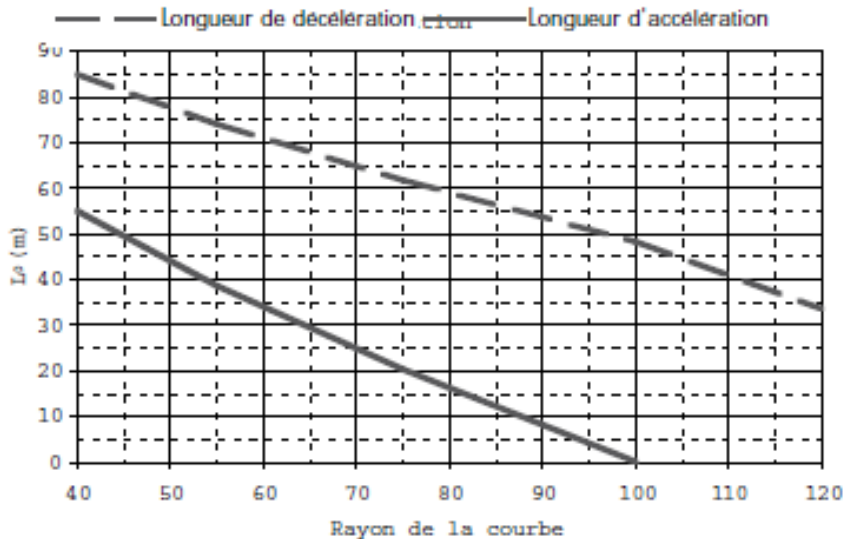


Figure IX-6 : Longueurs de décélération/d'accélération (ECTAAL)

## IX.5.5 Visibilité à l'approche des points d'accès

### IX.5.5.1 Visibilité sur une entrée d'autoroute

La distance de visibilité sur véhicule entrant, positionnée au niveau du point E.1.00 m du dispositif d'insertion est fixée, au minimum, à la distance d'arrêt pour la vitesse limite autorisée sur la chaussée réceptrice.

$$d_a = \text{distance de freinage} + \text{distance de perception/réaction}$$

Pour  $R(m) < 5V$  (Km/h) : la distance de freinage est majorée de 25%.

$$d_a = 2V + V^2 / 2g (\gamma(v) + p)$$

- V : la vitesse en m/s.
- $\gamma(v)$  : décélération moyenne exprimée en fraction de g.
- P : la déclivité, en valeur algébrique.

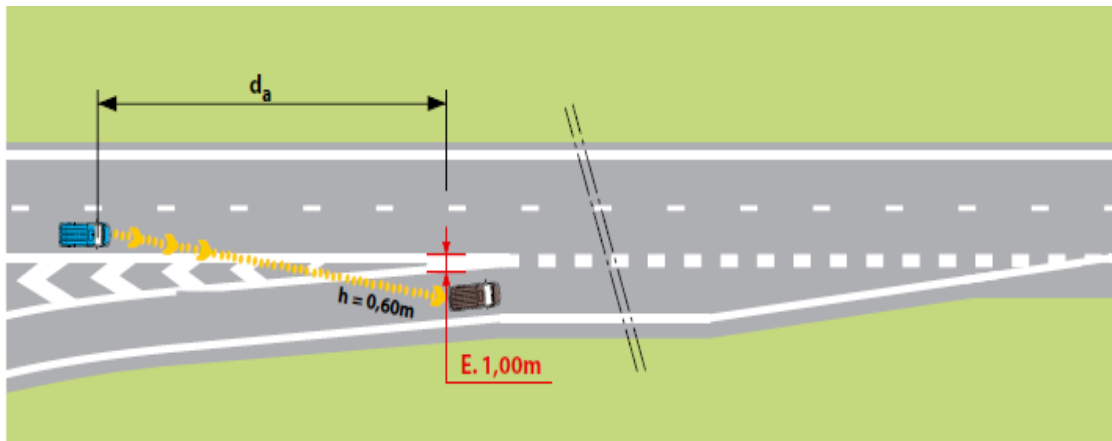


Figure IX-7: Visibilité sur une entrée d'autoroute (SETRA)

**IX.5.5.2 Visibilité sur une sortie d'autoroute :**

La distance de manœuvre en sortie  $d_{ms}$  est définie comme la distance parcourue à vitesse constante  $V_{85}$

- Pendant le temps nécessaire pour opérer, fixé à 6 secondes.

Pour les deux voies de circulation les plus à droite de la chaussée, le conducteur doit à la fois percevoir à la distance  $d_{ms}$  du point dit "de sortie au plus tôt" ( $S = 1,50$  m) :

- L'ensemble de la face du panneau de signalisation avancée placé au droit de ce point ;
- La balise signalant le musoir, que l'on suppose observée à une hauteur de 1 m, à l'endroit où le musoir atteint 5 m de large.

$$d_{ms} = 6V$$

Avec (V en m/s)



Figure IX-8 : Visibilité sur une entrée d'autoroute (SETRA)

Tableau IX-6 : Les principales distances de visibilité (SETRA) :

Vitesse (km/h)	110
Vitesse (m/s)	30.6
Décélération moyenne $\gamma(v)$	0.36
Distance d'arrêt en palier et en alignement droit $d_a$ (en m)	195
Distance d'arrêt en courbe et en palier pour $R < 5V$ (en m)	230
Distance de manœuvre en sortie $d_{ms}$ (en m)	185
Distance de visibilité sur marquage $d_{vm}$ (en m)	95
Distance de lecture $l_c$ (en m)	150
Distance de non-perturbation $n_p$ (en m)	170

## IX.6 Application sur notre projet

### IX.6.1 Choix de notre échangeur

On une intersection avec chemin de wilaya (CW 46) (Echangeur mineur), les types des échangeurs possibles sont :

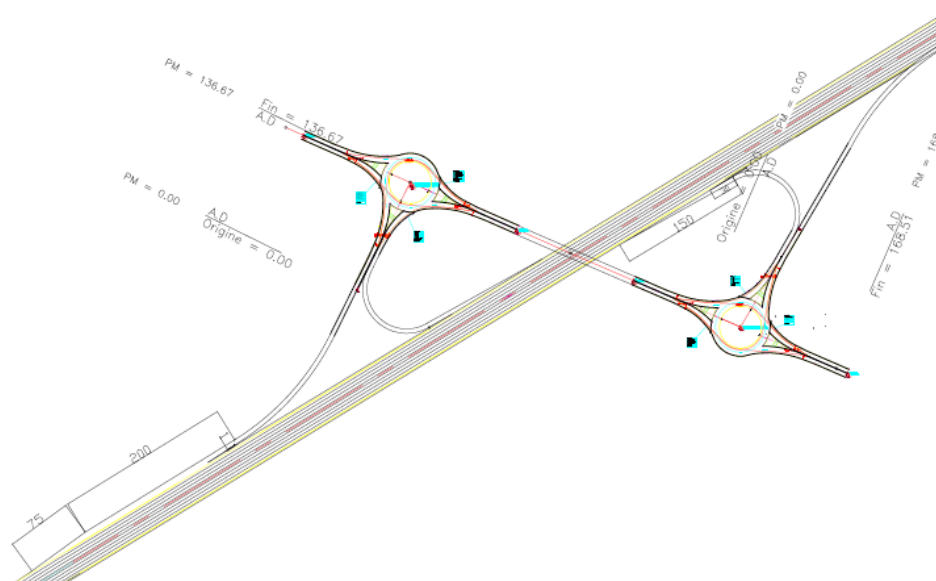
- Echangeur demi-trèfle
- Echangeur losange.

On choisit un échangeur **demi-trèfle**

### IX.6.2 La conception de notre Echangeur

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

Figure IX-9 : conception de notre échangeur



## **CHAPITRE X**

---

# **OUVRAGE D'ART**

---

## X.1 Introduction

On appelle un pont tous ouvrage permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle naturel ou une autre voie de circulation, selon le cas.

Les ponts sont des infrastructures vitales qui jouent un rôle crucial dans le développement économique et social des communautés.

Ce chapitre présentera les ouvrages, leur PK, ainsi que le type d'ouvrage à concevoir pour franchir les obstacles existants.

## X.2 Présentation des ouvrages

### X.2.1 Les ouvrage d'art de notre projet

La conception de ces ouvrages sont deux ponts symétriques cote a cote

Figure X-1 : Les dimensions des ouvrages d'art

Ouvrage	PK (km+m)		Longueur (m)	Largeur par sens (m)
	Début	Fin		
Pont (x2)	70	70+275	275	15.5
Pont (x2)	74+25	74 + 500	475	15.5
Pont (x)	76+400	76+875	475	15.5

### X.2.2 Les ouvrages d'art qui intersectes notre tracé

Les ouvrage d'art de notre projet de la 3-ème rocade sont :

- Un passage supérieur de chemin de wilaya.
- Un ouvrage d'art pour l'échangeur.
- Un passage supérieur de chemin de wilaya.

#### X.2.2.1 Description des ouvrages

Tableau X-1 : Les ouvrages au niveau du tracé

Ouvrage n°	PK	Longueur de L'OA(m)	Largeur de L'OA
OA <sub>1</sub> (Passage supérieur)	72+200	40	11
OA <sub>2</sub> (Echangeur)	75+625	40	11
OA3(passage supérieur)	79+925	40	11

### X.2.2.2 Gabarit à réserver

Le gabarit désigne l'espace libre nécessaire au passage des véhicules et des usagers sous le pont.

En Algérie, il est règlement que le passage sur :

- Les autoroutes et les routes expresses doivent respecter un gabarit de 5.25m.
- Les routes ordinaires doivent respecter un gabarit de 4.50 à 4.80 m.
- Pour le chemin de fer on doit respecter un gabarit de 6.2 m.

### X.3 Choix du type de l'ouvrage.

Notre but est de déterminer du point de vue technique et économique le type d'ouvrage le plus adéquat et de satisfaire le mieux possible toutes les conditions (économique et technique).

Les principaux facteurs qui influent sur le type d'ouvrage sont :

- Le gabarit à respecter.
- La nature du sol.
- Le profil en long de la chaussée.
- La portée de l'ouvrage.
- Position possible des appuis.

Plusieurs types sont envisagés, alors on procédera par élimination des ouvrages qui ne répondent pas à la condition imposée, pour notre cas on propose deux variantes :

#### X.3.1.1 Variant 1 : « Pont a poutre en Béton précontrainte »

La précontrainte est un traitement mécanique qui consiste à produire, dans un matériau, avant sa mise en service, des contraintes à celles produites par les charges qui le solliciteront. En béton précontraint, le traitement consiste à pré comprimé certaines zones du béton pour le rendre capable de résister aux charges extérieures à la traction.

**Tableau X-2 : Les avantages et les inconvénients de pont a poutre en béton précontrainte**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La possibilité d'assembler des éléments préfabriqués sans échafaudages.</li> <li>• La possibilité de franchir de plus grandes portées qu'avec des ouvrages en béton armé.</li> <li>• Les armatures à haute limite élastique utilisées en béton précontraint sont moins chères à force égale que les aciers du béton armé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La nécessité de fabriquer de béton plus résistant principalement avant 28 jours.</li> <li>• L'obligation d'attendre que la mise en tension soit faite pour pouvoir décinturer ou décoffrer.</li> <li>• Main d'œuvre qualifiée pour faire la vérification de la pose des gaines et les câbles et pour la mise en tension des câbles.</li> </ul>

### X.3.1.2 Variant 2 : « Pont mixte Bipoutre »

Un pont bipoutre mixte est une structure où la combinaison d'acier et de béton est utilisée de manière synergique pour créer une solution structurelle efficace, offrant à la fois résistance, légèreté et durabilité.

Les ouvrages mixtes à poutres sont des ouvrages très répandus qui peuvent être projetés dans des situations très diverses : milieu urbain ou rural ; portée principale de 30 m à 130 m ; longueur totale de quelques dizaines de mètres à plus d'un kilomètre ; largeur totale de 7-8 mètres à une vingtaine de mètres.

**Tableau X-3 : Les avantages et les inconvénients d'un pont mixte Bipoutre.**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapidité d'exécution globale.</li> <li>• Précision dimensionnelle des structures.</li> <li>• Possibilité d'extension et de réparation.</li> <li>• Économie à la construction, et performance en termes de recyclage à l'issue d'une démolition, assurant ainsi le respect de l'environnement.</li> <li>• Possibilité d'une préfabrication industrielle dans des ateliers à l'abri des intempéries avec un contrôle qualité poussé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le problème majeur des ponts mixtes est le phénomène de la fatigue dans les assemblages,</li> <li>• Risque de voilement et de déversement des poutres principales,</li> <li>• Nécessite une main d'œuvre qualifiée (surtout pour le soudage).</li> <li>• La résistance et la stabilité de la structure en place doivent être vérifiées à tous les stages importants du montage.</li> </ul>

### X.3.1.3 Solution technique retenue

Tableau X-4 : la solution technique retenue.

Les passages supérieures				
OA n	PK		Solution recommandé	Gabarit (m)
<b>OA<sub>1</sub></b> (Passage supérieur)	72+200		Un pont a poutre précontrainte	5.25
<b>OA<sub>2</sub></b> (Echangeur)	75+625		Un pont a poutre précontrainte	5.25
<b>OA<sub>3</sub></b> (passage supérieur)	79+925		Un pont a poutre précontrainte	5.25
Les ouvrages de notre route				
OV	PK		Solution recommandé	Dimension
	Début	Fin		
<b>Pont (x2)</b>	70	70+275	Un pont a poutre précontrainte	<b>2x(15.5x275)</b>
<b>Pont (x2)</b>	74+25	74 + 500	Un pont a poutre précontrainte	<b>2x(15.5x475)</b>
<b>Pont (x)</b>	76+400	76+875	Un pont a poutre précontrainte	<b>2(15.5x475)</b>

## **CHAPITRE XI**

---

# **SIGNALISATION**

---

### **XI.1 Introduction**

La signalisation routière est un dispositif visuel et parfois auditif qui est utilisé sur les routes afin d'informer, de guider et de contrôler la circulation des véhicules et des piétons. Elle est cruciale pour la sécurité routière en fournissant aux conducteurs des informations essentielles, comme les limites de vitesse, les routes à suivre, les risques potentiels et les règles de priorité.

Il y a différents signaux, panneaux, marquages au sol et autres dispositifs dans ce système, tous destinés à transmettre des messages clairs et compréhensibles aux utilisateurs de la route. En règle générale, ces éléments sont soumis à des normes et des réglementations particulières, souvent établies par les autorités compétentes de chaque pays.

### **XI.2 Les catégories de signalisation**

- Signalisation par panneaux.
- Signalisation par feux.
- Signalisation par marquage sur chaussée.
- Signalisation par balisage.
- Signalisation bornage.

### **XI.3 Les différents types de signalisation**

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

#### **XI.3.1 Signalisation horizontale :**

L'objectif de la signalisation horizontale est de préciser clairement les zones de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou à certaines catégories d'utilisation.

Ce genre de signalisation joue un rôle primordial en délimitation des voies de circulation pour renforcer la sécurité routière et en complément de la signalisation verticale.

### XI.3.1.1 Les catégories de marquage de la chaussée

### XI.3.1.2 Les lignes longitudinales

Elles sont utilisées pour marquer les voies de circulation et incluent :

- **Les lignes continues :**

Ces lignes servent à signaler les zones de route où le dépassement est interdit, en particulier en raison de la mauvaise visibilité.

- **Les lignes discontinues :**

Ils sont conçus pour orienter et faciliter la libre circulation, et il est possible de les traverser. Ils se distinguent par leur module, qui correspond à la proportion de la longueur des traits par rapport à celle de leur intervalle. Les types de lignes sont **T1, T3, T3, T4** (ligne d'avertissement, ligne de rive).

**Tableau XI-1 : Largeur des lignes**

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

**Tableau XI-2 : Les caractéristiques des lignes longitudinales**

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

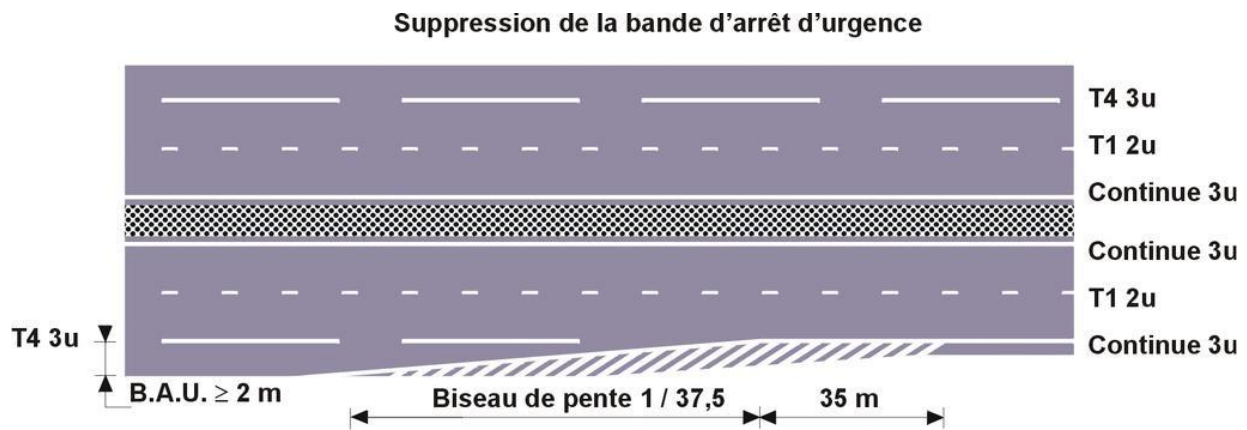


Figure XI-1 : Les lignes longitudinales

### XI.3.1.3 Modulation des lignes discontinues

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

Tableau XI-3 : Les caractéristiques de modulation des lignes discontinues

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

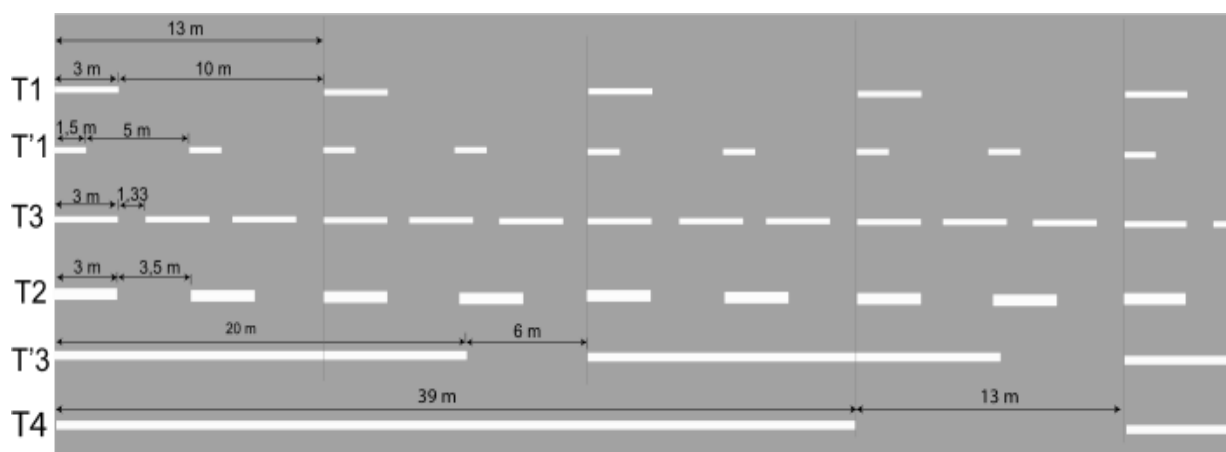


Figure XI-2 : Les lignes de séparation des voies

### XI.3.1.4 Les lignes transversales

Ligne « CÉDEZ LE PASSAGE » T'2 50 cm

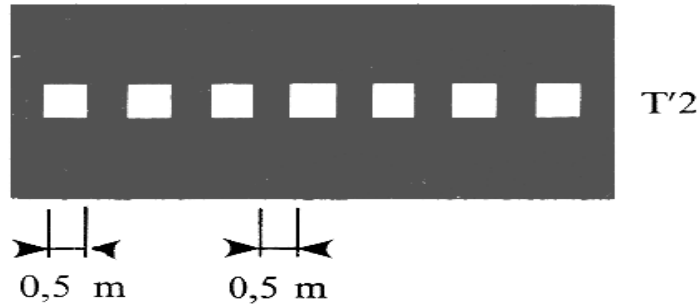


Figure XI-3 : Schéma de ligne transversal

### XI.3.1.5 Flèche de rabattement

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

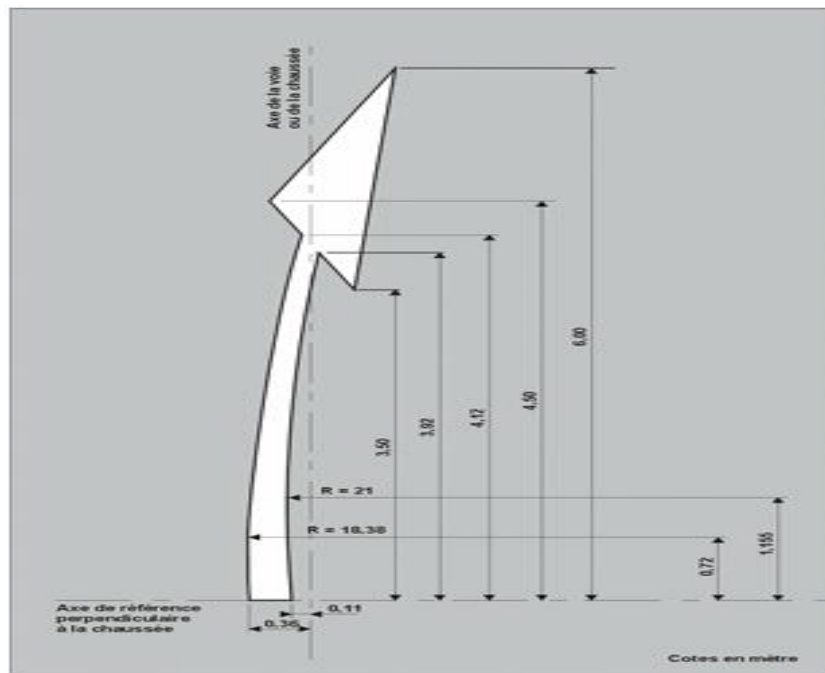


Figure XI-4 : Flèche de rabattement

### XI.3.1.6 Flèches directionnelles

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

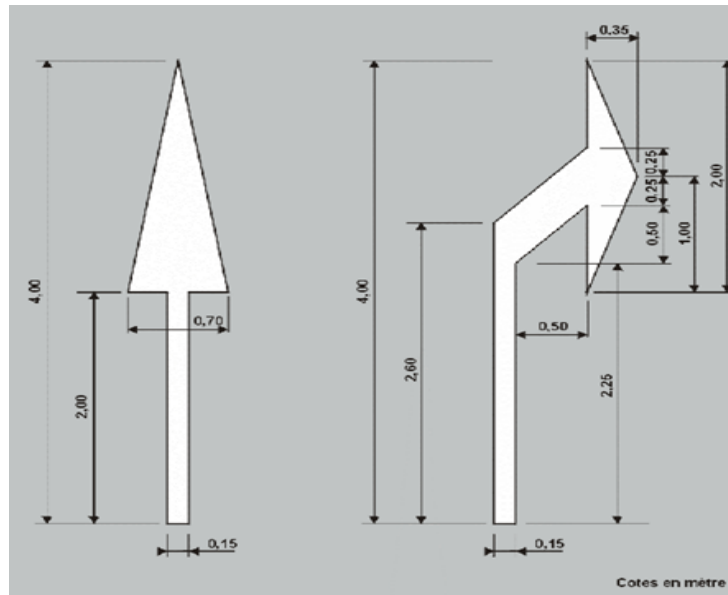


Figure XI-5 : Flèches directionnelles

### XI.3.1.7 Point de convergence et de divergence

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

La conception des musoirs et du marquage associé doit assurer une bonne perception des trajectoires à suivre et de la présence d'un obstacle.

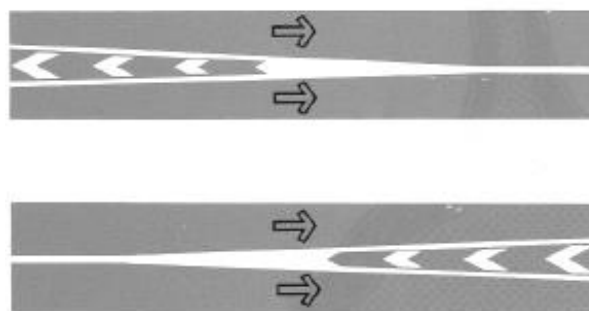


Figure XI-6 : Flèches convergence et divergence

### XI.3.1.8 Couleur de marquage sur chaussée :

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

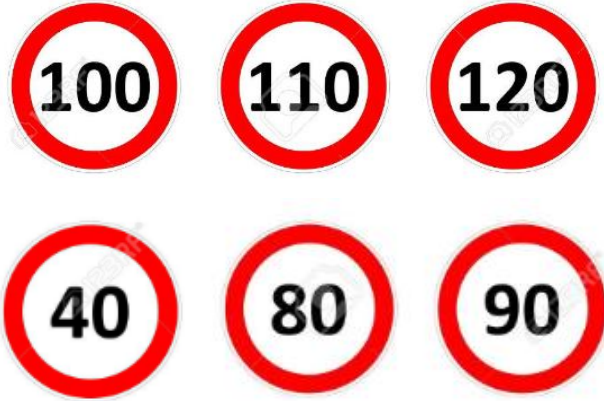
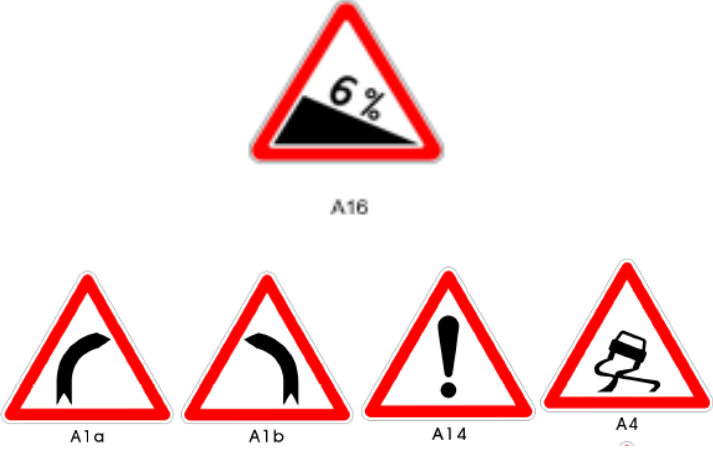

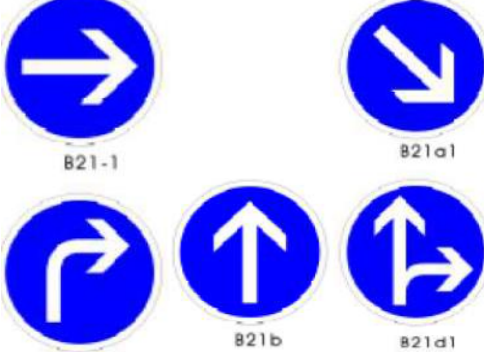
### XI.3.2 Signalisation verticale

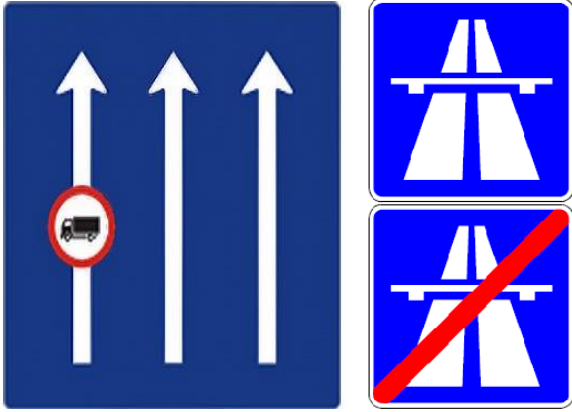


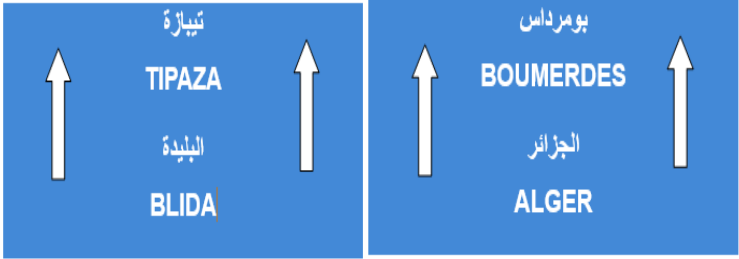
Le rôle de signalisation verticale est d'informer les conducteurs par des informations et des indications sur la route à partir d'installation des panneaux de signalisation.




#### XI.3.2.1 Les différents panneaux de signalisation

- **Panneaux de limitation de vitesse :** Ces panneaux indiquent la vitesse maximale autorisée sur l'autoroute. Ils sont essentiels pour assurer une conduite sûre et fluide.
- **Panneaux de direction :** Ces panneaux indiquent les sorties, les villes et les directions à suivre pour atteindre différentes destinations. Ils aident les conducteurs à naviguer sur le réseau autoroutier.
- **Panneaux de distances :** Ils indiquent la distance jusqu'à certaines destinations ou sorties, permettant aux conducteurs de planifier leur trajet.
- **Panneaux de services :** Ces panneaux indiquent les services disponibles aux sorties prochaines, tels que les stations-service, les restaurants, les aires de repos, etc.
- **Panneaux d'interdiction :** Ils signalent les interdictions spécifiques, telles que l'interdiction de dépasser, l'interdiction de faire demi-tour, etc.
- **Panneaux d'information sur les dangers :** Ils avertissent des dangers potentiels sur la route, comme les virages dangereux, les zones de travaux, les zones de vent latéral, etc.
- **Panneaux de signalisation dynamique :** Certains panneaux sur les autoroutes peuvent afficher des messages changeants en temps réel pour informer les conducteurs sur les conditions de circulation, les accidents, les travaux routiers, etc.

Tableau XI-4 : Schéma de différents panneaux de signalisation

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

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

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

## CHAPITRE XII

---

# IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

---

### XII.1 Introduction

Les projets routiers ont un impact environnemental significatif et varié, affectant les écosystèmes naturels, la qualité de l'air, de l'eau et des sols, ainsi que la biodiversité locale. Ils peuvent entraîner la déforestation, la fragmentation des habitats, la perturbation des cours d'eau et la pollution atmosphérique par les émissions des véhicules. De plus, la construction de routes peut influencer sur les populations locales en perturbant leurs moyens de subsistance et en altérant leurs modes de vie traditionnels.

#### XII.1.1 L'objectif d'une étude d'impact

Il est donc essentiel d'évaluer et de minimiser cet impact pour garantir un développement durable et préserver la santé des écosystèmes et des communautés.

### XII.2 Cadre juridique

La législation concernant l'étude d'impact sur l'environnement en Algérie est établie par le décret 90-78 du 27 février 1990, qui concerne cette activité. L'étude doit inclure :

- Une explication approfondie du projet
- Une étude de la situation initiale du site ainsi que de son environnement naturel et humain ;
- Les actions prises pour éliminer, diminuer et compenser les préjudices causés à l'environnement ;
- Estimer les dépenses liées à la protection de l'environnement.

### XII.3 Impact sur l'environnement

#### XII.3.1 Impact sur la nature

##### • Impact sur la faune

Les projets routiers ont des impacts significatifs sur la faune, souvent négatifs, en causant la destruction et la fragmentation des habitats naturels. Les routes créent des barrières physiques qui isolent les populations animales, perturbent leurs routes de migration, et réduisent la diversité génétique. De plus, les collisions avec les véhicules entraînent une mortalité directe importante chez de nombreuses espèces. La pollution de l'air, de l'eau et du sol, ainsi que la pollution sonore et lumineuse, exacerbent ces effets en affectant la santé et les comportements des animaux.

- **Impact sur la flore**

Les projets routiers impactent la flore en détruisant les habitats végétaux et en fragmentant les écosystèmes, entraînant une perte de biodiversité. La pollution de l'air, de l'eau et du sol nuit à la santé des plantes. De plus, les espèces invasives introduites peuvent supplanter les plantes locales, modifiant les écosystèmes naturels.

- **Impact sur l'eau**

Les projets routiers polluent l'eau en transportant des hydrocarbures et des métaux lourds via le ruissellement, contaminant les rivières et les nappes phréatiques. Ils modifient également le drainage naturel, entraînant érosion, sédimentation et inondations locales, perturbant ainsi les écosystèmes aquatiques.

### **XII.3.2 Impact sur l'agriculture**

Les projets routiers impactent l'agriculture de plusieurs manières. La construction de routes peut entraîner la perte de terres arables, réduisant la surface disponible pour la culture. La fragmentation des terres agricoles peut compliquer l'accès et la gestion des parcelles. La pollution de l'air et de l'eau due aux émissions des véhicules et au ruissellement des routes peut contaminer les cultures et les sols, affectant la qualité et la productivité des récoltes. De plus, l'introduction d'espèces invasives peut nuire aux plantes cultivées, augmentant les coûts de gestion pour les agriculteurs.

### **XII.3.3 Impact sur les habitants**

Les projets routiers peuvent également avoir un impact sur les habitants en termes de sécurité routière. Une augmentation du trafic peut accroître les risques d'accidents, surtout dans les zones résidentielles ou les zones à forte densité de population. Les résidents peuvent également faire face à des perturbations pendant la phase de construction, telles que des déviations de circulation, des retards et des désagréments liés au bruit et à la poussière. De plus, la valorisation des terrains aux abords des nouvelles routes peut entraîner une hausse des prix immobiliers, rendant parfois les logements inabordables pour les habitants locaux. Enfin, l'aménagement de nouvelles routes peut modifier les schémas de déplacement et de vie quotidienne des habitants, ce qui peut être perçu positivement ou négativement en fonction des besoins individuels et des préférences de la communauté.

### XII.4 Stratégies pour atténuer les impacts négatifs

Voici quelques stratégies pour atténuer les impacts négatifs sur l'environnement d'un projet routier, en tenant compte de ses effets sur la nature, l'agriculture et les habitants :

- La construction de passages pour la faune et la planification écologique peuvent être mises en œuvre.
- L'installation des clôtures grillagées aux deux extrémités de la route pour empêcher les animaux de traverser la route dans le but de les protéger
- Créer des passages inférieurs pour les animaux, et aussi pour drainage d'eau (les dalots ont joué les deux rôles)
- Évitez de couper des terres agricoles au hasard
- Évitez de réaliser des grands remblais (remplaçant par des ouvrages)
- Évitez de traverser des bâtiments et des zones résidentielles (Pour notre tronçon aucune construction n'a été démolie)
- Arrosage des pistes pendant la phase de construction pour éviter la pollution de l'air par les poussières, notamment à proximité des habitants
- Construction des passages inférieurs ou supérieurs pour les habitants comme les ponts pour les véhicules et les passerelles pour les piétons
- Installations des dispositifs de retenu au bord de la chaussée

### XII.5 Conclusion

L'étude d'impact joue un rôle primordial dans la phase préalable à la réalisation d'un projet routier. Cette étude nous permet de choisir le meilleur tracé pour la route, en tenant compte de la protection de notre environnement.

## CHAPITRE XIII

---

---

# DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

---

---

### XIII.1 Estimation de devis des dalots

#### Le calcul de volume de bétonne des Dalots

L'épaisseur  $e = 0.5$  m, la largeur extérieure de dalot  $B = b + 1$ .

**Tableau XIII-1: Volume de bétonne armes des dalots**

Dalots	PK	Dimensionnement (m)	Surface (m <sup>2</sup> )	Longueur (m)	Vi (m <sup>3</sup> )	Vj (B×0.5) × e (m <sup>3</sup> )
3	70+716	2x1.5	4,5	130	585	0,75
3	71+105	2x1.5	4,5	95	427,5	0,75
5	71+495	4x1.5	6.5	115	747,5	1,25
6	72+273	4x1.5	6.5	135	877,5	1,25
7	72+914	3x1.5	5.5	80	440	1
8	73+618	3x3x1.5	14	110	1540	2,75
11	75+57	3x1.5	5.5	100	550	1
13	77+183	2x3x1.5	9.75	85	828,75	1,875
14	77+454	2x3x1.5	9.75	150	1462,5	1,875
15	78+227	3x1.5	5.5	90	495	1
16	78+391	3x1.5	5.5	115	632,5	1
17	79+217	4x1.5	6.5	150	975	1,25
18	80+72	4x3x1.5	18.25	135	1825	3,625
<b>ΣVi,j</b>					<b>11386,25</b>	<b>19,375</b>

Volume de mur en retour :

$$V3 = (2 \times 2 + 2 \times 0.5) \times 0.5 = 2.5$$

Volume de bétonne total :  $V_{total} = \Sigma Vi + \Sigma Vj + 2 \times 18 \times V3$

<b>Vtotal == 11495.625 m<sup>3</sup></b>
--

### XIII.2 Estimation du Devis de signalisation

#### Nombre des panneaux de Signalisation verticales :

- 12 plaques de signalisation virages
- 2 plaques de signalisation stationnement interdits
- 6 plaques signalisation passage supérieures
- 12 plaques signalisation des pentes
- 4 plaques de signalisation d'obligation
- 8 plaques de signalisation d'indication
- 6 plaques de signalisation de direction
- 6 plaques de signalisation passages supérieures

**Nombre total des plaques : 56 plaques**

#### Signalisation horizontale :

**Tableau XIII-2 : Devis de marquage sur la chaussée**

Type de Modulation	Longueur (m)	Prix unitaire (DA)	Prix (DA)	Prix total (DA)
Contenue	21 100	250	5,275,000.00	14,993,172.50
T1	14 607.69	250	3,651,922.500	
T2	8 440	250	2,110,000.00	
T4	15825	250	3,956,250.00	

Tableau XIII-3 : Le Devis total de notre projet

N	Désignation des travaux	Unité	Quantité pour 10550 km	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)
1	Acquisition de terrain	m <sup>2</sup>	3500	1,000	<b>3,500,000</b>
2	Installation de chantier	Forfait	3% (3+4+5)		<b>182,669,436.1</b>
3	Préparation de terrain	m <sup>2</sup>	1193208.0274	200	<b>238,641,605.5</b>
<b>Terrassement</b>					
4	Décapage de terre végétale(25cm)	m <sup>3</sup>	251709.9233	100	25,170,992.34
	Remblais d'emprunt	m <sup>3</sup>	2272987.67	600	1,363,792,602
	Déblais	m <sup>3</sup>	5794737.81	500	2,897,368 ,905
<b>Totale 4</b>					<b>4,286,332,499</b>
<b>Chaussée</b>					
5	Mise en place de la couche de Forme 60 cm (Tuf)	m <sup>3</sup>	249 221	1,500	330,337,500
	Couche de Fondation épaisseur 0.12 m En (Gb 2.3t/m <sup>3</sup> )	t	106 354.6	5,000	531,773,000
	Couche de base épaisseur 0.12 m En (Gb 2.3t/m <sup>3</sup> )	t	804 38.6	5,000	402,193,000
	Couche de roulement épaisseur 0.06m en BB (2,4t/m <sup>3</sup> )	t	42 184,8	7,000	295,293,600
	Couche d'accrochage 0.2 à 0.3(kg/m <sup>2</sup> )	t	126	35,000	4,410,000
<b>Totale 5</b>					<b>1,564,007,100</b>
6	Glissière en bétonne	ml	42,200	8,500	<b>358,700,000</b>
<b>Assainissement, réseaux et protections hydrauliques</b>					
7	Fossés trapézoïdaux (e=10cm)	ml	8300	500	4,150,000
	Dalots en Béton Armé dosé a 350 kg/m)	m <sup>3</sup>	28739.0625	50,000	574,781,250
<b>Totale 7</b>					<b>1,441,103,125</b>
<b>Signalisation</b>					
8	Signalisation verticale	U	56	20,000	1,120,000
	Signalisation horizontale	ml	/	250	14,993,172.50
<b>Totale 8</b>					<b>578,931,250</b>
<b>Environnements et paysage</b>					
9	Impact sur l'environnement	Forfait	2% (4+5+6)		<b>145,828,854.5</b>
<b>Totale 9</b>					
<b>Ouvrage d'art</b>					
10	Passage supérieur	m <sup>2</sup>	2	300,000	264,000,000
	Ouvrage d'art de notre tracé	m <sup>2</sup>	3	300,000	11,760,000,000
<b>Totale 10</b>					<b>11,392,500,000</b>
11	Echangeur	Forfait	/	/	<b>200,000,000</b>
<b>Devis total</b>					<b>18,966,428,720</b>

---

# CONCLUSION GENERALE

---

## Conclusion générale

Cette étude d'Avant-Projet Détaillé (APD) nous a permis d'identifier et de comprendre tous les problèmes techniques susceptibles de survenir dans un projet routier. Elle nous a également offert l'opportunité de bénéficier de l'expertise de professionnels du secteur et d'apprendre une méthodologie rationnelle pour élaborer des projets de travaux publics, en particulier les projets routiers. Par conséquent, nous avons appris à utiliser divers logiciels de calcul et de dessin, tels que **CIVIL 3D**, **GLOBAL MAPPER**, **SLIDE**, et **ALIZÉ LCPC**, en raison de leur rapidité de traitement et de la précision de leurs résultats.

En outre, la réalisation de ce travail nous a permis non seulement d'appliquer les connaissances acquises au cours de nos 3 années de formation, mais aussi de mieux appréhender notre avenir professionnel. Nous sommes désormais mieux préparés à contribuer au développement de notre pays en participant activement à la construction d'infrastructures essentielles.

---

# BIBLIOGRAPHIE

---

## Bibliographie

---

- Mémoire de fin d'études (Aries-Tagharist W248717, benabdlouahab-mazari W279120)
- ICTAAL 2000
- B40 (Normes technique d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).
- Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 1,2 et 3 (CTTP 2001).
- Les cours de l'école pendant 3ans (hydraulique, Route, Esquisse, GTR,).
- Document de l'ADA.
- ICTAAL 2000 Guide Échangeur, SETRA.
- Guide des terrassements routiers GTR.
- Cours De Routes Conception Des Tracés Routiers - Norme
- Guide technique Assainissement routier.
- [www.GenieCivilPDF.com](http://www.GenieCivilPDF.com)
- Logiciels utilisés : CIVIL 3D 2024, SLIDE 6, AUTO CAD 2024, ALIZE LCPC, GLOBAL MAPPER.

---

## ANNEXES

---

**ANNEXE A : ELEMENT DU TRACE EN PLAN**

Elément	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			70+0000.00	516562.4417	4047676.9756
Droite1	ANG=192.0423(g)	332.497m			
			70+332.50	516888.5817	4047741.6802
CLO2	A=200m				
	R= 400.000m	100m			
			70+432.5	516987.3267m	4047757.0275
ARC3	XC=517194.6552m				
	YC=4047715.7389				
	R=400.000m	213.941m			
			70+432.50	517194.6552	4047715.7389
CLO4	A=200m				
	R=400.000m	100m			
			70+746.44	517279.9872	4047663.7334
Droite5	ANG=195.7205(g)	64.310m			
			70+810.75	517333.4610	4047628.0071
CLO6	A=220m				
	R=600m	80.67m			
			70+891.41	517401.5086	4047584.7170
ARC7	XC=517541.8282				
	YC=4047504.0437				
	R=600.000m	316.188m	71+207.60	517703.6833	4047504.8858
CLO8	A=220m				
	R=600m	80.67m			
			71+288.27	517784.2329	4047508.9181
Droite9	ANG=195.7205(g)	749.699m			
			72+37.97	518531.9665	4047563.1672
CLO10	A=220m				
	R=600m	80.67m			

## ANNEXE A : TRACE EN PLAN

			72+118.63	518612.2546	4047570.8039
ARC11	XC=518690.1590				
	YC=4047581.7543				
	R=600m	156.448m	72+275.08	518762.6069	4047612.4184
CLO12	A=220m				
	R=600.000m	80.67m			
			72+355.75	518835.3957	4047647.1502
Droite13	ANG=195.7205(g)	166.513m			
			72+522.26	518984.0326	4047722.2073
CLO14	A=220m				
	R=600m	80.67m			
			72+602.93	519056.8213	4047756.9392
ARC15	XC=519175.2257				
	YC=4047807.0546				
	R=600m	253.316m			
			72+856.24	519303.7686	4047804.2519
CLO16	A=220m				
	R=600m	80.67m			
			72+936.91m	519384.2402	4047798.8833
Droite17	ANG=78.5397(g)	330.058m			
			73+266.97	519173.1819	4047817.7220
Courbe18	XC=519801.8957				
	YC=4048765.5797				
	R=1000.000m	1233.699m			
			74+500.67m	520712.4723	4048352.2393
Droite19	ANG=195.7205 (g)	17.050m			
			74+517.72m	520719.5197	4048367.7646
CLO20	A=220m				
	R=600m	80.67m			
			74+598.38m	520754.4928	4048440.4377
ARC21	XC=520821.3398				
	YC=4048564.7606				

## ANNEXE A : TRACE EN PLAN

	R=600	277.268m			
			74+875.65	520936.6035	4048646.2405
CLO22	A=220m				
	R=600m	80.67m			
			74+956.32	521004.4803	4048689.7978
Droite23	ANG=195.7205g	1158.619m			
			76+114.94	521993.3686	4049293.5343
CLO24	A=220m				
	R=600m	80.67m			
			76+195.61	522063.1285	4049334.0071
ARC25	XC=522121.7701				
	YC=4049364.6034				
	R=600m	131.755			
			76+327.36	522185.6683	4049381.6911
CLO26	A=220m				
	R=600m	80.67m			
			76+408.03	522264.4362	4049399.0150
Droite27	ANG=195.7205 (g)	709.091m			
			77+117.12	522960.2139	4049535.7751
CLO28	A=220m				
	R=600m	80.67m			
			77+197.78	523038.9818	4049553.0990
ARC29	XC=523290.5105				
	YC=4049620.3627				
	R=600m	491.308m			
			77+689.09	523413.1942	4049850.0141
CLO30	A=220m				
	R=600m	80.67m			
			77+769.76	523447.9712	4049922.7813
Droite31	ANG=192.0423(g)	35.146m			
			77+804.90	523462.4121	4049954.8234
CLO32	A=200m				

## ANNEXE A : TRACE EN PLAN

	R=400m	100m			
			77+904.90	523507.2307	4050044.1397
ARC33	XC=523512.0329				
	YC=4050052.0002				
	R=400m	18.419			
			77+923.32	523517.1919	4050059.6312
CLO34	A=200m				
	R=400m	100m			
			78+023.32	523579.8572	4050137.471
Droite35	ANG=195.7205 (g)	321.975m			
			78+345.30	523792.0345	4050379.6467
CLO36	A=220m				
	R=600	80.67			
			78+425.97m	523843.8097	4050441.4838
ARC37	XC=523850.1831				
	YC=4050449.828				
	R=600m	20.999m			
			78+446.96	523856.2607	4050458.3915
CLO38	A=220m				
	R=600m	80.67m			
			78+527.63	523899.9475	4050526.1850
Droite39	ANG=196.4064 (g)	766.789m			
			79+294.42	524300.7573	4051179.8797
CLO40	A=252m				
	R=750m	84.672m			
			79+379.09	524346.3602	4051251.2078
ARC41	XC=524437.9087				
	YC=4051383.1815				
	R=750m	316.456m			
			77+695.55	524575.4756	4051466.0884
CLO42	A=252m				
	R=750m	84.672m			

## ANNEXE A : TRACE EN PLAN

			79+780.22	524649.5783	4051507.0286
Droite43	ANG=195.7205(g)	218.064m			
			79+998.28	524842.3994	4051608.8712
CLO44	A=220.000m				
	R=600m	80.667			
			80+078.95	524912.8521	4051648.1258
ARC45	XC=524974.1946				
	YC=4051686.0017				
	R=600	143.499m	80+222.45	525024.8185	,4051737.3311
CLO46	A=220.000m				
	R=600m	80.667m			
			80+303.12	525078.8217	4051797.2323
Droite47	ANG=195.7205 (g)	247.400m			
			80+550.52		
				525240.3207	4051984.6479

## ANNEXE B : ELEMENT DU PROFIL EN LONG

Elément	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	Z
			70+0000.00	145.990m
Droite1	Pente=3.71%	570.95		
			70+570.95	167.150m
PAR2	S=70+664.86m;Z=170.631m			
	R=15000m	187.812m		
			70+852.624	172.935m
Droite3	Pente=2.45%	628.09		
			71+386.85	188.349m
PAR4	S=71+435.25m ;Z=189.537m			
	R=10000m	96.791m		
			71+483.65	191.193m
Droite5	Pente=3.42%	1025.5m		
			72+509.15	226.285m
PAR5	S=72+707.92m ;Z=233.087m			
	R=15000.000m	397.527m		
			72+906.68	234.621m
Droite 6	Pente=0.77%	1255.63m		
			74+162.31	244.255m
PAR7	S=74+520.01m ;Z=246.912m			
	R=14000.000m	715.394m		
			74+877.71	267.847m
Droite8	Pente=5.85%	250.94m		
			75+128.65	282.534m
PAR9	S=75+895.78m ;Z=327.432m			
	R=15000.000m	1534.259m		
			76+662.91	293.865m
Droite9	Pente=-4.38%	757.4m		
			77+420.31	260.724m
PAR10	S=77+562.14m ;Z=254.518m			
	R=10000.000m	283.663m		
			77+703.97m	252.336m
Droite11	Pente=-1.54%	471.78m		
			78+175.75m	245.075m
PAR12	S=78+510.16m ;Z=239.928m			
	R=15000.000m	668.818m		
			78+844.75m	219.871m
Droite13	Pente=-5.99%	675.69m		
			79+520.44	179.334m
PAR14	S= 79+665.05m ;Z=170.660m			
	R=10000.000m	289.218m		
			79+809.66m	166.196m
Droite15	Pente=-3.11	743.15m		
			80+552.81m	143.090m

ANNEXE C : CALCUL DES CUBATURES

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol. déblai Cum. (m3)	Vol. réutilisable Cum. (Cu.m.)	Vol. remblai Cum. (m3)	Vol. Net Cum. (m3)
0+000.000	196.94	0.00	0.00	65.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+025.000	0.18	2464.09	2464.09	840.72	11325.41	2464.09	2464.09	11325.41	-8861.31
0+050.000	0.00	2.31	2.31	1155.06	24947.18	2466.41	2466.41	36272.58	-33806.18
0+075.000	0.00	0.00	0.00	1514.52	33369.72	2466.41	2466.41	69642.31	-67175.90
0+100.000	0.00	0.00	0.00	1626.77	39266.13	2466.41	2466.41	108908.44	-106442.03
0+125.000	0.00	0.00	0.00	1850.50	43465.91	2466.41	2466.41	152374.34	-149907.94
0+150.000	0.00	0.00	0.00	2166.83	50216.69	2466.41	2466.41	202591.03	-200124.63
0+175.000	0.00	0.00	0.00	2553.12	58999.43	2466.41	2466.41	261590.47	-259124.06
0+200.000	0.00	0.00	0.00	2223.25	59704.68	2466.41	2466.41	321295.15	-318828.75
0+225.000	0.00	0.00	0.00	1851.01	50928.20	2466.41	2466.41	372223.35	-369756.94
0+250.000	0.00	0.00	0.00	1392.44	40543.06	2466.41	2466.41	412766.41	-410300.01
0+275.000	0.00	0.00	0.00	978.22	29633.30	2466.41	2466.41	442399.71	-439933.31
0+300.000	0.38	4.69	4.69	627.16	20067.31	2471.09	2471.09	462467.02	-459995.93
0+325.000	56.10	705.88	705.88	360.94	12351.24	3176.98	3176.98	474818.27	-471641.29
0+350.000	113.28	2117.21	2117.21	163.29	6552.85	5294.19	5294.19	481371.11	-476076.92
0+375.000	212.86	4023.61	4023.61	23.22	2421.70	9317.80	9317.80	483792.82	-474475.02
0+400.000	325.40	6580.25	6580.25	0.57	306.01	15898.05	15898.05	484098.83	-468200.78
0+425.000	451.90	9436.38	9436.38	0.00	7.52	25334.43	25334.43	484106.35	-458771.92
0+450.000	942.73	16648.22	16648.22	0.00	0.00	41982.65	41982.65	484106.35	-442123.70
0+475.000	1285.10	26311.55	26311.55	0.00	0.00	68294.20	68294.20	484106.35	-415812.15
0+500.000	1544.00	33226.49	33226.49	0.00	0.00	101520.69	101520.69	484106.35	-382585.66
0+525.000	1644.68	37414.90	37414.90	0.00	0.00	138935.59	138935.59	484106.35	-345170.76
0+550.000	1680.61	39163.63	39163.63	0.00	0.00	178099.22	178099.22	484106.35	-306007.14
0+575.000	1581.49	38706.90	38706.90	0.00	0.00	216806.11	216806.11	484106.35	-267300.24
0+600.000	1167.80	32961.47	32961.47	0.00	0.00	249767.58	249767.58	484106.35	-234338.77
0+625.000	673.88	22320.89	22320.89	0.00	0.00	272088.48	272088.48	484106.35	-212017.87
0+650.000	322.04	12042.81	12042.81	0.00	0.00	284131.29	284131.29	484106.35	-199975.06
0+675.000	187.92	6074.51	6074.51	135.88	1769.56	290205.79	290205.79	485875.91	-195670.12
0+700.000	138.18	3915.44	3915.44	244.91	4923.55	294121.24	294121.24	490799.47	-196678.23
0+725.000	132.29	3304.87	3304.87	351.37	7642.55	297426.11	297426.11	498442.02	-201015.91
0+750.000	204.54	4210.43	4210.43	263.00	7679.68	301636.54	301636.54	506121.70	-204485.16
0+775.000	389.36	7423.76	7423.76	244.43	6342.93	309060.30	309060.30	512464.63	-203404.33
0+800.000	72.04	5767.51	5767.51	416.62	8263.14	314827.81	314827.81	520727.77	-205899.96
0+825.000	0.00	900.56	900.56	424.96	10519.67	315728.36	315728.36	531247.44	-215519.08

## ANNEXE D : VOLUME DES MATERIAUX

0+850.000	0.00	0.00	0.00	330.47	9442.84	315728.36	315728.36	540690.28	-224961.92
0+875.000	1.28	16.34	16.34	222.35	6780.09	315744.70	315744.70	547470.37	-231725.67
0+900.000	24.63	333.65	333.65	174.81	4825.17	316078.35	316078.35	552295.54	-236217.18
0+925.000	119.97	1868.09	1868.09	172.84	4192.65	317946.44	317946.44	556488.19	-238541.75
0+950.000	332.75	5854.30	5854.30	14.96	2259.37	323800.74	323800.74	558747.56	-234946.82
0+975.000	643.21	12659.34	12659.34	0.00	180.51	336460.08	336460.08	558928.07	-222467.99
1+000.000	736.27	17944.06	17944.06	0.00	0.00	354404.14	354404.14	558928.07	-204523.92
1+025.000	695.88	18703.66	18703.66	0.82	9.79	373107.80	373107.80	558937.86	-185830.06
1+050.000	597.31	16973.36	16973.36	0.45	15.20	390081.16	390081.16	558953.06	-168871.90
1+075.000	492.61	14359.17	14359.17	26.84	329.14	404440.33	404440.33	559282.20	-154841.87
1+100.000	265.42	10003.79	10003.79	49.89	930.65	414444.12	414444.12	560212.86	-145768.74
1+125.000	151.20	5475.19	5475.19	47.23	1180.20	419919.31	419919.31	561393.06	-141473.75
1+150.000	220.05	4824.43	4824.43	28.19	913.69	424743.74	424743.74	562306.75	-137563.01
1+175.000	266.70	6397.88	6397.88	145.87	2106.46	431141.63	431141.63	564413.21	-133271.59
1+200.000	162.04	5710.59	5710.59	197.53	4145.62	436852.22	436852.22	568558.83	-131706.62
1+225.000	192.21	4668.28	4668.28	90.60	3487.99	441520.50	441520.50	572046.82	-130526.33
1+250.000	708.83	11724.43	11724.43	1.26	1127.00	453244.93	453244.93	573173.83	-119928.90
1+275.000	1244.96	24422.37	24422.37	0.00	15.78	477667.29	477667.29	573189.60	-95522.31
1+300.000	1300.74	31821.25	31821.25	0.00	0.00	509488.55	509488.55	573189.60	-63701.06
1+325.000	1433.28	34175.22	34175.22	0.00	0.00	543663.77	543663.77	573189.60	-29525.83
1+350.000	1391.92	35314.90	35314.90	0.00	0.00	578978.67	578978.67	573189.60	5789.07
1+375.000	1034.23	30326.88	30326.88	0.00	0.00	609305.55	609305.55	573189.60	36115.95
1+400.000	612.05	20578.49	20578.49	0.00	0.00	629884.04	629884.04	573189.60	56694.44
1+425.000	204.41	10205.71	10205.71	0.00	0.00	640089.75	640089.75	573189.60	66900.15
1+450.000	0.00	2555.13	2555.13	211.02	2637.72	642644.89	642644.89	575827.33	66817.56
1+475.000	0.00	0.00	0.00	817.39	12855.16	642644.89	642644.89	588682.48	53962.40
1+500.000	0.00	0.00	0.00	1419.81	27965.04	642644.89	642644.89	616647.53	25997.36
1+525.000	0.00	0.00	0.00	821.31	28013.98	642644.89	642644.89	644661.51	-2016.62
1+550.000	0.00	0.00	0.00	269.14	13630.62	642644.89	642644.89	658292.12	-15647.24
1+575.000	139.56	1744.49	1744.49	0.84	3374.74	644389.37	644389.37	661666.86	-17277.49
1+600.000	573.54	8913.78	8913.78	0.00	10.49	653303.15	653303.15	661677.35	-8374.20
1+625.000	1049.87	20292.62	20292.62	0.00	0.00	673595.76	673595.76	661677.35	11918.42
1+650.000	1585.21	32938.41	32938.41	0.00	0.00	706534.17	706534.17	661677.35	44856.82
1+675.000	2150.82	46700.29	46700.29	0.00	0.00	753234.46	753234.46	661677.35	91557.12
1+700.000	1926.40	50965.27	50965.27	0.00	0.00	804199.74	804199.74	661677.35	142522.39
1+725.000	1454.53	42261.62	42261.62	0.00	0.00	846461.36	846461.36	661677.35	184784.01
1+750.000	1010.23	30809.47	30809.47	0.00	0.00	877270.83	877270.83	661677.35	215593.48
1+775.000	552.14	19529.67	19529.67	0.00	0.00	896800.50	896800.50	661677.35	235123.15
1+800.000	365.53	11470.94	11470.94	1.60	19.94	908271.44	908271.44	661697.29	246574.15

## ANNEXE D : VOLUME DES MATERIAUX

1+825.000	166.22	6646.93	6646.93	41.04	532.94	914918.37	914918.37	662230.22	252688.15
1+850.000	75.90	3026.50	3026.50	137.85	2236.08	917944.87	917944.87	664466.30	253478.57
1+875.000	87.64	2044.19	2044.19	126.89	3309.27	919989.06	919989.06	667775.57	252213.49
1+900.000	151.18	2985.25	2985.25	112.77	2995.84	922974.31	922974.31	670771.41	252202.89
1+925.000	280.69	5398.49	5398.49	28.29	1763.28	928372.80	928372.80	672534.69	255838.10
1+950.000	504.07	9809.51	9809.51	2.80	388.65	938182.31	938182.31	672923.34	265258.96
1+975.000	779.20	16040.81	16040.81	3.04	73.08	954223.11	954223.11	672996.42	281226.69
2+000.000	984.63	22047.89	22047.89	0.13	39.62	976271.00	976271.00	673036.04	303234.96
2+025.000	1264.96	28119.88	28119.88	0.00	1.57	1004390.88	1004390.88	673037.61	331353.27
2+050.000	1178.77	30546.57	30546.57	0.00	0.00	1034937.45	1034937.45	673037.61	361899.83
2+075.000	782.32	24513.64	24513.64	0.00	0.00	1059451.08	1059451.08	673037.61	386413.47
2+100.000	387.59	14982.86	14982.86	0.00	0.00	1074433.94	1074433.94	673037.61	401396.33
2+125.000	246.38	8134.95	8134.95	0.00	0.00	1082568.89	1082568.89	673037.61	409531.28
2+150.000	165.23	5290.14	5290.14	3.25	39.33	1087859.03	1087859.03	673076.94	414782.09
2+175.000	122.60	3699.90	3699.90	12.22	187.24	1091558.93	1091558.93	673264.18	418294.75
2+200.000	25.52	1907.01	1907.01	97.40	1338.46	1093465.94	1093465.94	674602.64	418863.30
2+225.000	0.00	331.04	331.04	331.28	5286.59	1093796.97	1093796.97	679889.24	413907.74
2+250.000	0.00	0.00	0.00	769.53	13619.24	1093796.97	1093796.97	693508.48	400288.50
2+275.000	0.00	0.00	0.00	1395.38	26734.46	1093796.97	1093796.97	720242.93	373554.04
2+300.000	0.00	0.00	0.00	1274.08	32798.86	1093796.97	1093796.97	753041.80	340755.17
2+325.000	0.00	0.00	0.00	897.08	26752.05	1093796.97	1093796.97	779793.85	314003.13
2+350.000	0.00	0.00	0.00	644.41	19268.71	1093796.97	1093796.97	799062.56	294734.42
2+375.000	0.00	0.00	0.00	364.99	12617.57	1093796.97	1093796.97	811680.12	282116.85
2+400.000	98.42	1230.20	1230.20	61.76	5334.46	1095027.17	1095027.17	817014.58	278012.59
2+425.000	360.58	5737.41	5737.41	7.98	871.75	1100764.58	1100764.58	817886.33	282878.26
2+450.000	578.21	11734.86	11734.86	0.54	106.41	1112499.44	1112499.44	817992.74	294506.71
2+475.000	662.32	15506.71	15506.71	0.05	7.40	1128006.15	1128006.15	818000.13	310006.02
2+500.000	593.83	15701.92	15701.92	0.00	0.68	1143708.07	1143708.07	818000.82	325707.25
2+525.000	681.98	15947.67	15947.67	0.00	0.00	1159655.73	1159655.73	818000.82	341654.92
2+550.000	774.02	18200.01	18200.01	0.00	0.00	1177855.74	1177855.74	818000.82	359854.93
2+575.000	684.30	18018.53	18018.53	0.00	0.00	1195874.27	1195874.27	818000.82	377873.46
2+600.000	602.64	15771.43	15771.43	0.00	0.00	1211645.70	1211645.70	818000.82	393644.89
2+625.000	461.29	12939.15	12939.15	0.00	0.00	1224584.85	1224584.85	818000.82	406584.03
2+650.000	381.29	10175.84	10175.84	0.65	8.49	1234760.69	1234760.69	818009.30	416751.39
2+675.000	363.48	8878.62	8878.62	25.91	342.99	1243639.31	1243639.31	818352.29	425287.01
2+700.000	411.57	9129.60	9129.60	52.37	1012.32	1252768.90	1252768.90	819364.62	433404.29
2+725.000	372.16	9214.51	9214.51	48.63	1306.41	1261983.41	1261983.41	820671.03	441312.38
2+750.000	191.24	6659.41	6659.41	112.12	2082.77	1268642.82	1268642.82	822753.80	445889.02
2+775.000	98.26	3446.70	3446.70	184.54	3854.44	1272089.52	1272089.52	826608.24	445481.28

## ANNEXE D : VOLUME DES MATERIAUX

2+800.000	107.13	2461.63	2461.63	212.56	5159.97	1274551.15	1274551.15	831768.21	442782.94
2+825.000	120.14	2721.54	2721.54	219.63	5599.47	1277272.69	1277272.69	837367.68	439905.01
2+850.000	81.36	2407.94	2407.94	163.99	4956.24	1279680.63	1279680.63	842323.92	437356.72
2+875.000	51.00	1592.97	1592.97	216.73	4928.87	1281273.60	1281273.60	847252.79	434020.82
2+900.000	0.00	623.35	623.35	255.57	6038.68	1281896.96	1281896.96	853291.47	428605.49
2+925.000	18.95	236.89	236.89	193.61	5614.64	1282133.85	1282133.85	858906.12	423227.73
2+950.000	135.77	1934.00	1934.00	50.70	3053.82	1284067.85	1284067.85	861959.93	422107.91
2+975.000	266.38	5026.80	5026.80	1.95	658.07	1289094.64	1289094.64	862618.00	426476.64
3+000.000	313.89	7253.26	7253.26	0.10	25.56	1296347.90	1296347.90	862643.56	433704.35
3+025.000	292.59	7580.96	7580.96	10.53	132.81	1303928.86	1303928.86	862776.36	441152.50
3+050.000	197.66	6128.18	6128.18	54.57	813.71	1310057.05	1310057.05	863590.07	446466.97
3+075.000	341.13	6734.91	6734.91	0.04	682.69	1316791.96	1316791.96	864272.76	452519.19
3+100.000	641.38	12281.40	12281.40	0.00	0.55	1329073.35	1329073.35	864273.31	464800.05
3+125.000	1034.54	20949.09	20949.09	0.00	0.00	1350022.44	1350022.44	864273.31	485749.13
3+150.000	1503.47	31725.15	31725.15	0.00	0.00	1381747.59	1381747.59	864273.31	517474.28
3+175.000	1774.56	40975.36	40975.36	0.00	0.00	1422722.95	1422722.95	864273.31	558449.64
3+200.000	1977.84	46905.04	46905.04	0.00	0.00	1469627.98	1469627.98	864273.31	605354.68
3+225.000	2208.72	52332.02	52332.02	0.00	0.00	1521960.00	1521960.00	864273.31	657686.70
3+250.000	2474.93	58545.65	58545.65	0.00	0.00	1580505.65	1580505.65	864273.31	716232.35
3+275.000	2668.29	64290.32	64290.32	0.00	0.00	1644795.98	1644795.98	864273.31	780522.67
3+300.000	2801.86	70246.62	70246.62	0.00	0.00	1715042.59	1715042.59	864273.31	850769.29
3+325.000	2768.42	71501.89	71501.89	0.00	0.00	1786544.49	1786544.49	864273.31	922271.18
3+350.000	2452.97	66913.01	66913.01	0.00	0.00	1853457.50	1853457.50	864273.31	989184.19
3+375.000	2124.90	58478.28	58478.28	0.00	0.00	1911935.78	1911935.78	864273.31	1047662.47
3+400.000	1590.58	47194.51	47194.51	0.00	0.00	1959130.28	1959130.28	864273.31	1094856.98
3+425.000	843.78	30742.54	30742.54	0.00	0.00	1989872.83	1989872.83	864273.31	1125599.52
3+450.000	415.74	15879.73	15879.73	0.00	0.00	2005752.56	2005752.56	864273.31	1141479.26
3+475.000	254.05	8476.73	8476.73	0.00	0.00	2014229.29	2014229.29	864273.31	1149955.98
3+500.000	151.06	5144.63	5144.63	31.86	390.54	2019373.92	2019373.92	864663.84	1154710.08
3+525.000	51.42	2578.76	2578.76	65.03	1188.10	2021952.69	2021952.69	865851.94	1156100.75
3+550.000	0.70	664.43	664.43	163.84	2819.68	2022617.12	2022617.12	868671.62	1153945.50
3+575.000	0.00	8.91	8.91	483.04	7992.01	2022626.03	2022626.03	876663.63	1145962.40
3+600.000	0.00	0.00	0.00	971.38	17983.75	2022626.03	2022626.03	894647.38	1127978.65
3+625.000	0.00	0.00	0.00	1371.21	29049.29	2022626.03	2022626.03	923696.67	1098929.36
3+650.000	0.00	0.00	0.00	1118.81	31005.14	2022626.03	2022626.03	954701.80	1067924.22
3+675.000	0.00	0.00	0.00	684.90	22535.87	2022626.03	2022626.03	977237.67	1045388.36
3+700.000	0.00	0.00	0.00	265.60	11895.06	2022626.03	2022626.03	989132.73	1033493.30
3+725.000	61.57	766.25	766.25	0.00	3328.91	2023392.28	2023392.28	992461.63	1030930.65
3+750.000	369.53	5376.48	5376.48	0.00	0.00	2028768.76	2028768.76	992461.63	1036307.13

## ANNEXE D : VOLUME DES MATERIAUX

3+775.000	794.90	14535.04	14535.04	0.00	0.00	2043303.80	2043303.80	992461.63	1050842.17
3+800.000	1249.23	25566.73	25566.73	0.00	0.00	2068870.53	2068870.53	992461.63	1076408.90
3+825.000	1734.76	37422.84	37422.84	0.00	0.00	2106293.37	2106293.37	992461.63	1113831.74
3+850.000	2077.96	47968.07	47968.07	0.00	0.00	2154261.44	2154261.44	992461.63	1161799.81
3+875.000	2054.74	52151.71	52151.71	0.00	0.00	2206413.16	2206413.16	992461.63	1213951.52
3+900.000	1504.09	44999.67	44999.67	0.00	0.00	2251412.82	2251412.82	992461.63	1258951.19
3+925.000	861.65	29940.78	29940.78	0.00	0.00	2281353.61	2281353.61	992461.63	1288891.98
3+950.000	415.05	16155.31	16155.31	0.00	0.00	2297508.91	2297508.91	992461.63	1305047.28
3+975.000	29.85	5630.99	5630.99	79.10	977.22	2303139.90	2303139.90	993438.85	1309701.06
4+000.000	0.00	381.36	381.36	365.39	5516.57	2303521.27	2303521.27	998955.41	1304565.85
4+025.000	0.00	0.00	0.00	893.66	15689.43	2303521.27	2303521.27	1014644.85	1288876.42
4+050.000	0.00	0.00	0.00	1228.94	26477.88	2303521.27	2303521.27	1041122.72	1262398.54
4+075.000	0.00	0.00	0.00	1313.81	31656.83	2303521.27	2303521.27	1072779.55	1230741.72
4+100.000	0.00	0.00	0.00	1364.10	33289.05	2303521.27	2303521.27	1106068.59	1197452.67
4+125.000	0.00	0.00	0.00	1554.74	36320.67	2303521.27	2303521.27	1142389.26	1161132.00
4+150.000	0.00	0.00	0.00	1755.19	41171.54	2303521.27	2303521.27	1183560.80	1119960.47
4+175.000	0.00	0.00	0.00	1426.37	39469.44	2303521.27	2303521.27	1223030.24	1080491.03
4+200.000	0.00	0.00	0.00	762.14	27120.83	2303521.27	2303521.27	1250151.07	1053370.20
4+225.000	0.00	0.00	0.00	399.24	14407.75	2303521.27	2303521.27	1264558.82	1038962.45
4+250.000	0.00	0.00	0.00	325.93	8986.30	2303521.27	2303521.27	1273545.11	1029976.15
4+275.000	0.00	0.00	0.00	504.22	10280.34	2303521.27	2303521.27	1283825.46	1019695.81
4+300.000	0.00	0.00	0.00	973.90	18288.83	2303521.27	2303521.27	1302114.29	1001406.98
4+325.000	0.00	0.00	0.00	1643.78	32433.76	2303521.27	2303521.27	1334548.05	968973.22
4+350.000	0.00	0.00	0.00	2097.54	46393.24	2303521.27	2303521.27	1380941.29	922579.98
4+375.000	0.00	0.00	0.00	2374.99	55441.91	2303521.27	2303521.27	1436383.20	867138.07
4+400.000	0.00	0.00	0.00	2301.55	58084.51	2303521.27	2303521.27	1494467.71	809053.56
4+425.000	0.00	0.00	0.00	1954.96	53199.60	2303521.27	2303521.27	1547667.30	755853.96
4+450.000	0.00	0.00	0.00	1451.40	42855.48	2303521.27	2303521.27	1590522.79	712998.48
4+475.000	0.00	0.00	0.00	946.17	30279.61	2303521.27	2303521.27	1620802.40	682718.87
4+500.000	0.00	0.00	0.00	504.41	18363.15	2303521.27	2303521.27	1639165.55	664355.72
4+525.000	1.58	19.75	19.75	192.39	8709.95	2303541.02	2303541.02	1647875.50	655665.52
4+550.000	46.31	598.61	598.61	51.14	3044.08	2304139.63	2304139.63	1650919.57	653220.06
4+575.000	82.88	1637.17	1637.17	103.02	1880.42	2305776.80	2305776.80	1652800.00	652976.80
4+600.000	36.82	1534.58	1534.58	202.12	3688.39	2307311.37	2307311.37	1656488.38	650822.99
4+625.000	3.94	528.22	528.22	179.06	4628.77	2307839.59	2307839.59	1661117.16	646722.44
4+650.000	43.38	609.30	609.30	36.06	2629.92	2308448.89	2308448.89	1663747.07	644701.82
4+675.000	258.25	3892.24	3892.24	1.37	454.23	2312341.13	2312341.13	1664201.31	648139.82
4+700.000	442.18	9038.56	9038.56	0.00	16.52	2321379.69	2321379.69	1664217.82	657161.86
4+725.000	450.56	11502.60	11502.60	0.00	0.00	2332882.29	2332882.29	1664217.82	668664.46

## ANNEXE D : VOLUME DES MATERIAUX

4+750.000	265.76	9240.95	9240.95	28.25	341.36	2342123.23	2342123.23	1664559.18	677564.05
4+775.000	162.20	5530.91	5530.91	63.14	1102.14	2347654.14	2347654.14	1665661.32	681992.83
4+800.000	38.59	2585.45	2585.45	94.30	1902.22	2350239.60	2350239.60	1667563.54	682676.06
4+825.000	21.89	779.58	779.58	63.89	1917.06	2351019.18	2351019.18	1669480.60	681538.57
4+850.000	57.44	1017.50	1017.50	31.74	1160.30	2352036.68	2352036.68	1670640.90	681395.78
4+875.000	90.03	1894.13	1894.13	31.25	763.53	2353930.81	2353930.81	1671404.43	682526.38
4+900.000	128.94	2805.53	2805.53	47.50	957.36	2356736.34	2356736.34	1672361.79	684374.55
4+925.000	89.20	2771.02	2771.02	51.64	1217.94	2359507.36	2359507.36	1673579.73	685927.63
4+950.000	53.66	1785.78	1785.78	70.51	1526.89	2361293.14	2361293.14	1675106.63	686186.52
4+975.000	23.73	967.38	967.38	69.51	1750.31	2362260.52	2362260.52	1676856.93	685403.59
5+000.000	6.68	380.10	380.10	189.27	3234.82	2362640.62	2362640.62	1680091.76	682548.87
5+025.000	0.00	83.50	83.50	419.24	7606.43	2362724.12	2362724.12	1687698.19	675025.93
5+050.000	0.00	0.00	0.00	907.67	16586.40	2362724.12	2362724.12	1704284.59	658439.53
5+075.000	0.00	0.00	0.00	1125.88	25419.39	2362724.12	2362724.12	1729703.98	633020.14
5+100.000	0.00	0.00	0.00	1127.08	28162.03	2362724.12	2362724.12	1757866.01	604858.11
5+125.000	0.00	0.00	0.00	857.13	24802.63	2362724.12	2362724.12	1782668.64	580055.48
5+150.000	0.00	0.00	0.00	718.73	19698.30	2362724.12	2362724.12	1802366.94	560357.18
5+175.000	0.00	0.00	0.00	550.53	15865.75	2362724.12	2362724.12	1818232.69	544491.43
5+200.000	0.00	0.00	0.00	377.28	11597.63	2362724.12	2362724.12	1829830.32	532893.80
5+225.000	0.00	0.00	0.00	322.49	8747.20	2362724.12	2362724.12	1838577.52	524146.60
5+250.000	0.00	0.00	0.00	384.95	8842.96	2362724.12	2362724.12	1847420.48	515303.64
5+275.000	0.00	0.00	0.00	271.74	8208.56	2362724.12	2362724.12	1855629.04	507095.08
5+300.000	0.00	0.00	0.00	244.37	6451.38	2362724.12	2362724.12	1862080.43	500643.69
5+325.000	0.00	0.00	0.00	230.58	5936.90	2362724.12	2362724.12	1868017.33	494706.79
5+350.000	0.00	0.00	0.00	164.12	4933.71	2362724.12	2362724.12	1872951.04	489773.08
5+375.000	0.57	7.11	7.11	68.81	2911.53	2362731.23	2362731.23	1875862.57	486868.67
5+400.000	81.06	1020.39	1020.39	0.00	860.09	2363751.62	2363751.62	1876722.65	487028.97
5+425.000	305.57	4832.87	4832.87	0.00	0.00	2368584.49	2368584.49	1876722.65	491861.84
5+450.000	671.33	12211.26	12211.26	0.00	0.00	2380795.75	2380795.75	1876722.65	504073.10
5+475.000	1021.72	21163.13	21163.13	0.00	0.00	2401958.88	2401958.88	1876722.65	525236.23
5+500.000	1409.49	30390.13	30390.13	0.00	0.00	2432349.01	2432349.01	1876722.65	555626.36
5+525.000	1847.49	40712.33	40712.33	0.00	0.00	2473061.34	2473061.34	1876722.65	596338.69
5+550.000	2325.62	52163.97	52163.97	0.00	0.00	2525225.32	2525225.32	1876722.65	648502.66
5+575.000	2765.11	63634.12	63634.12	0.00	0.00	2588859.43	2588859.43	1876722.65	712136.78
5+600.000	2956.31	71517.69	71517.69	0.00	0.00	2660377.13	2660377.13	1876722.65	783654.48
5+625.000	2824.07	72254.78	72254.78	0.00	0.00	2732631.90	2732631.90	1876722.65	855909.25
5+650.000	2878.60	71283.41	71283.41	0.00	0.00	2803915.31	2803915.31	1876722.65	927192.66
5+675.000	3072.23	74385.34	74385.34	0.00	0.00	2878300.65	2878300.65	1876722.65	1001577.99
5+700.000	3380.01	80652.99	80652.99	0.00	0.00	2958953.64	2958953.64	1876722.65	1082230.99

## ANNEXE D : VOLUME DES MATERIAUX

5+725.000	3790.67	89633.54	89633.54	0.00	0.00	3048587.18	3048587.18	1876722.65	1171864.53
5+750.000	3886.17	95960.49	95960.49	0.00	0.00	3144547.67	3144547.67	1876722.65	1267825.02
5+775.000	3751.15	95466.53	95466.53	0.00	0.00	3240014.20	3240014.20	1876722.65	1363291.55
5+800.000	3158.99	86376.74	86376.74	0.00	0.00	3326390.94	3326390.94	1876722.65	1449668.29
5+825.000	2510.04	70862.83	70862.83	0.00	0.00	3397253.77	3397253.77	1876722.65	1520531.12
5+850.000	1918.17	55352.62	55352.62	0.00	0.00	3452606.39	3452606.39	1876722.65	1575883.74
5+875.000	1383.63	41272.52	41272.52	0.00	0.00	3493878.91	3493878.91	1876722.65	1617156.26
5+900.000	1141.72	31566.96	31566.96	0.00	0.00	3525445.87	3525445.87	1876722.65	1648723.21
5+925.000	1520.47	33277.47	33277.47	0.00	0.00	3558723.34	3558723.34	1876722.65	1682000.68
5+950.000	2275.58	47450.67	47450.67	0.00	0.00	3606174.01	3606174.01	1876722.65	1729451.35
5+975.000	3146.42	67775.01	67775.01	0.00	0.00	3673949.01	3673949.01	1876722.65	1797226.36
6+000.000	3639.99	84830.16	84830.16	0.00	0.00	3758779.17	3758779.17	1876722.65	1882056.52
6+025.000	4002.42	95530.11	95530.11	0.00	0.00	3854309.29	3854309.29	1876722.65	1977586.64
6+050.000	4141.92	101804.17	101804.17	0.00	0.00	3956113.46	3956113.46	1876722.65	2079390.81
6+075.000	3963.63	101319.30	101319.30	0.00	0.00	4057432.77	4057432.77	1876722.65	2180710.11
6+100.000	3795.20	96985.29	96985.29	0.00	0.00	4154418.05	4154418.05	1876722.65	2277695.40
6+125.000	3244.18	87992.16	87992.16	0.00	0.00	4242410.21	4242410.21	1876722.65	2365687.56
6+150.000	2459.94	71301.48	71301.48	0.00	0.00	4313711.69	4313711.69	1876722.65	2436989.03
6+175.000	1731.74	50766.89	50766.89	0.00	0.00	4364478.58	4364478.58	1876722.65	2487755.93
6+200.000	1251.61	35616.00	35616.00	0.00	0.00	4400094.58	4400094.58	1876722.65	2523371.93
6+225.000	928.27	26022.41	26022.41	0.00	0.00	4426116.99	4426116.99	1876722.65	2549394.33
6+250.000	724.49	19825.02	19825.02	0.00	0.00	4445942.01	4445942.01	1876722.65	2569219.35
6+275.000	580.68	15714.05	15714.05	1.68	21.79	4461656.06	4461656.06	1876744.44	2584911.62
6+300.000	434.59	12282.53	12282.53	0.53	28.70	4473938.58	4473938.58	1876773.14	2597165.44
6+325.000	138.45	6957.72	6957.72	40.73	535.11	4480896.31	4480896.31	1877308.25	2603588.05
6+350.000	0.00	1694.52	1694.52	261.30	3858.10	4482590.82	4482590.82	1881166.36	2601424.47
6+375.000	0.00	0.00	0.00	919.93	14911.86	4482590.82	4482590.82	1896078.21	2586512.61
6+400.000	0.00	0.00	0.00	1851.00	34636.63	4482590.82	4482590.82	1930714.84	2551875.98
6+425.000	0.00	0.00	0.00	2538.01	54862.64	4482590.82	4482590.82	1985577.49	2497013.34
6+450.000	0.00	0.00	0.00	2184.76	59034.71	4482590.82	4482590.82	2044612.20	2437978.63
6+475.000	0.00	0.00	0.00	1774.86	49495.29	4482590.82	4482590.82	2094107.49	2388483.33
6+500.000	0.00	0.00	0.00	1025.90	35009.52	4482590.82	4482590.82	2129117.01	2353473.81
6+525.000	2.00	24.96	24.96	386.19	17651.19	4482615.78	4482615.78	2146768.20	2335847.58
6+550.000	203.71	2571.39	2571.39	170.03	6952.80	4485187.17	4485187.17	2153721.00	2331466.17
6+575.000	188.54	4903.18	4903.18	249.39	5242.77	4490090.35	4490090.35	2158963.76	2331126.58
6+600.000	36.87	2817.58	2817.58	462.90	8903.65	4492907.93	4492907.93	2167867.41	2325040.52
6+625.000	0.00	460.84	460.84	878.81	16771.43	4493368.77	4493368.77	2184638.84	2308729.93
6+650.000	0.00	0.00	0.00	1226.78	26319.94	4493368.77	4493368.77	2210958.77	2282410.00
6+675.000	0.00	0.00	0.00	1578.14	35061.52	4493368.77	4493368.77	2246020.29	2247348.48

## ANNEXE D : VOLUME DES MATERIAUX

6+700.000	0.00	0.00	0.00	2002.86	44762.55	4493368.77	4493368.77	2290782.84	2202585.93
6+725.000	0.00	0.00	0.00	2033.23	50451.20	4493368.77	4493368.77	2341234.04	2152134.73
6+750.000	0.00	0.00	0.00	1703.47	46708.82	4493368.77	4493368.77	2387942.86	2105425.91
6+775.000	0.00	0.00	0.00	1238.89	36779.55	4493368.77	4493368.77	2424722.41	2068646.36
6+800.000	0.00	0.00	0.00	964.35	27540.51	4493368.77	4493368.77	2452262.92	2041105.85
6+825.000	0.00	0.00	0.00	768.04	21654.94	4493368.77	4493368.77	2473917.86	2019450.91
6+850.000	0.00	0.00	0.00	533.75	16272.39	4493368.77	4493368.77	2490190.26	2003178.51
6+875.000	34.25	428.11	428.11	158.17	8648.94	4493796.88	4493796.88	2498839.19	1994957.69
6+900.000	449.23	6043.51	6043.51	0.08	1978.09	4499840.38	4499840.38	2500817.28	1999023.10
6+925.000	797.23	15580.79	15580.79	0.00	0.99	4515421.17	4515421.17	2500818.27	2014602.90
6+950.000	654.56	18147.42	18147.42	0.00	0.00	4533568.59	4533568.59	2500818.27	2032750.32
6+975.000	244.01	11232.10	11232.10	0.00	0.00	4544800.69	4544800.69	2500818.27	2043982.42
7+000.000	1.08	3063.62	3063.62	110.93	1386.57	4547864.31	4547864.31	2502204.84	2045659.47
7+025.000	0.00	13.56	13.56	324.15	5438.48	4547877.87	4547877.87	2507643.32	2040234.55
7+050.000	0.00	0.00	0.00	680.15	12553.75	4547877.87	4547877.87	2520197.07	2027680.79
7+075.000	0.00	0.00	0.00	965.19	20566.69	4547877.87	4547877.87	2540763.77	2007114.10
7+100.000	0.00	0.00	0.00	1039.71	25061.25	4547877.87	4547877.87	2565825.02	1982052.85
7+125.000	0.00	0.00	0.00	1167.32	27587.85	4547877.87	4547877.87	2593412.87	1954465.00
7+150.000	0.00	0.00	0.00	800.00	24591.39	4547877.87	4547877.87	2618004.26	1929873.61
7+175.000	0.00	0.00	0.00	555.64	16618.78	4547877.87	4547877.87	2634623.05	1913254.82
7+200.000	2.23	28.89	28.89	348.49	11038.89	4547906.76	4547906.76	2645661.93	1902244.83
7+225.000	78.15	1047.86	1047.86	102.06	5480.80	4548954.62	4548954.62	2651142.73	1897811.89
7+250.000	284.32	4689.13	4689.13	1.20	1255.36	4553643.74	4553643.74	2652398.08	1901245.66
7+275.000	348.15	8143.62	8143.62	0.00	14.46	4561787.36	4561787.36	2652412.55	1909374.81
7+300.000	298.27	8246.48	8246.48	0.00	0.00	4570033.84	4570033.84	2652412.55	1917621.29
7+325.000	111.28	5162.54	5162.54	0.00	0.00	4575196.38	4575196.38	2652412.55	1922783.83
7+350.000	0.00	1389.38	1389.38	140.82	1758.91	4576585.76	4576585.76	2654171.46	1922414.30
7+375.000	0.00	0.00	0.00	551.76	8600.84	4576585.76	4576585.76	2662772.30	1913813.46
7+400.000	0.00	0.00	0.00	1097.01	20312.42	4576585.76	4576585.76	2683084.72	1893501.04
7+425.000	0.00	0.00	0.00	1642.91	33406.04	4576585.76	4576585.76	2716490.76	1860095.00
7+450.000	0.00	0.00	0.00	2087.29	45187.01	4576585.76	4576585.76	2761677.78	1814907.98
7+475.000	0.00	0.00	0.00	2104.20	50679.71	4576585.76	4576585.76	2812357.48	1764228.27
7+500.000	0.00	0.00	0.00	1357.74	41932.16	4576585.76	4576585.76	2854289.64	1722296.12
7+525.000	0.00	0.00	0.00	744.89	25605.50	4576585.76	4576585.76	2879895.14	1696690.61
7+550.000	19.51	253.44	253.44	179.76	11293.95	4576839.20	4576839.20	2891189.09	1685650.11
7+575.000	378.00	5132.97	5132.97	0.00	2192.35	4581972.17	4581972.17	2893381.45	1688590.73
7+600.000	144.45	6741.85	6741.85	24.73	299.72	4588714.03	4588714.03	2893681.17	1695032.86
7+625.000	0.00	1862.32	1862.32	451.47	5911.90	4590576.35	4590576.35	2899593.06	1690983.29
7+650.000	0.10	1.17	1.17	544.89	12380.88	4590577.52	4590577.52	2911973.95	1678603.58

## ANNEXE D : VOLUME DES MATERIAUX

7+675.000	25.45	331.55	331.55	392.77	11424.50	4590909.08	4590909.08	2923398.44	1667510.63
7+700.000	160.21	2404.72	2404.72	295.04	8101.60	4593313.79	4593313.79	2931500.05	1661813.74
7+725.000	335.72	6358.44	6358.44	48.80	4086.51	4599672.23	4599672.23	2935586.56	1664085.67
7+750.000	778.58	13928.71	13928.71	0.00	610.03	4613600.94	4613600.94	2936196.59	1677404.35
7+775.000	1239.25	25222.89	25222.89	0.00	0.00	4638823.82	4638823.82	2936196.59	1702627.23
7+800.000	1604.92	35552.16	35552.16	0.00	0.00	4674375.99	4674375.99	2936196.59	1738179.40
7+825.000	1131.36	34203.47	34203.47	0.00	0.00	4708579.46	4708579.46	2936196.59	1772382.87
7+850.000	618.59	21353.86	21353.86	0.00	0.00	4729933.32	4729933.32	2936196.59	1793736.73
7+875.000	696.11	15889.65	15889.65	0.00	0.00	4745822.97	4745822.97	2936196.59	1809626.38
7+900.000	1003.72	20312.61	20312.61	0.00	0.00	4766135.57	4766135.57	2936196.59	1829938.98
7+925.000	1226.50	26371.67	26371.67	0.00	0.00	4792507.24	4792507.24	2936196.59	1856310.65
7+950.000	1188.86	28895.38	28895.38	0.00	0.00	4821402.62	4821402.62	2936196.59	1885206.03
7+975.000	815.02	24452.40	24452.40	0.00	0.00	4845855.02	4845855.02	2936196.59	1909658.43
8+000.000	430.25	15416.68	15416.68	0.00	0.00	4861271.71	4861271.71	2936196.59	1925075.12
8+025.000	213.35	8045.08	8045.08	86.85	1085.63	4869316.79	4869316.79	2937282.22	1932034.56
8+050.000	347.52	7010.98	7010.98	514.47	7516.57	4876327.77	4876327.77	2944798.79	1931528.98
8+075.000	178.19	6571.41	6571.41	425.09	11744.61	4882899.18	4882899.18	2956543.40	1926355.78
8+100.000	252.34	5381.57	5381.57	525.42	11881.37	4888280.75	4888280.75	2968424.77	1919855.98
8+125.000	676.30	11608.00	11608.00	465.84	12390.71	4899888.75	4899888.75	2980815.48	1919073.28
8+150.000	791.70	18349.99	18349.99	300.51	9579.37	4918238.74	4918238.74	2990394.85	1927843.89
8+175.000	505.89	16219.78	16219.78	235.44	6699.31	4934458.52	4934458.52	2997094.16	1937364.36
8+200.000	175.40	8516.07	8516.07	364.00	7492.90	4942974.59	4942974.59	3004587.06	1938387.53
8+225.000	0.00	2192.48	2192.48	663.47	12843.30	4945167.07	4945167.07	3017430.36	1927736.71
8+250.000	0.00	0.00	0.00	674.74	16727.66	4945167.07	4945167.07	3034158.03	1911009.04
8+275.000	191.14	2389.31	2389.31	526.16	15011.27	4947556.38	4947556.38	3049169.30	1898387.08
8+300.000	526.67	8972.74	8972.74	298.96	10313.91	4956529.12	4956529.12	3059483.21	1897045.91
8+325.000	249.78	9705.70	9705.70	288.93	7348.60	4966234.82	4966234.82	3066831.80	1899403.02
8+350.000	31.53	3516.43	3516.43	441.12	9125.63	4969751.25	4969751.25	3075957.43	1893793.82
8+375.000	0.00	394.16	394.16	863.41	16306.61	4970145.41	4970145.41	3092264.04	1877881.36
8+400.000	0.00	0.00	0.00	1011.95	23029.96	4970145.41	4970145.41	3115294.01	1854851.40
8+425.000	0.00	0.00	0.00	542.25	18988.03	4970145.41	4970145.41	3134282.04	1835863.37
8+450.000	26.54	343.76	343.76	186.05	8868.37	4970489.17	4970489.17	3143150.42	1827338.75
8+475.000	85.72	1442.60	1442.60	76.54	3198.84	4971931.76	4971931.76	3146349.25	1825582.51
8+500.000	197.75	3603.09	3603.09	17.82	1161.60	4975534.85	4975534.85	3147510.85	1828024.00
8+525.000	428.62	7829.66	7829.66	0.00	222.74	4983364.51	4983364.51	3147733.59	1835630.92
8+550.000	664.72	13666.79	13666.79	0.00	0.00	4997031.30	4997031.30	3147733.59	1849297.71
8+575.000	724.92	17370.50	17370.50	0.00	0.00	5014401.80	5014401.80	3147733.59	1866668.22
8+600.000	656.13	17263.13	17263.13	0.00	0.00	5031664.94	5031664.94	3147733.59	1883931.35
8+625.000	452.07	13852.55	13852.55	0.00	0.00	5045517.48	5045517.48	3147733.59	1897783.90

## ANNEXE D : VOLUME DES MATERIAUX

8+650.000	108.35	7005.28	7005.28	32.45	405.66	5052522.76	5052522.76	3148139.24	1904383.51
8+675.000	0.35	1358.83	1358.83	261.38	3672.94	5053881.59	5053881.59	3151812.19	1902069.41
8+700.000	0.00	4.42	4.42	346.89	7603.38	5053886.02	5053886.02	3159415.57	1894470.45
8+725.000	0.00	0.00	0.00	414.72	9520.10	5053886.02	5053886.02	3168935.67	1884950.34
8+750.000	0.00	0.00	0.00	466.41	11014.18	5053886.02	5053886.02	3179949.86	1873936.16
8+775.000	28.86	360.80	360.80	335.44	10023.15	5054246.82	5054246.82	3189973.00	1864273.82
8+800.000	253.30	3527.10	3527.10	33.32	4609.47	5057773.92	5057773.92	3194582.47	1863191.45
8+825.000	511.79	9563.63	9563.63	0.08	417.53	5067337.55	5067337.55	3195000.00	1872337.55
8+850.000	423.95	11696.75	11696.75	1.02	13.72	5079034.30	5079034.30	3195013.72	1884020.58
8+875.000	298.59	9031.81	9031.81	20.44	268.23	5088066.11	5088066.11	3195281.96	1892784.15
8+900.000	257.67	6953.31	6953.31	65.55	1074.89	5095019.42	5095019.42	3196356.85	1898662.57
8+925.000	156.44	5176.43	5176.43	147.23	2659.76	5100195.85	5100195.85	3199016.61	1901179.24
8+950.000	153.83	3878.42	3878.42	340.07	6091.24	5104074.27	5104074.27	3205107.85	1898966.42
8+975.000	203.15	4462.30	4462.30	184.24	6553.80	5108536.57	5108536.57	3211661.65	1896874.92
9+000.000	401.77	7561.47	7561.47	66.82	3138.19	5116098.04	5116098.04	3214799.84	1901298.20
9+025.000	392.77	9931.71	9931.71	13.02	997.99	5126029.75	5126029.75	3215797.83	1910231.92
9+050.000	248.05	8010.32	8010.32	14.24	340.70	5134040.07	5134040.07	3216138.53	1917901.54
9+075.000	140.44	4856.25	4856.25	20.55	434.84	5138896.32	5138896.32	3216573.37	1922322.95
9+100.000	33.23	2170.93	2170.93	66.26	1085.11	5141067.24	5141067.24	3217658.48	1923408.76
9+125.000	0.00	415.36	415.36	255.58	4022.92	5141482.60	5141482.60	3221681.40	1919801.21
9+150.000	0.00	0.00	0.00	811.41	13337.36	5141482.60	5141482.60	3235018.76	1906463.85
9+175.000	0.00	0.00	0.00	1648.90	30753.88	5141482.60	5141482.60	3265772.64	1875709.97
9+200.000	0.00	0.00	0.00	2081.70	46632.48	5141482.60	5141482.60	3312405.12	1829077.49
9+225.000	0.00	0.00	0.00	2598.80	58506.29	5141482.60	5141482.60	3370911.41	1770571.20
9+250.000	0.00	0.00	0.00	1817.07	55198.37	5141482.60	5141482.60	3426109.77	1715372.83
9+275.000	0.00	0.00	0.00	1374.73	39897.52	5141482.60	5141482.60	3466007.29	1675475.31
9+300.000	0.89	11.10	11.10	565.81	24256.77	5141493.70	5141493.70	3490264.07	1651229.63
9+325.000	88.75	1120.50	1120.50	161.33	9089.17	5142614.20	5142614.20	3499353.24	1643260.96
9+350.000	206.75	3693.75	3693.75	41.69	2537.73	5146307.95	5146307.95	3501890.97	1644416.98
9+375.000	221.35	5221.43	5221.43	40.20	1045.24	5151529.37	5151529.37	3502936.21	1648593.16
9+400.000	129.01	4246.18	4246.18	123.46	2098.44	5155775.55	5155775.55	3505034.65	1650740.90
9+425.000	141.11	3265.92	3265.92	168.46	3754.38	5159041.47	5159041.47	3508789.03	1650252.44
9+450.000	201.41	4122.05	4122.05	209.51	4877.28	5163163.52	5163163.52	3513666.31	1649497.21
9+475.000	242.50	5339.83	5339.83	169.93	4897.98	5168503.35	5168503.35	3518564.28	1649939.07
9+500.000	177.48	5056.13	5056.13	194.59	4707.50	5173559.48	5173559.48	3523271.79	1650287.70
9+525.000	97.03	3305.53	3305.53	387.51	7562.28	5176865.01	5176865.01	3530834.07	1646030.94
9+550.000	12.08	1314.74	1314.74	577.62	12592.33	5178179.75	5178179.75	3543426.40	1634753.35
9+575.000	0.00	145.91	145.91	1031.62	20925.83	5178325.66	5178325.66	3564352.23	1613973.43
9+600.000	0.00	0.00	0.00	1351.69	30779.09	5178325.66	5178325.66	3595131.32	1583194.34

## ANNEXE D : VOLUME DES MATERIAUX

9+625.000	0.00	0.00	0.00	920.92	29298.44	5178325.66	5178325.66	3624429.76	1553895.90
9+650.000	91.25	1102.01	1102.01	226.62	14800.95	5179427.67	5179427.67	3639230.71	1540196.96
9+675.000	294.21	4664.01	4664.01	8.79	3014.06	5184091.68	5184091.68	3642244.77	1541846.91
9+700.000	586.43	10710.29	10710.29	0.00	112.46	5194801.97	5194801.97	3642357.22	1552444.74
9+725.000	609.26	14640.70	14640.70	0.00	0.00	5209442.66	5209442.66	3642357.22	1567085.44
9+750.000	573.58	14785.55	14785.55	0.00	0.00	5224228.21	5224228.21	3642357.22	1581870.99
9+775.000	542.81	13954.95	13954.95	0.00	0.00	5238183.16	5238183.16	3642357.22	1595825.93
9+800.000	494.11	12961.57	12961.57	0.00	0.00	5251144.73	5251144.73	3642357.22	1608787.51
9+825.000	464.28	11979.92	11979.92	0.00	0.00	5263124.65	5263124.65	3642357.22	1620767.43
9+850.000	383.12	10592.58	10592.58	0.00	0.00	5273717.23	5273717.23	3642357.22	1631360.01
9+875.000	228.10	7640.27	7640.27	0.00	0.00	5281357.50	5281357.50	3642357.22	1639000.28
9+900.000	10.31	2980.11	2980.11	6.25	78.15	5284337.61	5284337.61	3642435.37	1641902.24
9+925.000	0.00	128.89	128.89	231.57	2972.79	5284466.50	5284466.50	3645408.16	1639058.34
9+950.000	0.00	0.00	0.00	519.97	9394.33	5284466.50	5284466.50	3654802.49	1629664.01
9+975.000	0.00	0.00	0.00	829.02	16862.48	5284466.50	5284466.50	3671664.98	1612801.53
10+000.000	0.00	0.00	0.00	1143.18	24652.50	5284466.50	5284466.50	3696317.48	1588149.02
10+025.000	0.00	0.00	0.00	1547.21	33629.79	5284466.50	5284466.50	3729947.26	1554519.24
10+050.000	0.00	0.00	0.00	1653.88	40008.21	5284466.50	5284466.50	3769955.48	1514511.03
10+075.000	0.00	0.00	0.00	1544.71	39784.69	5284466.50	5284466.50	3809740.17	1474726.33
10+100.000	0.00	0.00	0.00	1218.73	34298.24	5284466.50	5284466.50	3844038.42	1440428.09
10+125.000	0.00	0.00	0.00	931.00	26741.84	5284466.50	5284466.50	3870780.25	1413686.25
10+150.000	0.00	0.00	0.00	639.50	19518.76	5284466.50	5284466.50	3890299.01	1394167.49
10+175.000	0.00	0.00	0.00	188.26	10260.32	5284466.50	5284466.50	3900559.33	1383907.17
10+200.000	253.58	3207.71	3207.71	0.00	2326.52	5287674.21	5287674.21	3902885.85	1384788.36
10+225.000	605.78	10907.38	10907.38	0.00	0.00	5298581.59	5298581.59	3902885.85	1395695.74
10+250.000	732.69	16962.28	16962.28	0.00	0.00	5315543.88	5315543.88	3902885.85	1412658.03
10+275.000	1044.62	22363.73	22363.73	0.00	0.00	5337907.61	5337907.61	3902885.85	1435021.76
10+300.000	1453.58	31227.61	31227.61	0.00	0.00	5369135.22	5369135.22	3902885.85	1466249.37
10+325.000	1810.69	40803.43	40803.43	0.00	0.00	5409938.65	5409938.65	3902885.85	1507052.80
10+350.000	2061.17	48398.21	48398.21	0.00	0.00	5458336.86	5458336.86	3902885.85	1555451.01
10+375.000	2298.36	54494.12	54494.12	0.00	0.00	5512830.98	5512830.98	3902885.85	1609945.13
10+400.000	2395.57	58674.17	58674.17	0.00	0.00	5571505.15	5571505.15	3902885.85	1668619.30
10+425.000	2438.03	60420.01	60420.01	0.00	0.00	5631925.16	5631925.16	3902885.85	1729039.31
10+450.000	2522.55	62007.24	62007.24	0.00	0.00	5693932.40	5693932.40	3902885.85	1791046.55
10+475.000	2567.07	63620.24	63620.24	0.00	0.00	5757552.63	5757552.63	3902885.85	1854666.78
10+500.000	2720.93	66100.05	66100.05	0.00	0.00	5823652.68	5823652.68	3902885.85	1920766.83
10+525.000	2996.69	71470.32	71470.32	0.00	0.00	5895123.00	5895123.00	3902885.85	1992237.15
10+550.000	3238.70	77942.38	77942.38	0.00	0.00	5973065.39	5973065.39	3902885.85	2070179.53
10+550.516	3244.56	1672.42	1672.42	0.00	0.00	5974737.81	5974737.81	3902885.85	2071851.96

**ANNEXE D : VOLUME DES MATERIAUX DE CORPE CHAUSSEE**

<b>Matériau(x) au niveau de l'abscisse curviligne 105+50.52</b>			
Nom du matériau	Aire	Volume	Volume cumulé
Roulement	1.88	1	19892
Base	3.91	2	41378
Fondation	5.17	3	54710
Forme	23.58	12	249221

<b>Matériau(x) au niveau de l'abscisse curviligne 105+50.00</b>			
Nom du matériau	Aire	Volume	Volume cumulé
Roulement	1.88	47	19891
Base	3.91	96	41375
Fondation	5.17	129	54707
Forme	23.58	589	249209

<b>Matériau(x) au niveau de l'abscisse curviligne 105+25.00</b>			
Nom du matériau	Aire	Volume	Volume cumulé
Roulement	1.88	47	19844
Base	3.91	98	41278
Fondation	5.17	129	54578
Forme	23.58	589	248910

<b>Matériau(x) au niveau de l'abscisse curviligne 105+00.00</b>			
Nom du matériau	Aire	Volume	Volume cumulé
Roulement	1.88	47	19797
Base	3.91	98	41180
Fondation	5.17	129	54449
Forme	23.58	589	248030