

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

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
فرنسيس جاتسون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson



Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Matériaux & Structures

Thème

**ÉTUDE EN AVANT-PROJET DÉTAILLÉ
(APD) DE LA PÉNÉTRANTE DE SIG-
MASCARA PK 9+00 au PK 19+00 AVEC
CONCEPTION DE ECHANGEUR ET
ETUDE DE GIRATOIRE**

Présenté par :
OUCHEFOUN Aimen

Encadré par :
Mr: BENBOUZID Mohamed
Co-encadré par:
Mr : Faci Ali

Promotion 2025 /2026

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Dieu merci de nous avoir donné la santé et la volonté nécessaires pour réaliser ce mémoire

Ce travail n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide précieuse et l'encadrement de Monsieur BENBOUZID Mohamed Lakhdar et de Monsieur Ali Faci. Je tiens à leur exprimer mes sincères remerciements pour la qualité exceptionnelle de leur accompagnement, leur patience, leur rigueur et leur disponibilité tout au long de la préparation de ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent également aux membres du BET LECACT pour leur aide pratique, leur soutien moral et leurs encouragements. Je tiens à remercier particulièrement Monsieur FACI Ali pour son accompagnement et son soutien.

J'adresse mes sincères remerciements à ma famille OUCHEFOUN pour son aide matérielle et morale ainsi que pour son soutien durant toute la période de préparation de ce mémoire.

Je tiens aussi à exprimer ma profonde gratitude envers l'ensemble des enseignants de l'ENSTP, qui ont contribué à ma formation et à la réalisation de ce travail.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail et pour l'avoir enrichi par leurs remarques et leurs propositions.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

À ma grande famille,

Ouchefoun et Djilali Pour son soutien constant, ses encouragements et sa présence tout au long de mon parcours.

À mon père,

pour sa patience, sa confiance et son soutien constant à chaque étape de mon parcours.

À ma mère,

pour sa force tranquille, sa patience et son dévouement sans faille. Ton soutien quotidien m'a accompagné et porté jusqu'à cette réussite, à laquelle tu contribues largement. Que Dieu te protège et t'accorde paix et bonheur.

À Mon frère et ma sœur

pour leur joie, leur spontanéité et tous les moments simples partagés qui ont souvent allégé mon quotidien. Votre affection m'a beaucoup apporté, parfois plus que vous ne pouvez l'imaginer.

À mes amis,

De la faculté ou d'ailleurs, pour leur présence, leur soutien et les souvenirs construits ensemble. Une pensée particulière à **M.REFIF , Imad el hante ,Akram panda ,Chihab,Djaballah ,Lokman, akram khali,Ahmed bekkai ,Yazid dadou,Walid mokrani,Walid benmiloud , Rayane ,Mohamed ,housseem ,nidale, Fares , Madjid,Abdou,Salah ,Walid,Amine asli,Louai** pour leur fidélité et leur amitié précieuse.

OUCHEFOUN AIMEN

Résumé

Ce travail porte sur l'étude d'un projet routier intitulé : « Étude d'un Avant-Projet Détaillé (APD) d'une pénétrante reliant Sig à Mascara sur un linéaire de 10 km, du PK 9+00 au PK 19+00 ».

Le présent résumé a pour objectif de présenter un aperçu succinct des différents chapitres composant ce projet de fin d'études.

Afin de réaliser cette étude, une méthodologie de travail a été adoptée conformément aux orientations de l'encadrement. Cette démarche débute par une introduction générale, suivie d'une étude du trafic routier ainsi que de son évolution prévisionnelle.

Par la suite, le dimensionnement de la structure du corps de chaussée a été effectué. L'étude géométrique du tracé en plan a été réalisée à l'aide du logiciel Civil 3D, en respectant les normes et les exigences relatives à la conception routière. Le profil en long ainsi que les profils en travers ont également été élaborés.

Une étude géotechnique a ensuite été menée afin de déterminer les caractéristiques du sol support et d'évaluer son aptitude à recevoir les différentes couches constituant la chaussée.

Une étude d'assainissement a également été réalisée dans le but d'assurer une bonne évacuation des eaux superficielles.

Par ailleurs, l'étude des ouvrages et des aménagements nécessaires au projet a été effectuée, notamment à travers la conception de la signalisation routière et le calcul des cubatures des terrassements.

Enfin, le travail a été complété par une étude d'impact environnemental ainsi que par l'élaboration d'un devis quantitatif et estimatif permettant d'évaluer le coût global du projet.

ملخص

تناول هذا العمل دراسة مشروع طرقي بعنوان: «دراسة مشروع تفصيلي (APD) لمقطع من الطريق الرابط بين سيق ومعسكر على مسافة 10 كلم، من النقطة الكيلومترية 9+000 إلى 19+000 PK».

يهدف هذا الملخص إلى تقديم عرض موجز لمختلف الفصول التي يتكون منها مشروع نهاية الدراسة.

من أجل إنجاز هذه الدراسة، تم اعتماد منهجية عمل وفق التوجيهات المقدمة من طرف المشرف. تبدأ هذه المنهجية بمقدمة عامة، تليها دراسة حركة المرور وتطورها المستقبلي.

بعد ذلك، تم إجراء دراسة لتصميم هيكل جسم الطريق وتحديد مختلف طبقاته. كما تم إنجاز الدراسة الهندسية للمسار الأفقي باستعمال برنامج Civil 3D، مع احترام المعايير والمتطلبات الخاصة بتصميم الطرق. بالإضافة إلى ذلك، تم إعداد المقطع الطولي والمقاطع العرضية للطريق.

بعد هذه المراحل، تم إجراء دراسة جيوتقنية بهدف تحديد خصائص التربة القاعدية وتقييم مدى قدرتها على تحمل مختلف طبقات الطريق. كما تم إنجاز دراسة خاصة بتصريف المياه السطحية من أجل ضمان حماية الطريق والحفاظ على استدامته.

كما تم التطرق إلى دراسة مختلف المنشآت والتجهيزات الضرورية للمشروع، لاسيما تصميم الإشارات المرورية وحساب كميات أعمال الحفر والردم.

وفي الأخير، تم استكمال هذا العمل من خلال إنجاز دراسة التأثير على البيئة، بالإضافة إلى إعداد الكشف الكمي والتقديري الذي يسمح بتحديد التكلفة الإجمالية للمشروع.

Summary

his work consists of studying a road project entitled: “Detailed Preliminary Design (APD) study of a penetrant road linking Sig to Mascara over a 10 km section from PK 9+000 to PK 19+000.”

In this summary, I present a brief overview of the different chapters that make up my final year project.

In order to carry out this study, I followed a work methodology established by my supervisor. This approach begins with a general introduction, followed by a traffic study and its future development.

Then, I carried out the pavement structure design and determined its different layers. The geometric study of the horizontal alignment was performed using Civil 3D software while respecting road design standards and requirements. Subsequently, the longitudinal profile and cross-sections were developed.

After these steps, a geotechnical study was conducted to determine the characteristics of the subgrade soil and assess its capacity to support the different pavement layers. A drainage study was also carried out to ensure proper management of surface water.

Furthermore, a study of the necessary structures and road facilities was performed, including the design of road signage and the calculation of earthwork quantities.

Finally, this work was completed with an environmental impact study and the preparation of the project's quantitative and estimated cost.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	12
CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET	2
I.1. INTRODUCTION	3
I.2. PRESENTATION DE LA WILAYA DE MASCARA	3
I.2.1 Réseau routier de la wilaya de Mascara	4
I.2.1 Relief	4
I.2.2 Donnée climatique	5
I.2.3 Topographie et géomorphologie.....	7
I.2.3 Hydrologie	9
I.4.2 Sismicité	10
I.5. DESCRIPTIONS DU PROJET	10
I.6. OBJECTIFS DU PROJET.....	11
I.7. PRESENTATION DU TRONÇON A ETUDIER.....	11
I.8. Conclusion.....	12
CHAPITRE II : DONNEES DE BASE	13
II.1. INTRODUCTION	13
II.2. OBJET DE L'ICTAAL ET DOMAINE D'APPLICATION	13
II.3. CONCEPTION GENERALE.....	13
II.4. CHOIX DE CATEGORIE	13
II.5. LA VITESSE DE BASE.....	14
II.6. PARAMETRES GEOMETRIQUES	14
CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC	16
III.1. INTRODUCTION.....	17
III.2 Type de trafic	17
III.3. ANALYSE DE TRAFIC	18
II.3.1 Comptage	18
II.3.2 Connaissance des flux (enquêtes)	18
III.4. CALCUL DE LA CAPACITE.....	18
III.4.1. Définition de la capacité	18
III.5. CALCUL DE TJMA A L'ANNEE HORIZON	19
III.6. CALCUL DU TRAFIC EFFECTIF	19
III.7. DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL	19
III.7. DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE.....	19
III.8. CALCUL DU NOMBRE DES VOIES	20
III.8.1. CAS d'une chaussée bidirectionnelle	20
III.8.2. Cas d'une chaussée unidirectionnelle	20

SOMMAIRE

III.9. APPLICATION AU PROJET.....	21
III.9.1. Les données de trafic	21
III.9.2. Le trafic journalier moyen annuel à l'année de mise en service.....	21
III.9.3. Le trafic journalier moyen annuel à la fin de vie du projet	21
III.9.4. Le trafic effectif	21
III.9.5. Le débit de pointe horaire normale	22
III.9.6. Le débit admissible	22
III.9.7. Le nombre des voies	22
III.9.8. Calcul de l'année de saturation.....	22
III.10. CONCLUSION	22
CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE	23
IV.1. TRACE EN PLAN.....	24
IV.1.1. Introduction.....	24
IV.1.2. Recommandations pour le tracé en plan	24
IV.1.3. Les éléments du tracé en plan	24
IV.1.4. Contraintes rencontrées lors de l'élaboration de notre trace	26
IV.1.5. Enchaînement des éléments du tracé en plan	26
IV.2. PROFIL EN LONG.....	27
IV.2.1. Introduction.....	27
IV.2.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long	27
IV.2.3. Les paramètres du profil en long.....	28
IV.2.4. Déclivité.....	28
IV.2.5. Raccordements en profil en long.....	28
IV.2.6 Valeurs limites	29
IV.2.7. Coordination du tracé en plan et du profil en long	29
IV.3. PROFIL EN TRAVERS.....	30
IV.3.1. Introduction.....	30
IV.3.2. Les différents types de profils en Travers	30
IV.3.3. Les éléments du profil en travers	30
IV.3.4. Pentés transversales	32
IV.3.5. Profil en travers type du notre projet	33
CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE	34
V.1. INTRODUCTION.....	35
V.2. LES MOYENS DE RECONNAISSANCES	35
V.2.1. L'étude des archives et documents existants	35
V.2.2. Les essais in situ.....	35

SOMMAIRE

V.2.3. Les essais au laboratoire	36
V.3. RESULTATS DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES.....	39
V.3.1. Résultats des reconnaissances in situ	39
V.3.2. Résultats des essais au laboratoire.....	46
IV.4. CLASSIFICATION DES SOLS	48
IV.4.1. Classification GTR.....	48
IV.4.2. Exemple de classification GTR	49
IV.5. REEMPLOI DES MATERIAUX	50
IV.5.1. Conditions d'utilisation des sols en remblai et en couche de forme	50
V.6. STABILITE DES TALUS	52
V.6.1. Introduction.....	52
V.6.2. Méthode de calcul	52
V.6.3. Coefficient de sécurité.....	52
V.6.4. Coefficient sismique.....	52
V.7. CALCUL LA STABILITE	54
Les résultats des sondages sont dans l'annexe 2	54
V.7.1. Cas déblai	54
V.7.2. Cas remblai	56
CHAPITRES VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE	59
VI.1. INTRODUCTION.....	60
VI.2. L'OBJECTIVE DE DIMENSIONNEMENT	60
VI.3. LES METHODES DE DIMENSIONNEMENT.....	60
VI.4. LA METHODE DU CATALOGUE ALGERIEN DE DIMENSIONNEMENT.....	61
VI.4.1. Les données climatiques	61
VI.4.2. Détermination du type du réseau principal	62
VI.4.3. Détermination de la classe de trafic (TPLi)	62
VI.4.4. Le trafic cumule de poids lourds (TCi).....	62
VI.4.5. Trafic cumulé équivalent (TCEi).....	63
VI.4.6. Le risque de calcul.....	63
VI.4.7. Détermination de la portance du sol support.....	64
VI.4.8. Sur classement avec couche de forme en matériaux non traitée	64
VI.4.9. Choix de dimensionnement du corps de chaussée.....	65
VI.4.10. Calcul de la déformation admissible.....	66
VI.4.11. Vérification de la fatigue des structures et de la déformation du sol support.....	68
VI.5. Méthode du Catalogue français.....	69
VI.5.1. Détermination de la classe de trafic (Ti)	70

SOMMAIRE

VI.5.2. Détermination de la classe de trafic cumulé (TCi)	70
VI.5.3. Amélioration de la plateforme.....	71
VI.5.4. Calcul de déformation admissible ($\square_{zadm}$) du sol support	73
VI.5.5 Calcul de déformation admissible de traction $\square_{tadm}$	74
VI.5.6 Modélisation avec ALIZE.....	74
VI6. CONCLUSION.....	76
CHAPITRES VII : CALCUL DES CUBATURES.....	77
VII.1. INTRODUCTION	78
VII.2. METHODE DE CALCUL DES CUBATURES	78
VII.3. DESCRIPTION DE LA METHODE.....	78
VII.4. EXEMPLE D'APPLICATION.....	79
VII.5. CALCUL DES CUBATURES DE PROJET	80
VIII.1. INTRODUCTION.....	82
VIII.2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT	82
VIII.3. ETUDE HYDROLOGIQUE	82
VIII.3.1. Identification des bassins versants naturels	83
VIII.3.2. Caractéristiques physiques des bassins versants	83
VIII.4. ESTIMATION DES DEBITS CRUES :	84
VIII.4.1. Temps de concentration.....	85
VIII.4.2. Coefficient de ruissellement	85
VIII.4.3. L'intensité de pluie I	87
VIII.4.4. Calcul du débit d'apports	87
VIII.5. DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE	90
VIII.5.1. Dimensionnement des dalots	90
VIII.5.2. Dimensionnement des buses.....	98
VIII.5.3. Dimensionnement des fossés.....	107
VIII.5.4. Disposition d'un système d'assainissement au niveau d'un changement de dévers.....	110
CHAPITRE IX : Conception d'un échangeur et étude d'un giratoire	112
IX.1. INTRODUCTION.....	113
IX.2 Rôle de l'échangeur.....	113
IX.3 Les éléments de l'échangeur	113
IX.4. LES DIFFERENTS TYPES D'ECHANGEURS.....	114
IX.4.1. Echangeur majeur	114
IX.4.2. Echangeur mineur.....	114
IX.5. ETAPE A SUIVRE POUR LE CHOIX D'UN ECHANGEUR	114
IX.6. CHOIX DU TYPE DE L'ECHANGEUR	115
X.7. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETELLES	115

SOMMAIRE

IX.7.1. Tracé en plan d'une bretelle	115
IX.7.2. Enchaînement des éléments du tracé en plan	116
IX.7.3. Raccordement progressif	116
IX.7.4. Profil en long d'une bretelle.....	116
IX.7.5. Profil en travers d'une bretelle.....	117
IX.7.6. Pente transversale d'une bretelle	117
IX.8. RACCORDEMENT AVEC L'AUTOROUTE.....	118
IX.8.1. La zone de décélération	118
IX.8.2. La zone d'accélération.....	118
IX.9. CARREFOURES GIRATOIRES	119
IX.9.1. Principes d'aménagement.....	120
IX.9.2. Configuration géométrique générale	120
CHAPITRE X : OUVRAGE D'ART	126
X.1. INTRODUCTION.....	127
X.2. PRESENTATION DES OUVRAGES	127
X.2.1. Les ouvrages d'art de notre projet	127
X.2.2. Description des ouvrages	127
X.3. GABARIT A RESERVER.....	127
X.4. CHOIX DU TYPE DE L'OUVRAGE	127
X.5. VARIANTES PROPOSEES.....	128
X.5.1. Variant : « Pont a poutre en Béton précontrainte »	128
X.6. LES VARIANTES RETENUES.....	129
CHAPITRE XI : SIGNALISATION.....	130
XI.1. INTRODUCTION.....	131
XI.2. OBJECTIF DE LA SIGNALISATION.....	131
XI.3. REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION.....	131
XI.4. LES CATEGORIES DE SIGNALISATION.....	131
XI.5. LES TYPES DE SIGNALISATION.....	131
XI.6. SIGNALISATION HORIZONTALE	131
XI.6.1. Caractéristiques générales des marques de chaussée.....	132
XI.6.2. Catégories de marques de chaussée	132
XI.7. SIGNALISATION VERTICALE	135
CHAPITRE XII : IMPACT SUR L'ENVIRENNEMENT	138
XII.1. INTRODUCTION	139
XII.2. CADRE JURIDIQUE	139
XII.3. OBJECTIFS D'UNE ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT	139
XII.4. IMPACT DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT	139

SOMMAIRE

XII.4.1. Impacts pendant la phase de travaux	139
XII.4.2. Impacts Pendant la phase d'exploitation	140
XII.5. MESURES PRISES POUR MINIMISER LES IMPACTS	141
XII.5.1. Mesures en phase travaux.....	141
XII.5.2. Mesures en phase exploitation	142
XII.6. CONCLUSION.....	142

LISTE DES FIGURES

Figure I.1: Localisation Du Projet	3
Figure I.2: réseau routier de la wilaya de mascara	3
Figure I.3: Situation géographique de la wilaya de Mascara .. Error! Bookmark not defined.	
Figure I.4: carte des caractéristique géographiques de la willaya de mascara	5
Figure I.5 : Diagramme climatique de Mascara	6
Figure I.6 : Courbe de température de Mascara	6
Figure I.7 : Détail de la carte hydrogéologique d'Algérie, 1 :200.000, Oran (7), plaine de Sig	Error! Bookmark not defined.
Figure I.8 : Détail de la carte hydrogéologique d'Algérie, 1 :200.000, Oran, couloir Sig – Hachine.	9
Figure I.9 : Carte de zonage sismique de l'Algérie	10
Figure I.5: Le tracé du tronçon à étudier.....	12
Figure IV.1: les éléments du tracé en plan	25
Figure IV.2 : exemple de configuration exclure dans une forte pente.....	27
Figure IV.3: Différents types de profil en travers.....	30
Figure IV.4: Les éléments du profil en travers.....	32
Figure V.3 : Photos des caisses à carotte du sondage S2-D-04 De (0.00 à 10.15m).....	46
Figure V.4: Abaque de la classification GTR	48
Figure V.5: Essai de granulométrie.	50
Figure V.6: Résultats de stabilité du déblai à long terme	55
Figure V.7 : Résultats de stabilité du déblai sous la sollicitation sismique	55
Figure V.8 : Résultats de stabilité du remblai à long terme	57
Figure V.9 : Résultats de stabilité de remblai sous les sollicitation sismique	57
Figures VI.1: Différentes couches de la structure de la chaussée	60
Figures VI.2: Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie (fascicule 1).....	61
Figures VI.3: Choix de dimensionnement de corps de chaussée (Fascicule3)	65
Figure VI .4 : Les résultats de calcul qui obtient par Alisé-LCPC :	68
Figures VI. 6 : Démarche du catalogue français.....	70
Figure VI .7: classe de l'arase (guide setra)	71
Figures VI. 7: Vérification de la structure par ALIZE.....	74
Figures VI. 8 : Vérification de la structure par ALIZE.....	75
Figures VII.1: Les sections des profils en travers d'un tracé donné.....	79
Figures VII.2: Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné	79
Figures VIII.1: Délimitation des bassins versants sur la carte d'état-major	83
Figures VIII.2: démarche pour le dimensionnement hydraulique selon GTAR page 54 ...	90
Figures VIII.3: l'abaque pour calculer h_n	91
Figures VIII.4: l'abaque pour calculer h_c	92
Figures VIII.5: l'abaque pour calculer y_c	93
Figures VIII.6: l'abaque pour déterminer N.....	93
Figures VIII.7 : l'abaque pour calculer h_n	95
Figures VIII.8 : l'abaque pour calculer h_c	95
Figures VIII.9 : l'abaque pour calculer y_c	96
Figures VIII.10 : l'abaque pour déterminer N.....	97
Figures VIII.11: caractéristique de buse.	98
Figures VIII.12 : l'abaque pour calculer τ_n	99
Figure VIII.13 : l'abaque pour calculer τ_c	100

LISTE DES FIGURES

Figure VIII.14 : l'abaque pour calculer y_c	100
Figure VIII.15 : l'abaque pour déterminer N	101
Figure VIII.16 : l'abaque pour déterminer S_m	102
Figure VIII.17 : extrémité avec mure tête et murs en aile	102
Figure VIII.18 : l'abaque pour calculer τ_n	103
Figure VIII.19 : l'abaque pour calculer τ_c	104
Figure VIII.20 : l'abaque pour déterminer N	105
Figures VIII.21: Caractéristiques d'un fossé.....	107
Figure VIII.21: Exemple de caniveau à fente.....	111
Figure IX.1: Les types de bretelle.....	113
Figure IX.2: Les différents types d'échangeur	114
Figure IX.3: dispositif de sortie de l'autoroute.....	118
Figure IX.4: Dispositif d'entrée sur l'autoroute.	119
Figure IX.5: Les différents composants d'un carrefour giratoire	119
Figure IX.6: Disposition des branches	120
Figure IX.7: Alignement radial des branches.....	120
Figure IX.8: Déflexion des trajectoires.....	121
Figure IX.9: Construction des ilots séparateurs sur les branches des giratoires de rayon (R_g) > 15m	124
Figure XI.1: Les lignes de délimitation d'une autoroute	133
Figure XI.2: Les caractéristiques de modulation des lignes discontinues	134
Figure XI.3: Lignes transversales	134
Figure XI.4: Flèche de rabattement	134
Figure XI.5: Flèches directionnelles	135
Figure XI.6: Schéma de marquage avec hachures	135

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Répartition mensuelle et annuelle des températures moyennes (en C°) dans la station de Mascara (1998/2004).....	5
Tableau II-1 : Paramètres géométriques de l'autoroute	15
Tableau III-1 : coefficient d'équivalence [P]	19
Tableau III-2: valeurs de K1.....	20
Tableau III-3 : valeurs de K2.....	20
Tableau III-4 : valeurs de capacité théorique Cth.....	20
Tableau IV 1 : caractéristiques géométriques du tracé en plan	25
Tableau IV.2 : Les paramètres de profil en long	28
Tableau VI 5 : Valeur limites de notre profil en long.....	29
Tableau IV-6 : Profil en travers type du notre projet.....	33
Tableau V-1 : Aperçu sur les normes des investigations in site.....	36
Tableau V-2 : Aperçu sur les normes des investigations au laboratoire	37
Tableau V-3 : résultats des puits de reconnaissance	39
Tableau V-4 : Résultats des sondages carottés.....	42
Tableau V-5 : Résultats des puits de reconnaissance.....	47
Tableau V-5 : Equivalent de sable.	48
Tableau V-6 : Résultats des classification GT5.....	49
Tableau.V-7 : Conditions d'utilisation des matériaux en remblai	51
Tableau V-8 : Coefficient d'accélération A	53
Tableau V-9 : Coefficient d'importance, I.....	53
Tableau V-10 : le coefficient de site	53
Tableau V-11 : Pentes des talus et risbermes	54
Tableau V-12 : La charge sur chaussée.....	54
Tableau V-13 : les paramètres de calcul de la stabilité du déblai.....	54
Tableau V-14 : résultat d'analyse pour la section de déblai	56
Tableau V-15 : les paramètres de calcul de la stabilité du remblai	56
Tableau V-18 : Résultat d'analyse pour la section de remblai	58
Tableau VI-1 : Choix des températures équivalentes (fascicule 2)	61
Tableau VI-2 : Choix de type de réseau principal (fascicule 1)	62
Tableau VI-3 : Classe TPLi pour Rp1 (fascicule 1)	62
Tableau VI-4 : Coefficient d'agressivité A (fascicule 2)	63
Tableau VI-5 : Risque adopté pour le réseau RP1 (fascicule 2).....	64
Tableau VI-6 : Classes de portance des sols Si (fascicule 1)	64
Table VI-7 : Sur classement avec couche de forme en matériaux non traité	64
Tableau VI-8 : Valeurs de $t=f(r\%)$	67
Tableau VI-9 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux (Fascicule 2).....	67
Tableau VI. 10 : Les classes de (Ti) retenues sont contenues	70
Tableau VI. 11: Les classes TCi retenues.	71
Tableau VI. 12 : de sur classement de PFi avec CForme non traité.....	72
Tableau VI. 13 : Coefficient d'agressivité structurelle moyen du trafic.	72
Tableau VI. 14 : Nombre d'essieux équivalent utilise dans le dimensionnement des structures (En millions)	72
Tableau VI. 15: Valeurs des risques de calcul.....	73
Tableau VI 16 : les performances mécaniques relatives aux différents types de matériaux	73

LISTE DES TABLEAUX

Tableau VI. 17 : tableau récapitulatif du corps de chaussée par les 2 méthodes.....	76
Tableau VIII-1 : Caractéristiques physiques des bassins versants	83
Tableau VIII-2 : Coefficient C1	86
Tableau VIII-3 : Coefficient C2	86
Tableau VIII-4: Coefficient C3	86
Tableau VIII-5 : Paramètres de Montana et les Pjmax	87
VIII.6. Résultats de calcul de débit de notre projet	88
Tableau VIII-7 : Résultats récapitulatifs de dimensionnement des dalots et des buses....	106
Tableau VIII-8 : Les surfaces des sous-bassins versants	108
Tableau VIII-10: Débit des eaux drainées dans la plate-forme et les talus.....	109
Tableau IX-1 : Valeurs limites des rayons du tracé en plan.....	115
Tableau IX-2 : Les valeurs limites des paramètres du profil en long.	116
Tableau IX-3 : Pente transversale d'une bretelle	117
Tableau IX-4: Récapitulatif des différents paramètres de construction de giratoire.	123
Tableau IX-5 : Récapitulatif des différents paramètres de construction des îlots séparateurs.	124
Tableau IX-6: différents paramètres de construction de giratoire	125
Tableau IX-7 : différents paramètres de construction des îlots séparateurs.....	125
Tableau X-1 : Les ouvrages au niveau du tracé.....	127
Tableau X-2: Les variantes retenues.....	129
Tableau XI-1 : Les caractéristiques des lignes longitudinales	132
Tableau XI-2 : Les caractéristiques de modulation des lignes discontinues.....	133

LISTE DES ABREVIATION

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

INTRODUCTION GENERALE

INTRODCUTION GENERALE

L'infrastructure routière constitue un facteur essentiel du développement économique et social d'un pays. Elle favorise la mobilité des personnes et des marchandises, stimule les échanges commerciaux et contribue à l'amélioration des conditions de vie de la population. Un réseau routier performant participe également à l'aménagement équilibré du territoire et au renforcement de l'intégration entre les différentes régions.

En Algérie, le développement des infrastructures autoroutières représente un enjeu stratégique majeur. L'autoroute Est-Ouest, axe structurant du réseau routier national, assure la liaison entre les principales villes du nord du pays et joue un rôle important dans la dynamisation des échanges économiques. Toutefois, certaines régions demeurent insuffisamment connectées à ce réseau, ce qui a conduit à la réalisation de plusieurs pénétrantes autoroutières destinées à améliorer leur accessibilité.

Dans le cadre de ce mémoire de fin d'études, qui constitue l'aboutissement de mon cycle de formation à l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP), je me suis intéressé au projet de réalisation de la pénétrante autoroutière reliant Sig à Mascara sur un linéaire d'environ 43km dont la section objet de mon travail s'inscrit sur 10km entre le PK9+000 au PK19+000 avec conception d'un échangeur au droit du PK9+950 et l'étude d'un giratoire

Ce projet a pour objectif d'assurer le raccordement de la wilaya de Mascara à l'autoroute Est-Ouest, d'améliorer les conditions de circulation, de renforcer la sécurité routière et de favoriser le développement économique et social de la région.

.

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

I.1. INTRODUCTION

Dans le cadre du Schéma Directeur Routier et Autoroutier 2005-2025, l'Algérie a engagé un vaste programme de développement de ses infrastructures de transport afin d'assurer une meilleure desserte du territoire national et de renforcer la connectivité entre les différentes régions du pays. Parmi les projets structurants inscrits dans cette stratégie la pénétrante autoroutière de Sig-Mascara, destinée à relier la wilaya de Mascara à l'autoroute Est-Ouest.

Ce projet vise à améliorer l'accessibilité de la région, à faciliter les déplacements des usagers, à fluidifier le trafic routier et à soutenir le développement économique local et régional.



Figure I.1: Localisation Du Projet

I.2. PRESENTATION DE LA WILAYA DE MASCARA

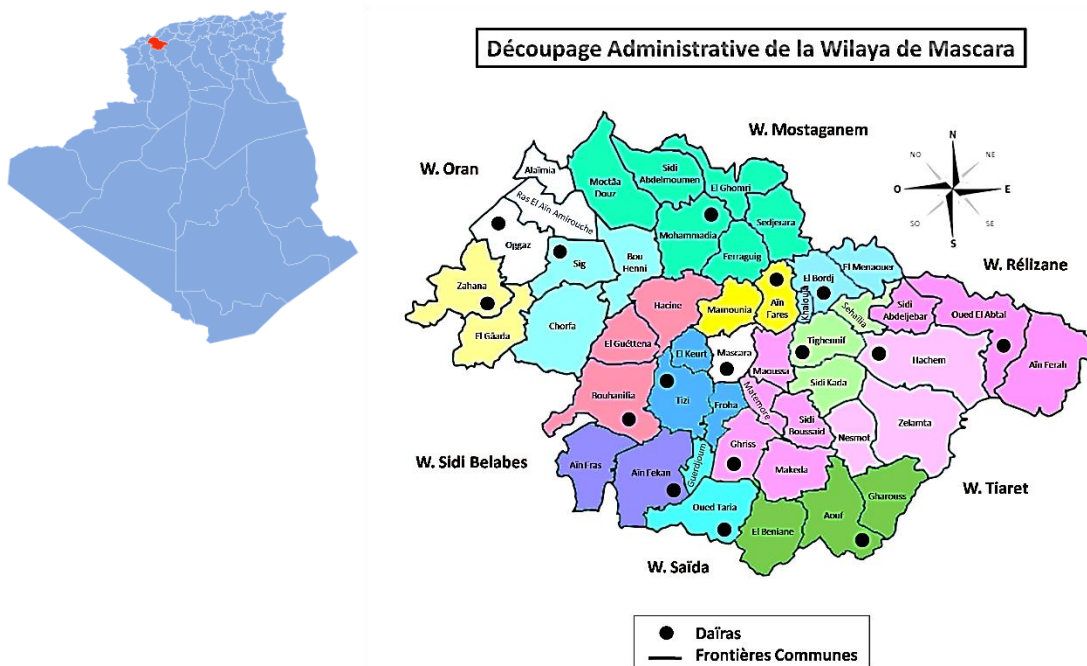


Figure I.2: Position de la wilaya de mascara

La wilaya de Mascara, située dans le Nord-Ouest de l'Algérie, s'étend sur une superficie d'environ 5 941 km². Elle est composée de 16 daïras et de 47 communes.

Elle est délimitée comme suit :

- Au nord : par la wilaya d'Oran,
- Au nord-ouest : par la wilaya de Relizane,
- Au nord-est : par la wilaya de Chlef,
- À l'ouest : par la wilaya de Sidi Bel Abbés,
- À l'est : par la wilaya de Tiaret,
- Au sud : par la wilaya de Saïda.

I.2.1 Réseau routier de la wilaya de Mascara

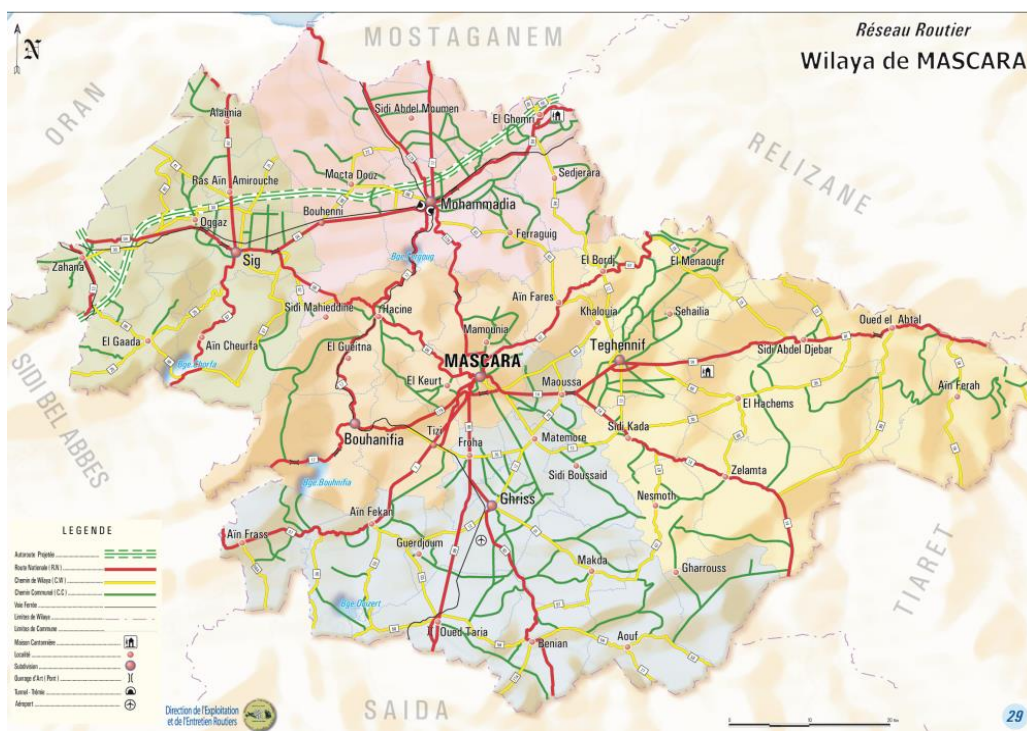


Figure I.3: réseau routier de la wilaya de mascara

La wilaya de Mascara dispose également d'infrastructures de base importantes, notamment un réseau routier structuré composé de routes nationales, de chemins de wilaya et de chemins communaux assurant la desserte des différentes communes et le raccordement aux grands axes routiers, en particulier à l'Autoroute Est-Ouest.

I.2.1 Relief

Le relief de la wilaya de Mascara est caractérisé par une diversité topographique marquée, combinant des plaines agricoles au nord et au centre, des zones vallonnées et des reliefs montagneux appartenant aux monts de Beni Chougrane et aux Hautes Plaines au sud. Ce contraste naturel favorise une alternance entre espaces agricoles, zones forestières et terrains steppiques. L'altitude varie généralement entre 300 et 1 200 mètres.

La wilaya de Mascara fait partie intégrante de la région du Tell. Sur le plan physique, Elle présente quatre grandes zones distinctes :

- Les plaines de Sig et de Habra au nord, couvrent 25 % du territoire de la Wilaya.
- Les monts des Beni-Chougrane en amont, couvrent 32 % du territoire de la Wilaya.
- La plaine de Ghriss au centre, couvre 27 % du territoire de la Wilaya.
- Les monts de Saïda au sud, couvrent 16 % du territoire de la Wilaya

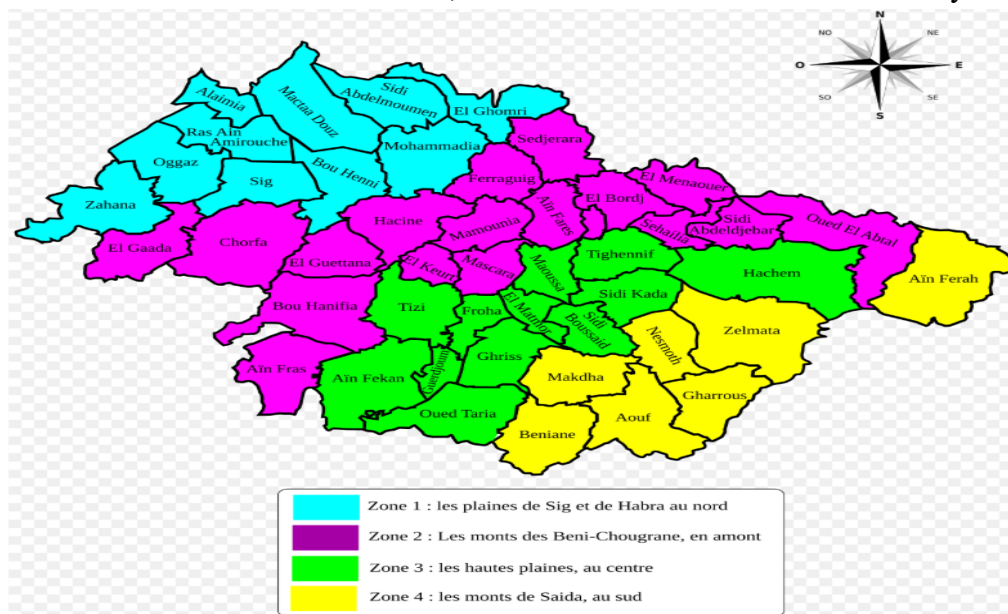


Figure I.4: carte des caractéristiques géographiques de la wilaya de Mascara

I.2.2 Donnée climatique

L'Algérie est placée à la zone subtropicale septentrionale de l'Afrique. L'Algérie, en fonction de la géologie, de la lithologie et de la topographie, s'organise en trois grandes unités structurales : le Système Tellien, les Hautes Plaines steppiques et le Sahara.

Au long de le pays on peut différencier quelques régions climatiques contrastées : La frange de la côte méditerranéenne et la versant nord de l'Atlas (la zone dite Tellienne) montre un climat typiquement méditerranéen, avec étés chauds et secs, et hivers humides et relativement frais. Les hauts plateaux au centre du pays présentent un climat semi aride, et finalement la grande part méridionale du pays, au sud de l'Atlas méridionale (Saharien), montre un climat évidemment désertique.

La zone où se place le projet correspond à la transition entre les plaines littorales de Habra et Sig vers les premiers reliefs de l'Atlas tellien (montagnes de Beni Chougrane), appartient, donc à la zone de climat semi – aride méditerranéenne (les précipitations de cette zone montrent une variation très marquante entre l'été (sèche) et l'hiver (humide), somme un total par année en la fourchette de 400 mm à 600 mm.

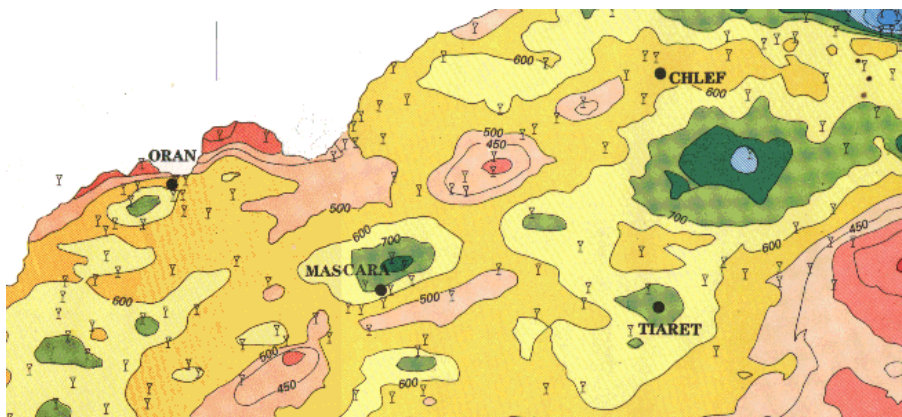


Figure I.5 : Détail de la carte pluviométrique de l'Algérie, encadrant la zone du projet. (ANRH, Agence Nationale des Ressources Hydriques, 1993)

Il faut dire, aussi, que le registre de la dernière vingtaine d'années montre une diminution constante des précipitations, alors que la moyenne au début des années 1980 était de 400 à 500 mm/an (selon les dates de l'station de Mascara) diminuent à 300 - 400 mm/an, et un registre minimal de l'année 1992/93 de ne pas plus de 100 mm entre octobre et avril.

En ce qui concerne la température, les caractéristiques thermiques de la zone où se place le couloir sont en concordance avec la zone climatique semi – aride méditerranée : le mois plus chaud est l'Août (maximales a la zone de 35° - 40°), et le plus froid de Janvier (minimales de 0° - 5°) ; le registre de la station météorologique de mascara ressort une température moyenne annuelle de 13 C°, une température moyenne des maxima du mois le plus chaud de 35.3C° et une température moyenne des minima du mois le plus froid de 2.6 C° :

Tableau I.1 : Répartition mensuelle et annuelle des températures moyennes (en C°) dans la station de Mascara (1998/2004).

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	M.a.
m	14.9	11.0	7.0	4.3	2.6	3.4	5.0	7.1	10.2	14.2	17.2	17.8	8.1
M	30.6	25.0	19.3	15.6	14.6	16.1	19.0	21.1	25.4	31.0	35.2	35.3	21.1
M+m/2	22.8	18.0	13.2	10.0	8.6	9.8	12.0	14.1	17.8	22.6	26.2	26.2	14.6

- **M** : températures moyennes maximales mensuelles.
- **m** : températures moyennes minimales mensuelles.

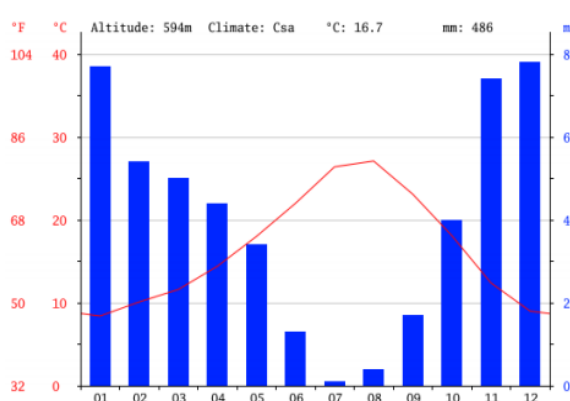


Figure I.5 : Diagramme climatique de Mascara

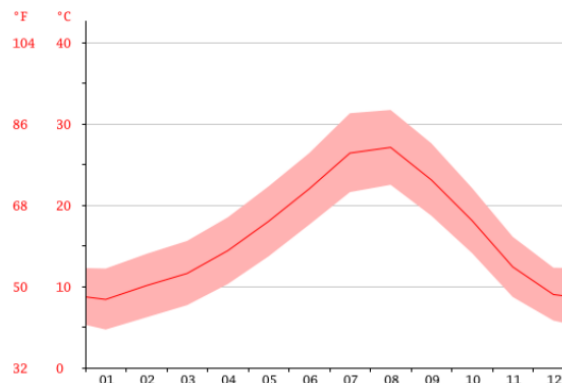


Figure I.6 : Courbe de température de Mascara

I.2.3 Topographie et géomorphologie

Dépassée la plaine de Sig au niveau de la jonction entre la RN6 et la RN4, le couloir monte par le piedmont du Djebel bou Sella (plaine d'Ouled Nair), une zone élevée respecte à la dépression de Habra, entre les cotes topographiques 60 et 150, et de pentes douces, avec une élévation maximale au Koudiet bou Djenaba, après lequel on entre au bassin de l'Oued Krouff. Cette zone se caractérise par un léger relief avec des pentes qui ne dépassent pas généralement les 10°, dominées par des plaines où s'insèrent les oueds qui font évacuer l'eau de la zone fréquemment vers le nord-est

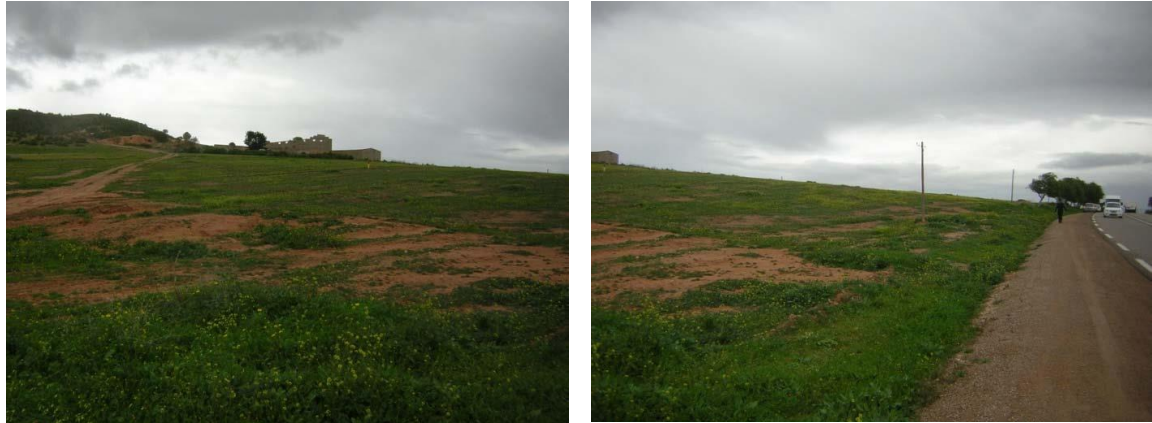


Figure I.7 : Perspective de la versant nord du Koudiet bou Djenaba, montrent des douces pentes vers la plaine d'Oued Nair.

L'Oued Khrouf est le plus important croisé après l'Oued de Sig ; elle sépare clairement les domaines des reliefs plains du couloir décrits avant, des reliefs de moyenne montagne du Beni Chougrane. Cette différence morphologique est coïncidente (est conséquence) de la disposition géologique du substrat : à l'Est de l'Oued Khrouf on laisse les fosses tectoniques plio-quaternaires et entre au domaine des hauteurs de l'anticlinal de Beni Chougrane, où les matériaux sont les marnes miocènes et des grès plus compétents.



Figure I.8 : Vues générales de la plaine d'Oued Nair

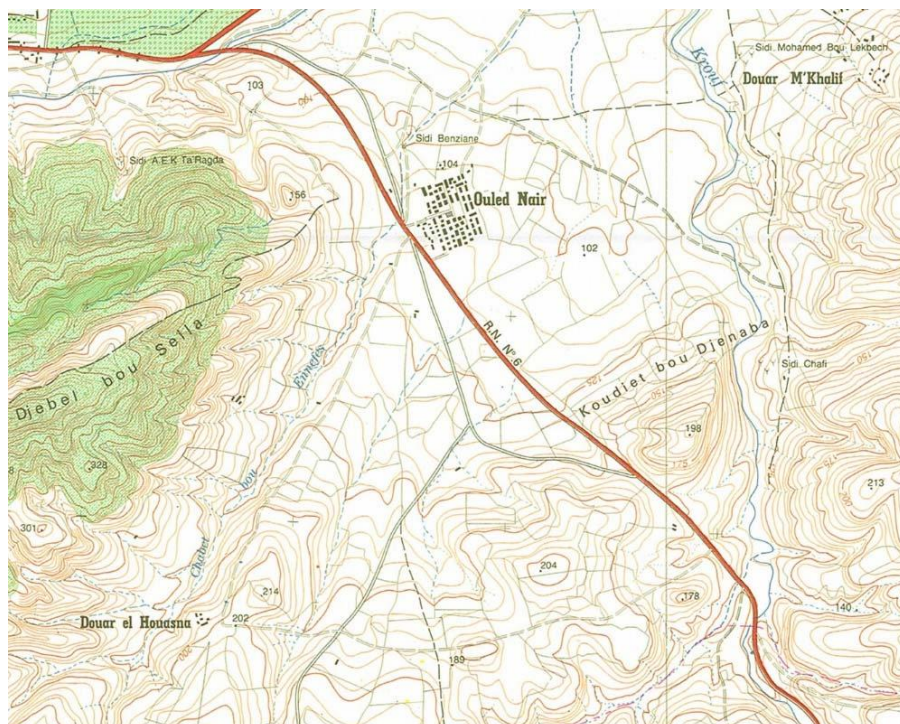


Figure I.8 : Couloir du projet à la plaine d'Ouled Nair, plan 1 :25000 topo Algérie.

Compte tenu des résultats que montre l'inspection de la zone, on peut conclure que la plaine d'Oued Nair ne présente pas des facteurs remarquables de risque géologique.



Figure I.9 : Vues générales de l'Oued Khrouf, montrent les talus excavés au pied des versants.

La zone suivante, contrairement à la précédente, montre comme les matériaux qui affleurent en surface correspondent déjà au substrat miocène, sans qu'on puisse distinguer un développement des couches de recouvrement quaternaires alluviales. Les sols quaternaires se limitent à des recouvrements de type colluvial dans la plupart des versants, sauf dans les environs des oueds, où peuvent apparaître des terrasses de graviers et sables avec des épaisseurs d'ordre métrique.

Le relief montre dans cette zone des pentes plus prononcées que les précédentes, puisque les talus naturels ont un angle qui varie de 10° à 20° dans les zones tendues, qui deviennent verticales dans les marges des oueds, qui creusent le canal énergiquement. La susceptibilité à l'érosion des matériaux marneux est élevée, et manifeste d'importantes difficultés dans

les sorties des ouvrages d'art hydrauliques (drainages), qui montrent à la fois des problèmes de déchaussage au tour de la RN6.



Figure I.9 : Problèmes d'érosion superficielle et souterraine aux sorties des dégâts de la RN6

Des problèmes de stabilité du versant compris entre la RN6 et l'Oued Berberzou ont été

I.2.3 Hydrologie

La pénétrante Sig–Mascara (PK 9 au PK 19) s'inscrit dans le bassin versant de la Macta, dominé par l'Oued Cheliff et ses affluents. Le tronçon traverse principalement la plaine de Sig, caractérisée par des formations alluviales quaternaires et une topographie relativement plane. Sur le plan hydrogéologique, la zone présente des nappes phréatiques peu profondes liées aux dépôts alluviaux, ce qui nécessite une attention particulière au drainage et au dimensionnement des ouvrages hydrauliques afin de prévenir les risques d'infiltration et d'inondation.

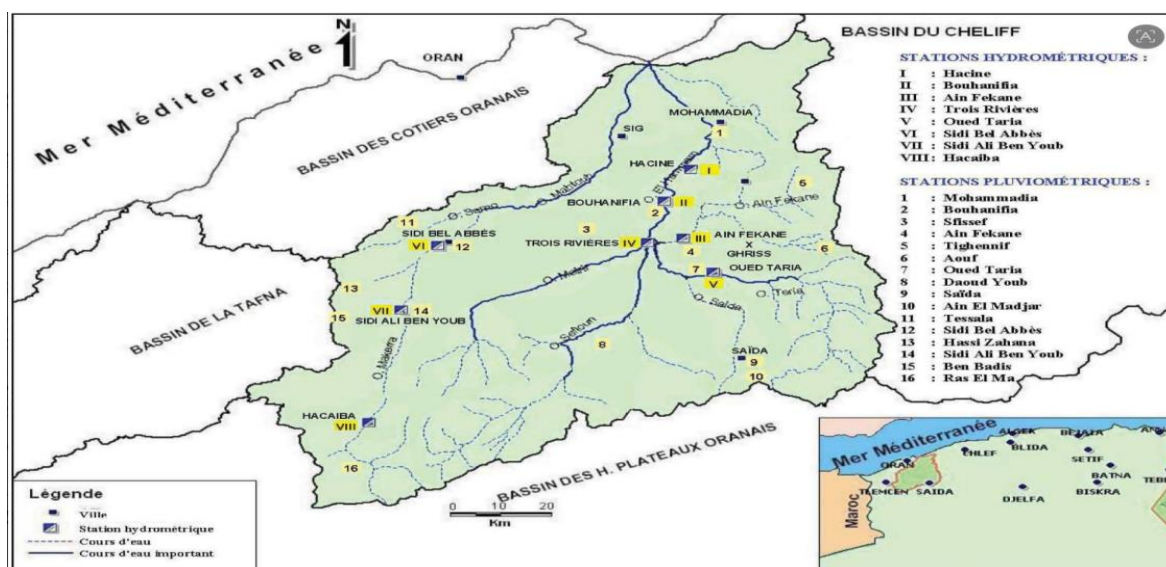


Figure I.7 : Encadrement hydrogéologique de la zone du projet. Réseau hydrographique du bassin versant de la Macta.

I.4.2 Sismicité

La région de Mascara est une zone exposée à l'activité sismique en raison des mouvements tectoniques affectant le nord de l'Algérie. Au cours des dernières décennies, plusieurs secousses telluriques de magnitude modérée ont été enregistrées dans la région et ses environs.

Selon le règlement parasismique algérien (RPA 2003), la wilaya de Mascara est classée en zone IIa (sismicité moyenne), ce qui implique la prise en compte des dispositions parasismiques dans la conception et le dimensionnement des ouvrages.

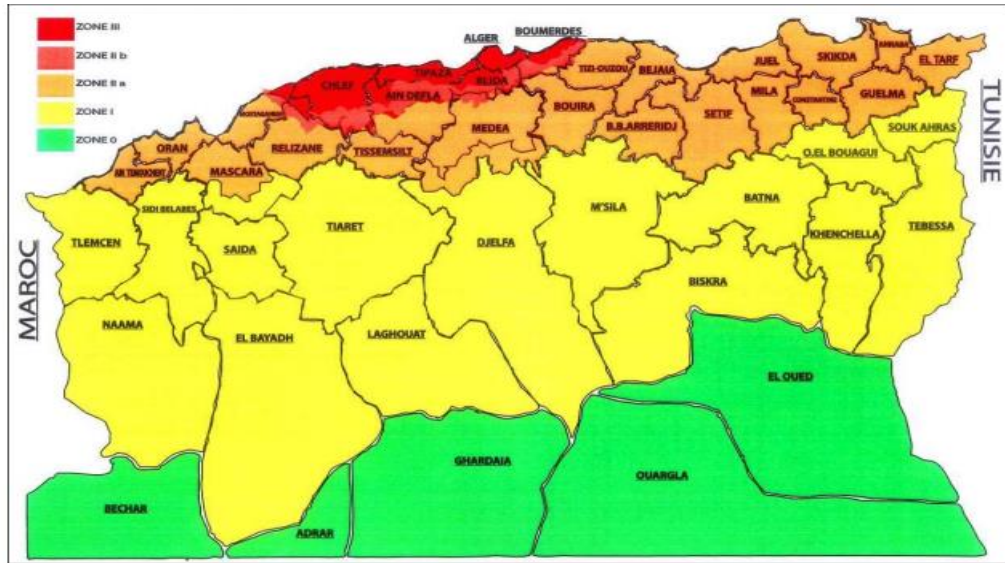


Figure I.9 : Carte de zonage sismique de l'Algérie

I.5. DESCRIPTIONS DU PROJET

La pénétrante autoroutière Sig–Mascara a pour objectif principal d'assurer le raccordement de la wilaya de Mascara à l'autoroute Est-Ouest, renforçant ainsi son intégration au réseau routier national et favorisant le développement économique et social de la région.

La réalisation de cette infrastructure permettra d'améliorer les conditions de circulation, de réduire les temps de parcours et de décongestionner les axes routiers existants, notamment les routes nationales assurant les échanges entre les différentes communes de la wilaya et les régions avoisinantes.

Le projet débute au niveau de l'autoroute Est-Ouest, à partir d'une bretelle de raccordement avec la RN97. Traverse la plaine de la Habra, au nord du village de Sig, puis franchit les routes nationales RN6 et RN4 à proximité de leur jonction. Il se poursuit à travers la plaine d'Ouled Naïl en direction de Koudiet Bou Djenaba, avant de franchir l'Oued Krouff.

Par la suite, le tracé longe le versant nord de l'Oued Dérabine et traverse les têtes de l'Oued Berzerzou ainsi que plusieurs ravines drainant les eaux vers le nord-ouest. Après le franchissement du Djebel Bou Ziri par le col de Beni Chougrane, la pénétrante se développe le long des versants nord des oueds descendant vers la commune de Hacine,

I.6. OBJECTIFS DU PROJET

Le projet de la pénétrante autoroutière reliant Sig à Mascara vise à renforcer la connexion de la wilaya de Mascara à l'Autoroute Est-Ouest et à améliorer l'accessibilité régionale. Cette infrastructure stratégique permettra de fluidifier la circulation et de réduire la pression sur le réseau routier existant reliant Sig à Mascara.

La pénétrante contribuera notamment au désengorgement des routes nationales, telles que la RN 4, qui assure la liaison entre Oran, Sig et Mascara et supporte un trafic important de véhicules légers et de poids lourds, ainsi que la RN 17, axe régional majeur pour les échanges commerciaux et agricoles. Elle permettra également d'améliorer les conditions de circulation sur la RN 97, qui dessert plusieurs communes le long du tracé.

Les principaux objectifs du projet sont :

- Assurer un accès rapide, direct et sécurisé entre Mascara et l'Autoroute Est-Ouest.
- Réduire la congestion sur les RN existantes et améliorer la fluidité du trafic.
- Diminuer les temps de parcours pour les usagers et les transporteurs de marchandises.
- Renforcer le maillage du réseau routier régional et national.
- Stimuler le développement économique local en facilitant les échanges commerciaux et la mobilité des personnes.
- Améliorer la sécurité routière grâce à une infrastructure conforme aux normes autoroutières.
- Contribuer à un aménagement équilibré et rationnel du territoire.

Ainsi, cette pénétrante représente un levier stratégique pour l'intégration de Mascara au réseau autoroutier national et pour le soutien de la dynamique économique et sociale de la région.

I.7. PRESENTATION DU TRONÇON A ETUDIER

Le tracé étudié s'étend sur une longueur de 10 km, du PK 09+000 au PK 19+000. Il traverse la RN6, où un échangeur est prévu afin d'assurer le raccordement de la pénétrante autoroutière à cet axe routier majeur. Ce tronçon présente des caractéristiques topographiques variées nécessitant une prise en compte particulière lors des études de conception. L'aménagement de ce tracé vise à améliorer la mobilité et l'accessibilité de la région tout en tenant compte des contraintes techniques, environnementales et socio-économiques du projet.

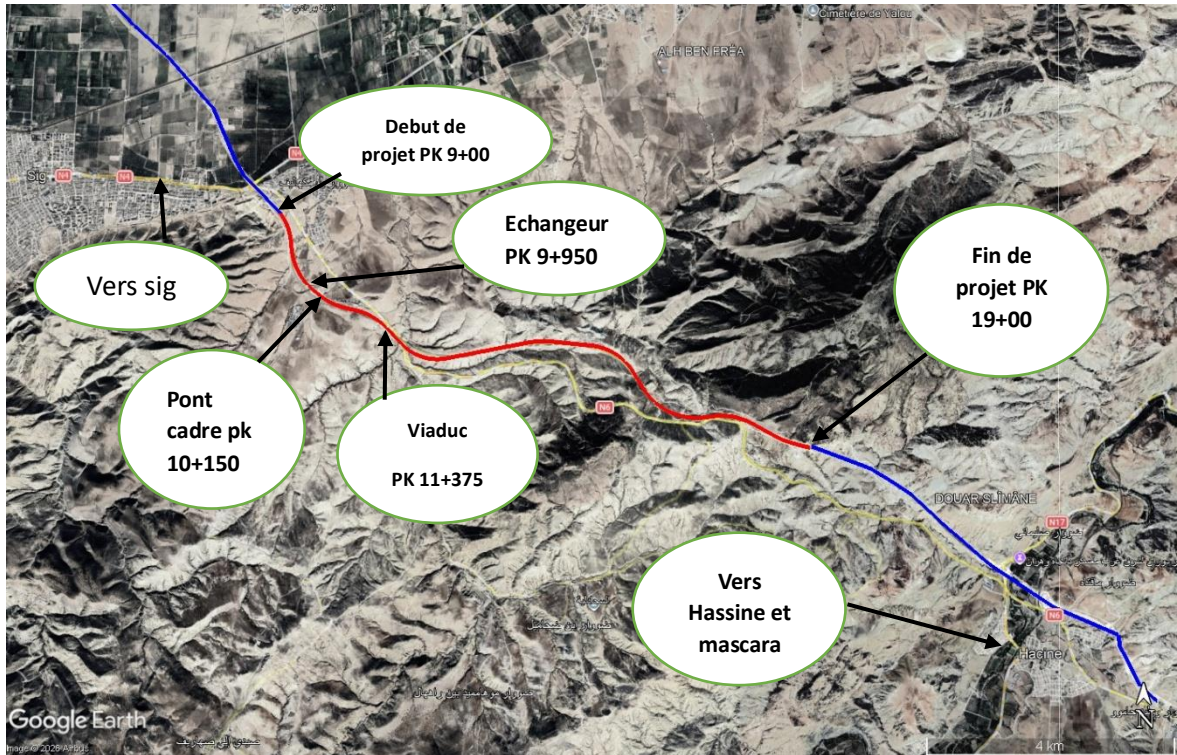


Figure I.5: Le tracé du tronçon à étudier.

I.8. Conclusion

Le projet de la pénétrante autoroutière Sig–Mascara s’inscrit dans le cadre du développement et de la modernisation du réseau routier national. Il a pour objectif d’améliorer l’accessibilité de la région, de faciliter les déplacements des usagers et de renforcer les échanges économiques entre les différentes zones desservies. Dans ce contexte, la présente étude porte sur un tronçon de 10 km, compris entre le PK 9+000 et le PK 19+000 avec une conception d’un changeur dans PK 9+950 et étude d’une giratoire et vise à définir les caractéristiques géométriques ainsi qu’à élaborer les plans et les dispositions techniques nécessaires à sa réalisation.

CHAPITRE II : DONNEES DE BASE

II.1. INTRODUCTION

L'objectif de ce chapitre est de présenter les normes géométriques retenues comme base pour l'élaboration et l'approfondissement de l'Avant-Projet Détaillé (APD). Ces normes ont été étudiées et analysées de manière approfondie dans le cadre de notre projet.

Pour la conception géométrique du tronçon, nous nous sommes appuyés sur les dispositions de l'ICTAAL 2015 (Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison).

II.2. OBJET DE L'ICTAAL ET DOMAINE D'APPLICATION

L'ICTAAL définit les règles relatives à la conception des autoroutes interurbaines, que ce soit pour la construction de nouvelles infrastructures ou pour l'aménagement et l'amélioration du réseau existant. Dans ce cadre, une autoroute est considérée comme une route à chaussées séparées, comprenant chacune au minimum deux voies en section courante, totalement isolée de son environnement et équipée de carrefours dénivelés.

Ce document regroupe les principes généraux ainsi que les principales règles techniques applicables aux autoroutes et aux routes express. Les études complémentaires, ainsi que les prescriptions techniques détaillées, sont traitées dans des documents spécifiques.

Cependant, l'ICTAAL ne concerne pas :

- Les autres catégories de routes principales, telles que les routes express à chaussée unique, les artères interurbaines et les routes ordinaires, qui relèvent du guide d'Aménagement des Routes Principales (ARP).
- Les routes à chaussées séparées comportant une seule voie par sens avec des créniaux de dépassement.
- Les autoroutes situées en milieu urbain, assimilées à des voies rapides urbaines et régies par l'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (ICTAVRU), même lorsqu'elles prolongent une autoroute interurbaine.

II.3. CONCEPTION GENERALE

La première étape de la conception consiste à définir les caractéristiques générales :

- Le type de route, qui détermine les normes et instructions à appliquer.
- La catégorie de route, qui conditionne les principales caractéristiques géométriques du tracé.
- Le nombre de voies.
- Le schéma des échangeurs et des aires.
- La progressivité de l'aménagement.
- La prise en compte des contraintes environnementales, des aspects socio-économiques et des impératifs financiers.

II.4. CHOIX DE CATEGORIE

Les autoroutes ou sections d'autoroute sont classées en deux catégories se distinguant par le Niveau de leurs caractéristiques de tracé en plan et de profil en long. Le choix de la catégorie Résulte de l'environnement (relief, occupation du sol...) dans lequel s'inscrit l'autoroute et doit être Cohérent avec la perception qu'en aura l'utilisateur. On distingue :

- La catégorie L1 : appropriée en région de plaine ou vallonnée où les contraintes de relief sont modérées ;
- La catégorie L2 : mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'il implique.

Donc notre projet est de catégorie L1.

II.5. LA VITESSE DE BASE

Selon l'ICTAAL, notre projet se trouve dans la catégorie L1, ce qui signifie que la vitesse

Maximale de base est de **130 km/h**.

II.6. PARAMETRES GEOMETRIQUES

Les paramètres géométriques adoptés, selon l'ICTAAL 2015, sont résumés dans le tableau

Ci-dessous.

Dans notre cas, la vitesse de référence est de 130 km/h

Tableau II-1 : Paramètres géométriques de l'autoroute

Désignations des paramètres	Symbole et Unité	Catégorie	
		L1	L2
Vitesse maximale	V (km/h)	130	110
Tracé en plan			
Rayon minimum absolu	Rm (m)	600	400
Rayon minimum non déversée	Rnd (m)	1000	650
Longueur minimum de clothoïde	LS (m)	Max (14 Δδ ; R/9)	Max (14 Δδ ; R/9)
Rayon minimum sans courbe de transition	R (m)	1500	975
Profil en long			
Déclivité maximum	P (%)	5	6
Déclivité minimum	P (%)	0.5	0.5
Rayon minimal de raccordement convexe	RV (m)	9200	6000
Rayon minimal de raccordement concave	RV (m)	4200	3000
Profil en travers			
Nombre de voies de chaque chaussée	N	2 à 4	2 à 4
Largeur de voie	L(m)	3.5	3.5
Dévers minimum	d (%)	2.5	2.5
Dévers maximum	d (%)	7	7

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC

III.1. INTRODUCTION

L'étude du trafic est une étape essentielle pour tout projet routier. Elle analyse les flux de véhicules, leur composition (notamment les poids lourds) et leur impact sur la chaussée, afin de déterminer le nombre de voies et l'épaisseur des couches de la route.

Elle repose sur le trafic journalier moyen annuel (TJMA) et la répartition des véhicules, et permet de prévoir les besoins actuels et futurs, d'optimiser la conception, de réduire les congestions et d'assurer la sécurité des usagers.

Étapes principales:

- Définition du réseau
- Analyse des trafics existants
- Étude des conditions de circulation
- Projection des trafics futurs
- Affectation des trafics

Ainsi, l'étude de trafic garantit la durabilité et la performance de l'infrastructure routière.

III.2 Type de trafic

Il existe différents types de trafic sur une autoroute, chacun ayant des caractéristiques et des Comportements qui lui sont propres. Voici une liste des principaux types de trafic :

• **Le trafic de transit** : il s'agit du trafic qui traverse l'autoroute pour se rendre d'un point à un autre sans s'arrêter. Ce type de trafic est généralement composé de voitures, de Camions et de bus.

• **Le trafic local** : il représente le trafic qui entre et sort de l'autoroute pour se rendre à des destinations situées à proximité de l'autoroute.

• **Trafic dévié (dérivé)** : Le trafic routier dévié fait référence à la circulation de véhicules qui est redirigée sur la nouvelle route aménagée et empruntant.

• **Le trafic routier induit** : fait référence à l'augmentation de la circulation routière résultant de la construction de nouvelles routes ou autoroutes. En d'autres termes, il s'agit de la création de nouveaux déplacements, qui n'existaient pas auparavant, en raison de l'amélioration de l'accessibilité et de la disponibilité de la route.

III.3. ANALYSE DE TRAFIC

II.3.1 Comptage

On distingue deux types de comptage :

II.3.1.1 Comptages automatiques

- **Permanents:**

Des comptages permanents sont réalisés à des emplacements stratégiques sur les routes les plus importantes, notamment le réseau autoroutier, le réseau routier national et les axes à fort trafic.

- **Temporaires :**

Pour les autres parties du réseau, il est possible de procéder à des comptages temporaires (un mois par an) à l'aide de postes de comptages tournants. Ces recalages peuvent permettre d'approcher le trafic moyen annuel.

- **Les composantes de la chaîne de mesure :**

- ✓ Le capteur
- ✓ Le compteur
- ✓ La transmission des données
- ✓ Le processus de traitement

II.3.1.2 Comptages manuels:

Les comptages manuels, réalisés par des agents, complètent les données collectées par les systèmes automatiques. Ils apportent des informations supplémentaires, comme la proportion de poids lourds et le nombre de véhicules de transport en commun dans le trafic.

II.3.2 Connaissance des flux (enquêtes)

Il est souvent préférable de compléter les données de comptage par des informations sur la typologie et la direction du trafic. Différentes méthodes peuvent être employées selon les besoins. Lorsqu'une étude concerne l'ensemble des accès à une zone donnée, comme une agglomération, une ville ou un quartier spécifique, on parle d'enquête cordon. Cette approche permet notamment de distinguer les flux de transit des flux d'échange

III.4. CALCUL DE LA CAPACITE

III.4.1. Définition de la capacité

La capacité d'une route correspond au flux horaire maximal de véhicules pouvant circuler de manière raisonnable en un point donné ou sur une section de route homogène (dans une ou deux directions), compte tenu de ses caractéristiques géométriques et de circulation sur une période déterminée.

Le choix du nombre de voies se fait en comparant l'offre et la demande, c'est-à-dire le débit admissible et le trafic prévisionnel pour l'année d'exploitation. Pour cela, il est nécessaire d'estimer le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon « n ».

III.5. CALCUL DE TJMA A L'ANNEE HORIZON

Du fait de la croissance annuelle du trafic, le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est donné par la formule suivante :

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

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

III.6. CALCUL DU TRAFIC EFFECTIF

C'est le trafic traduit en unité de véhicule particulier (U.V.P), en fonction de type de route Et de l'environnement (vallonée, en plaine, montagneux). Pour cela on utilise des coefficients

à d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P).

Le trafic effectif est donné la relation suivante :

$$Teff = TJMA_n [(1 - Z) + PZ]$$

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

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

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

III.7. DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL

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 :

$$Q = (1/n) \times Teff$$

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

III.7. DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE

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

$$Qadm = K1 \times K2 \times Cth$$

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

Tableau III-2: valeurs de K_1

Environnement	E1	E2	E3
K_1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau III-3 : valeurs de K_2

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

Tableau III-4 : valeurs de capacité théorique C_{th}

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

III.8. CALCUL DU NOMBRE DES VOIES

III.8.1. CAS d'une chaussée bidirectionnelle

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

III.8.2. Cas d'une chaussée unidirectionnelle

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

$$N = (S \times Q) / Q_{adm}$$

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 2 /3
- **Q_{adm}**: débit admissible par voie

III.9. APPLICATION AU PROJET

III.9.1. Les données de trafic

- Année de mise en service : 2024
- Coefficient égal à 0.99 pour E2 et C1.
- Cth : capacité théorique (Route à 2 chaussées séparées) égal à 1800 uvp/h.
- K1 : coefficient égal à 0.85 pour E2.
- L'environnement : E2, catégorie C1.
- La durée de vie : 20 ans.
- Le pourcentage des poids lourds : Z = 24%.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic : $\tau = 4\%$.
- Le trafic journalier moyen annuel {l'année 2016, TJMA₂₀₁₆= 10400v/j}.
- P= 4 car l'environnement est E2 et route à bonne caractéristique (d'après le tableau de coefficient d'équivalence).

III.9.2. Le trafic journalier moyen annuel à l'année de mise en service

$$TJMA_{2024} = TJMA_{2016}(1 + \tau)^8$$

$$TJMA_{2024} = 10400 \times (1 + 0.04)^8$$

$$TJMA_{2024} = 14234 \text{ v/j}$$

III.9.3. Le trafic journalier moyen annuel à la fin de vie du projet

$$TJMA_{2044} = TJMA_{2024}(1 + \tau)^{20}$$

$$TJMA_{2044} = 14234 \times (1 + 0.04)^{20}$$

$$TJMA_{2044} = 31189 \text{ v/j}$$

III.9.4. Le trafic effectif

$$Teff = TJMA_n [(1 - Z) + PZ]$$

Avec P=4 et Z=24%

$$Teff_{2044} = 31189 \times [(1 - 0.24) + 4 \times 0.24] = 53646 \text{ (uvp/j)}.$$

$$Teff_{2024} = 14234 \times [(1 - 0.24) + 4 \times 0.24] = 24483 \text{ (uvp/j)}.$$

Donc :

$$Teff_{2044} = 53646 \text{ (uvp/j)}. \text{ Et } Teff_{2024} = 24483 \text{ (uvp/j)}.$$

III.9.5. Le débit de pointe horaire normale

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

$$Q = 0.125 \times Tef$$

$$Q_{2044} = 0.125 \times Teff_{2036} = 0.125 \times 53646 = 6706 \text{ (uvp/h)}$$

$$Q_{2024} = 0.125 \times Teff_{2016} = 0.125 \times 24483 = 3061 \text{ (uvp/h)}$$

$$Q_{2044} = 6706 \text{ (uvp/h)} \text{ et } Q_{2024} = 3061 \text{ (uvp/h)}$$

III.9.6. Le débit admissible

$$Qadm = K1 \times K2 \times Cth = 0.85 \times 0.99 \times 1800$$

$$Qadm = 1515 \text{ (uvp/h)}$$

III.9.7. Le nombre des voies

$$N = \frac{SXQ}{Qadm} = \frac{2}{3} \times \frac{6706}{1515} = 3 \text{ voies}$$

Donc pénétrante 2X3 voies

III.9.8. Calcul de l'année de saturation

$$Q_{sat} = 6 \times 1515 = 9090 \text{ (uvp/h)}$$

$$\frac{Q_{sat}}{Q_{2024}} = 2.96$$

$$N = \frac{\ln(2.96)}{\ln(1+0.04)} = 28$$

Donc l'année de saturation sera égale : 2024+28=2052

III.10. CONCLUSION

D'après l'étude du trafic de notre pénétrante, on conclut que son profil en travers est de 2 × 3 voies, avec une saturation après 28ans de l'année de mise en service, donc son année de saturation est estimée en 2052.

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

IV.1. TRACE EN PLAN

IV.1.1. Introduction

Le tracé en plan est la représentation horizontale de l'axe d'une route sur un plan topographique. Il est constitué d'une succession d'alignements droits, de courbes circulaires et de courbes de raccordement progressif, conçus selon des normes géométriques précises.

Son objectif est d'assurer la sécurité et le confort des usagers, tout en garantissant une bonne adaptation du projet à la topographie du site.

L'élaboration du tracé en plan repose sur l'étude du couloir optimal de la route, en tenant compte des contraintes naturelles, techniques et réglementaires, conformément aux prescriptions de l'ICTAAL pour les autoroutes de liaison

IV.1.2. Recommandations pour le tracé en plan

Pour une bonne conception de tracé en plan, il est recommandé de :

- Adapter au maximum le terrain naturel.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles et surtout les arboricoles.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter la construction des ouvrages d'art
Sinon on essaie de les franchir perpendiculairement pour minimiser les coûts.
- Respecter les points de départ et d'arrivée.
- Eviter la démolition du bâti (maisons, constructions et habitats).
- Eviter le terrassement excessif et inutile, de préférence suivre les courbes de Niveau.
- Se raccorder sur les réseaux existants.

IV.1.3. Les éléments du tracé en plan

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

- Des droites (alignements).
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement progressives.

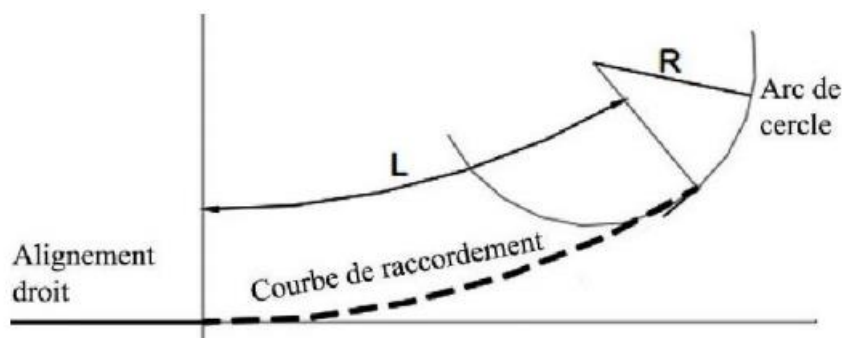


Figure IV.1: les éléments du tracé en plan

IV.1.3.1. Alignements

Même si la ligne droite est l'élément géométrique le plus simple à utiliser, elle est peu employée dans le tracé des routes. En effet, elle s'adapte mal au terrain naturel et peut rendre la conduite monotone, ce qui augmente le risque d'accidents.

IV.1.3.2. Arcs de cercle

La limitation des valeurs des rayons est déterminée par plusieurs facteurs, notamment la stabilité des véhicules, la capacité des véhicules longs à circuler correctement dans les courbes, ainsi que les conditions de visibilité en virage.

IV.1.3.3. Paramètres géométriques de conception du tracé

Notre projet est caractérisé par :

- milieu E1 et catégorie L1
- une vitesse de référence de 130 km/h. Selon les critères ICTAAL 2015, nous avons obtenu les résultats suivants :

Tableau IV 1 : caractéristiques géométriques du tracé en plan

Paramètre	Symbole	Valeur
Vitesse	$V(\text{km/h})$	130
Rayon minimal absolu	$R_m \text{ (m)}$	600
Rayon maximal non déversé	$R_{nd} \text{ (m)}$	1000
Rayon minimum sans Courbe de transition	$R(\text{m})$	$1,5 \times 1000 = 1500$
Longueur minimale de Clothoïde	$L_{C_{min}}$	$\text{Max } [14 \Delta\delta ; R/9]$ $\Delta\delta$: la différence des pentes transversale

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.

D'après l'ICTAAL 2015 La longueur de clothoïde soit au moins égale à la plus grande de ces deux valeurs :

$$\{14|\Delta\delta| \text{ et } \frac{R}{9}\} ; [\text{ICTAAL2015}].$$

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

Exemple de calcul de la longueur de la clothoïde :

Pour $R=900$

$$L_{\text{clothoïde}} = \max \left\{ 14|\Delta\delta| \text{ et } \frac{R}{9} \right\} \rightarrow L_{\text{clothoïde}} = \max \left\{ 14|5.8| \text{ et } \frac{900}{9} \right\} = \max \{81.2 \text{ et } 100\} = 100\text{m}$$

Pour $R=1000$

$$L_{\text{clothoïde}} = \max \left\{ 14|\Delta\delta| \text{ et } \frac{R}{9} \right\} \rightarrow L_{\text{clothoïde}} = \max \left\{ 14|5| \text{ et } \frac{1000}{9} \right\} = \max \{70 \text{ et } 111.11\} \\ = 111.11\text{m}$$

IV.1.4. Contraintes rencontrées lors de l'élaboration de notre trace

- Chemine communal du PK 61+525
- Des pistes : PK11+425 et PK 11+700 PK 9+425
- OUED : PK 9+300 et PK11+825 et PK11+675
- Des lignes électrique HT du PK 9+575
- Terrain agricole PK 11+425
- Forêt PK 17+350 a PK 18+400

IV.1.5. Enchaînement des éléments du tracé en plan

Des courbes circulaires de rayon modéré ($<1,5 R_{nd}$) ne peuvent être utilisées qu'en

Respectant les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après :

- Introduire de telles courbes sur une longueur de 500 à 1 000 m à l'aide de courbes De plus grand rayon. En ce cas, deux courbes successives doivent satisfaire à la Condition : $R_1 < 1,5R_2$, où R_1 est le rayon de la première courbe rencontrée et R_2 ($<1,5R_{nd}$) celui de la

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

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

IV.2. PROFIL EN LONG

IV.2.1. Introduction

Le profil en long est une coupe verticale le long de l'axe de la route, représentée sur un dessin. Il montre à la fois le terrain naturel et la route projetée.

Son rôle est d'assurer une bonne continuité de la route pour que le conducteur puisse bien voir et prévoir les changements (montées, descentes, points importants).

Il est composé de lignes droites appelées pentes ou rampes (caractérisées par leur déclivité), reliées entre elles par des courbes (paraboles) qui assurent des raccordements verticaux, soit concaves soit convexes.

IV.2.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long

Parmi les règles qu'il faut les tenir en compte on peut citer :

- Respecter les normes et paramètres géométriques actuels.
- S'adapter au terrain naturel pour réduire les coûts de terrassement.
- Éviter les hauteurs excessives en remblai et en déblai.
- Assurer un bon écoulement des eaux (éviter les angles rentrants et les zones de stagnation).
- Rechercher l'équilibre entre les volumes de déblais et de remblais.
- Limiter les fortes pentes sur de longues distances.
- Utiliser des raccordements avec de grands rayons.
- Prévoir les raccordements avec les réseaux existants.
- Respecter les gabarits aux intersections (routes, oueds).
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Bien intégrer le projet dans le paysage.

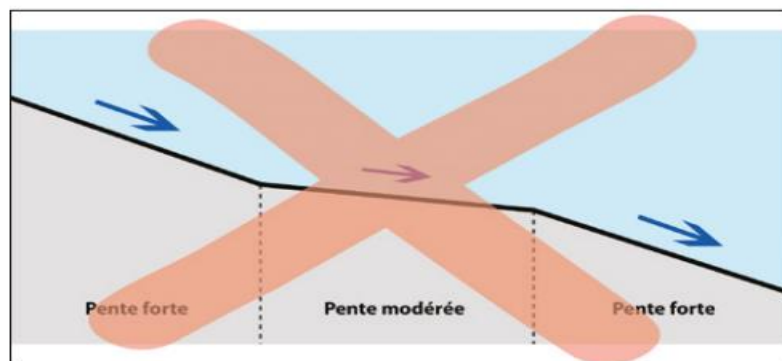


Figure IV.2 : exemple de configuration exclue dans une forte pente

IV.2.3: Les paramètres du profil en long

Selon la catégorie choisie (L1), le guide ICTAAL indique la pente maximale et les rayons minimaux pour les angles saillants et rentrants. Le profil en long doit donc respecter les limites indiquées dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 : Les paramètres de profil en long

Catégorie	LR
Déclivité maximale (%)	5
Déclivité minimale (%)	0.5
Rayon minimal en angle saillant RV (m)	9200
Rayon minimal en angle rentrant RV U(m)	4200

IV.2.4. Déclivité

La déclivité d'une route correspond à l'inclinaison de la ligne rouge du profil en long par rapport à l'horizontale. On parle de pente lorsqu'il s'agit d'une descente et de rampe lorsqu'il s'agit d'une montée.

IV.2.4.1. Déclivité minimum

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « en palier » sont si possible à éviter, Pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales. la pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement Avec Facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante. Il est conseillé d'éviter Les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieur à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

IV.2.4.2. Déclivité maximum

Techniquement, la pente maximale d'une route dépend de l'adhérence des pneus sur la chaussée et de la vitesse à laquelle les véhicules peuvent monter ou descendre. Les camions sont particulièrement importants à considérer, car les voitures légères peuvent facilement s'adapter grâce à leur puissance

IV.2.5. Raccordements en profil en long

Les changements de pente sont des points particuliers sur le profil en long. Pour que la transition soit douce et sûre, on utilise des courbes de raccordement. Ces raccordements doivent garantir une bonne visibilité et un confort pour les conducteurs.

On distingue deux types de ces raccordements :

IV.2.5.1. Raccordement convexes (angle saillant)

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont Déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des Distances d'arrêt et de visibilité. Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité

IV.2.5.2. Raccordement en angle concave (rentrant)

Pour les raccordements situés dans les points bas, ce n'est pas la visibilité de jour qui compte, mais celle de nuit. Il faut que les phares des véhicules puissent éclairer assez loin pour que le conducteur voie les obstacles à temps.

VI.2.6 Valeurs limites

Les valeurs limites du profil en long de notre tronçon respectent également celles prévues par l'ICTAAL 2015, afin d'assurer des conditions de sécurité et de confort adaptées aux routes autoroutières de catégorie L1.

Tableau VI 5 : Valeur limites de notre profil en long

Catégorie	L1
Déclivité maximal (%)	5%
Déclivité minimal (%)	0.5%
Rayon adopte dans tous les angle rentrant et saillant(m)	25000

IV.2.7. 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 : $R_{vertical} > 6 R_{horizontal}$, pour éviter un défaut d'inflexion ;
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas De surcoût sensible ; lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la Chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment

Franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

IV.3. PROFIL EN TRAVERS

IV.3.1. Introduction

Le profil en travers d'une route est une coupe de la route et de ses côtés. Il montre la forme de la chaussée, comment les voitures circulent et comment l'eau de pluie s'écoule.

Dans un projet, on dessine beaucoup de ces profils. Pour gagner du temps, on crée d'abord un profil type avec toutes les dimensions importantes : largeur des voies, pentes, talus, et épaisseurs des couches de la route.

Ces profils permettent de:

- Savoir où commencer les terrassements.
- Voir l'emprise de la route sur le terrain.
- Calculer les volumes de terre à enlever ou à rajouter.

IV.3.2. Les différents types de profils en Travers

Il existe trois types de profils en travers : Les profils en remblai, en déblai ou bien les profils mixtes.

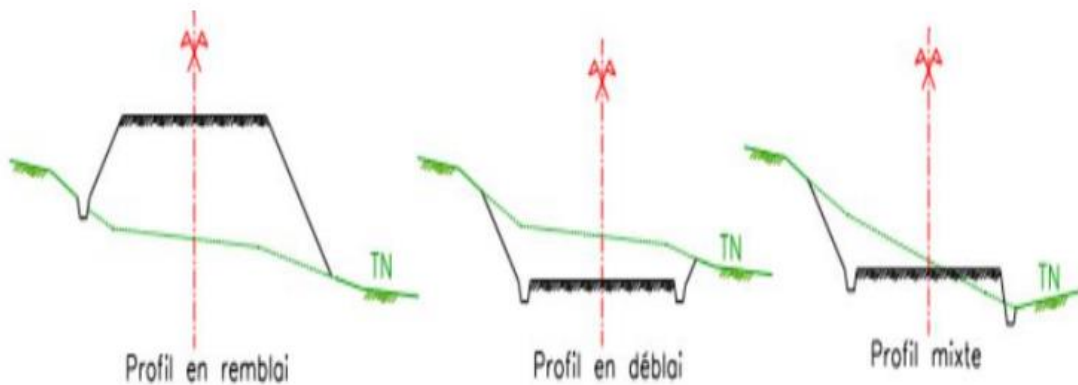


Figure IV.3: Différents types de profil en travers

IV.3.3. Les éléments du profil en travers

IV.3.3.1. Chaussée

D'après L'ICTAAL Chaque chaussée comporte de 2 à 4 voies de circulation larges de 3,50m.

Dans notre projet on a une chaussée de 3 voies avec 3,5m pour chaque voie

IV.3.3.2. Terre-Plein Central (T.P.C)

Le T.P.C. assure la séparation matérielle des deux sens de circulation. Sa largeur résulte de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

- **Bande dérasée de 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 1,00 m.

- **Bande médiane :**

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

IV.3.3.3. Accotement

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

- **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 sur largeur 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 Sa largeur est de 2,50 m, ou 3m.

- **La berme :**

Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements : barrières de sécurité, Signalisation verticale...

Sa largeur qui dépend surtout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière

de sécurité à mettre en place est de 1,00 m minimum ; mais elle peut être intégrée à un dispositif d'assainissement dont la pente ne dépasse pas 25%

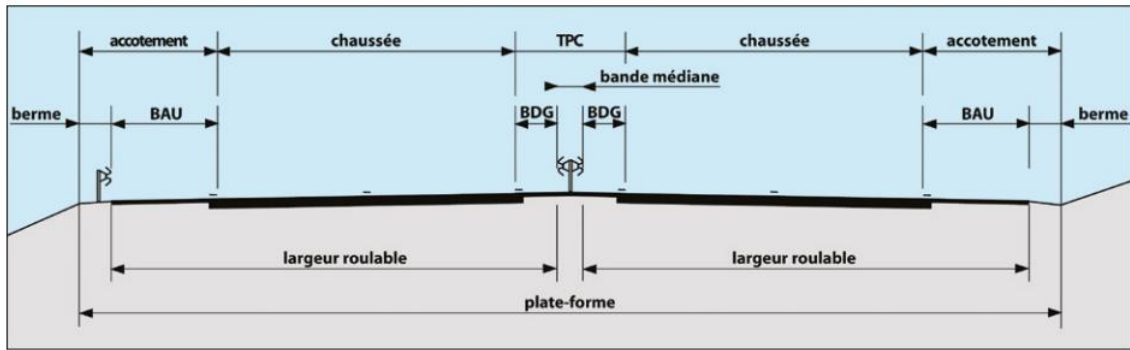


Figure IV.4: Les éléments du profil en travers

IV.3.4. Pentes transversales

Les courbes de rayon inférieur à R_{nd} sont déversées vers l'intérieur de la courbe

IV.3.4.1. En alignement et en courbe non déversée

La pente transversale de la chaussée est de 2,5 % vers l'extérieur.

Pour une B.A.U. ou une B.D.D., la pente est la même que celle de la chaussée voisine, mais au-delà de la surlargeur marquée, elle peut atteindre 4 % pour des raisons techniques. Les pentes des B.D.G. et du versant en toit d'un T.P.C. revêtu suivent également celle de la chaussée adjacente.

La berme extérieure a une pente transversale de 8 %, pouvant aller jusqu'à 25 % si elle fait partie du système d'assainissement.

IV.3.4.2. En courbe dévers

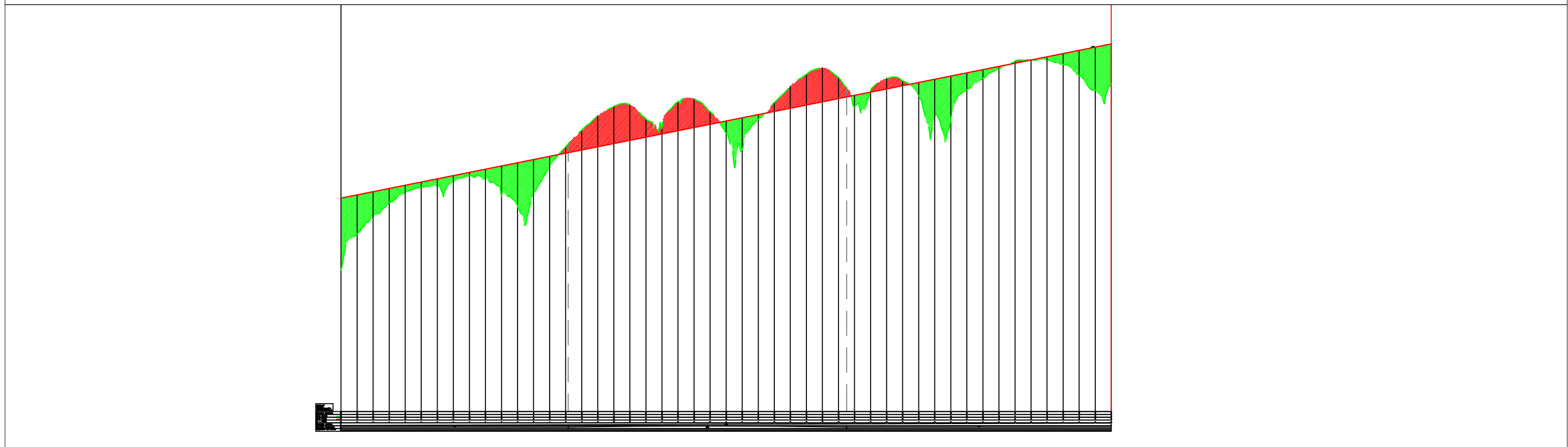
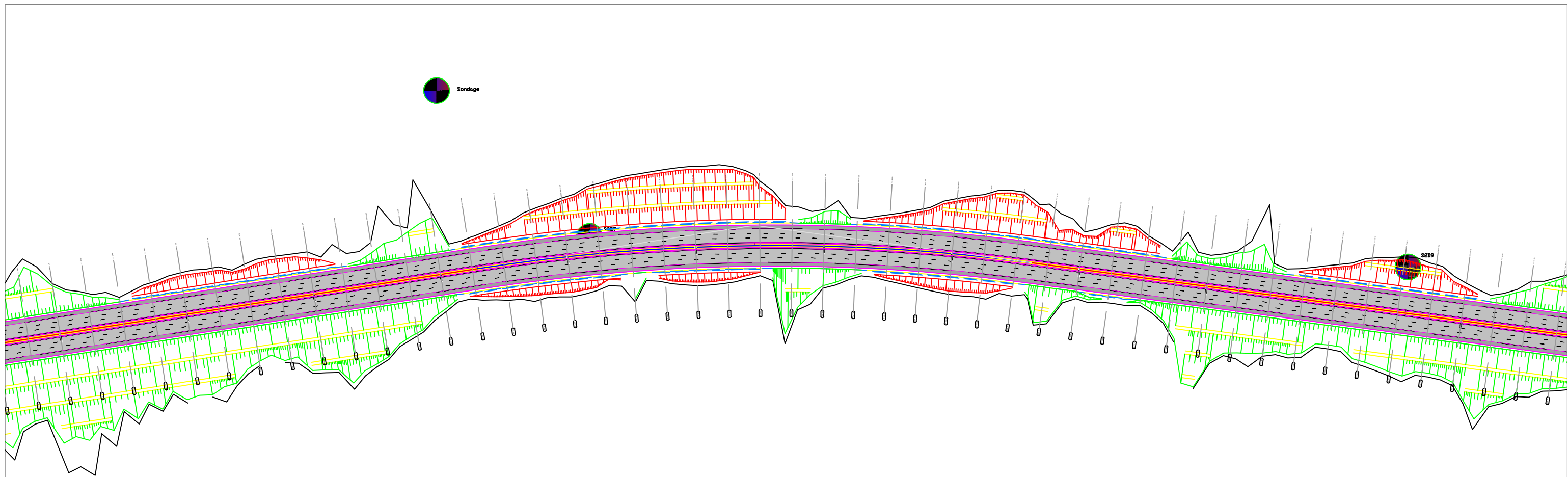
La pente transversale d'une chaussée varie linéairement selon $1/R$, allant de 2,5 % pour R_{nd} à 7 % pour R_m .

La pente de la B.A.U. (ou B.D.D.) intérieure à la courbe reste identique à celle de la chaussée adjacente.

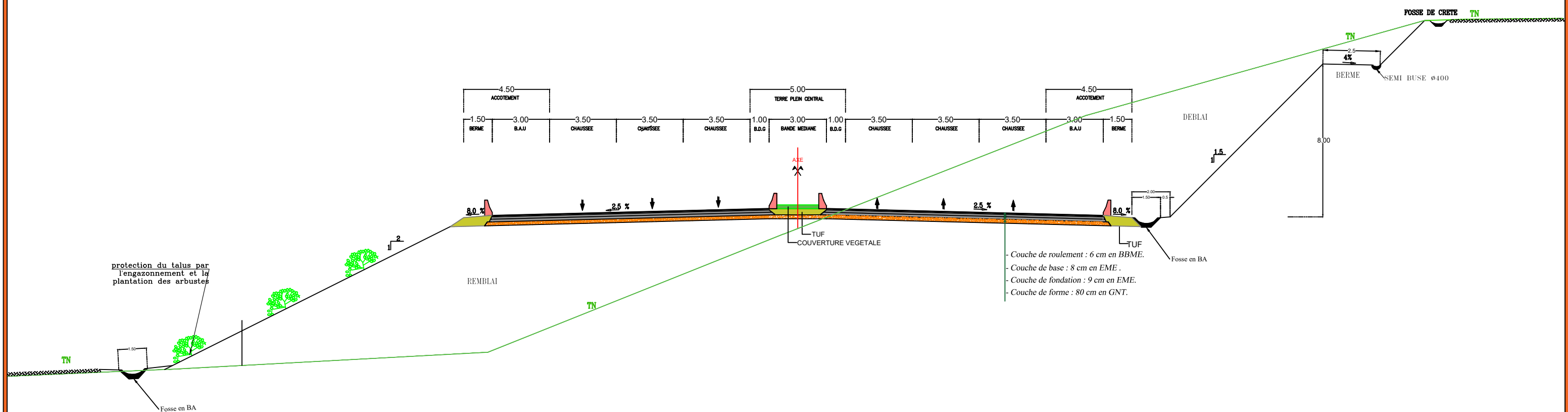
Pour la B.A.U. ou B.D.D. extérieure, la pente reste la même qu'en ligne droite tant que le dévers ne dépasse pas 4 %. Au-delà, elle prend un sens inverse au dévers et vaut 1,5 %, sauf pour la surlargeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée. Les autres éléments de la plate-forme conservent les mêmes dispositions.

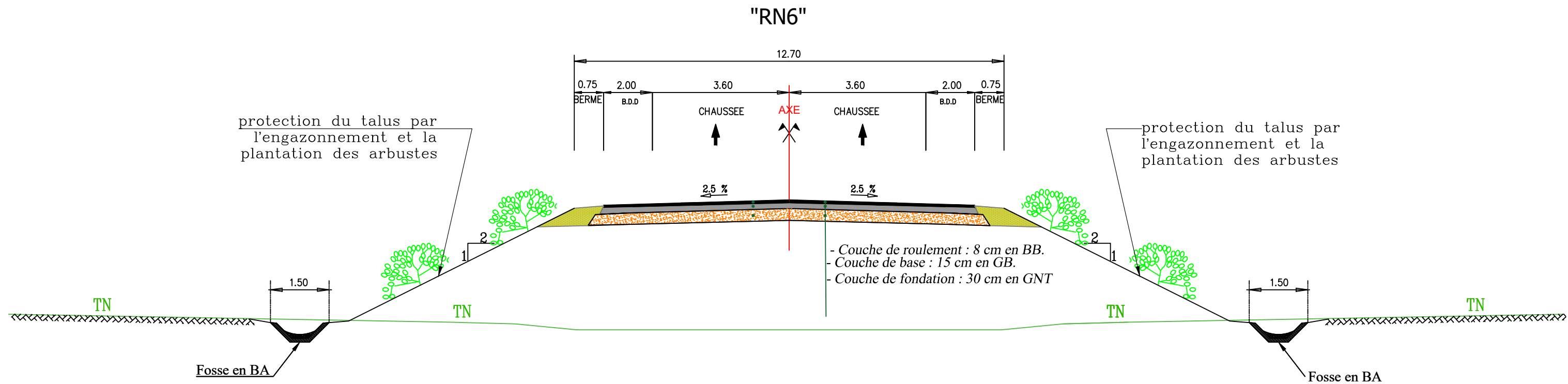
IV.3.5. Profil en travers type du notre projet**Tableau IV-6 : Profil en travers type du notre projet**

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale (m)
Voie de circulation (2x3)	3.5	6	21
Terre-plein centrale (T.P.C)			5
Bande dérasée gauche (B.D.G)	1	2	2
Bande médiane (B.M)	3	1	3
Accotement			9
-Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U).	3	2	6
-La berme.	1.5	2	3
Totale	35m		

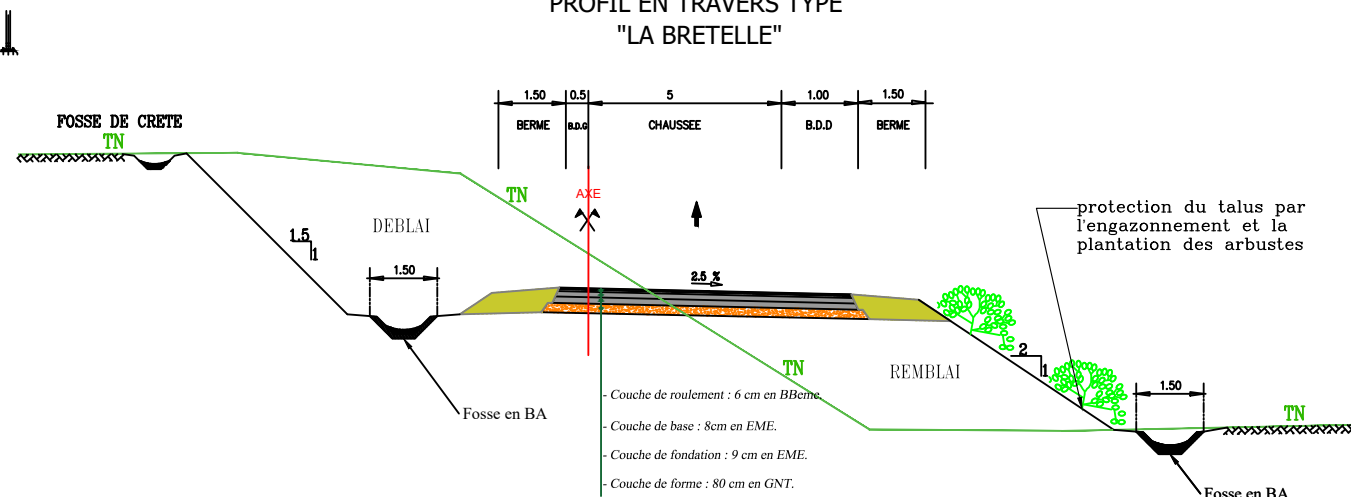


PROFIL EN TRAVERS TYP CAS DEBLAI - REMBLAI

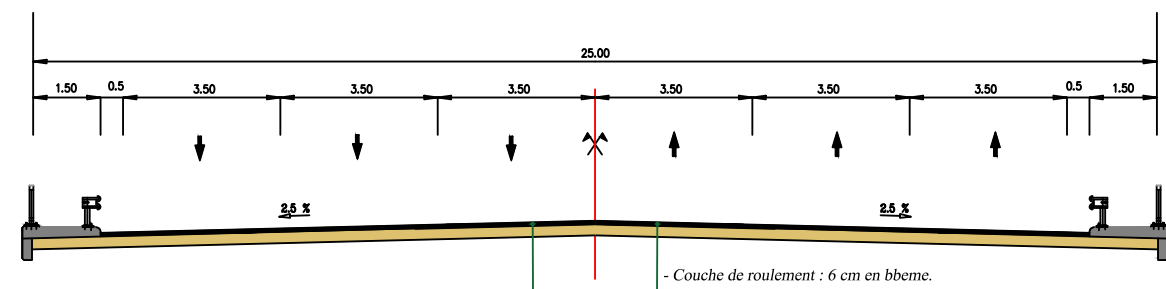




PROFIL EN TRAVERS TYPE
"LA BRETELLE"



PROFILS EN TRAVERS TYPE
SUR OUVRAGE D'ART



CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

V.1. INTRODUCTION

L'étude géotechnique est une étape très importante dans un projet routier. Elle permet de connaître la nature des sols traversés par le tracé ainsi que leurs caractéristiques physiques et mécaniques. Grâce à cette étude, on peut évaluer la portance du sol, détecter les risques de tassement ou d'instabilité, et choisir les solutions adaptées pour la construction de la chaussée. Elle permet également de déterminer les méthodes de terrassement, de vérifier la stabilité des talus et de choisir les matériaux utilisés pour les remblais et les différentes couches de la route. Ainsi, une bonne étude géotechnique garantit la sécurité, la durabilité et le bon fonctionnement de l'infrastructure routière.

V.2. LES MOYENS DE RECONNAISSANCES

Les moyens de reconnaissances d'un tracé routier sont :

- L'étude des archives et documents existants.
- Les visites de site et les essais in situ (puits de reconnaissances, sondages carottés)
- Les essais de laboratoires.

V.2.1. L'étude des archives et documents existants

Les études réalisées précédemment à proximité du tracé constituent une source importante d'informations préliminaires sur la nature des sols rencontrés. De plus, les cartes géologiques et géotechniques de la région fournissent des indications utiles permettant d'avoir une première compréhension des caractéristiques géologiques et géotechniques du terrain.

V.2.2. Les essais in situ

Les essais in situ sont réalisés directement sur le terrain afin de déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des sols. Ils sont effectués selon des normes précises, ce qui permet d'assurer la fiabilité des résultats obtenus.

Tableau V-1 : Aperçu sur les normes des investigations in site

N	Désignations	Normes	Objectifs
1	Puits de Reconnaissance	XP P 94-011	Identification du sol en phase d'APD. Prélèvements des échantillons. Détermination de la portance du terrain. (Essais CBR)
2	Sondages Pressiométriques	NF P 94-110	Évaluer les caractéristiques de déformabilité des Terrains ainsi que leur Pression limite.
3	Sondages carottés	XP P 94-202	Identification d'un sol. Distinction des types de formation. Prélèvements des échantillons.

V.2.3. Les essais au laboratoire

Dans le but de caractériser les sols et les roches des formations rencontrées le long du tracé, Des essais de laboratoire physiques, chimiques et mécaniques ont été réalisés sur des Échantillons prélevés à la fois dans les puits de reconnaissance et les sondages carottés.

Tableau V-2 : Aperçu sur les normes des investigations au laboratoire

Essais	Description	Norm	Objectif
D'identification Physico- chimique	Analyse Granulométrique (Tamisage à sec) AG	NF P 94-056	Répartition pondérale des éléments granulaires d'un matériau des terrassements
	Analyse granulométrique par méthode de sédimentatio	NF P 94-057	Détermination de la distribution pondérale
	Teneur en eau naturelle	NF P 94-050	Détermination de la teneur en eau d'un matériau
	Limites d'Atterberg	NF P 94-051	Détermination de l'argilosité d'un sol
	Teneur en CaSO4	NF P 18-011	Détermination de la teneur en sulfate Degré d'agressivité du sol
	Teneur en CaCO3	NF P 94-048	Détermination de la teneur en carbonate Méthode du calcimètre
	Valeur de bleu d'un sol	NF P 94-068	Détermination de l'argilosité d'un matériau
	Détermination de La Masse Volumique des particules solides d'un sol	NF P 94-054	Détermination de la masse volumique Moyenne des particules solides de sol

	Masse volumique sèche d'une roche	NF P 94-064	Détermination de la masse volumique sèche d'un élément de roche
--	-----------------------------------	-------------	---

Essais	Description	Norm	Objectif
Essais Routiers	Essai Proctor normal	NF P 94-093	Déterminer la masse volumique sèche d'un matériau et sa teneur en eau correspondante.
	indice CBR après immersion	NF P 94-078	Déterminer l'indice portant d'un échantillon de sol compacté dans un moule CBR avec une énergie Proctor Normal
Essais Mécaniques des sols	Essai œdométriques	XP P 94-090- 1	Étudier la compressibilité d'un échantillon de sol
	Essai de cisaillement	NF P 94-071- 1	Mesure des paramètres de résistance au cisaillement rectiligne (cohésion et angle de frottement interne) d'un matériau
Essais mécaniques des roches	Essai Los Angelos (LA)	NF EN 1097- 2	Mesure de la résistance d'une fraction granulaire à la fragmentation par chocs
	Essai Micro Deval humide (MDE)	NF EN 1097- 1	Mesure de la résistance d'usure d'une fraction granulaire
	Essai de fragmentabilité (FG)	NF P 94-066	Mesure de la résistance de la roche sous la charge due au trafic routier
	Essai de dégradabilité (DG)	NF P 94-067	Qualifier la sensibilité du matériau rocheux aux sollicitations hydriques

	Essai de compression simple	NF P 98-301	Mesure de la résistance à la compression
	Essai de résistance à la traction	NF P 18-408	Mesure de la résistance à la traction

V.3. RESULTATS DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

V.3.1. Résultats des reconnaissances in situ

V.3.1.1. Puits de reconnaissance

Tableau V-3 : résultats des puits de reconnaissance

N° desPuits	PK	Profondeur	La description lithologique
P2-02	9+280	0.00 à 3.00m	Alluvions constituées de sable, graves caillouteuses emballées dans une matrice argileuse de couleur marron à brunâtre.
P2-03	9+760	0.00 à 0.3m	Terre végétale constituée d'argile brunâtre, à racines végétales
		0.30 à 1.60m	Argile brunâtre, peu sableuse de couleur brunâtre, à trace noirâtre, de consistance ferme à très compacte.
P2-04		0.00 à 0.40m	Terre végétale constitué d'argile marron à quelques graves, à racines végétales.
		0.40 à 1.40m	Croûte calcaire blanchâtre dure.
P2-05	10+730	0.0 à 0.4m	Terre végétale constitué d'argile marron, à racines végétales.
		0.4 à 3.10m	Marne sableuse de couleur gris-blanchâtre ferme, peu oxydée,
P2 -06	11+480	0.00 à 0.30m	Terre végétale.
		0.30 à 2.00m	Argile limoneuse, peu sableuse, à quelques cailloux et blocs, de couleur brunâtre.
P2-07	12+560	0.00 à 0.25m	Terre végétale.

		0.25m à 2.50m	Marne brunâtre à vert-brunâtre, à trace d'oxydation, de consistance fermes.
P2-08	12+960	0.00 à 0.25m	Terre végétale
		0.25 à 3.00m	Marne vert-brunâtre à verdâtre en profondeur, de plus en plus ferme en descendant, à traces d'oxydation, à niveaux ou traces de gypse.
P2-09	13+240	0.00 à 0.20m	Terre végétale
		0.20 à 3.00 m	Marne vert-brunâtre, de consistance de plus en plus ferme en profondeur, à traces d'oxydation, à niveaux ou traces de gyps
P2-10	13+730	0.00 à 0.3 m	Végétale argileuse organique.
		0.3 à 3.50 m	Argile limoneuse peu sableuse, de couleur brunâtre, peu organique, à concrétion carbonaté, de consistance ferme.
P2 -11	14+140	0.00 à 0.5m	Terrain naturel. .
		0.5 à 3.00 m	Marne de couleur brunâtre à verdâtre, à tache noirâtre, de consistance ferme à très compacte
P2-12	14+540	0.00 à 0.4 m	Terre végétale composée d'argile rougeâtre avec présence de racine végétale.
		0.4 à 3.50 m	Marne de couleur brunâtre à verdâtre ferme à très compacte.
P2-13	15+560	0.00 à 0.30 m	Terre végétale
		0.30 à 3.00m	Argile de couleur brune, de consistance relativement ferme, avec présence de la matière organique et traces blanchâtres carbonatées.
P2-14	15+980	0.00 à 0.15m	Terre végétale
		0.15 à 2.00m	Limon sableux peu argileux, organique, de couleur marron à noirâtre
		2.00 à 3.20 m	Limon sableux peu argileux, organique, de couleur jaune-brunâtre, humide, relativement ferme

P2-15	16+300	0.0 à 0.5m	Terre végétale avec présence de racines végétales de couleur marron.
		0.5 à 3.50m	Limons sableux peu argileux de couleur brunâtre à rougeâtre, relativement ferme
P2-16	17+570	0.0 à 0.20 m	Argile sableuse de couleur marron organique
		0.20 à 3.10 m	Argile limoneuse à encroutement calcaire, de couleur brunâtre,
P2-17	18+100	0.00 à 0.30m	Terre végétale
		0.30 à 3.00m	Marne vert-brunâtre à vert-grisâtre
P2-18	18+450	0.00 à 3.00 m	Marne vert-brunâtre, à présence de tache noirâtre, à remplissage de gypse, oxydée, de consistance ferme, très ferme à légèrement compacte en profondeur.
P2-OA-01	17+320	0.0 à 0.30 m	Terre végétale
		0.30 à 1.00 m	Marne de couleur vert-brunâtre, relativement ferme, à traces d'oxydations et remplissage de gypse.
		1.00 à 3.00 m	Marne de couleur verdâtre à vert-grisâtre de consistance ferme à très compacte, peu oxydée
P2-OA-02	17+390	0.00 à 1.00m	Limon sableux de couleur brunâtre, humide,..
		1.00 à 3.00 m	Marne plastique de couleur vert-jaunâtre



FigureV.1: vue de l'excavatrice à fouille

L'emplacement du puits



figureV.2: vue du fond de la

V.3.1.2. Sondages carottés
Tableau V-4 : Résultats des sondages carottés.

N°sondage	PK	Profondeur	La description lithologique
S2 D-04	12+820	0.00 à 2m	Marne de consistance relativement ferme, de couleur brunatre là brun-verdâtre, très altérée.
		2 a 10.15 m	Marne vert-brunâtre, très ferme.
S2-D-05	13+100	0.0 à 3m	Marne de couleur brun-verdâtre, de consistance généralement ferme
		3 à 9.4m	Marne vert-brunâtre, de consistance très ferme à légèrement compacte,
		9.4 à 30.45 m	Marne vert-grisâtre à grisâtre, de consistance très compacte à semi-rocheuse,
S2-D-06	13+360	0 à 2m	Argile marneuse, vert-brunâtre, molle à légèrement ferme.
		2 à 11.5m	Marne vert-brunâtre à verdâtre, ferme à très ferme.
		11.5 à 20.25m	Marne vert-grisâtre à grise, très ferme à compacte,
S2-D-07	14+020	0 à 14.5 m	Marne verdâtre à vert-brunâtre, de consistance ferme a très terme,
		14.5 à 18m	Marne sableuse de couleur grisâtre, ferme à très compacte
S2-D-08	14+330	0 à 10m	Marne verdâtre à vert-brunâtre, de consistance ferme a très ferme, très fracture, à remplissage de gypse entre les plans défactures.
		10 m à 12.80m	Marne sableuse de couleur grisâtre, ferme à très compacte (semi-rocheuse)
S2-D09	14+660	0 à 13.5 m	Marne de couleur verdâtre, de consistance ferme a très terme
		13.5 à 16.1m	Marne sableuse de couleur grisâtre, à plan de fracture, terme à très compacte (semi-rocheuse).

S2-D-10	15+090	0 à 15.50m	Marne verdâtre à ver-grisâtre, de consistance relativement ferme à ferme, à trace d'oxydation de (0.20 à 6.00m)
		15.50m à 16m	Marne sableuse de couleur grisâtre, très compacte à semi rocheuse.
S2 -D-11	15+720	0 à 13.7m	Marne de couleur verdâtre, de consistance très ferme, à traces d'oxydation,
		13.7 à 20.15m	Marne gris-verdâtre à grisâtre, compacte à très compacte,
S2-D-12	16+100	0 à 1.6m	Terre végétale constituée d'argile sableuse de couleur marron à noirâtre, à racines végétales.
		1.6 à 3.7m	Terre végétale constituée d'argile sableuse de couleur marron à noirâtre, à racines végétales.
		3.7 à 14.3 m	Marne de couleur vent-brunâtre, de consistance ferme à compacte en profondeur,
S2D-13	17+880	0 à 13.9 m	Marne brunâtre à verdâtre, ferme à très ferme entre 0.30-6.20m
		13.9 à 15.00m	Marne de couleur grisâtre, de consistance très ferme à compacte,
S2 – D -14	18+050	0 à 0.4m	Terre végétale constituée d'argile
		0.4 à 13m	Marne de couleur grisâtre, de consistance très ferme à compacte,
		13 à 30m	Marne vert-grisâtre à grisâtre, très ferme, induré en profondeur, à traces d'oxydation,
S2- D -15	18+360	0 à 4.6m	Sable moyen, homogène de couleur jaunâtre plus ou moins consolidé, à quelques cailloux et blocs de nature gréseuse
		4.6 à 9m	Grès de couleur grisâtre, dur et dense, à des passages tendres de couleur jaunâtre et peu dense
		9m à 10m	Marne de couleur grisâtre, relativement ferme, oxydé.
		10 à 18.2m	Grès de couleur jaunâtre, dense, de dureté moyenne

		18.2m 26m	Marne de couleur verdâtre, ferme et très ferme, a traces d'oxydation, à cassures subverticales à parfois obliques par endroit
		26 à 35m	Marne de couleur grisâtre ferme et très ferme, indure, Traces a oxydation
S2-D-16	18+300	0 à 1m	Terre végétale, construite d'argile limoneuse peu sableuse brunâtre, a racines végétales
		1 à 5.7m	Marne de couleur verdâtre
		5.7 à 18.2m	Marne de couleur vert-brunâtre à verdâtre, de consistance ferme à très compacte,
		18.2 à 23.2m	Grès dure et dure peu fracturer, à passage de sable moyen, homogène de couleur jaunâtre.
		23.2 à 26.7m	Marne de couleur verdâtre, de consistance ferme et très compacte, à plan de fracture sub-v verticale remplie de gypse.
		26.7 à 30.1m	Sable moyen de couleur jaunâtre, homogène, à passage de grès entre 28.60 et 29.00m.
S2-D-17	18+780	0 à 13.1 m	Marne de couleur verdâtre, de consistance ferme à très ferme,
S2-OA-1	11+600	0 à 2.6m	Argile limoneuse de couleur brunâtre renfermant des cailloux
		2.6 à 20.4	Marne de couleur verdâtre,
S2-OA-02	11+680	0 à 0.7m	Limon argileux de couleur rougeâtre renfermant de graves et cailloux,
		0.7 à 5.6 m	Marne sableuse, riche en débris de coquilles de couleur brunâtre,
		5.6 à 9.2 m	Alluvion constituée de graves, cailloux et quelques blocs de forme subarrondis de nature calcaire.
		9.2 à 13m	Marne sableuse de couleur verdâtre à vert-brunâtre,
		13 à 20.2 m	Marne sableuse de couleur grisâtre,
S2-OA-03	11+760	0 à 4.6 m	Limon sableux peu argileux de couleur brunâtre

		4.6 à 10.5m	Marne sableuse de couleur verdâtre à vert-brunâtre,
		10.5 à 20.5m	Marne sableuse de couleur grisâtre,
S2-OA-04	11+840	0 à 9.4m	Limon sableux peu argileux, de couleur brunâtre,
		9.4 à 10.3m	Marne sableuse de couleur verdâtre à vert-brunâtre
		10.3 à 20.4	Marne sableuse de couleur grisâtre,
S2-OA-05	11+900	0 à 2.4m	Alluvion constituée de graves, cailloux et blocs emballés dans une matrice argilo sableuse de couleur brunâtre.
		2.4 à 4.7m	Marne sableuse de couleur grisâtre
		4.7 à 20.	Marne sableuse de couleur grisâtre, de consistance ferme à très compacte (semi rocheuse),
S2-OA-14	9+360	0 à 3.8m	Alluvion constituée de sable moyen à grossier, graves et cailloux
		3.8 à 8.50m	Argile limoneuse peu sableuse de couleur brunâtre, à quelques graves généralement fines,
S2-OA-15	9+520	0 à 2.5m	Limon sableux de couleur brunâtre,
		2.5 à 7.2m	Argile limoneuse, peu sableuse de couleur marron,
		7.5 à 8.50 m	Argile limoneuse de couleur brun-rougeâtre,
S2-OA-16	10+200	0 à 1.5m	Limon sableux de couleur marron
		1.5 à 2.2m	Limon sableux peu argileux
		2.2 à 6.8m	Argiles sableuses peu limoneuse de couleur brun-rougeâtre,
		6.8 à 8m	Calcaire , altéré, fracture,



FigureV.3 : Photos des caisses à carotte du sondage S2-D-04 De (0.00 à 10.15m)

V.3.2. Résultats des essais au laboratoire

V.3.2.1. Résultats de puits De reconnaissances

Tableau V-5 : Résultats des puits de reconnaissance

Puits	Prof (m)	PK	Wn (%)	Essai Proctor modifié		Indice de CBR 100% Imbibé	WL %	WP%	IP%	IC%	Tamisat % 0.08m m
				W _{opm} %	γ_{dop} m t/m						
P2-02	0.5 -1.5	9+280	10.29	14.73	1.74	/	30.73	18.15	12.58	1.04	37.12
P2-03	0.5-1.5	9+760	11.99	16.88	1.71	/	37.75	19.85	17.90	1.44	91.79
P2-05	0.5-1.5	10+730	18.40	18.67	1.63	25.7	48.40	28.23	20.17	1.49	78.71
P2-06	0.5-1.5	11+480	16.29	19.67	1.62	/	51.58	25.35	26.23	1.35	55.65
P2-07	0.5-1.5	12+560	13.76	11.42	1.96	9.4	31.15	18.36	12.79	1.36	96
P 2-08	0.5-1.5	12+960	18.76	11.93	1.94	4.8	55.57	27.40	28.17	1.3	94
P 2-09	0.5-1.5	13+240	17.74	12.02	1.93	5.2	49.39	23.64	25.74	1.23	96
P2-10	0.5-1.5	13+730	9.24	15.63	1.78	/	33.68	18.69	14.89	1.63	93.40
P2-11	0.5-1.5	14+140	12.05	13.17	1.93	4.2	37.56	18.58	18.98	1.35	87.84
P2-12	0.5-1.5	14+540	6.65	15.81	1.83	/	32.13	17.74	14.39	1.77	93.74
P2-13	0.5-1.5	15+560	21.01	15.48	1.75	4.1	58.72	28.40	30.32	1.24	97
P2-14	0.5-1.5	15+980	23.59	12.66	1.82	2.9	58.65	29.43	29.22	1.2	98.90
P2-15	0.5-1.5	16+300	14.95	20.46	1.63	/	42.46	18.77	23.69	1.16	88.88
P2-16	0.5-1.5	17+570	8.00	14.69	1.78	/	30.48	14.66	15.82	1.42	57.13
P2-17	0.5-1.5	18+100	19.87	16.99	1.76	3.8	71.11	32.20	38.91	1.35	/
P2-18	0.5-1.5	18+450	16.73	18.19	1.68	4.1	57.30	27.57	29.73	1.37	92.80
P2-OA-01	0.5-1.5	17+320	16.34	/	/	/	60.60	30.25	30.35	1.46	98.87
P2-OA-02	0.5-1.5	17+390	18.76	/	/	/	50.06	27.02	23.04	1.36	97.47

Tableau V-5 : Equivalent de sable.

Sondage	Profondeur (m)	ESV (%)	ESP (%)
P2-05	0.50 – 1.50	42.14	39.10

IV.4. CLASSIFICATION DES SOLS

IV.4.1. Classification GTR

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

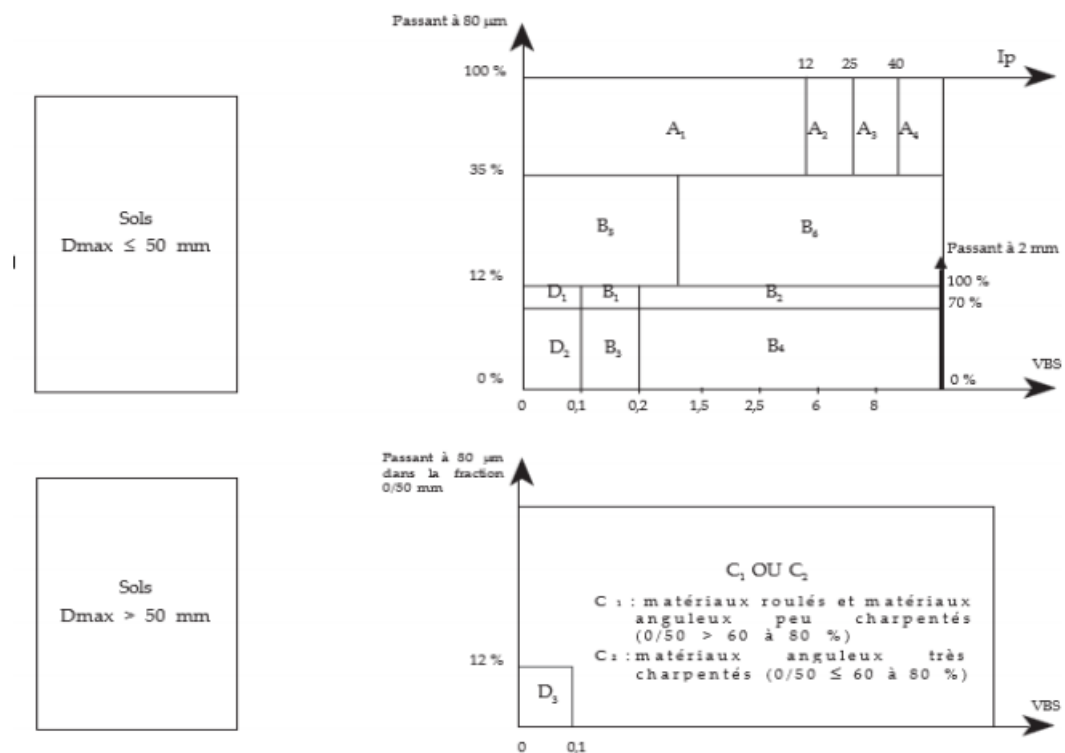


Figure V.4: Abaque de la classification GTR

Tableau V-6 : Résultats des classification GT5

PUITS	CLASSE GTR
P2-08	A3s
P2-09	A3s
P2-10	A2ts
P2-11	A2s
P2-12	A2ts
P2-13	A3s
P2-14	A3s
P2-15	A2 m
P2-OA-01	A3 ts
P2-OA-02	A2 s
P2-02	A2 ts
P2-06	A3s
P2-03	A2s
P2-16	A2 ts
P2-07	A2s
P2-17	A3 ts
P2-05	A2m
P2-18	A2m

IV.4.2. Exemple de classification GTR

➤ Classement selon la nature:

1. Paramètre de nature premier niveau de classification P2-03 :

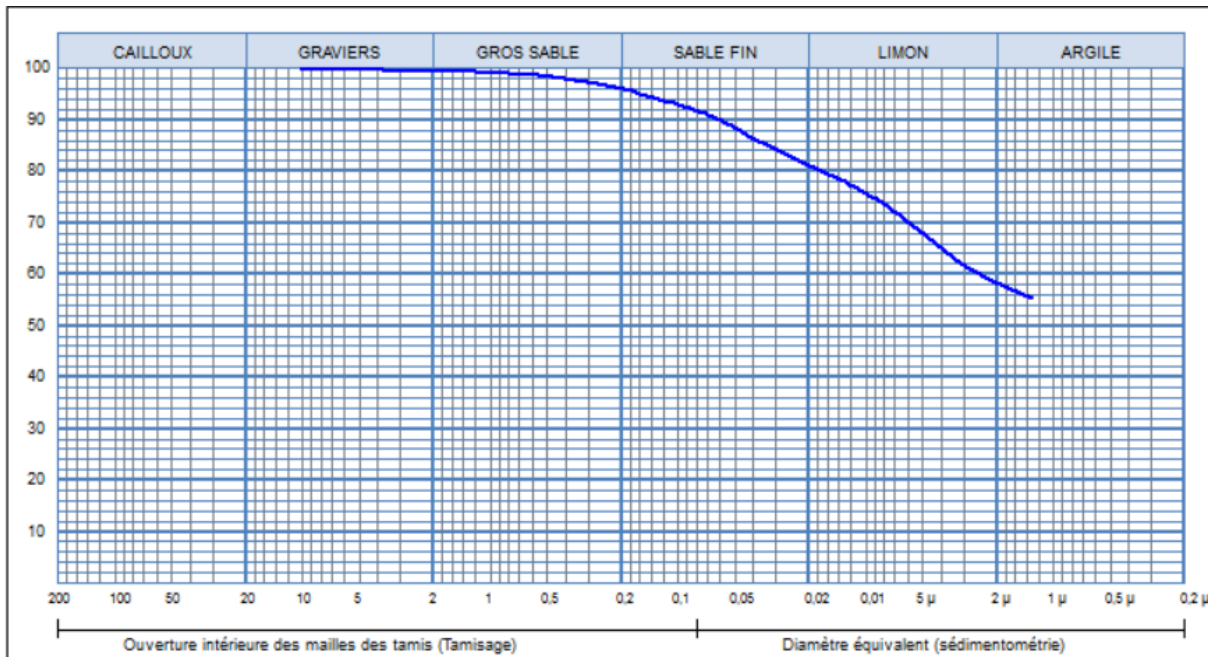


Figure V.5: Essai de granulométrie.

- $D_{max} < 50\text{mm}$ classe A sol fin
- Tamisat a 80 μm = 91.79% > 35%

2. Paramètre de nature deuxième niveau :

- Classification : $IP = 17.90\% < 25\%$ Donc Sous classe A_2

➤ Classement selon l'état hydrique :

W_{opn} 16.88% ; $W_n = 11.99\%$

$$\frac{W_n}{W_{opn}} = 0.71 \text{ DONC } A_2S$$

IV.5. REEMPLOI DES MATERIAUX

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

IV.5.1. Conditions d'utilisation des sols en remblai et en couche de forme

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

Tableau. Error! No text of specified style in document.-7 : Conditions d'utilisation des matériaux en remblai

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

A₂ (états m, s et ts)

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H		
A _{2m}	Ces sols ne posent pas de problème de réutilisation en remblai sauf par pluie forte ou moyenne	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON		
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 0 0 0 2 2		
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0		
		-	évaporation importante	Solution 1 : arrosage superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0		
				Solution 2 : emploi en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2		
				Solution 3 : extraction frontale E : extraction frontale C : compactage intense	2 0 0 0 0 1 0		
A _{2s}	La teneur en eau faible de ces sols oblige à un compactage intense. Il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire L'humidification dans la masse exige un malaxage soigné avec apport d'importantes quantités d'eau	++	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 intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 0 0 1 1 2		
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : humidification dans la masse W : humidification pour changer l'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0		
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2		
		-	évaporation importante	Solution 1 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage intense	0 0 4 0 1 1 0		
				Solution 2 : arrosage W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 3 0 0 1 1		
				Solution 3 : extraction frontale avec arrosage E : extraction frontale W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 3 0 0 1 2		
		A _{2ts}	Sols normalement inutilisables en l'état				NON
		A _{3s}	Comme ci-dessus, la plasticité de ces sols, entraîne pour les remblais des risques de glissement d'autant plus grands que les remblais sont élevés. La forte cohésion de ces sols exige un fractionnement et un compactage énergétique en couches minces. La portance élevée ne doit pas faire illusion vis-à-vis des tassements ultérieurs possibles. Le changement d'état pour humidification dans la masse ne constitue pas une modalité réaliste	++	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 intense H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)	1 0 0 0 1 1 1		
=	ni pluie, ni évaporation importante			W : arrosage superficiel pour maintien de l'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 3 0 1 1 1		
-	évaporation importante			E : extraction frontale W : arrosage superficiel pour maintien de l'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	2 0 3 0 1 1 1		
A _{3ts}	Sols normalement inutilisables en l'état				NON		

V.6. STABILITE DES TALUS

V.6.1. Introduction

Dans un projet routier, la création de talus en déblais ou en remblais est souvent nécessaire pour adapter le tracé à la topographie. La stabilité de ces talus est un enjeu majeur, car toute instabilité peut entraîner des glissements de terrain, des dommages à la chaussée ou des interruptions de circulation. Elle dépend de plusieurs facteurs, tels que la nature du sol, la pente du talus, la hauteur, et surtout la présence d'eau. Une étude géotechnique appropriée permet de prévenir ces risques en définissant des pentes sûres et, si nécessaire, en prévoyant des dispositifs de stabilisation.

Les paramètres géotechniques concernés et qui influent sur les analyses de stabilité des déblais et des remblais sont :

- Poids volumique
- Cohésion c .
- Angle de frottement interne

V.6.2. Méthode de calcul

Les calculs de stabilité ont été réalisés à l'aide du logiciel GEO5. La méthode de calcul choisie est la méthode de Bishop pour les surfaces de rupture circulaires, en basant sur les données géométriques des profils en travers courants et les résultats de l'investigation géotechnique.

La méthode de Bishop est une méthode d'analyse de la stabilité des talus qui est basée sur la méthode des tranches. Elle consiste à diviser le talus en plusieurs tranches verticales et à analyser l'équilibre de chaque tranche indépendamment, en prenant en compte les forces inter tranches. La méthode de Bishop est souvent utilisée pour déterminer le coefficient de sécurité d'un talus et pour identifier la surface de rupture la plus critique

V.6.3. Coefficient de sécurité

Le calcul de la stabilité des talus est généralement estimé à l'aide d'un coefficient appelé : coefficient de sécurité. Ce coefficient est défini comme étant le rapport du moment par rapport à un point fixe de la résultante des forces résistantes au glissement aux forces provoquant le glissement.

Pour assurer la stabilité il faut respecter les deux conditions suivantes :

- $F_s \geq 1.5$ pour la stabilité à long terme.
- $F_s \geq 1.15$ pour la stabilité sous la sollicitation sismique.

V.6.4. Coefficient sismique

La stabilité des talus est étudiée en considérant d'une façon statique la combinaison d'une charge sismique horizontale (K_h) et une charge sismique verticale (K_v). Dans ce cas, le coefficient A est un coefficient d'accélération retenue en fonction des zones sismiques et de la classification des ouvrages.

Accélération selon la zone et le type de travail :

Tableau V-8 : Coefficient d'accélération A

Zone de sismicité	Niveau de sismicité	A
VI	Elevee	0.30

Avec :

$$K_h = \frac{1}{3} A \cdot I \cdot S$$

$$K_v = \pm \frac{1}{2} K_h : \text{si situation sismique de type 1}$$

$$K_v = \pm \frac{1}{3} k_1, : \text{si situation sismique de type 2}$$

A=est le coefficient d'accélération de zone

S= le coefficient de site

I= Coefficient d'importance

Remarque

En absence d'ouvrage, ii ya lieu de choisir la valeur de I unitaire, correspondant a celle du groupe d'importance 2. Page 165 RPA 2024

Tableau V-9 : Coefficient d'importance, I

Coefficient d'importance, I	Groupe d'importance			
	1A	1B	2	3
I	1.40	1.20	1	0.80

Tableau V-10 : le coefficient de site

Spectre Type 1 (Zones IV, Vet VI)	S
site S1	1.00
site S2	1.20
site S3	1.30

site S4	1.35
---------	------

- Kh forces horizontales $= \frac{1}{3} \times 0.3 \times 1 \times 1.35 = 0.135$
- Kv forces verticales $= 0.5 \times Kh = 0.0675$
-

Pentes des talus et bermes :

Tableau V-11 : Pentes des talus et risbermes

Zone	Pente	Critère
Déblai	3H/2V	Une risberme de 2.5m à tous les 8m
Remblai	2H/1V	Une risberme de 2.5m à tous les 8m

La charge sur chaussée :

Tableau V-12 : La charge sur chaussée

La charge Q (kpa)	La charge Q (kpa)
15	35

V.7. CALCUL LA STABILITE

Les résultats des sondages sont dans l'annexe 2

V.7.1. Cas déblai

Un déblai de hauteur 27m

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

PK	Profondeur (m)	La description lithologique	Poids volumique γ_h (KN/m3)	Angle de frottement ϕ (°)	Cohésion C (KN/m2)
13+125	0.00a3	Marne de couleur brun-verdâtre	22	21	50
	3a 9.4	Marne vert-brunâtre,	22	25	48
	9.4 à 30.45	Marne vert-grisâtre	21	23	60

Résultats d'analyse par logiciel :

Les vérifications sont exécutées à l'aide du logiciel GEO 05

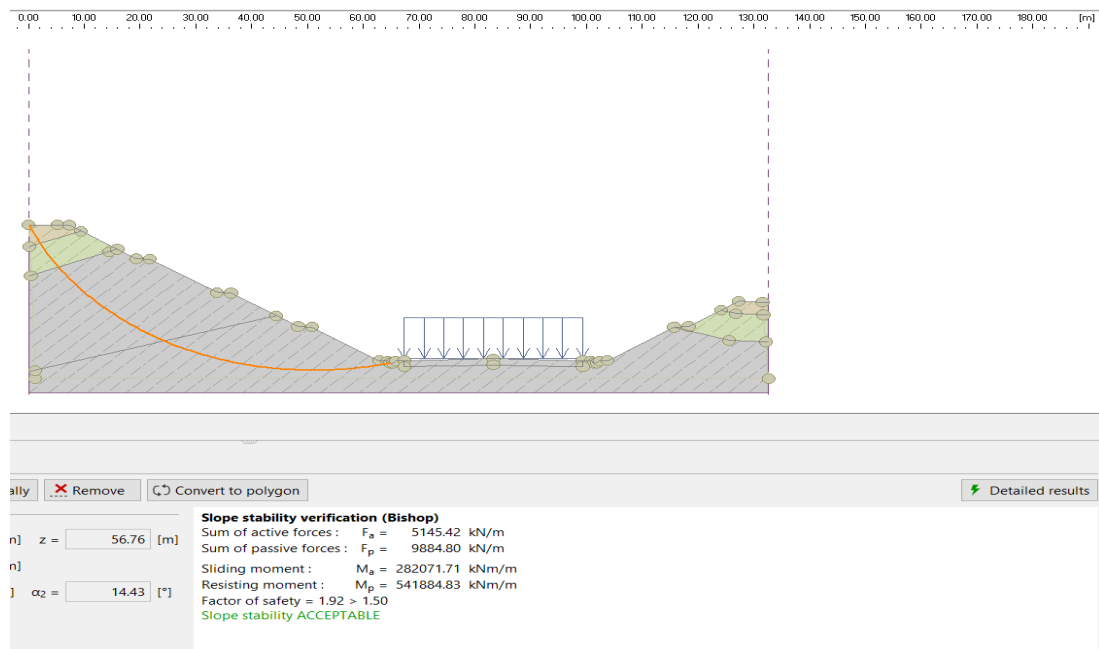


Figure V.6: Résultats de stabilité du déblai à long terme.

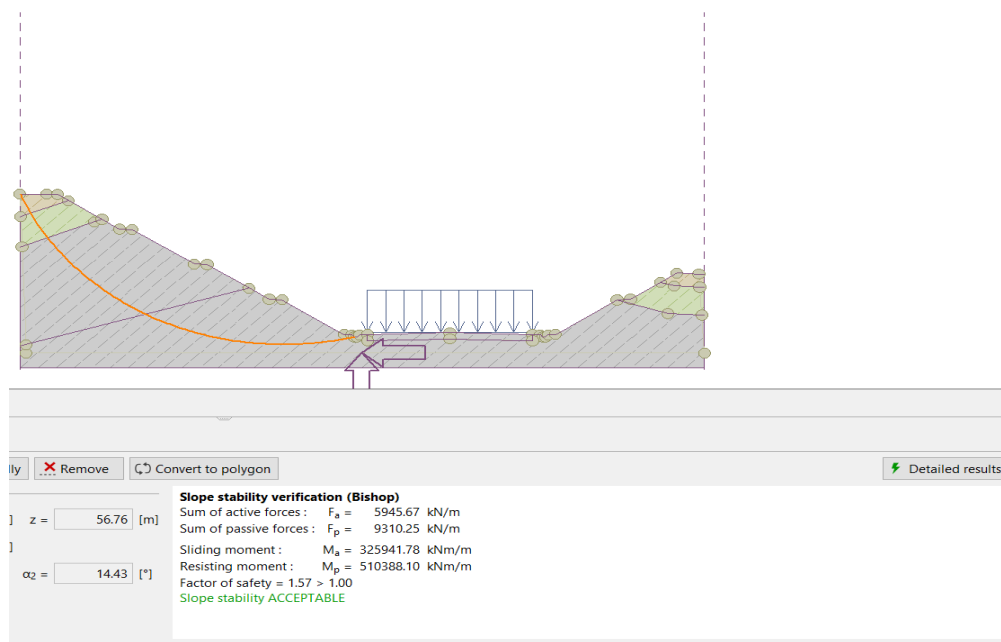


Figure V.7 : Résultats de stabilité du déblai sous la sollicitation sismique

➤ Résultat d'analyse pour la section de déblai :

Tableau V-14 : résultat d'analyse pour la section de déblai

Déblai	Résultat	Vérification
À long terme	FS=1.77 $\geq$ 1.5	Stable
Sous la sollicitation sismique	FS=1.44 $\geq$ 1.15	Stable

V.7.2. Cas remblai**Tableau V-15 : les paramètres de calcul de la stabilité du remblai**

PK	Profondeur (m)	La description lithologique	Poids volumique γ_h (KN/m ³)	Angle de frottement φ (°)	Cohésion C (KN/m ²)
13+525	11	Remblai	22	48	25
	13	Argile marneuse	23	20	21
	22.5	Marne vert-brunâtre	22	48	25
	31.25	Marne vert-grisâtre	21	60	23

➤ Les résultats de logiciel :

Les vérifications sont exécutées à l'aide du logiciel GEO 05

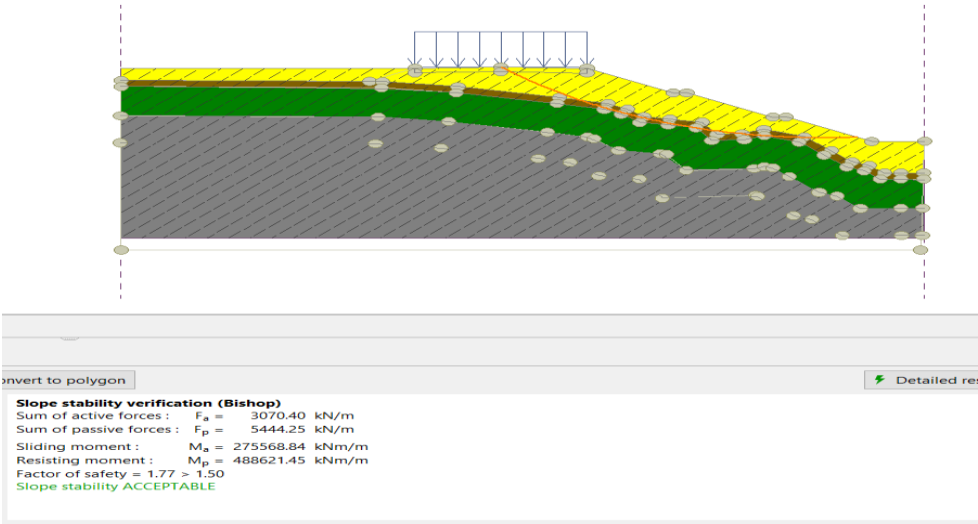


Figure V.8 : Résultats de stabilité du remblai à long terme

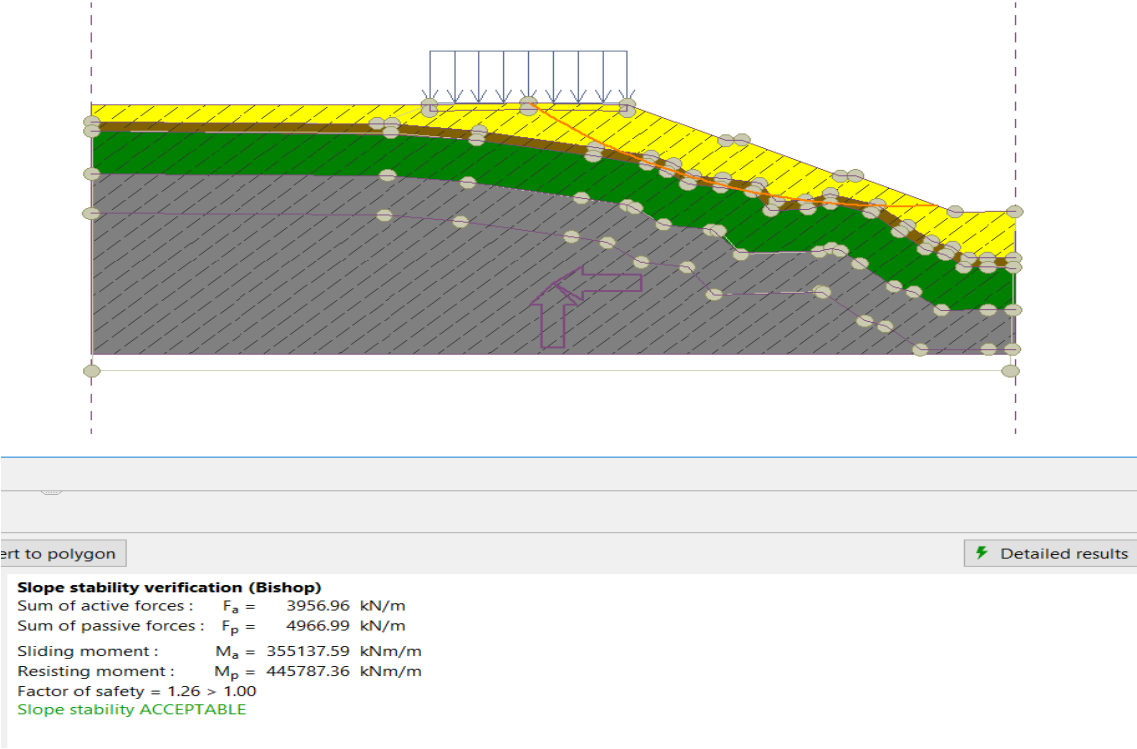


Figure V.9 : Résultats de stabilité de remblai sous la sollicitation sismique

➤ **Résultat d'analyse pour la section de remblai :**

Tableau V-18 : Résultat d'analyse pour la section de remblai

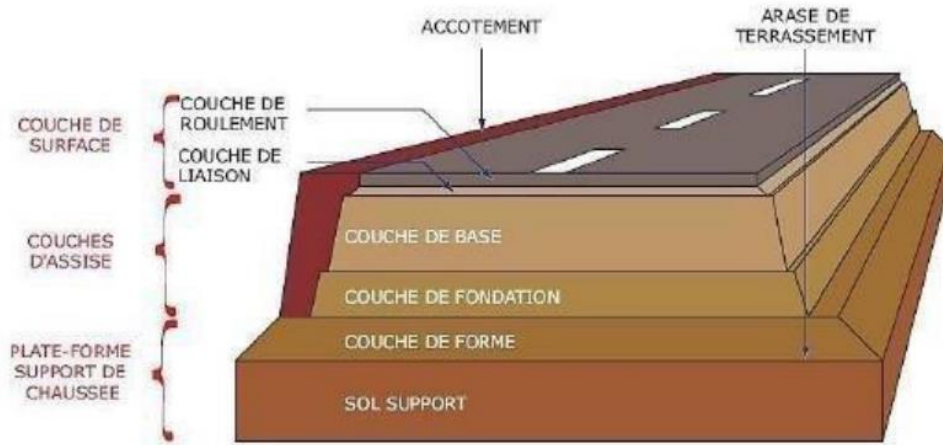
Remblai	Résultat	Vérification
À long terme	$FS=1.94 \geq 1.5$	Stable
Sous la sollicitation sismique	$FS=1.4 \geq 1.15$	Stable

CHAPITRES VI :
DIMENSIONNEMENT DU CORPS
DE CHAUSSEE

VI.1. INTRODUCTION

Le dimensionnement de la chaussée est une étape fondamentale dans la conception d'une route durable et efficace. Il consiste à définir la nature et l'épaisseur des différentes couches afin qu'elles puissent supporter les charges du trafic, notamment celles des poids lourds, ainsi que les effets des conditions climatiques comme la pluie, le gel ou les variations de température.

Une bonne conception permet d'éviter les dégradations prématurées telles que l'orniérage ou la fatigue des matériaux, tout en garantissant la sécurité des usagers. Pour cela, il est indispensable de bien connaître les caractéristiques du sol support, de prendre en compte les conditions climatiques locales et les prévisions de trafic, afin de choisir des matériaux adaptés et d'assurer la durabilité de l'infrastructure.



Figures VI.1: Différentes couches de la structure de la chaussée

VI.2. L'OBJECTIVE DE DIMENSIONNEMENT

Selon les paramètres mentionnés précédemment, il sera nécessaire de calculer les épaisseurs

Des différentes couches qui composent la structure, qui sont :

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

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

VI.3. LES METHODES DE DIMENSIONNEMENT

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

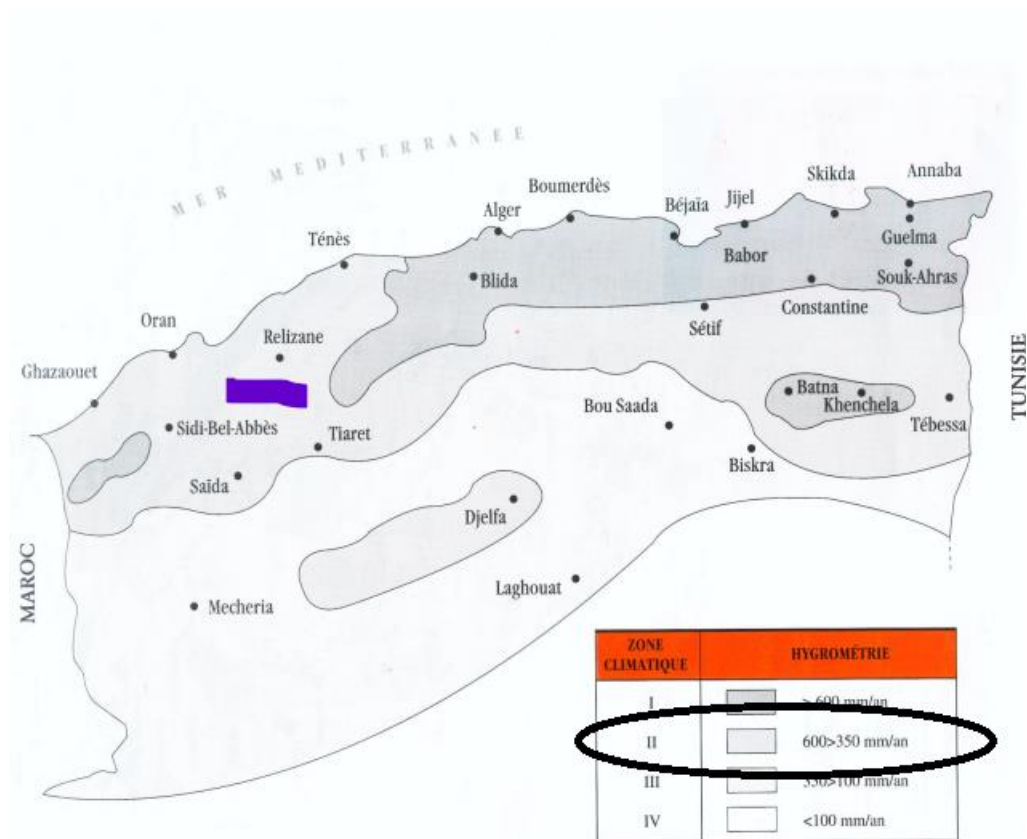
- La Méthode du catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP).
- Catalogue français

VI.4. LA METHODE DU CATALOGUE ALGERIEN DE DIMENSIONNEMENT

Les données de base 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.4.1. Les données climatiques



Figures VI.2: Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie (fascicule 1)

Notre projet de zone II

VI.4.1.2. Température équivalente

Tableau VI-1 : Choix des températures équivalentes (fascicule 2)

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

Donc on prend une température équivalente égale à 20°C.

VI.4.2. Détermination du type du réseau principal

D'après le catalogue on a la classification suivante :

Tableau VI-2 : Choix de type de réseau principal (fascicule 1)

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

$$TJMA_{2024} = 14234 \text{ v/j} > 1500 \text{ v/j}$$

Donc : le réseau principal est **RP1**.

VI.4.3. Détermination de la classe de trafic (TPLi)

Les caractéristiques de trafic sont les suivant :

- Pourcentage de poids lourds 24%.
- La durée vie est de 20 ans.
- Taux d'accroissement $\tau = 4\%$.
- $TJMA_{2024} = 14234 \text{ v/j}$.
- $TPL_{2024} = TJMA_{2024} \times Z = 14234 \times (2/3) \times 0.24 = 2278 \text{ PL/j/sens}$

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

$$TPL_{2024}(VPC) = 2278 \times 0.8 = 1823 \text{ PL/j/sens.}$$

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir de trafic du poids lours par jour par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Tableau VI-3 : Classe TPLi pour Rp1 (fascicule 1)

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

D'après la classification du catalogue de dimensionnement nous sommes dans un réseau principal de classe **TPL6** pour un $TPL = 1823 \text{ PL/j/sens}$ entre (1500 et 3000).

VI.4.4. Le trafic cumule de poids lourds (TCi)

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

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

Application numérique :

$$TCi = 1823 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20}-1}{0.04}$$

$$TCi = 19.81 \times 10^6 \text{ PL/j/sens}$$

VI.4.5. Trafic cumulé équivalent (TCEi)

Le TCEi est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement, il correspond

au Nombre cumulé d'essieu équivalent de 13 tonnes sur 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-4 : Coefficient d'agressivité A (fascicule 2)

Niveau de réseau principal (Rpi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GC, GB/Tuf, GB/SG	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants Hydrauliques : GL/GL, BCg / GC	1

Pour notre projet on a RP1 et Chaussée à matériaux traités au bitume donc **A=0.6**

$$TCEi = 0.6 \times TCi = 11.88 \times 10^6 \text{ essieux équivalent de 13t}$$

VI.4.6. Le risque de calcul

D'après le catalogue de dimensionnement algérien :

Tableau VI-5 : Risque adopté pour le réseau RP1 (fascicule 2)

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

Nous avons un risque de **r= 5%**

VI.4.7. Détermination de la portance du sol support

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0. Cette Classification sera également utilisée pour les sols-supports de chaussée.

Tableau VI-6 : Classes de portance des sols Si (fascicule 1)

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

- **On a 2 classes de CBR**
- 1^{er} section S1 de PK9+00 à 12+560
- 2eme section de S4 de PK 12+560 à PK 19+00

VI.4.8. Sur classement avec couche de forme en matériaux non traitée

Table VI-7 : Sur classement avec couche de forme en matériaux non traité

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

NB : Pour la 1^{ère} section on n'a pas besoin de couche de forme

NB : Pour la 2^{ème} section il faut faire une amélioration par deux couches de matériau non traité MNT 2 couches de (GNT 25cm). atteindre à la classe de portance S3 . Après il faut faire une amélioration par deux couches de matériau non traité MNT (70cm) pour atteindre à la classe 3. ortance S1 (deux couches de GNT 35cm pour chacune).

➤ **Donc couche de forme de 120cm**

VI.4.9. Choix de dimensionnement du corps de chaussée

Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique II, durée de vie de 20 ans, La classe de trafic TPL6 et un taux d'accroissement moyen (0.04%).

Type : MTB
Zone climatique : I et II
Durée de vie : 20 ans, taux d'accroissement : 4%

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		8 BB 12 GB 13 GB	8 BB 11 GB 11 GB	8 BB 10 GB 10 GB
TPL6				
1500		6 BB 11 GB 12 GB	6 BB 10 GB 10 GB	
TPL5				
600		6 BB 10 GB 10 GB		
TPL4				
300				
TPL3				
150				

Figures VI.3: Choix de dimensionnement de corps de chaussée (Fascicule3)

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

Pour les 2 sections

- Couche de roulement : **BB = 8cm**
- Couche de base : **GB = 11cm**
- Couche de fondation : **GB = 11cm.**

- Choix final de la structure chaussée : **8B + 11GB + 11GB**

VI.4.10. Calcul de la déformation admissible

VI.4.10.1. Calcul de la déformation admissible (ϵ_z , adm) du sol support

La valeur admissible est donnée par la relation empirique déduite à partir d'une étude Statique de comportement des chaussées algériennes.

$$\epsilon_z \text{ adm} = 22 \cdot 10^{-3} \times TCEI^{-0.235}$$

Application numérique :

$$\begin{aligned} \epsilon_z \text{ adm} &= 22 \cdot 10^{-3} \times (11.88 \times 10^6)^{-0.235} \\ \epsilon_z \text{ adm} &= 478.45 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

VI.4.10.2. Calcul de la déformation admissible de traction (ϵ_t , adm) :

Les déformations admissibles de traction à la base des couches bitumineuses est donnée par la Relation suivante :

$$\epsilon_t \text{ adm} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times K_{ne} \times K_\theta \times K_r \times K_c$$

- $\epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz})$: déformation limite détenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz (essai de fatigue).
- K_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée
- K_r : facteur lié au risque et aux dispersions
- K_θ : facteur lié à la température.
- K_c : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée

Avec :

$$K_r = 10^{-t b \delta} \quad K_{ne} = \left(\frac{TCEI}{10^6}\right)^b \quad K_\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}}$$

D'où :

$$\epsilon_{t, \text{adm}} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{HZ}) \times \left(\frac{TCEI}{10^6}\right)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-tb\delta} \times K_c$$

Avec :

- b : pente de la droite de fatigue ($b < 0$).
- $E (10^\circ\text{C})$: module complexe du matériau bitumineux à 10°C .
- $E (\theta_{eq})$: module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée
- δ : La dispersion $\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} sh\right)^2}$

Avec :

- 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 Error! No text of specified style in document.-8 : Valeurs de $t=f(r\%)$

r%	2	3	5	7	10	12	15
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

Donc **t = -1.654**

❖ **Performances mécaniques des matériaux bitumineux :**

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

Tableau VI-9 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux (Fascicule 2)

MT B	E Mpa (30 °,10Hz)	E Mpa (25 °,10Hz)	E Mpa (20 °,10Hz)	E Mpa (10 °,10Hz)	ϵ_6 (10 °,25Hz) 10^{-6}	-1/b	SN	Sh (cm)	v	Kc calag e
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0.3 5	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.8 4	0.4 5	3	0.3 5	1.3
SB	1500	-	-	3000	245	7,6 3	0.8 6	2.5	0.4 5	1.3

D'après le tableau au-dessus on obtient :

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

Classe de trafic (**TPL6**).

- Risque adopté pour le réseau RP1 et la classe du trafic TPL6 (r=5%).
- c : coefficient égal 0.02
- t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté donc (t=-1.654)

Application numérique :

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} sh\right)^2} = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3\right)^2} = 0.609$$

$$\delta = 0.609$$

Donc:

$$\epsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times 0.69 \times 1.33 \times 0.71 \times 1.3$$

$$\epsilon_{t,adm} = 84.7 \times 10^{-6}$$

VI.4.11. Vérification de la fatigue des structures et de la déformation du sol support

Pour la vérification il faut vérifier que les déformations ϵ_t et ϵ_z de la structure calculée à l'aide d'Alisé, sont inférieures aux valeurs admissibles (ϵ_t, adm et ϵ_z, adm) calculées par la Méthode du Catalogue.

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

ALISÉ-LCPC :

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

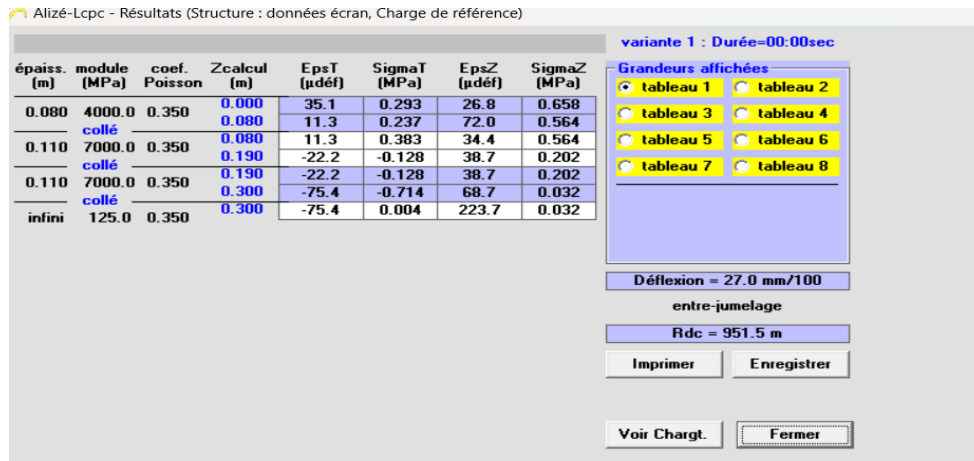


Figure VI .4 : Les résultats de calcul qui obtient par Alisé-LCPC :

$$\epsilon_z = 223.7 \times 10^{-6} < \epsilon_{z,adm} = 478.45 \times 10^{-6}$$

$$\epsilon_t = 75.4 \times 10^{-6} < \epsilon_{t,adm} = 84.7 \times 10^{-6}$$

Les couches sont

8BB+11GB+11GB

Remarque

Ces résultats sont obtenus d'après le catalogue algérien on peut les améliorer
Donc on propose une structure de 8BB+10GB+10GB

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

variante 1 : Durée=00:01 sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdéf)	SigmaZ (MPa)
0.080	4000.0	0.350	0.000	40.6	0.332	19.6	0.658
	collé		0.080	12.5	0.247	69.3	0.559
0.100	7000.0	0.350	0.080	12.5	0.404	32.0	0.559
	collé		0.180	-24.7	-0.151	41.8	0.210
0.100	7000.0	0.350	0.180	-24.7	-0.151	41.8	0.210
	collé		0.280	-83.6	-0.785	76.3	0.036
infini	125.0	0.350	0.280	-83.6	0.005	248.4	0.036

Grandeurs affichées

☒ tableau 1 ☐ tableau 2

☐ tableau 3 ☐ tableau 4

☐ tableau 5 ☐ tableau 6

☐ tableau 7 ☐ tableau 8

Déflexion = 28.7 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 866.0 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

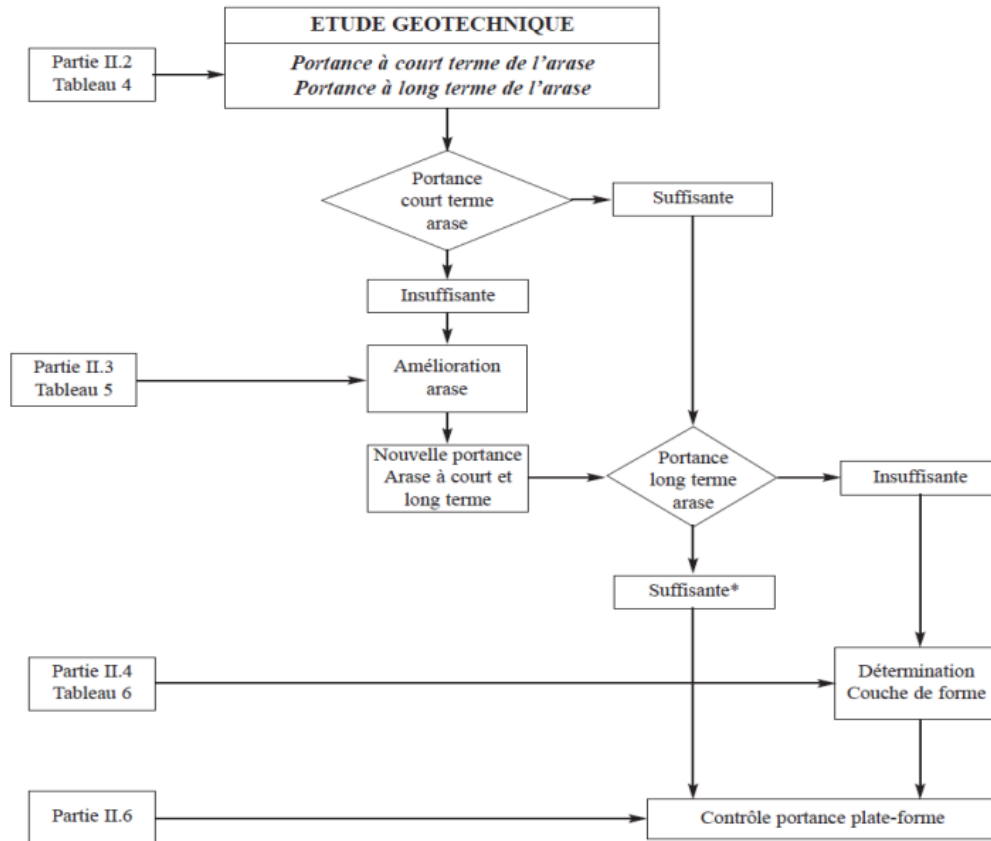
Figure VI .5 : Les résultats de calcul qui obtient par Alisé-LCPC :

$$\varepsilon_z = 248.4 \times 10^{-6} < \varepsilon_{z,adm} = 478.45 \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_t = 83.6 \times 10^{-6} < \varepsilon_{t,adm} = 84.7 \times 10^{-6}$$

VI.5. Méthode du Catalogue français

Le trafic est l'un des paramètres d'entrée du catalogue. Pour le dimensionnement des chaussées, il est nécessaire de connaître le nombre de poids lourds qu'aura à supporter la chaussée durant sa durée de vie (TC). Pour le choix des couches de surface, il est nécessaire de connaître la classe de trafic (Ti) déterminée à partir de la moyenne journalière annuelle en PL à la mise en service (MJA).



Figures VI. 6 : Démarche du catalogue français.

VI.5.1. Détermination de la classe de trafic (Ti)

Cette classe de trafic (Ti) est nécessaire pour le choix des couches de surface et des Caractéristiques de matériaux à utiliser

La MJA : est la moyenne journalière annuelle par sens, en PL, à la mise en service.

Les classes de (Ti) retenues sont contenues dans le tableau suivant :

Tableau VI. 10 : Les classes de (Ti) retenues sont contenues

MJA PL/sens	0-25	25-50	50-85	85-150	150-300	300-750	750-1200	1200-2000	2000-5000	5000<
Classe	T5	T4	T3 ⁻	T3 ⁺	T2	T1	T0 ⁻	T0 ⁺	TS	Texp

PL₂₀₂₄=1823 pl/j/s DONC Classe T0⁺

VI.5.2. Détermination de la classe de trafic cumulé (TCi)

Il s'agit de déterminer le nombre total de PL que devra supporter la chaussée durant sa durée de vie. Le trafic cumulé (TC) est obtenu à partir de la relation suivante :

$$TC = 365 \times N \times \left(d + \frac{t \times d \times (d-1)}{2} \right) \times r$$

$$TC = 365 \times 1823 \times \left(20 + \frac{0.04 \times 20 \times (20-1)}{1} \right) \times 1 = 18 \times 10^6$$

N : nombre de PL par jour à la mise en service par sens de circulation.

t : taux de croissance linéaire annuel du trafic.

d : durée de vie, en années.

r : traduit la répartition transversale des PL. (Routes unidirectionnelles r = 1)

Les classes TCi retenues sont continués dans le tableau suivant :

Tableau VI. 11: Les classes TCi retenues.

Classe (TCi)	TC0	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8
Valeur	0.01	0.1	0.2	0.5	1.5	2.5	6.5	17.5	>
Limites	a	a	a	a	a	a	a	a	43.5
TC en PL 10⁶	0.1	0.2	0.5	1.5	2.5	6.5	17.5	43.5	

TC = 18 × 10⁶ Donc TC7

VI.5.3. Amélioration de la plateforme

Notre projet il est de PF 1 arase 1, Pour réaliser le chantier,

Donc est faut augmente a PF3

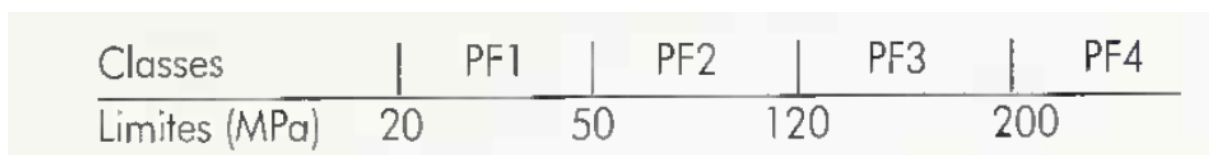


Figure VI .6 : classe de PF (guide setra)

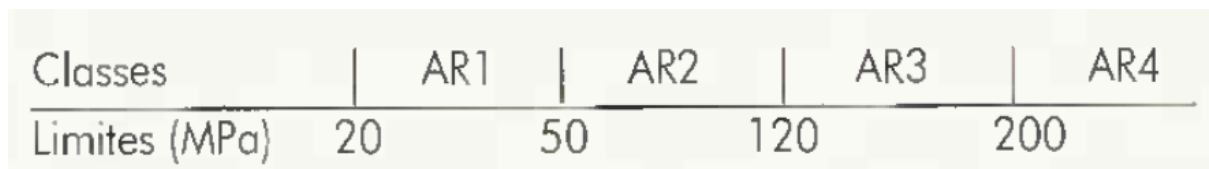


Figure VI .7: classe de l'arase (guide setra)

Tableau VI. 12 : de sur classement de PFi avec CForme non traité

ARi	Matériaux de CF	H de CF	PFi
AR1	B 31, C1B31,	0.80**m	PF3
AR2	C2B31, D21, D31, R21, R41, R61, C1B11*, C2B11* R11*, R42*, R62*	0.5m	

*sous réserve d'une vérification sur la PF support de chaussée

** 0.10 à 0.15m si géotextile CForme et PST

Donc on a une couche de forme de 0.8 m de matériaux non traité

- Coefficient d'agressivité :

Tableau VI. 13 : Coefficient d'agressivité structurelle moyen du trafic.

Couche concernée ou type de structure	Classe de trafic Tci			
	TC0 - TC1	TC2	TC3	≥ TC4
Bitumineuse épaisse	0.4	0.5	0.5	0.5
Plate-forme	0.4	0.5	0.75	1

- Nombre d'essieux équivalent :

Tableau VI. 14 : Nombre d'essieux équivalent utilisé dans le dimensionnement des structures (En millions)

Classe de Trafic Type de structure	TC0	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8
Bitumineuse épaisse	0.025	0.05	0.1	0.3	0.8	2	5	13	30

- Valeurs des risques de calcul :

Tableau VI. 15: Valeurs des risques de calcul.

Classe de trafic Type de structure	≤TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8
Bitumineuse épaisse	30%	30%	18%	10%	5%	2%	1%	1%

VI.5.4. Calcul de déformation admissible ($\square z_{adm}$) du sol support

La valeur admissible est donnée par la relation empirique :

Avec :

$$TCE_i = TC_i \times A$$

$$TCE_i = 13 \times 0.5 \times 10^6 = 6.5 \times 10^6$$

$$\square z_{adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0.235}$$

$$\square z_{adm} = 22 \times 10^{-3} \times (6.5 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$\square z_{adm} = 551.3 \times 10^{-6}$$

Tableau VI 16 : les performances mécaniques relatives aux différents types de matériaux

MATERIEU X	E en MPa (10°C, 10 Hz)	E en MPa (15°C, 10 Hz)	E en MPa (20°C, 10 Hz)	ξ 6 (10°C, 25 Hz) . 10^{-6}	- 1/b	SN	Sh	Kc
EME	17000	14000	11000	130	5	0.25	**	1

****:** $Sh = 0,01 \text{ m}$ si $h < 0,10 \text{ m}$

$Sh = 0,01 + 0,3 \times (h - 0,1)$ si $0,1 \text{ m} \leq h \leq 0,15 \text{ m}$

$Sh = 0,025 \text{ m}$ si $h > 0,15 \text{ m}$

$r=1\%$ implique que $t=-2.326$

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} sh\right)^2} = \sqrt{0.25^2 + \left(\frac{0.02}{-0.2} \times 0.025\right)^2} = 0.25$$

$$Kr = 10^{-t b \delta} = 10^{-(2.326) (-0.2) (0.25)} = 0.76$$

$$Kne = \left(\frac{TCEI}{10^6}\right)^b = \left(\frac{6.5 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.2} = 0.68$$

$$K\theta = \sqrt{\frac{E(10c^0)}{E(\theta eq)}} = \sqrt{\frac{17000}{11000}} = 1.243$$

$$Kc = 1$$

VI.5.5 Calcul de déformation admissible de traction $\square_{tadm}$

$$\square_{tadm} = \square_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$

$$\square_{tadm} = 130 \times 10^{-6} \times 0.68 \times 1.243 \times 0.76 \times 1$$

$$\square_{tadm} = 83.5 \times 10^{-6}$$

VI.5.6 Modélisation avec ALIZE

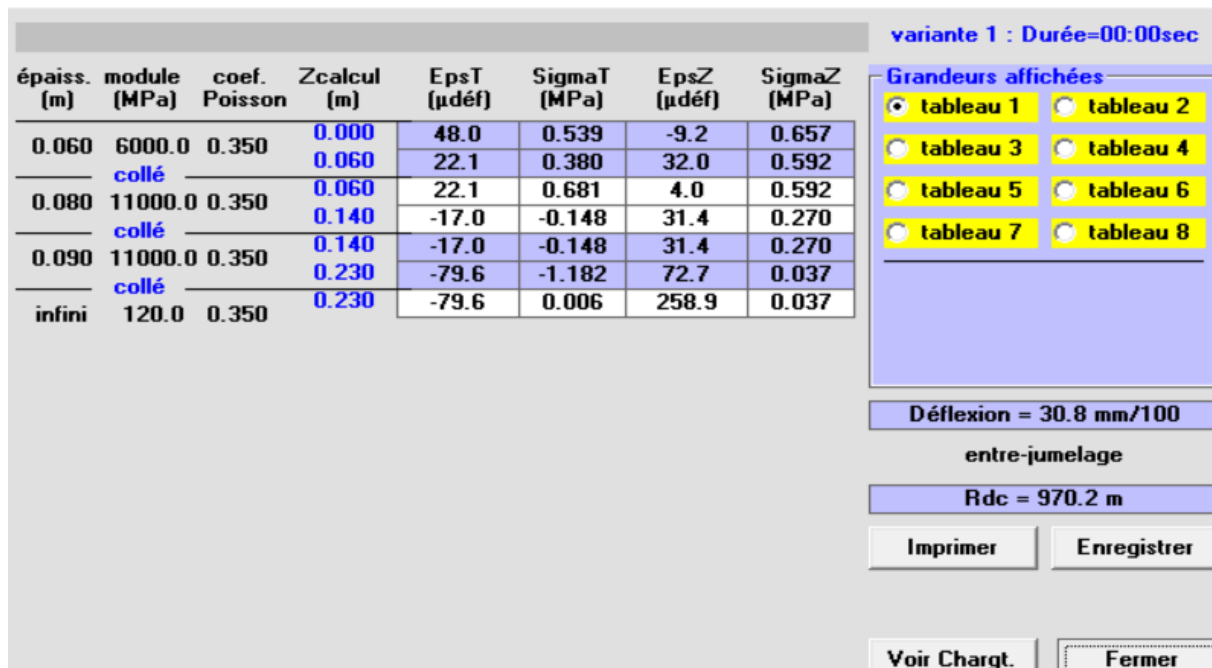
Les performances mécaniques des matériaux :

- Couche de roulement (6BBME) : $E(20^\circ\text{C}, 10\text{HZ}) = 4000 \text{ MPA}$ $\nu = 0.35$
- Couche de base (8EME) : $E = 11000 \text{ MPA}$ $\nu = 0.35$
- Couche de fondation (9EME) : $E = 11000 \text{ MPA}$ $\nu = 0.35$

Structure de base					Modifier la structure	
	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type	nb de couches :	4
collé	0.06	6000	0.350	bbme	Ajouter 1 couche	
collé	0.08	11000	0.350	eme1	Supprimer 1 couche	
collé	0.09	11000	0.350	eme1		
collé	infini	120	0.35	autre		

Série de calculs	
nb de calculs :	1
Voir/gérer les variantes	
Niveaux de calcul	
Modifier les niveaux	
Aide	
Nature des interfaces	
Epaisseurs mini-maxi	
Calcul direct (charge réf)	
Quitter Alizé	

Figures VI. 7: Vérification de la structure par ALIZE.



Figures VI. 8 : Vérification de la structure par ALIZE.

Vérification :

$$\sigma_{tadm} = 83.5 \times 10^{-6} \text{ et } \sigma_t = 79.6 \times 10^{-6}$$

$$\sigma_{tadm} > \sigma_t$$

2. Sol support :

$$\sigma_{zadm} = 551.3 \times 10^{-6} \text{ et } \sigma_z = 258.9 \times 10^{-6}$$

Tableau VI. 17 : tableau récapitulatif du corps de chaussée par les 2 méthodes

Couche	Structure Par la méthode Du catalogue Algérienne (modifier par alizé)	Structure 4 Par la méthode Du catalogue Français
Couche de roulement	8BB	6BBme
Couche de base	10GB	8EME2
Couche de fondation	10GB	9EME2
Couche de forme	120 GNT	80 GNT

VI6. CONCLUSION

Après comparaison des deux méthodes de dimensionnement (méthode française et méthode CTP), le choix a été porté sur la méthode française. Cette dernière a donné une structure de chaussée conforme aux exigences mécaniques après vérification par le logiciel ALIZÉ.

En plus, elle permet de réduire l'épaisseur totale de la chaussée de 5cm par rapport à la méthode CTP, ce qui entraîne une diminution des quantités de matériaux et des coûts de réalisation. Cette réduction est obtenue grâce à l'utilisation de matériaux ayant de meilleures performances mécaniques.

Ainsi, la méthode française a été retenue car elle offre une solution plus économique tout en garantissant la résistance et la durabilité nécessaires de la chaussée.

CHAPITRES VII : CALCUL DES CUBATURES

VII.1. INTRODUCTION

La cubature des terrassements consiste à évaluer les volumes de terre à déplacer dans un projet, c'est-à-dire les déblais et les remblais. Elle permet de déterminer la quantité de matériaux à excaver ou à apporter lors des travaux routiers.

Pour effectuer ces calculs, on s'appuie principalement sur :

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

VII.2. METHODE DE CALCUL DES CUBATURES

Il existe plusieurs méthodes pour calculer les volumes de déblais et de remblais, notamment

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

Dans ce travail, nous avons choisi la méthode de la moyenne des aires, car elle est la plus simple à appliquer. Toutefois, elle présente une certaine imprécision, les résultats obtenus pouvant comporter une marge d'erreur.

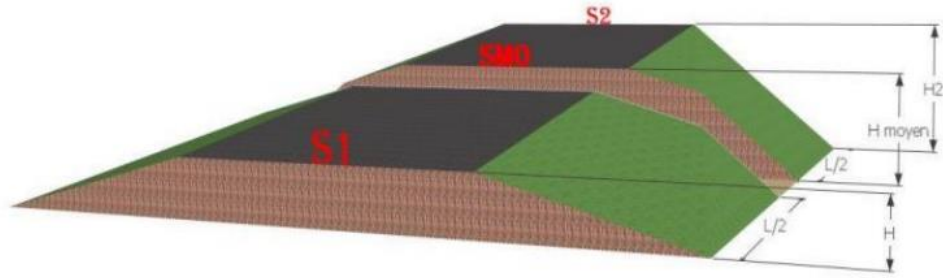
Pour compenser cette incertitude, il est recommandé d'appliquer une majoration d'environ 10% afin de garantir la sécurité des estimations.

VII.3. DESCRIPTION DE LA METHODE

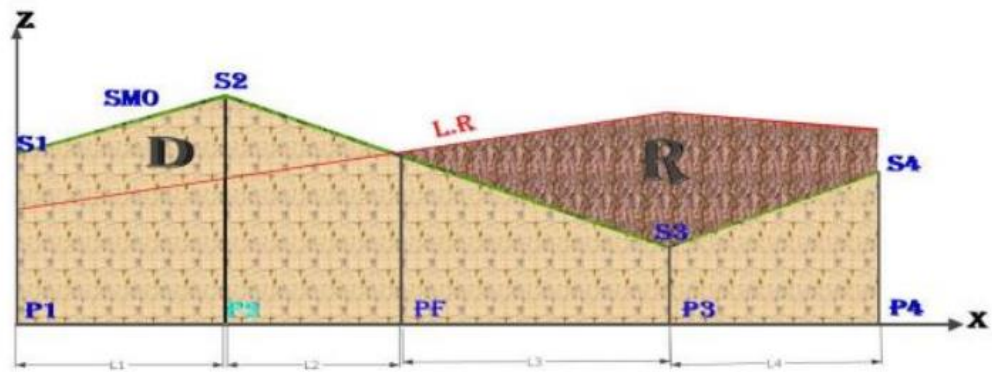
Le principe de la méthode de la moyenne des aires est de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivante :

$$V = \frac{Hm}{6} \times (S1 + S2 + 4S)$$

- **Hm**: hauteur entre deux profils.
- **S1, S2** : les surfaces verticales des profils en travers **P1** et **P2**.
- **S** : surface limitée à mi-distances des profils.



Figures VII.1: Les sections des profils en travers d'un tracé donné



Figures VII.2: Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

VII.4. EXEMPLE D'APPLICATION

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

$$V = \frac{L1}{6} \times (S1 + S2 + 4Sm)$$

Pour un calcul plus simple, on considère que :

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

Donc :

- Entre **P1** et **P2** : $V1 = \frac{L1}{2} (S1 + S2)$
- Entre **P2** et **PF** : $V2 = \frac{L2}{2} (S2 + 0)$
- Entre **PF** et **P3** : $V3 = \frac{L3}{2} (0 + S3)$
- Entre **P3** et **P4** : $V4 = \frac{L4}{2} (S4 + S3)$

Le volume total : **VT = V1 + V2 + V3 + V4.**

$$V = \frac{L1}{2} S1 + \frac{L1+L2}{2} S2 + \frac{L2+L3}{2} \times 0 + \frac{L3+L4}{2} S3 + \frac{L4}{2} S4$$

On comprend ainsi l'intérêt de l'implantation des profils PF, car ils permettent de neutraliser une partie du profil en long en y générant un volume de terrassement nul.

VII.5. CALCUL DES CUBATURES DE PROJET

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide de logiciel AutoCAD Civil 3d, et les résultats complets de calcul sont joints en annexe.

Les valeurs obtenues à partir de civil 3D

La valeur de Déblai total : 4131106.78 m³

La valeur de Remblai total : 1391717.63 m

CHAPITRES VIII : ASSAINISSEMENT

VIII.1. INTRODUCTION

L'assainissement routier joue un rôle primordial dans la protection et la durabilité des infrastructures routières. La présence des eaux pluviales et du ruissellement peut provoquer plusieurs dégradations affectant la chaussée et les talus, ce qui nécessite la mise en place d'un système d'évacuation efficace des eaux.

Les principales dégradations causées par l'eau sont :

- L'affaissement de la chaussée;
- Le désenrobage et le décollement des bords ;
- La formation des nids-de-poule ;
- L'érosion et l'affouillement des talus ;
- Les glissements de terrain et les inondations.

Afin de limiter ces dégradations, l'assainissement routier vise à collecter, drainer et évacuer les eaux loin de la plateforme routière. Il comprend principalement :

- Le drainage des eaux superficielles de la chaussée ;
- Le rétablissement des écoulements naturels à l'aide d'ouvrages hydrauliques tels que les buses et les dalots.

Ainsi, l'étude hydrologique et le dimensionnement des ouvrages d'assainissement constituent des étapes essentielles pour assurer la stabilité, la sécurité et la pérennité de l'infrastructure routière.

VIII.2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT

L'assainissement routier a pour rôle principal d'évacuer les eaux pluviales loin de la route afin de protéger la chaussée et ses dépendances contre les dégradations causées par l'eau. Une mauvaise évacuation des eaux peut provoquer plusieurs problèmes tels que l'érosion, les glissements de terrain, l'affaissement de la chaussée et la dégradation des talus.

Les principaux objectifs de l'assainissement routier sont :

- Évacuer rapidement les eaux de pluie qui s'écoulent sur la chaussée ;
- Empêcher l'infiltration des eaux dans le corps de chaussée ;
- Protéger la route contre l'érosion et les affouillements ;
- Assurer la stabilité des talus et des ouvrages hydrauliques ;
- Réduire les risques liés au gel et au ramollissement du sol ;
- Diminuer les coûts d'entretien et prolonger la durée de vie de la route ;
- Garantir de bonnes conditions de sécurité et de circulation pour les usagers.

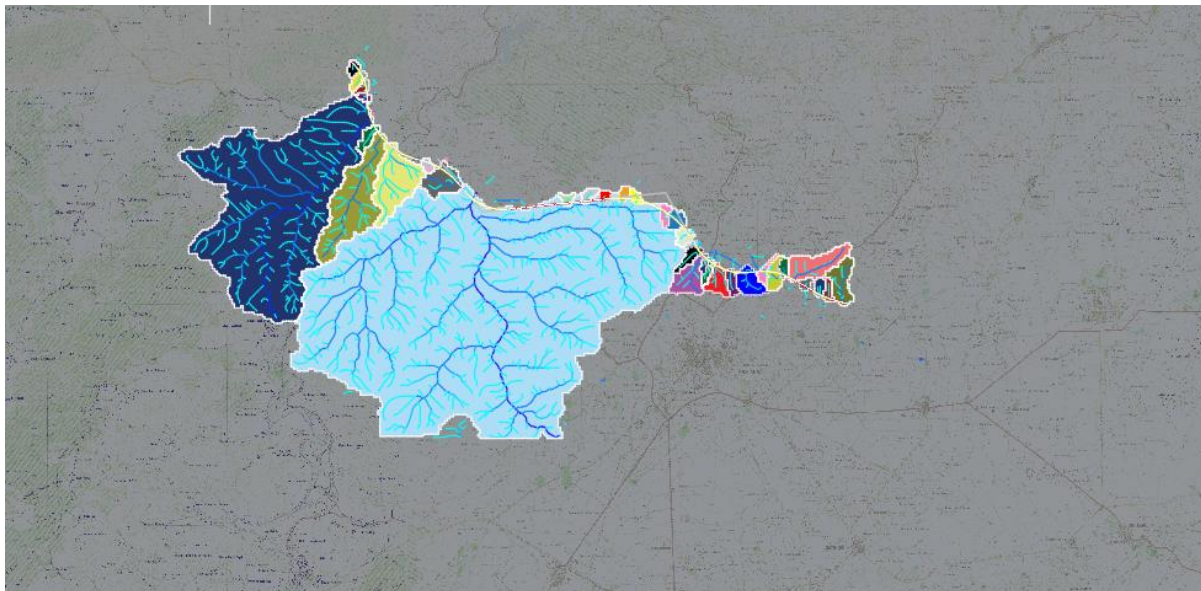
VIII.3. ETUDE HYDROLOGIQUE

L'étude hydrologique consiste à déterminer les débits de crue des différents écoulements traversant le tracé routier. Elle permet ainsi de dimensionner des ouvrages hydrauliques

adaptés afin d'assurer le rétablissement des écoulements naturels, tels que les ponts, les dalots et les buses.

VIII.3.1. Identification des bassins versants naturels

L'identification des bassins versants traversés par l'infrastructure routière a été réalisée à partir d'une délimitation approximative de leurs limites sur la carte d'état-major.



Figures VIII.1: Délimitation des bassins versants sur la carte d'état-major

VIII.3.2. Caractéristiques physiques des bassins versants

Tableau VIII-1 : Caractéristiques physiques des bassins versants

n° BV	PK	Surface	Long	Cote max	Cote min	DH	Pente
		Km²	Km	m	m	m	m/m
BV01	9+104	0.03	0.71	122.00	114.00	8.00	1.13%
BV02	9+486	7.10	4.79	379.00	110.00	269.00	5.62%
BV03	9+675	0.10	0.47	136.00	118.00	18.00	3.83%
BV04	9+842	1.24	2.63	268.00	116.00	152.00	5.78%
BV05	10+150	0.72	1.53	199.00	124.00	75.00	4.90%
BV06	10+779	0.05	0.15	157.00	139.00	18.00	12.00%
BV07	11+404	0.29	0.67	189.00	179.00	10.00	1.49%
BV08	11+820	21.10	5.51	214.00	114.00	100.00	1.81%
BV09	13+533	0.04	0.16	205.00	192.00	13.00	8.13%

BV10	13+857	0.06	0.28	236.00	200.00	36.00	12.86%
BV11	11+470	0.04	0.13	240.00	222.00	18.00	14.17%
BV12	14+520	0.04	0.16	256.00	235.00	21.00	12.88%
BV13	14+775	0.04	0.18	256.00	250.00	6.00	3.41%
BV14	15+300	0.16	0.38	299.00	268.00	31.00	8.22%
BV15	15+450	0.10	0.25	299.00	275.00	24.00	9.56%
BV16	15+875	0.08	0.25	328.00	249.00	79.00	31.85%
BV17	16+087	0.10	0.56	394.00	305.00	89.00	15.84%
BV18	16+217	0.27	0.85	426.00	312.00	114.00	13.44%
BV19	16+358	0.08	0.21	344.00	307.00	37.00	17.29%
BV20	16+462	0.05	0.36	385.00	311.00	74.00	20.44%
BV21	16+625	0.16	0.58	401.00	311.00	90.00	15.65%
BV22	16+650	0.08	0.37	401.00	368.00	33.00	8.97%
BV23	16+918	0.19	0.50	409.00	340.00	69.00	13.94%
BV24	17+162	0.23	0.65	415.00	368.00	47.00	7.25%
BV25	17+475	0.17	0.48	414.00	370.00	44.00	9.21%
BV26	17+594	0.06	0.14	414.00	389.00	25.00	18.52%
BV27	17+825	0.39	1.17	556.00	386.00	170.00	14.51%
BV28	18+037	0.04	0.09	415.00	382.00	33.00	35.11%
BV29	18+275	0.06	0.18	410.00	347.00	63.00	35.20%
BV30	18+569	0.06	0.28	409.00	346.00	63.00	22.91%
BV31	18+736	0.26	0.74	495.00	325.00	170.00	23.07%

VIII.4. ESTIMATION DES DEBITS CRUES :

Pour le rétablissement des écoulements naturels, le débit de projet est calculé pour un période de retour de retour de 100 ans, conformément à la recommandation pour l'assainissement routier.

Formule rationnelle :

En utilisant la méthode rationnelle, le débit est donné par la formule

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

- **Q_a** : débit d'apport en m³/s.
- **I** : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).
- **C** : coefficient de ruissellement.
- **A** : aire du bassin versant (Km²).

VIII.4.1. Temps de concentration

Le temps de concentration est un paramètre du bassin versant. Il traduit le temps mis par une goutte d'eau pour parcourir la distance entre un point éloigné et l'exutoire de ce dernier. Ce paramètre peut être interprété comme le temps de réponse d'un bassin pour atteindre le débit de pointe sous l'action d'une pluie constante. Il est évalué à l'aide de formules usuelles

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} \Rightarrow \text{Si } A < 5 \text{ km}^2, \text{ selon (Ventura)}$$

$$T_c = 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{P}} \Rightarrow \text{Si } 5 \text{ km}^2 < A < 25 \text{ km}^2 \text{ selon (Passini).}$$

$$T_c = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8 \sqrt{H_{moy} - H_{min}}} \Rightarrow \text{Si } 25 \text{ km}^2 < A < 200 \text{ km}^2 \text{ selon (Giandotti).}$$

Avec :

- **T_c** : temps de concentration (heures).
- **A** : surface du bassin versant (Km²).
- **L** : longueur de bassin versant (Km)
- **P** : pente moyenne de bassin versant (m/m).
- **H_{moy}** : altitude moyenne (m) $= \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$

VIII.4.2. Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement est défini comme le rapport de la hauteur d'eau ruisselée à la hauteur d'eau précipitée.

Le coefficient de ruissellement est estimé par la méthode préconisée de KENESSEY qui est la somme de trois (03) coefficients partiels :

- **C₁** : dépendant de la pente du bassin versant.
- **C₂** : dépendant de la nature du sol (perméabilité).
- **C₃** : dépendant de la couverture végétale du bassin versant

Tableau VIII-2 : Coefficient C1

Pente	C1		
≤3.5 %	0.01	0.03	0.05
Entre 3.5 et 11 %	0.06	0.08	0.10
Entre 11 et 35 %	0.12	0.16	0.20
> à 35 %	0.22	0.26	0.30

Tableau VIII-3 : Coefficient C2

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

Tableau VIII-4: Coefficient C3

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

Pour le rétablissement des écoulements naturels, le débit de projet est calculé pour un période de retour de retour de 100 ans, Donc C_{100} :

- Calcul de la rétention initiale P :

$$P_0 = \left(1 - \frac{C_{100}}{0.8}\right) \times P_{100}$$

- Évaluation du coefficient de ruissellement C (100)

$$C_{100} = 0.8 \times \left(1 - \frac{P_0}{P_{100}}\right)$$

VIII.4.3. L'intensité de pluie I

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

- I : intensité de pluie exprimée en mm/h.
- T : période de retour exprimé en ans (elle dépend de l'ouvrage à réaliser)
- tc : temps de concentration en heures.
- a et b : paramètres de Montana
- P_{10} Et P_{100} : Les hauteurs de pluies journalières décennale et centennale en mm

Tableau VIII-5 : Paramètres de Montana et les P_{jmax}

PJmaxf%) (mm)				Coefficient Montana		
10ans	50ans	100ans	b	a (t)		b
				10ans	100ans	
75	133.00	168.00	0.64	355.00	838.00	0.64

Remarque :

L'utilisation de ces valeurs dans la formule de Montana :

$I(t, T) = a(t) \times Tc^{-b}$ donne le résultat de l'intensité i en mm/minute avec un temps de concentration Tc exprimé en mn). Pour obtenir un résultat en mm/ heure, il faut multiplier la valeur a par 60 (Page 44 guide GTAR)

VIII.4.4. Calcul du débit d'apports

POUR LE BASSIN VERSANT (BV1) :

On a une surface de $A = 7.10 \text{ Km}^2$

- Temps De Concentration :

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

$$5 \text{ Km}^2 < A < 25 \text{ Km}^2$$

$$0.108 \times \frac{\sqrt[3]{7.10 \times 4.79}}{\sqrt{0.056}} = 1.48 \text{ h}$$

- Coefficient De Ruissellement:

$$C_{10} = C_1 + C_2 + C_3 = 0.1 + 0.2 + 0.15 = 0.45$$

$$P_0 = \left(1 - \frac{0.45}{0.8}\right) \times 75 = 32.81 \text{ mm}$$

$$C_{100} = 0.8 \times \left(1 - \frac{32.81}{168}\right) = 0.64$$

- Intensité De Pluie I(t) :

$$a = 838.00$$

$$b = 0.64$$

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

$$I(t, 100) = 838 \times (1.48 \times 60)^{-0.64} = 47.52 \text{ mm/h}$$

- Débit d'apports:

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

$$Q_a = 0.278 \times 0.64 \times 47.52 \times 7.1 = 60.39 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tableau VIII.6 : Résultats de calcul de débit de notre projet

n° BV	PK	Surface	Cr ₁₀	P ₀	Cr ₁₀₀	T _c	i(100) mm/h	Q ₁₀₀ m ³ /s
		Km ²		mm		(h)		
BV01	9+104	0.03	0.40	37.50	0.62	0.21	166.99	0.87
BV02	9+486	7.10	0.45	32.81	0.64	1.48	47.52	La méthode rationnelle n'a pas été appliquée
BV03	9+675	0.10	0.45	32.81	0.64	0.20	170.82	2.90
BV04	9+842	1.24	0.45	32.81	0.64	0.59	85.64	19.01
BV05	10+150	0.72	0.45	32.81	0.64	0.49	96.69	12.46
BV06	10+779	0.05	0.55	23.44	0.69	0.08	312.68	2.69

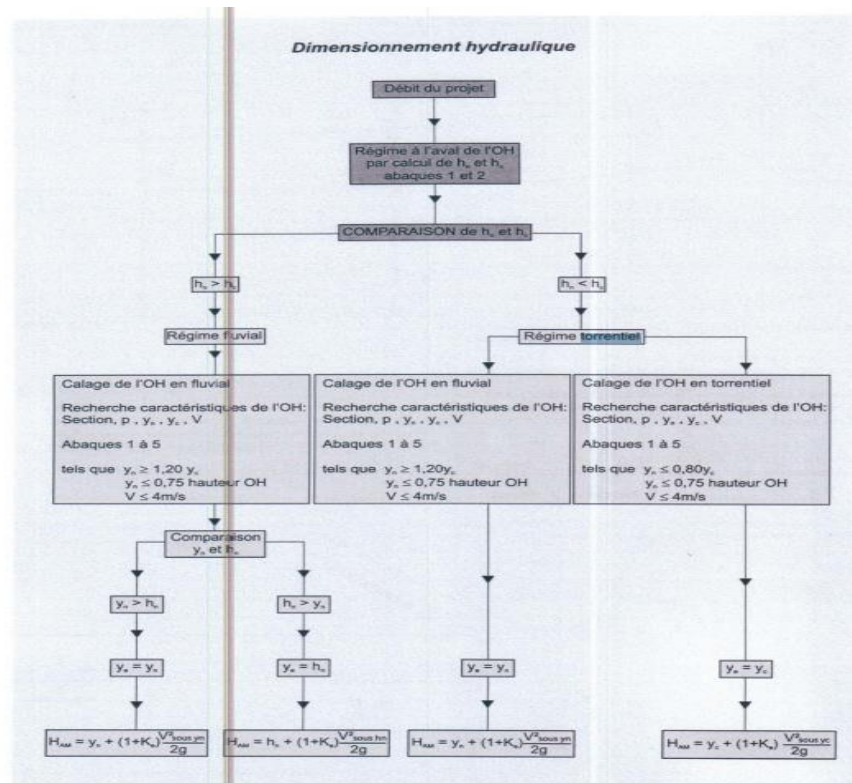
CHAPITRES VIII : ASSAINISSEMENT

BV07	11+404	0.29	0.40	37.50	0.62	0.56	88.41	4.43
BV08	11+820	21.10	0.40	37.50	0.62	3.91	25.47	La méthode rationnelle n'a pas été appliquée
BV09	13+533	0.04	0.45	32.81	0.64	0.09	280.04	2.16
BV10	13+857	0.06	0.55	23.44	0.69	0.08	299.78	3.16
BV11	11+470	0.04	0.55	23.44	0.69	0.06	357.41	2.39
BV12	14+520	0.04	0.55	23.44	0.69	0.07	324.56	2.67
BV13	14+775	0.04	0.40	37.50	0.62	0.14	217.06	1.50
BV14	15+300	0.16	0.45	32.81	0.64	0.18	185.74	5.22
BV15	15+450	0.10	0.45	32.81	0.64	0.13	228.16	3.92
BV16	15+875	0.08	0.55	23.44	0.69	0.06	355.48	5.44
BV17	16+087	0.10	0.45	32.81	0.64	0.10	268.14	4.61
BV18	16+217	0.27	0.45	32.81	0.64	0.18	182.76	8.83
BV19	16+358	0.08	0.45	32.81	0.64	0.08	295.94	4.08
BV20	16+462	0.05	0.45	32.81	0.64	0.06	358.50	3.21
BV21	16+625	0.16	0.45	32.81	0.64	0.13	226.85	6.50
BV22	16+650	0.08	0.35	42.19	0.60	0.12	238.88	3.10
BV23	16+918	0.19	0.45	32.81	0.64	0.15	206.89	7.04
BV24	17+162	0.23	0.35	42.19	0.60	0.23	157.91	6.05
BV25	17+475	0.17	0.35	42.19	0.60	0.17	187.73	5.32
BV26	17+594	0.06	0.45	32.81	0.64	0.07	336.91	3.32
BV27	17+825	0.39	0.45	32.81	0.64	0.21	166.75	11.58
BV28	18+037	0.04	0.55	23.44	0.69	0.04	457.78	3.50
BV29	18+275	0.06	0.55	23.44	0.69	0.05	409.06	4.46
BV30	18+569	0.06	0.45	32.81	0.64	0.06	354.57	3.68
BV31	18+736	0.26	0.45	32.81	0.64	0.13	219.86	10.23

VIII.5. DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

L'écoulement est graduellement varié donc pour le dimensionnement de l'ouvrage selon GTAR Il faut tenir compte de :

- L'ouvrage doit pouvoir évacuer la crue correspondant au débit de projet avec une hauteur d'eau amont de l'ouvrage (H_{am}).
- La vérification pour un débit exceptionnel doit être examinée.
- Il est nécessaire de déterminer le régime d'écoulement.
- Le calage de l'ouvrage ne doit pas engendrer un ressaut hydraulique.
- Le calcul est mené de l'aval vers l'amont.
- La vitesse d'écoulement ne doit pas excéder 4m/s.



Figures VIII.2: démarche pour le dimensionnement hydraulique selon GTAR page 54

VIII.5.1. Dimensionnement des dalots

POUR BV2 :

$$Qa = 60.39 \text{ m}^3/\text{s} \quad J = 0.056 \text{ m/m}$$

Régime de l'écoulement a l'aval de l'ouvrage hydraulique :

- Détermination de la hauteur d'eau normale h_n :

$$N = \frac{Qa}{K \times p^{\frac{1}{2}} \times I^{\frac{2}{3}}}$$

$$N = \frac{60.39}{25 \times 0.056^{\frac{1}{2}} \times 9^{\frac{3}{8}}} = 0.03$$

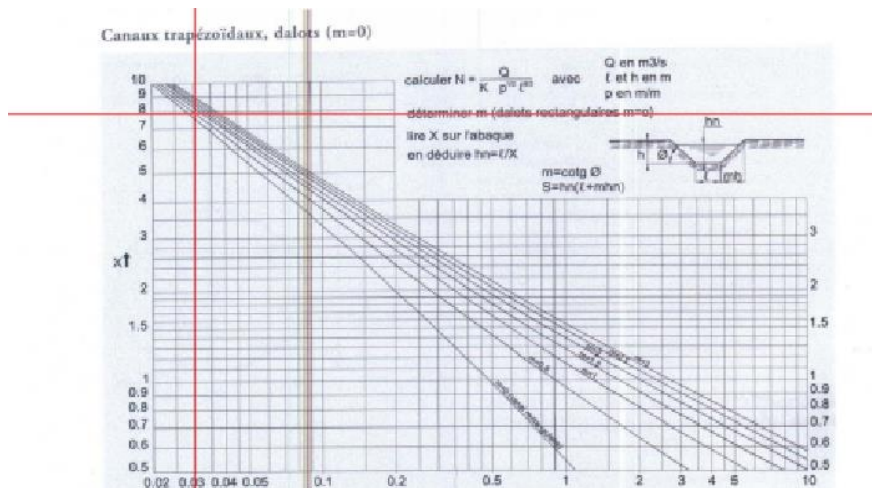
Avec :

- $Q_a = 60.39 \text{ m}^3/\text{s}$.
- $K = 25$ (rugosité du lit du ruisseau).
- $P = 0,056 \text{ m/m}$ (pente du ruisseau en aval du franchissement).
- $l = 9 \text{ m}$ (largeur du fond de fossé).
- $m = \cotg 45^\circ = 1$ (pente des parois).

En utilisant l'abaque1 page 70 (SETRA assainissement routier), on lit : $X = 8$

La hauteur normale s'élève à :

$$H_n = \frac{9}{8} = 1.12 \text{ m}$$



Figures VIII.3: Figure :l'abaque pour calculer hn

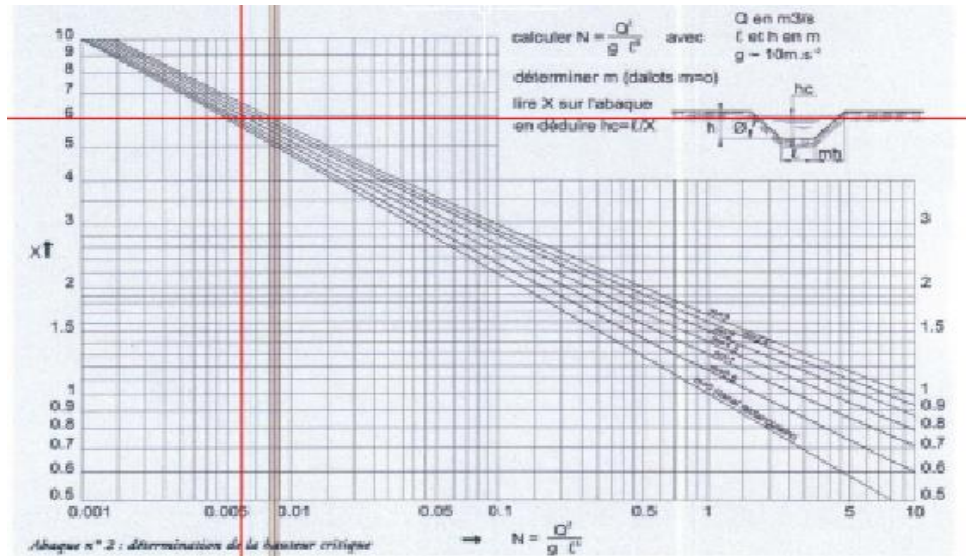
- **Détermination de la hauteur critique h_c :**

$$N = \frac{Qa^2}{g \times l^5}$$

$$N = \frac{60.39^2}{9.81 \times 9^5} = 0.006$$

g : accélération de la pesanteur = 9.81 m/s^2

En utilisant l'abaque2 page 71 (SETRA assainissement routier), on lit : $X = 6$



Figures VIII.4: l'abaque pour calculer h_c

La hauteur d'eau critique s'élève à :

$$H_c = \frac{9}{6} = 1.5 \text{ m}$$

Le régime d'écoulement dans le ruisseau se détermine par comparaison des hauteurs d'eau normale h_n et critique h_c :

$h_n = 1,12 > h_c = 1.5$ donc le régime d'écoulement est **torrentiel**

- **Choix de l'ouvrage hydraulique :**

À partir de ces données, il faut vérifier si les conditions d'écoulement sont satisfaisantes (régime fluvial, vitesse, proportions entre la hauteur d'eau normale y_n et la hauteur d'eau critique y_c , hauteur d'eau amont H_{am}).

Si l'ouvrage choisi ne donne pas satisfaction, il faut reprendre le processus de calcul avec des caractéristiques d'ouvrage différentes.

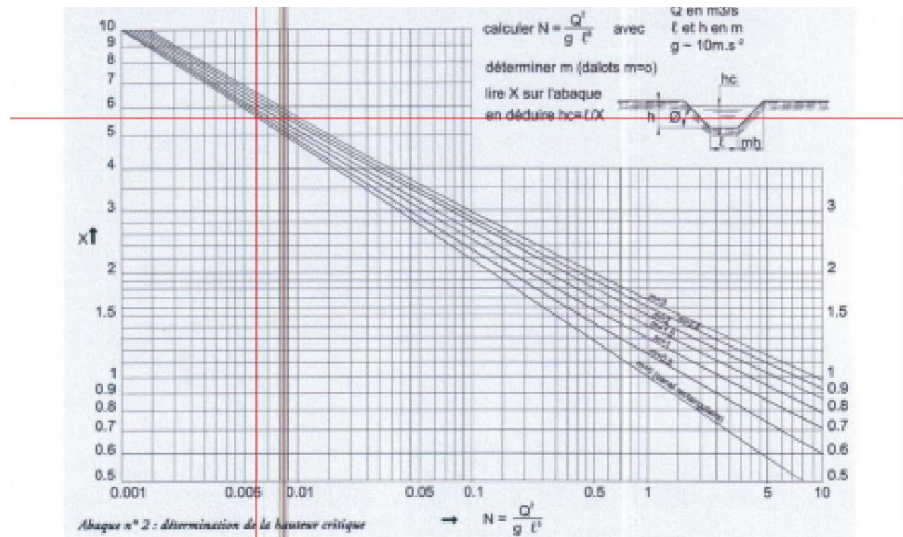
Remarque :

L'ouvrage hydraulique choisi en première approche est un dalot béton.

On pose **B=9 m** et **K=70** (Tableau n° 18 : coefficients de rugosité K dans les ouvrages d'assainissement)

- Détermination de la hauteur critique y_c :

$$N = \frac{Qa^2}{g \times l^5} = \frac{60.39^2}{9.81 \times 9^5} = 0.06$$



Figures VIII.5: l'abaque pour calculer y_c

on lit: $X=5.8$

$$Y_c = \frac{l}{x} = \frac{9}{5.8} = 1.55 \text{ m}$$

$$Y_n = 1.2 \times y_c$$

$$Y_n = 1.86 \text{ m}$$

Le régime d'écoulement dans l'ouvrage se détermine par comparaison des hauteurs d'eau normale y_n et critique y_c : $y_n = 1,86 \text{ m} > y_c = 1.55 \text{ m}$.

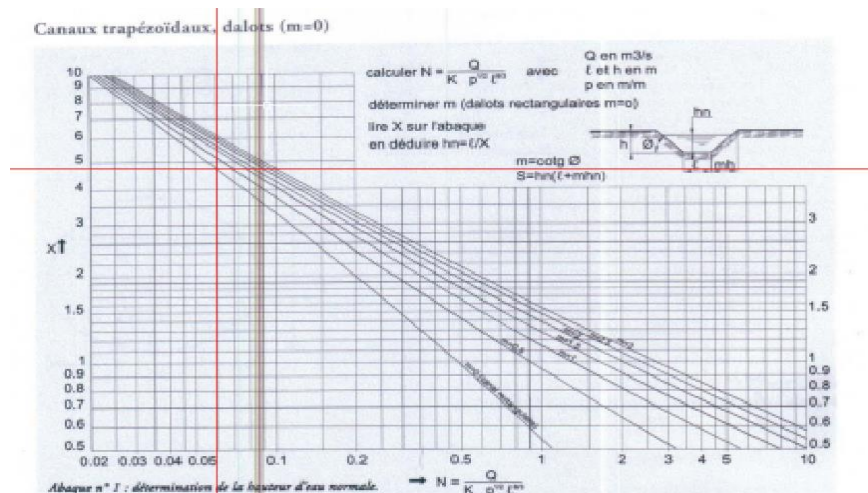
En conséquence l'ouvrage fonctionne en régime fluvial.

- **Calcule de pente :**

$$Y_n = \frac{l}{x}$$

$$X = \frac{l}{y_n} = \frac{9}{1.86} = 4.83$$

En utilisant l'abaque2 page 71 (SETRA assainissement routier),



Figures VIII.6: l'abaque pour déterminer N .

On lit : $N = 0.05$

Comme :

$$N = \frac{Qa}{K \times p^{\frac{1}{2}} \times I^{\frac{3}{8}}}$$

$$P = \left(\frac{Qa}{K \times p^{\frac{1}{2}} \times I^{\frac{3}{8}}} \right)^2 = \left(\frac{60.39}{70 \times 0.05 \times 9^{\frac{3}{8}}} \right)^2 = 0.002$$

• **Calcul de la section mouillée et de la vitesse d'écoulement dans l'ouvrage hydraulique :**

La largeur du dalot : $l = 9$ m, on peut donc calculer la section la section mouillée (S_m) dans l'ouvrage

$$S_m = y_n \times l = 9 \times 1.86 = 16.74 \text{ m}^2$$

On obtient la vitesse d'écoulement dans l'ouvrage :

$$V = \frac{Qa}{S_m} = \frac{60.39}{16.74} = 3.6 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s}$$

• **Calcul de la hauteur d'eau amont (H_{am}) :**

Il faut s'assurer que la hauteur d'eau amont (H_{am}) est acceptable vis-à-vis des contraintes du projet.

$$H_{am} = y_n + (1 + k_e) \times \frac{V^2}{2g} = 1.86 + (1 + 0.5) \times \frac{3.6^2}{2 \times 9.81} = 2.85 \text{ m}$$

K_e : Le coefficient de perte de charge à l'entonnement est pris égal à 0,5 (utilisation d'une tête d'ouvrage classique avec murs en aile page 56GTAR)

• **Calcule de y_t :**

$$Y_t = \frac{y_n + h_{am}}{2} = \frac{1.86 + 2.85}{2} = 2.35$$

$$\text{Le taux de remplissage : } \frac{y_t}{h} < 0.75 \quad H > \frac{2.35}{0.75} = 3.13$$

La hauteur d'ouvrage : $H = 3.5 \text{ m}$.

• **Vérification dans le cas $Q_{exp} = 1.5Q_a$:**

Détermination de la hauteur d'eau normale h_n

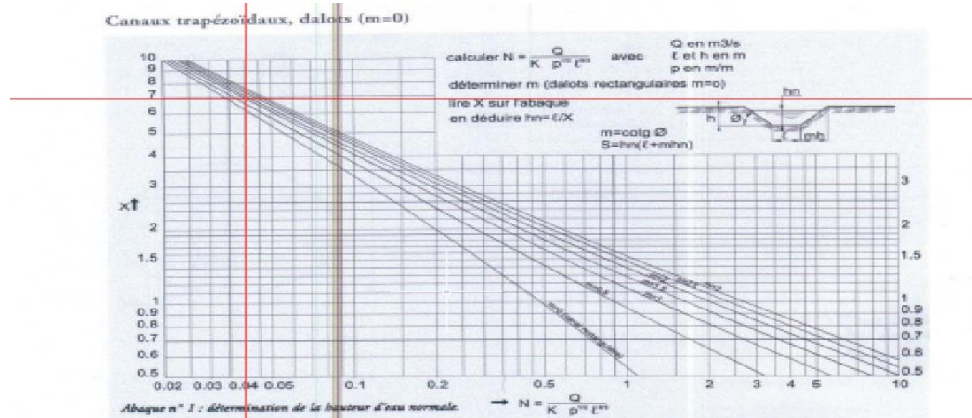
$$N = \frac{Qa}{K \times p^{\frac{1}{2}} \times I^{\frac{3}{8}}}$$

$$N = \frac{90.58}{25 \times 0.056^{\frac{1}{2}} \times 9^{\frac{3}{8}}} = 0.04$$

Avec :

- $Q = Q_{exp} = 90.58 \text{ m}^3/\text{s}$.
- $K = 25$ (rugosité du lit du ruisseau).
- $P = 0,018 \text{ m/m}$ (pente du ruisseau en aval du franchissement).
- $l = 9\text{m}$ (largeur du fond de fossé).
- $m = \cotg 45^\circ = 1$ (pente des parois)

En utilisant l'abaque, on lit : $X=7$



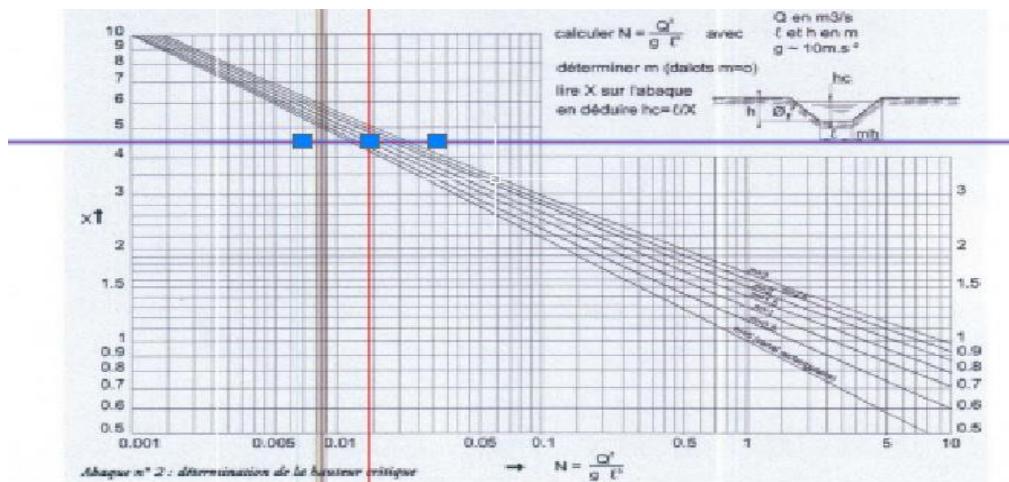
Figures VIII.7 : l'abaque pour calculer h_n

La hauteur normale s'élève à : $H_n = \frac{9}{7} = 1.28\text{m}$

- **Détermination de la hauteur critique h_c :**

$$N = \frac{Q^2}{g \cdot l^5}$$

$$N = \frac{90.58^2}{9.81 \times 9^5} = 0.014$$



Figures VIII.8 : l'abaque pour calculer h_c

On lit : $X = 2.42$

La hauteur d'eau critique s'élève à : $H_c = \frac{l}{X} = \frac{9}{4.5} = 2\text{m}$

Le régime d'écoulement dans le ruisseau se détermine par comparaison des hauteurs d'eau normale h_n et critique h_c :

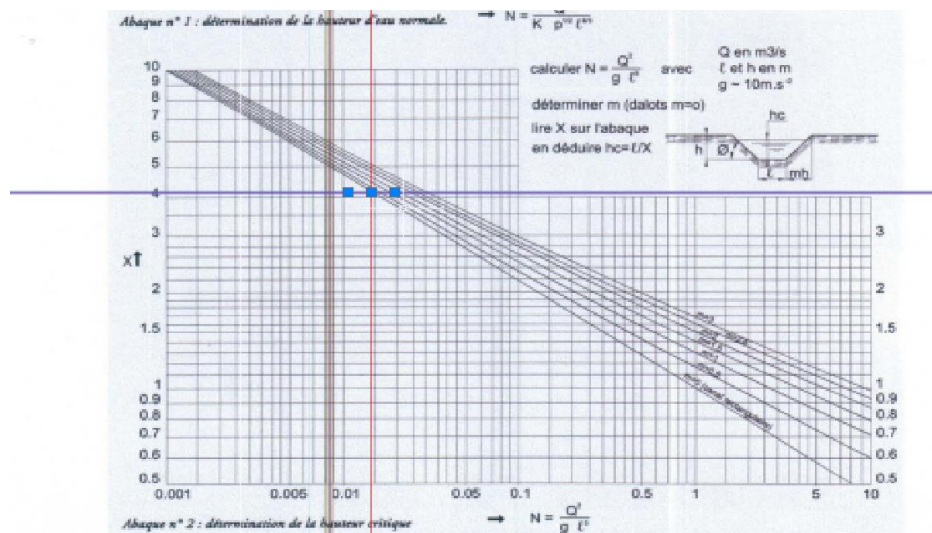
$h_n = 1.28 > h_c = 2$ donc le régime d'écoulement est torrentiel

- **Détermination de la hauteur critique y_c :**

On pose $B = 9\text{ m}$ et $m = 0$

$$N = \frac{Qa^2}{g \times l^5}$$

$$N = \frac{90.58^2}{9.81 \times 9^5} = 0.014$$



Figures VIII.9 : l'abaque pour calculer y_c

On lit : $X = 4.1$

La hauteur d'eau critique s'élève à

$$Y_c = \frac{l}{X} = \frac{9}{4.1} = 2.19$$

- **Détermination de la hauteur normale y_n :**

$$Y_n = 1.2 \times y_c$$

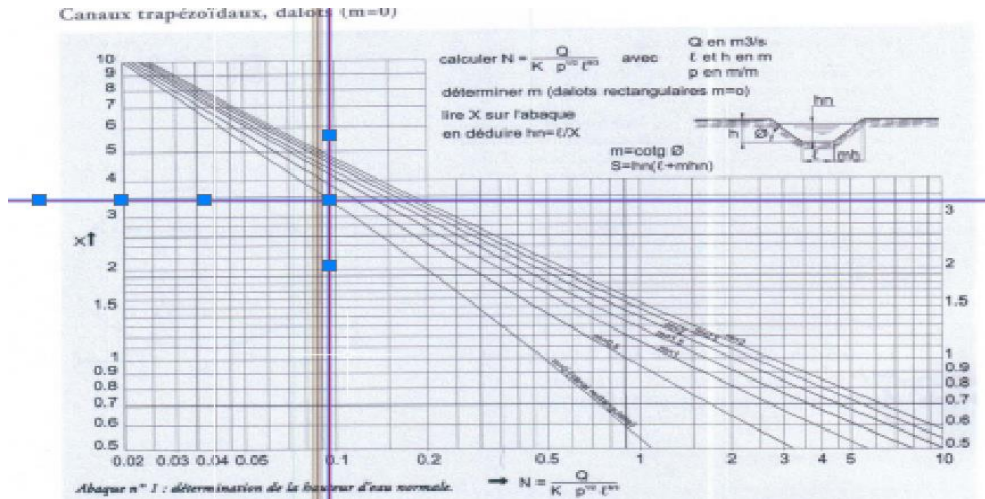
$$Y_n = 1.2 \times 2.19 = 2.62\text{m}$$

$$y_n = 2.62\text{m} > y_c = 2.19\text{ m.}$$

L'ouvrage est calé en régime **fluviale**.

• La pente de l'ouvrage :

$$Y_n = \frac{l}{X} = 2.62 \quad \text{Donc} \quad X = \frac{l}{Y_n} = \frac{9}{2.62} = 3.43$$



Figures VIII.10 : l'abaque pour déterminer N

Par utilisation de l'abaque, on lit : $N=0.09$

$$\text{Comme : } N = \frac{Qa}{K \times p^{2/3} \times \frac{8}{3}}$$

On peut obtenir la valeur de la pente

$$P = \left(\frac{Qa}{K \times p \times l^{3/8}} \right)^2 = \left(\frac{90.58}{70 \times 0.09 \times 9^{3/8}} \right)^2 = 0.0016$$

• Calcul de la section mouillée et de la vitesse d'écoulement dans l'ouvrage Hydraulique :

On peut donc calculer la section mouillée (S_m) dans l'ouvrage :

$$S_m = Y_n \times l = 2.62 \times 9 = 23.58 \text{ m}^2$$

On obtient la vitesse d'écoulement dans l'ouvrage :

$$V = \frac{Qa}{S_m} = \frac{90.58}{23.58} = 3.84 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s}$$

• Calcul de la hauteur d'eau amont (H_{am}) :

Il faut s'assurer que la hauteur d'eau amont (H_{am}) est acceptable vis-à-vis des contraintes du projet.

$$H_{am} = Y_n + (1 + k_e) \times \frac{V^2}{2g} = 2.62 + (1 + 0.5) \times \frac{3.84^2}{2 \times 9.81} = 3.74 \text{ m}$$

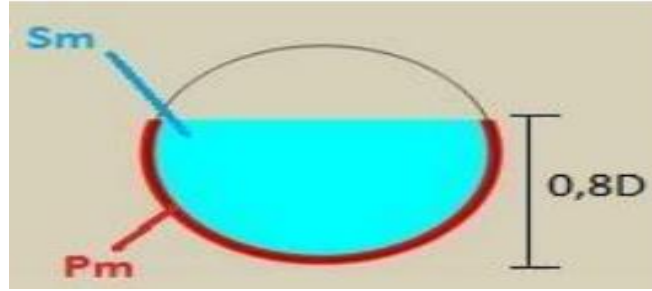
• Calcul de y_t :

$$Y_t = \frac{y_n + h_{am}}{2} = \frac{2.62 + 3.47}{2} = 3.18$$

- Le taux de remplissage : $\frac{y_t}{h} < 0.75$ $H > \frac{3.18}{0.75} = 4.24$

- La hauteur d'ouvrage : $H = 4.5m$.

VIII.5.2. Dimensionnement des buses



Figures VIII.11: caractéristique de buse.

Dans le cas d'un remplissage à 80% d'une buse :

- S_m : Section mouillée, est calculée par la formule $S_m = \frac{4}{5} \pi R^2$
- P_m : Périmètre mouillé, est calculé par la formule $P_m = \frac{4}{3} \pi R$
- R_h : Rayon hydraulique, est déterminé par la formule $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{3}{5} R$

POUR BV3 :

K : coefficient de rugosité (tableau n° 18 : coefficients de rugosité K dans les ouvrages d'assainissement page 51)

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

$$Q_s = 80 \times \left(\frac{3}{5} R\right)^{2/3} \times J^{1/2} \times \frac{4}{5} \pi R^2$$

$$R = \left(\frac{Q_a}{80 \times \frac{4}{5} \pi \times \left(\frac{3}{5}\right)^{2/3} \times J^{1/2}} \right)^{3/8}$$

$$Q_a = 2.9 m^3/s \quad J = 0.038$$

$$R = \left(\frac{2.9}{80 \times \frac{4}{5} \pi \times \left(\frac{3}{5}\right)^{2/3} \times 0.038^{1/2}} \right)^{3/8} = 0.428 m$$

Donc on trouve **D = 856 mm**.

Et une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normalisé commercial tel $\Phi 400$, $\Phi 500$, $\Phi 800$, $\Phi 1000$, $\Phi 1200$, $\Phi 1500$...ect.

Pour que la buse vérifie les conditions on prend une buse de $\Phi 2000$ mm.

Vérification de régime de l'écoulement a l'aval de l'ouvrage hydraulique :

• Détermination de la hauteur d'eau normale h_n :

$$N = \frac{Qa}{K \times p^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{8}{3}}}$$

$$N = \frac{2.9}{25 \times 0.038^{\frac{1}{2}} \times 1^{\frac{8}{3}}} = 0.59$$

Avec :

- $Q = 2.9 \text{ m}^3/\text{s}$.
- $K = 25$ (rugosité du lit du ruisseau).
- $p = 0,038 \text{ m/m}$ (pente du ruisseau en aval du franchissement).
- $R = 1 \text{ m}$ (largeur du fond de fossé).
- $\lambda = 1$ (pente des parois).

En utilisant l'abaque 5 page 59 du guide SETRA (assainissement routier), on lit : $\tau_n = 0.39$

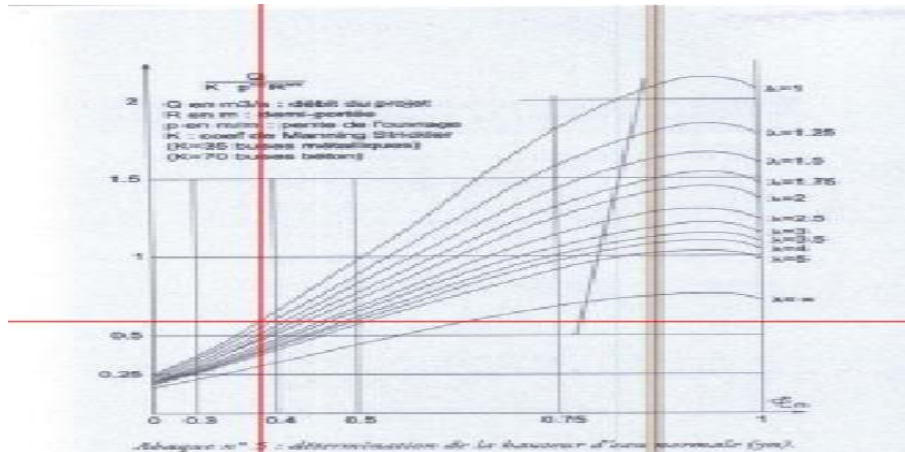


Figure VIII.12 : l'abaque pour calculer τ_n

La hauteur normale s'élève à :

$$H_n = \tau_n \times F = 0.39 \times 2 = 0.78 \text{ m}$$

• Détermination de la hauteur critique h_c :

$$N = \frac{Qa}{\sqrt{g} \times R^{\frac{5}{2}}}$$

$$N = \frac{2.9}{\sqrt{9.81} \times 1^{\frac{5}{2}}} = 0.92$$

- g : accélération de la pesanteur = 9.81 m/s^2

En utilisant l'abaque 3 page 59 du guide SETRA (assainissement routier) on lit : $\tau_c = 0.4$

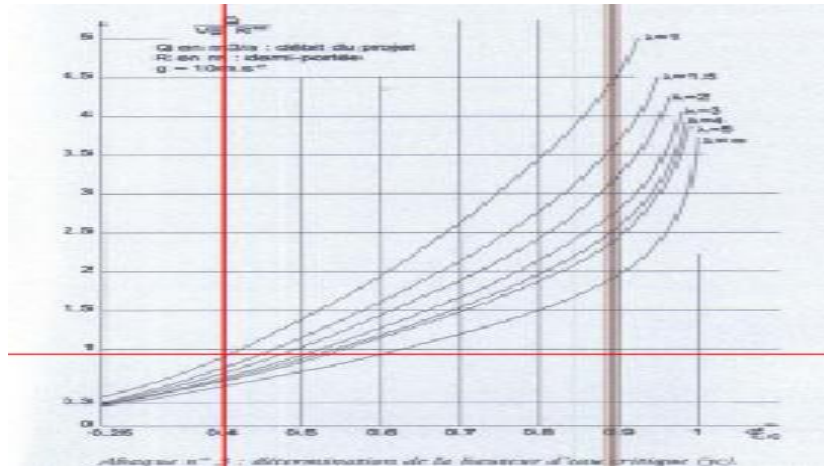


Figure VIII.13 : l'abaque pour calculer τ_c

La hauteur d'eau critique s'élève à :

$$H_c = \tau_c \times F = 0.4 \times 2 = 0.8 \text{ m}$$

Le régime d'écoulement dans le ruisseau se détermine par comparaison des hauteurs d'eau normale h_n et critique h_c :

$h_c = 0.8 > h_n = 0.78$ donc le régime d'écoulement est torrentiel

• Détermination de la hauteur critique y_c :

On a une buse de $\Phi 2000$

$$N = \frac{Qa}{\sqrt{g} \times R^{\frac{5}{2}}}$$

$$N = \frac{2.9}{\sqrt{9.81} \times 1^{\frac{5}{2}}} = 0.92$$

Donc :

$$\tau_c = 0.4$$

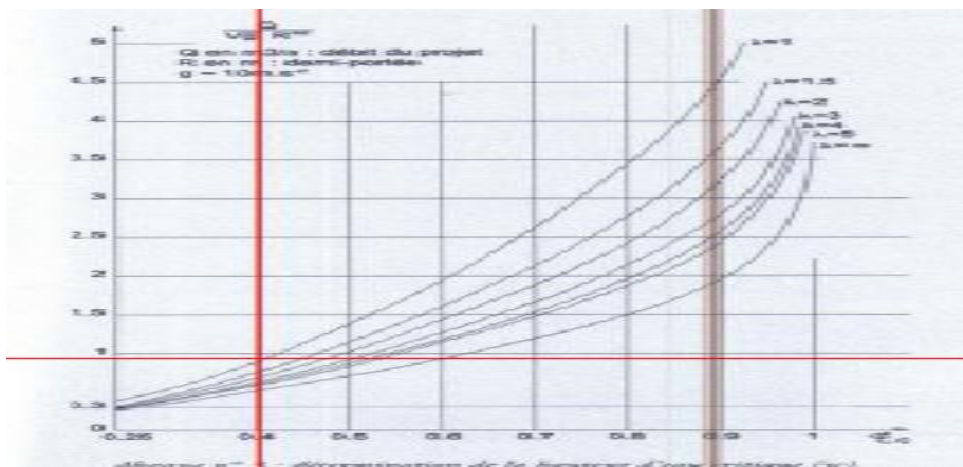


Figure VIII.14 : l'abaque pour calculer y_c

La hauteur d'eau critique s'élève à

$$Y_c = \tau_c \times F = 0.4 \times 2 = 0.8 \text{ m.}$$

• **Détermination de la hauteur normale y_n :**

$$y_n = 1.2 \times y_c$$

$$y_n = 1.2 \times 0.8 = 0.96$$

$$y_n = 0.96 \text{ m} > y_c = 0.8 \text{ m}$$

En conséquence l'ouvrage fonctionne en **régime fluvial**.

• **Calcule de la pente de l'ouvrage :**

$$y_n = \tau_n \times F = 0.96 \text{ m}$$

$$\tau_n = \frac{y_n}{F} = \frac{0.96}{2} = 0.48$$

Par utilisation de l'abaque 5, on lit : $N = 0.9$

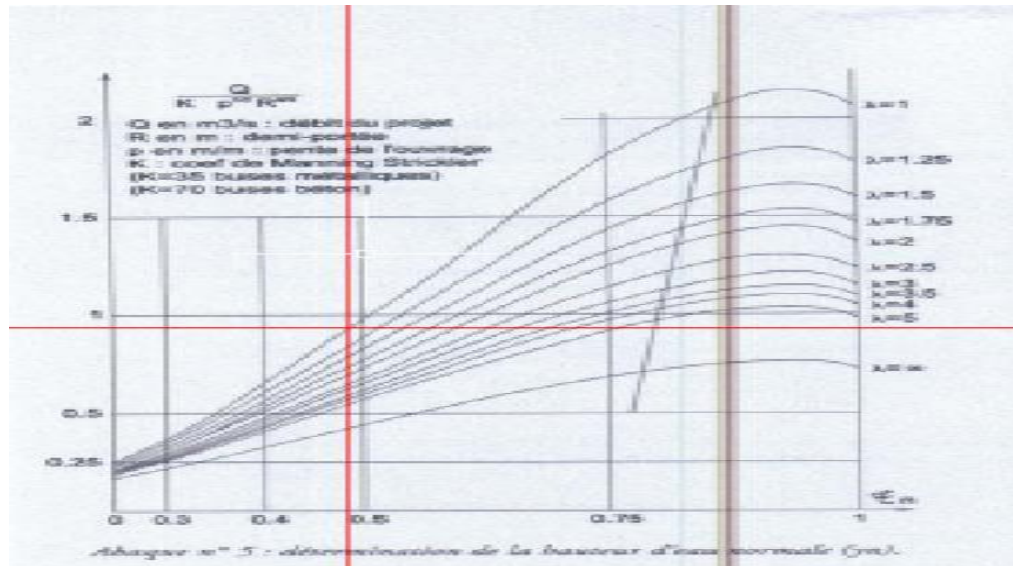


Figure VIII.15 : l'abaque pour déterminer N

Comme :

$$N = \frac{Qa}{K \times p^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{8}{3}}}$$

$$P = \left(\frac{Qa}{K \times N \times R^{\frac{8}{3}}} \right)^2 = \left(\frac{2.9}{80 \times 0.9 \times 13^{\frac{8}{3}}} \right)^2 = 0.0016$$

• **Calcule de la surface mouillée de l'ouvrage :**

$$\tau_n = \frac{y_n}{F} = \frac{0.96}{2} = 0.48$$

Par utilisation de l'abaque 4 on lit

$$\frac{S}{R^2} = 1.49 \text{ donc } S = 1.49 \text{ m}^2$$

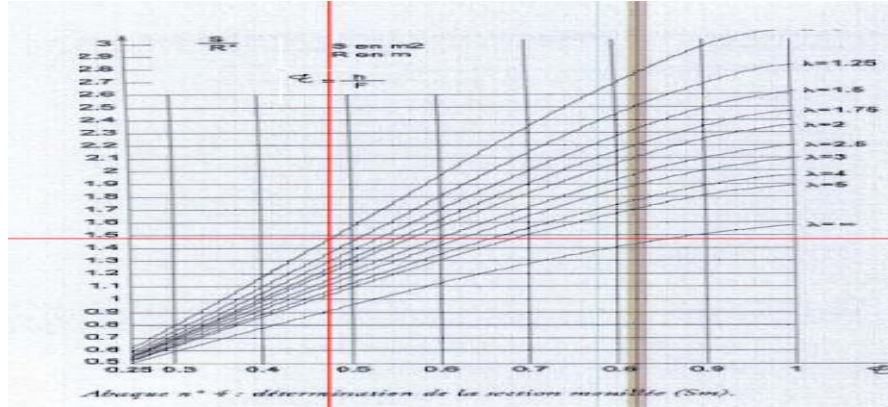


Figure VIII.16 : l'abaque pour determiner Sm

On obtient la vitesse d'écoulement dans l'ouvrage :

$$V = \frac{Qa}{sm} = \frac{2.9}{1.49} = 1.94 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s}$$

• **Calcul de la hauteur d'eau amont (Ham) :**

Il faut s'assurer que la hauteur d'eau amont (**H am**) est acceptable vis-à-vis des contraintes du projet.

$$Ham = y_n + (1 + k_e) \times \frac{V^2}{2g} = 0.96 + (1 + 0.5) \times \frac{1.94^2}{2 \times 9.81} = 1.24 \text{ m}$$

Ke : Le coefficient de perte de charge à l'entonnement est pris égal à 0,5 (utilisation d'une tête d'ouvrage classique avec murs en aile aile page 56)

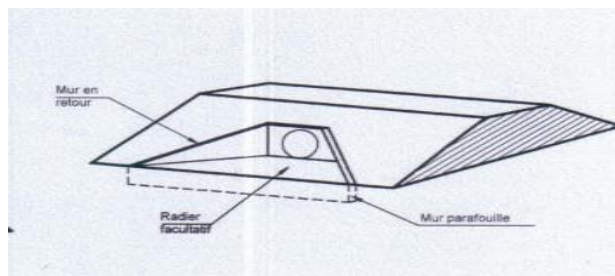


Figure VIII.17 : extrémité avec mure tête et murs en aile

• **Vérification du tirant d'air (TA)**

Le tirant est mesuré au-dessus de la hauteur d'eau et la génératrice supérieure de l'ouvrage. La hauteur d'eau est calculée en considérant cette hauteur égale à :

$$Y_t = \frac{y_n + ham}{2} = \frac{0.96 + 1.24}{2} = 1.1$$

$$\text{Le taux de remplissage : } \frac{y_t}{F} = \frac{1.1}{2} = 0.55 < 0.75$$

Vérification dans le cas $Q_{exp} = 1.5Q_a$:

- Détermination de la hauteur d'eau normale h_n :

$$N = \frac{Qa}{K \times p^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{8}{3}}}$$

$$N = \frac{4.35}{25 \times 0.038^{\frac{1}{2}} \times 1^{\frac{8}{3}}} = 0.89$$

Avec :

- $Q = Q_{exp} = 4.35 \text{ m}^3/\text{s}$.
- $K = 25$ (rugosité du lit du ruisseau).
- $P = 0,038 \text{ m/m}$ (pente du ruisseau en aval du franchissement).
- $R = 1 \text{ m}$ (largeur du fond de fossé).
- $\lambda = 1$ (pente des parois).

En utilisant l'abaque, on lit : $\tau_n = 0.49$

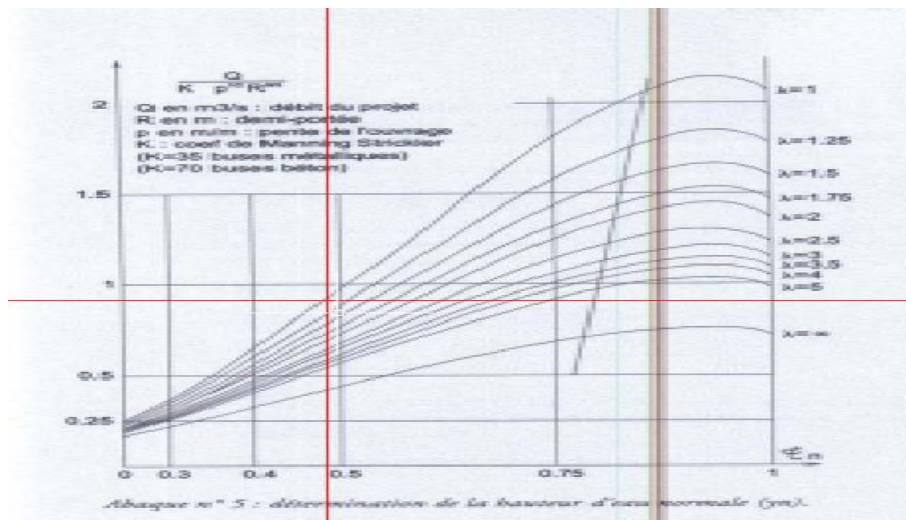


Figure VIII.18 : l'abaque pour calculer τ_n

La hauteur normale s'élève à :

$$h_n = \tau_n \times F = 0.49 \times 2 = 0.98 \text{ m}$$

- Détermination de la hauteur critique h_c :

$$N = \frac{Qa}{\sqrt{g} \times R^{\frac{5}{2}}}$$

$$N = \frac{4.35}{\sqrt{9.81} \times 1^{\frac{5}{2}}} = 1.39$$

- g accélération de la pesanteur = 9.81 m/s^2 .

Donc : $\tau_c = 0.5$

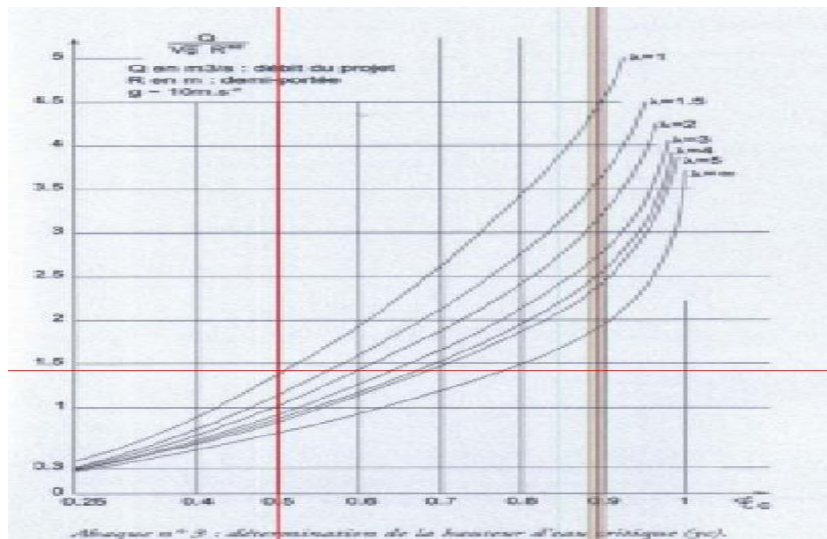


Figure VIII.19 : l'abaque pour calculer τ_c

La hauteur d'eau critique s'élève à :

$$h_c = \tau_c \times F = 0.5 \times 2 = 1 \text{ m}$$

Le régime d'écoulement dans le ruisseau se détermine par comparaison des hauteurs d'eau normale h_n et critique h_c :

$$h_c = 1 > h_n = 0.98 \text{ donc le régime d'écoulement est torrential}$$

• Détermination de la hauteur critique y_c :

On a une buse de $\Phi 2000$.

$$N = \frac{Qa}{\sqrt{g} \times R^2}$$

$$N = \frac{4.35}{\sqrt{9.81} \times 1^2} = 1.39$$

$$\tau_c = 0.5$$

La hauteur d'eau critique s'élève à :

$$y_c = \tau_c \times F = 0.5 \times 2 = 1 \text{ m}$$

• Détermination de la hauteur normale y_n :

$$y_n = 1.2 \times y_c$$

$$y_n = 1.2 \times 1 = 1.2 \text{ m}$$

Le régime d'écoulement dans l'ouvrage se détermine par comparaison des hauteurs d'eau normale y_n et critique y_c : $y_n = 1.2 \text{ m} > y_c = 1 \text{ m}$.

En conséquence l'ouvrage fonctionne **en régime fluvial**

• Calcul de pente :

$$y_n = \tau_n \times F = 1.2 \text{ m}$$

$$\text{Donc } \tau_n = \frac{y_n}{F} = \frac{1.2}{2} = 0.6$$

Par utilisation de l'abaque, on lit : $N = 1.25$

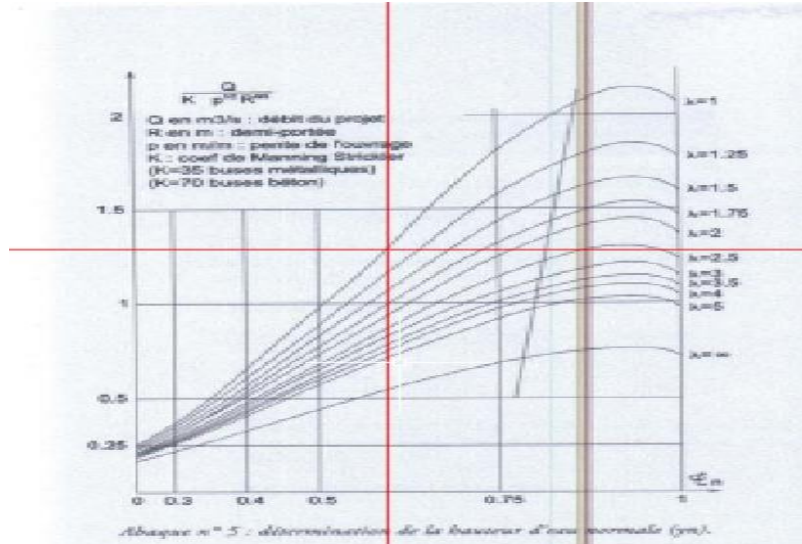


Figure VIII.20 : l'abaque pour déterminer N

Comme :

$$N = \frac{Qa}{K \times \frac{1}{p^2} \times R^3}$$

On peut obtenir la valeur de la pente

$$P = \left(\frac{Qa}{K \times N \times R^3} \right)^2 = \left(\frac{4.35}{80 \times 1.25 \times 1^3} \right)^2 = 0.0019$$

• La surface mouillée de l'ouvrage :

$$\tau_n = \frac{y_n}{F} = \frac{1.2}{2} = 0.6$$

$$\frac{S}{R^2} = 1.99 \quad \text{Donc } S = 1.99 \text{ m}^2$$

On obtient la vitesse d'écoulement dans l'ouvrage :

$$V = \frac{Qa}{Sm} = 2.18 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s}$$

• Calcul de la hauteur d'eau amont (Ham) :

Il faut s'assurer que la hauteur d'eau amont (Ham) est acceptable vis-à-vis des contraintes du projet

$$H_{am} = y_n + (1 + k_e) \times \frac{V^2}{2g} = 1.2 + (1 + 0.5) \times \frac{2.18^2}{2 \times 9.81} = 1.56 \text{ m}$$

• Vérification du tirant d'air (TA) :

$$Y_t = \frac{y_n + h_{am}}{2} = \frac{1.2 + 1.56}{2} = 1.38$$

Le taux de remplissage : $\frac{y_t}{F} = \frac{1.38}{2} = 0.69 < 0.75$ donc vérifié

Tableau VIII-7 : Résultats récapitulatifs de dimensionnement des dalots et des buses

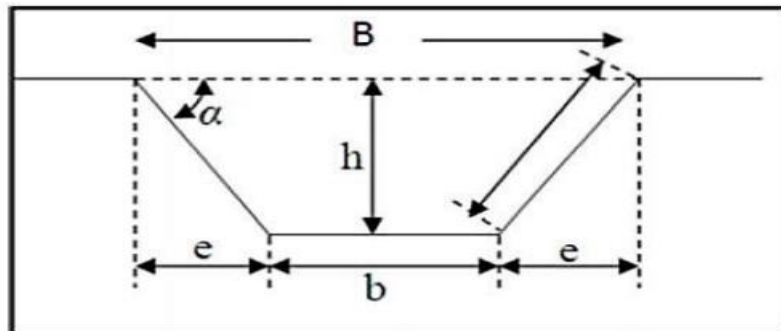
BV	PK	S	Q _{100ans} (m ³ /s)	Type D'ouvrage	Type D'ouvrage Dimension D'ouvrage
BV1	9+104	0.03	0.87	Buse	Ø1000
BV2	9+486	7.10	60.39	Dalot	/
BV 3	9+675	0.10	2.90	Buse	2 x Ø1000
BV 4	9+842	1.24	19.01	Dalot	2 x (3x 3)
BV 5	10+150	0.72	12.46	Dalot	2 x (3x 2.5)
BV 6	10+779	0.05	2.69	Buse	2 x Ø1000
BV 7	11+404	0.29	4.43	Buse	2 x Ø1500
BV 8	11+820	21.10	92.85	Pont	PONT
BV 9	13+533	0.04	2.16	Buse	2 x Ø1000
BV 10	13+857	0.06	3.16	Buse	2 x Ø1200
BV 11	11+470	0.04	2.39	Buse	2 x Ø1000
BV 12	14+520	0.04	2.67	Buse	2 x Ø1000
BV 13	14+775	0.04	1.50	Buse	Ø1200
BV 14	15+300	0.16	5.22	Dalot	(2x 2)
BV 15	15+450	0.10	3.92	Buse	2 x Ø1200
BV 16	15+875	0.08	5.44	Dalot	(2x 2)
BV 17	16+087	0.10	4.61	Buse	2 x Ø1500
BV 18	16+217	0.27	8.83	Dalot	(3x 2)

BV 19	16+358	0.08	4.08	Buse	2 x Ø1500
BV 20	16+462	0.05	3.21	Buse	2 x Ø1200
BV 21	16+625	0.16	6.50	Dalot	(2.5x 2.5)
BV22	16+650	0.08	3.10	Buse	2 x Ø1200
BV 23	16+918	0.19	7.04	Dalot	(2.5x 2.5)
BV 24	17+162	0.23	6.05	Dalot	(2.5x 2.5)
BV 25	17+475	0.17	5.32	Dalot	(2x 2)
BV 26	17+594	0.06	3.32	Buse	2 x Ø1200
BV 27	17+825	0.39	11.58	Dalot	2x (2.5x 2.5)
BV 28	18+037	0.04	3.50	Buse	2 x Ø1200
BV 29	18+275	0.06	4.46	Dalot	2 x Ø1500
BV 30	18+569	0.06	3.68	Buse	2 x Ø1200
BV 31	18+736	0.26	10.23	Dalot	2x (2.5x 2.5)

VIII.5.3. Dimensionnement des fossés

Un fossé hydraulique est un ouvrage de drainage, généralement de forme trapézoïdale, qui sert à collecter et évacuer les eaux de ruissellement provenant de la chaussée, des accotements et des talus. Son dimensionnement est effectué pour une pluie de période de retour de 10 ans. Ce type d'ouvrage est principalement utilisé pour les petits bassins versants dont la superficie est inférieure à 5 km². En Algérie, la section trapézoïdale est la forme la plus utilisée.

Dans notre projet, le dimensionnement du fossé a été réalisé pour la zone comprise entre le PK12+550 et le PK13+425, sur une longueur de 875 m. L'étude concerne uniquement les sections en déblais.



Figures VIII.21: Caractéristiques d'un fossé

• Les surfaces des sous-bassins versants

Tableau VIII-8 : Les surfaces des sous-bassins versants

SBV	Largeur(m)	Surface (m ²)	Pente (%)
Chaussée + BAU + BDG	14	12250	2.5
Berme	1.5	1312.5	8
Talus de déblai	Variable	34497.17	66.67

• Le débit d'apport :

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

Avec :

Qc : débit d'apport de (chaussée + BAU+BDG).

QB : débit d'apport de Berme.

QT : débit d'apport de Talus.

• Temps de concentration Tc :

La surface inférieure à inférieure a 5 km²

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} \text{ (ventura).}$$

• Intensité (T=10 ans) :

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

Avec : a= 355 ; b=0.64

• Coefficient de ruissellement (C) :

Tableau VIII-9: Coefficient de ruissellement (C)

Type de chaussée	Chaussée	Accotement	Talus
Valeur de C	1	0.70	0.5

❖ Calcul le débit d'apport :

• Pour la chaussée : P=2.5%

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.0122}{0.025}} = 0.088h$$

$$I(t, T) = a(t) \times Tc^{-b} = 355 \times (0.088 \times 60)^{-0.64} = 122.38mm/h$$

$$Qc = 0.278 \times C \times It \times A = 0.278 \times 1 \times 122.38 \times 0.0122 = \mathbf{0.415 \text{ m}^3/s}$$

• Pour la berme : P= 8 %

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.0031}{0.08}} = 0.025h$$

$$I(t, T) = a(t) \times T_c^{-b} = 355 \times (0.025 \times 60)^{-0.64} = 273.86 \text{ mm/h}$$

$$Q_b = 0.278 \times C \times I_t \times A = 0.278 \times 0.7 \times 273.86 \times 0.0031 = \mathbf{0.165 \text{ m}^3/\text{s}}$$

• Pour le talus : P = 66.67%

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.0335}{0.667}} = 0.028h$$

$$I(t, T) = a(t) \times T_c^{-b} = 355 \times (0.028 \times 60)^{-0.64} = 254.7 \text{ mm/h}$$

$$Q_t = 0.278 \times C \times I_t \times A = 0.278 \times 0.5 \times 254.7 \times 0.0335 = \mathbf{1.18 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\text{Donc : } Q_a = Q_c + Q_b + Q_t = 0.415 + 0.165 + 1.18 \\ \mathbf{Q_a = 1.76 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Tableau VIII-10: Débit des eaux drainées dans la plate-forme et les talus

Surface	S (Km ²)	C	P %	Tc (h)	I(mm/h)	Q(m ³ / s)	Qa (m ³ / s)
La chaussée	0.0122	1	2.5	0.088	122.38	0.415	1.76
La berme	0.0031	0.7	8	0.025	273.86	0.165	
Le Talu	0.0335	0.5	66.67	273.86	273.86	0.165	

• Calcul de débit de saturation :

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

Avec :

Qs : Débit capable en (m³/s).

Rh : Rayon hydraulique en (m). Avec : $\mathbf{Rh} = \frac{S_m}{P_m}$

Sm : Section mouillée en (m²). $S_m = h \times (b+h)$

Pm : Périmètre mouillé en (m). $P_m = b + 2h \times (2)^{0.5}$

J : Pente longitudinal de la fosse = 01%.

Kst : Coefficient de rugosité de Manning. (Au béton coule sur place Kst = 70)

On prend : b= 0.5m, h= 0.5m

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

$$Q_s = 70 \times \left(\frac{h \times (b+h)}{b+2 \times h \times 2^{0.5}} \right)^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}} \times (h \times (b+h))$$

$$Q_s = 70 \times \left(\frac{0.5 \times (0.5+0.5)}{0.5+2 \times 0.5 \times 2^{0.5}} \right)^{\frac{2}{3}} \times 0.01^{\frac{1}{2}} \times (0.5 \times (0.5+0.5))$$

$$Q_s = 2.02 \text{ m}^3/\text{s}$$

Avec $h=0.5\text{m}$, on trouve $Q_s > Q_a$, Donc le débit d'apport est nettement inférieur à celui de saturation, ce qui signifie que les dimensions du fossé proposées sont largement suffisantes pour faire passer les apports du bassin versant

VIII.5.4. Disposition d'un système d'assainissement au niveau d'un changement de dévers

Dans les zones de changement progressif du dévers sur autoroute, des conditions hydrauliques particulières apparaissent. En effet, l'eau de ruissellement, habituellement évacuée vers les accotements extérieurs, tend à se concentrer temporairement au niveau du terre-plein central, notamment lorsque la pente transversale devient nulle, puis s'inverse.

Pour éviter tout risque de stagnation, de formation de flaques ou d'aquaplaning, une solution judicieuse consiste à adopter un dispositif de drainage linéaire, basé sur les éléments suivants:

Un caniveau longitudinal à fente, implanté dans la bande dérasée de gauche (BDG), est aménagé le long du terre-plein central, depuis la zone où le dévers devient nul puis s'inverse, jusqu'à la section où la pente transversale redevient nulle.

Ce caniveau assure une collecte continue et efficace des eaux de ruissellement provenant de la chaussée.

- À l'aval de cette section, l'eau est dirigée vers :

- Un regard de collecte.

- Puis vers une traversée sous chaussée, à l'aide d'un tuyau (souvent en PEHD ou béton).

Cette traversée permet de rejeter l'eau du côté opposé de l'autoroute, généralement vers un fossé longitudinal ou un dalot existant



Figure VIII.21: Exemple de caniveau à fente

CHAPITRE IX : Conception d'un échangeur et étude d'un giratoire

IX.1. INTRODUCTION

Un échangeur est un carrefour dénivelé entre deux routes, permettant le raccordement des circulations entre différentes voies. En termes techniques, il constitue un dispositif assurant la liaison entre plusieurs axes de communication.

Sa conception doit prendre en compte l'importance des différents flux de circulation, le site d'implantation ainsi que la topographie du terrain. Il convient également d'éviter de l'implanter dans des zones à fortes pentes ou présentant des dévers importants.

On désigne les échangeurs par :

- Les nœuds : qui assurent les liaisons entre voies de type « autoroute ».
- Les diffuseurs : qui relient l'autoroute à la voirie ordinaire.
- Mixte : quand il assure en plans des échanges avec voirie locale.

Notre échangeur s'agit d'un diffuseur reliant la pénétrante autoroutière à la RN 6.

XI.2 Rôle de l'échangeur

L'échangeur a pour rôle de :

- Assurer la continuité de l'autoroute.
- Permettre l'accès à plusieurs directions.
- Répartir les flux de circulation selon leur importance.
- Offrir aux usagers un déplacement confortable et sécurisé.
- Assurer une circulation fluide sans arrêts ni redémarrages.
- Réduire les accidents en supprimant les points de conflit.

XI.3 Les éléments de l'échangeur

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

- **Les carrefours plans** : On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements

Autoroute-route.

- **Ouvrage d'art (pont)** : De type passage supérieur ou inférieur.
- **Les bretelles (rampes d'entrées et rampes sorties)** : Sont des voies qui assurent et Raccorder les deux routes à la jonction. Il y a trois types de bretelles, comme indiquer sur la figure si dessous :



Figure IX.1: Les types de bretelle

IX.4. LES DIFFERENTS TYPES D'ECHANGEURS

IX.4.1. Echangeur majeur

Raccordement Autoroute- Autoroute

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

IX.4.2. Echangeur mineur

Raccordement Autoroute –Route

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

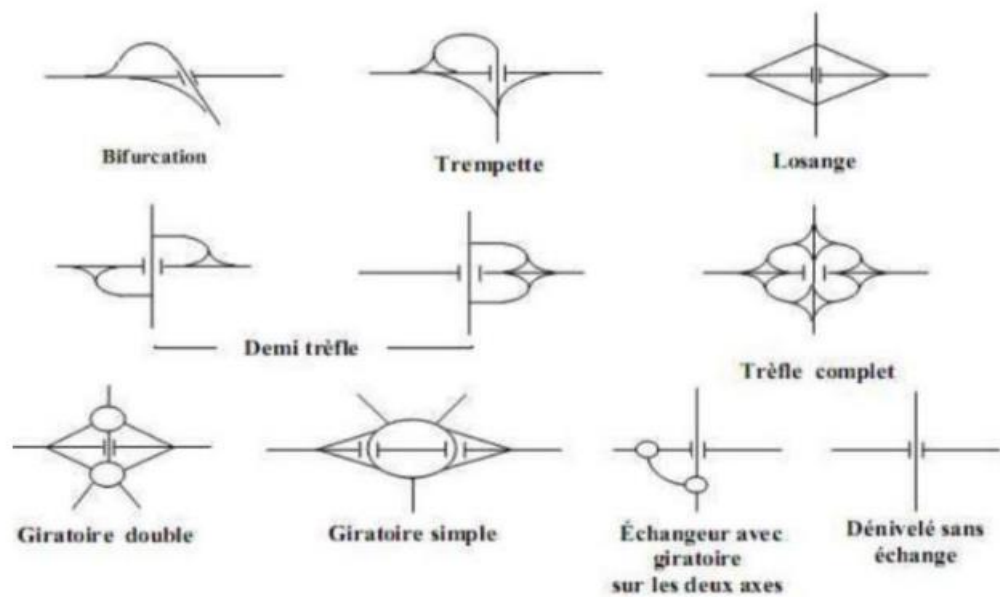


Figure IX.2: Les différents types d'échangeur

IX.5. ETAPE A SUIVRE POUR LE CHOIX D'UN ECHANGEUR

La sélection d'un échangeur se déroule en trois étapes :

- **Etape1 : détermination du tracé en se basant sur :**
 - Présentation du site d'installation.
 - Type de route et nombre de branches à relier
 - Répartition du trafic selon les différentes directions de circulation.
 - La vitesse d'approche pratique est utilisée pour évaluer les caractéristiques de la bretelle.

• Etape 2 :

Le choix de l'échangeur doit également garantir un niveau élevé de sécurité et de service, ce qui est réalisé en respectant les normes de conception établies, qui se résument ainsi :

- Tracé qui respecte les limites de conception telles que les valeurs des rayons et des alignements.
- Longueurs des voies « insertions, décélérations » réglementaires.

• Étape 3 : analyse.

C'est cette étape finale qui confirme la décision de choix du fait que le futur échangeur doit garantir les conditions de visibilité, de confort et de sécurité les plus optimales.

IX.6. CHOIX DU TYPE DE L'ECHANGEUR

Le choix du type d'échangeur dépend principalement de la classification des routes à raccorder.

Dans le cadre de notre projet, l'échangeur assure la liaison entre une autoroute à 2 × 3voies et la RN 6 à 2 × 1voie. Par conséquent, le type d'échangeur retenu est un diffuseur.

Afin d'assurer une connexion efficace entre les différents axes, le choix s'est porté sur un échangeur de type trempette, pour les raisons suivantes :

- La non-disponibilité de l'espace
- L'amélioration des conditions de sécurité et de visibilité pour les usagers ;
- La réduction du temps de parcours car cet échangeur favorise toutes les directions ; ainsi que son aspect esthétique.

Les vitesses de référence adoptées sont les suivantes :

- Vitesse maximale sur l'autoroute : 130 km/h ;
- Vitesse sur la RN06 : 80 km/h ;
- Vitesse au niveau de l'échangeur :
 - 40 Km/h sur les boucles ;
 - 60 km/h sur les bretelles.

X.7. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETELLES

IX.7.1. Tracé en plan d'une bretelle

Selon l'ECTAAL 2015 les Valeurs limites des rayons :

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

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

IX.7.2. Enchaînement des éléments du tracé en plan

Une boucle comporte un arc circulaire unique encadré par des arcs de clothoïdes.

Deux courbes successives de sens contraire doivent satisfaire à la condition : $R1 \leq 2R2$, où $R1$ et $R2$ notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées dans le sens de Circulation sauf si $R2 > 1.5Rdn$.

IX.7.3. 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.

IX.7.4. Profil en long d'une bretelle

Les valeurs limites des paramètres du profil en long selon L'ICTAAL sont les suivantes :

Tableau IX-2 : Les valeurs limites des paramètres du profil en long.

	Rayon minimal en angle saillant	Rayon minimal en angle rentrant	Déclivité maximal
Branche à deux voies circulaire 110 km/h	5200 m	3 000m	6 %
Branche/bretelle à deux voies ou une voie circulaire à 90 km	2 700 m	1 900 m	6 %
Branche/bretelle à une voie circulaire à 70 km/h	1 200 m	1 200 m	6 %
Bretelle à une voie circulaire à 70 km/h ou moins	1 100 m	800 m	6 %

IX.7.5. 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. Les largeurs des composantes du profil en travers selon L'ICTAAL sont les suivantes :

- Une voie de 5m
- Une bande dérasée de gauche BDG de 0,5m.
- Une bande dérasée de droite BDD de 1m.
- Berme de 1.5 m

IX.7.6. Pente transversale d'une bretelle

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

Tableau IX-3 : Pente transversale d'une bretelle

Élément	Rayons (m)	Valeur du dévers
Alignement ou rayon $\geq R_{nd}$	$300 < R < \infty$	2.5 %
Rayon déversé $R < R_{nd}$	$100 < R < 300$	Variation en $1/R$ entre 2.5 % (R300) et 7 % (R100)
	$R < 100$ m	7 %

IX.8. RACCORDEMENT AVEC L'AUTOROUTE

Le raccordement d'une bretelle à une autoroute nécessite généralement l'aménagement d'une voie d'accélération à l'entrée et d'une voie de décélération à la sortie. Ces dispositifs permettent aux usagers d'adapter progressivement leur vitesse aux conditions de circulation de l'autoroute. La voie d'accélération facilite l'insertion sécurisée des véhicules dans le trafic principal, tandis que la voie de décélération permet aux conducteurs de réduire progressivement leur vitesse avant de quitter l'autoroute, garantissant ainsi un niveau élevé de sécurité et de confort de conduite.

IX.8.1. La zone de décélération

Doit permettre à l'usager de passer de la vitesse conventionnelle de 70 km/h au niveau du point S.1,00 m, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée, selon une décélération en palier de $1,5 \text{ m/s}^2$. Elle est constituée des éléments géométriques compris entre le point S.1,00 m et le début de la partie circulaire de la courbe. Sa longueur minimale est donnée par la formule :

$$L_d = \frac{(V_s^2 - V_R^2)}{2(1,5 + 10p)}$$

Avec :

- p la déclivité en valeur algébrique (exemple pour une pente de 5 %, $p = -0,05$) ;
- V_s (en m/s) la vitesse conventionnelle au point S.1,00 m ;
- V_R (en m/s) la vitesse cible dépendant du rayon de la première courbe aval

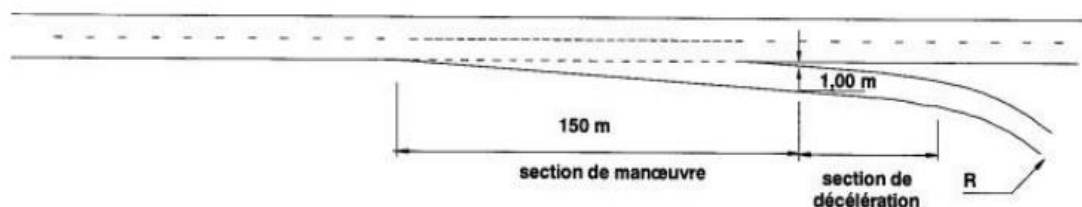


Figure IX.3: dispositif de sortie de l'autoroute.

IX.8.2. La zone d'accélération

Doit permettre à l'usager de passer de la vitesse associée au rayon de la dernière courbe parcourue, à une vitesse conventionnelle de 55 km/h au niveau du point E.1,00 m, selon une accélération de 1m/s^2 . Elle est constituée des éléments compris entre la fin de la partie circulaire de la dernière courbe et le point E.1,00 m. Sa longueur minimale est donnée par la formule :

$$La = \frac{(VE^3 - VR)}{2(1 - 10p)}$$

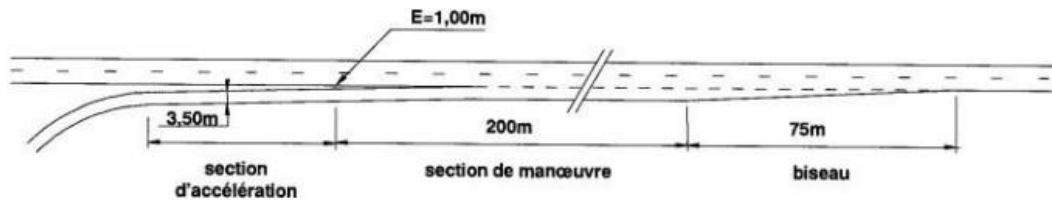


Figure IX.4: Dispositif d'entrée sur l'autoroute.

IX.9. CARREFOURS GIRATOIRES

Le carrefour giratoire est considéré comme l'un des carrefours les plus sûrs pour les usagers de la route. Cependant, ce niveau de sécurité peut diminuer si certaines règles de conception et d'aménagement ne sont pas bien respectées.

Pour garantir un bon fonctionnement du giratoire, il est important de bien choisir ses dimensions et son emplacement, d'assurer une bonne visibilité pour les conducteurs, et de concevoir correctement les différentes branches et les éléments qui composent le carrefour.

De plus, les détails de réalisation sont également importants, comme l'aménagement de l'îlot central ainsi que le choix et la mise en place de la signalisation routière.

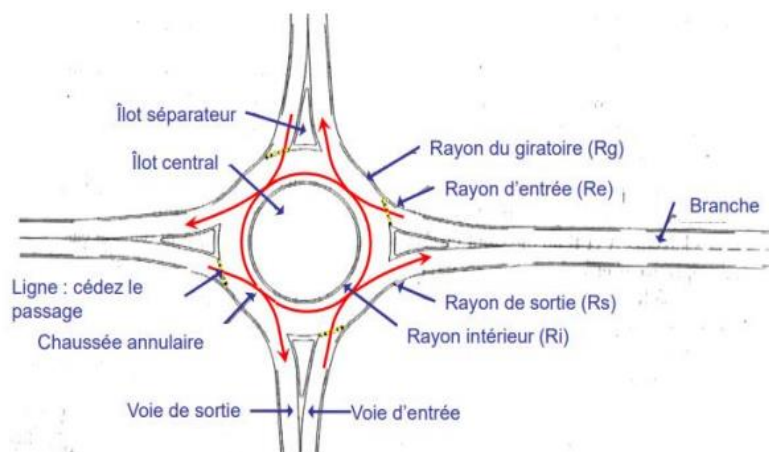


Figure IX.5: Les différents composants d'un carrefour giratoire

IX.9.1. Principes d'aménagement

L'aménagement d'un giratoire appelle les recommandations particulières suivantes :

- Préférer un aménagement simple.
- Exclure tout obstacle agressif.
- Donner à l'usager une bonne perception d'approche.
- Introduire une certaine contrainte de trajectoire.
- Vérifier que la capacité de l'aménagement est suffisante.
- Eviter de surdimensionner les composants de l'aménagement

IX.9.2. Configuration géométrique générale

• Disposition des branches :

Il est recommandé que l'axe des voies secondaires traverse le centre de l'îlot central du giratoire. Si cela n'est pas possible, un léger décalage peut être accepté, à condition que l'axe de la chaussée passe légèrement à gauche du centre de l'anneau.

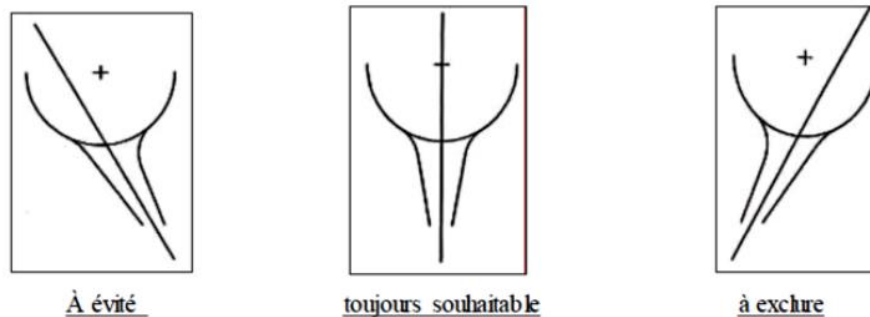


Figure IX.6: Disposition des branches

Pour une infrastructure nouvelle, on doit rechercher un alignement radial sur une longueur de 250 m environ (350 m dans le cas d'une entrée à 2 x 2 voies).

Pour l'aménagement d'une intersection existante en giratoire, cette longueur peut être ramenée à 150 m (250 m dans le cas d'une entrée à 2 x 2 voies)

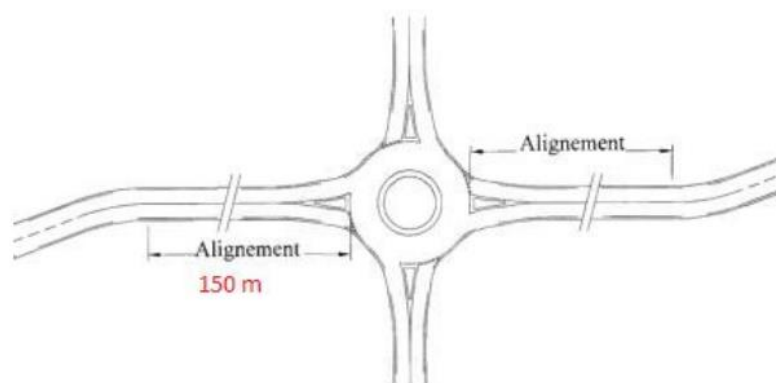


Figure IX.7: Alignement radial des branches

• Déflexion :

La déflexion des trajectoires dans un carrefour giratoire correspond au changement de direction que doit suivre un véhicule lorsqu'il traverse le giratoire, surtout entre deux branches opposées ou voisines. Ce point est très important pour la sécurité, car il permet de contrôler la vitesse des véhicules. En effet, la forme du giratoire doit empêcher les conducteurs de passer trop vite, notamment au-delà de 50 km/h. La déflexion est mesurée par le rayon d'une courbe qui passe à 1,50 m de l'îlot central et à 2,00 m des bords des voies d'entrée et de sortie. Ce rayon doit rester inférieur à 100 m pour garantir une bonne réduction de vitesse et assurer une circulation plus sûre pour tous les usagers.

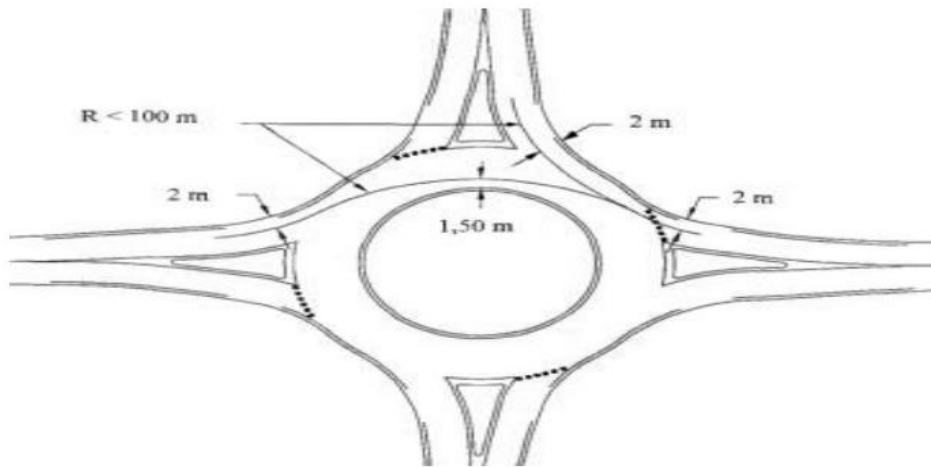


Figure IX.8: Déflexion des trajectoires

• Pente :

L'implantation d'un carrefour à sens giratoire sur une route présentant une déclivité inférieure à 3% ne pose aucun problème.

Pour les pentes supérieures à 6 %, on considère généralement que ce type d'aménagement de ce type carrefour doit être exclu.

Entre 3% et 6%, certaines dispositions peuvent s'avérer défavorables à la sécurité (visibilité)

Bien qu'il s'agisse d'une conjoncture qui doit être évitée, le positionnement d'un giratoire en point haut du profil en long de l'une des routes concernées par le carrefour n'est pas compatible avec le choix d'un aménagement de petite dimension

• Chaussée annulaire :

La chaussée annulaire d'un carrefour giratoire peut être organisée en plusieurs voies séparées par un marquage, mais elle est généralement perçue comme une seule voie large afin de faciliter la circulation, notamment pour les poids lourds.

La largeur de l'anneau dépend principalement du rayon du giratoire, de la largeur des voies et du nombre de voies à l'entrée la plus chargée. En pratique:

- Une largeur de 5 à 6 m est suffisante pour une voie,
- Environ 8 m est adapté pour une chaussée à deux voies,
- Et une largeur de 11 à 12 m convient pour une chaussée à trois voies.

Concernant le profil, la chaussée annulaire doit avoir une pente régulière de 1,5 à 2 %, orientée vers l'extérieur du giratoire. Cette disposition est importante pour plusieurs

raisons :

- Elle améliore la visibilité et la perception de la chaussée,
- Elle évite les changements brusques de pente aux entrées et sorties, ce qui améliore le confort et la stabilité des véhicules,
- Elle facilite aussi l'évacuation des eaux de pluie.

- **Entrées :**

Sur chaque branche, la voie d'entrée doit être séparé matériellement de la voie de sortie par un îlot séparateur construit en saillie par rapport à la chaussée. Un simple marquage ne suffit pas (sauf éventuellement pour délimiter les voies des branches très secondaires). Les entrées sont normalement à une seule voie, sauf lorsque la capacité calculée pour la mise en service rend nécessaire la création d'entrées à deux voies.

Si l'étude de la capacité calculée rend nécessaire la création plus de deux voies sur une entrée, on peut remettre en cause le choix du giratoire.

- **Sorties :**

La largeur des sorties d'un giratoire est généralement comprise entre 4,00 m et 5,00 m par voie. Ensuite, cette largeur est progressivement réduite pour atteindre la largeur normale de la chaussée en section courante, qui est le plus souvent de 3,50 m.

Concernant le rayon de sortie (R_s), il doit être supérieur au rayon intérieur du giratoire (R_i). Il est généralement compris entre 15 m et 30 m. Toutefois, dans certains cas particuliers, ces valeurs peuvent être dépassées en fonction des contraintes du site ou du projet.

Récapitulatif des différents paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie :

Tableau IX-4: Récapitulatif des différents paramètres de construction de giratoire.

	Notations	Paramétrage	Valeurs courantes (m)			
Rayon du giratoire	Rg	$12 \text{ m} \leq Rg \leq 25 \text{ m}$	12	15	20	25
Largeur de l'anneau	La	$6 \text{ m} \leq La \leq 9 \text{ m}$	7	7	7	8
Surlargeur franchissable	SLf	$1,5 \text{ m si } Rg \leq 15 \text{ m}$	1.5	1.5	/	/
Rayon intérieur	Ri	$Rg - La - SLf$	3.5	6.5	13	17
Rayon d'entrée	Re	$10 \text{ m} \leq Re \leq 15 \text{ m}$ et $\leq Rg$	12	15	15	15
Largeur de la voie entrante	Le	$Le = 4 \text{ m}$	4	4	4	4
Rayon de sortie	Rs	$15 \text{ m} \leq Rs \leq 30 \text{ m}$ et $> Ri$	15	20	20	20
Largeur de la voie sortante	Ls	$4 \text{ m} \leq Ls \leq 5 \text{ m}$	4	4	4.5	5
Rayon de raccordement	Rr	$Rr = 4 Rg$	48	60	80	100

• **L'îlot central :**

Il est recommandé de donner à l'îlot central une forme circulaire (la sécurité étant meilleur sur les girations circulaires) En milieu interurbain, une valeur de 15 à 30 m en général suffisante.

• **L'îlot séparateur :**

L'îlot séparateur a généralement une forme triangulaire. Il est conçu à partir d'un triangle dit de « construction ».

Cet élément joue plusieurs rôles importants :

- ✓ À l'approche du giratoire, il améliore la visibilité et permet de mieux identifier le carrefour.
- ✓ Il sépare les mouvements d'entrée et de sortie, ce qui réduit le risque de collision entre les flux de circulation.
- ✓ Il sert également de support pour l'implantation de la signalisation directionnelle.
- ✓ Enfin, il empêche les conducteurs de prendre le giratoire à contresens.

Le tableau ci-après récapitule les différents paramètres de construction des îlots séparateurs pour un rayon R_g

Tableau IX-5 : Récapitulatif des différents paramètres de construction des îlots séparateurs.

	Notation	Paramétrage	Valeurs courantes (m)			
Rayon giratoire	R_g		< 15	15	20	25
Hauteur du triangle de construction	H	$H = R_g$	12 à 15	15	20	25
Base du triangle de Construction	B	$B = \frac{R_g}{4}$	3 à 3,75	3.75	5	6.25
Départ de l'îlot sur l'axe	D	$d = (0.5 + \frac{R_g}{50})/2$ ou 0	0	0.4	0.45	0.5
Rayon de raccordement des bordures	r	$r = \frac{R_g}{50}$	0.25	0.30	0.40	0.5

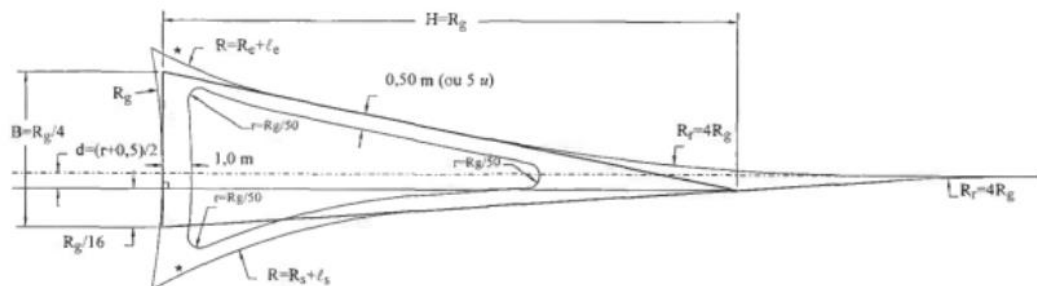


Figure IX.9: Construction des îlots séparateurs sur les branches des giratoires de rayon (R_g) > 15m

APPLICATION AU PROJET :

Concernant notre giratoires on résume tous ces caractères dans le tableau suivant :

✓ **Pour le giratoire :**

Tableau IX-6: différents paramètres de construction de giratoire

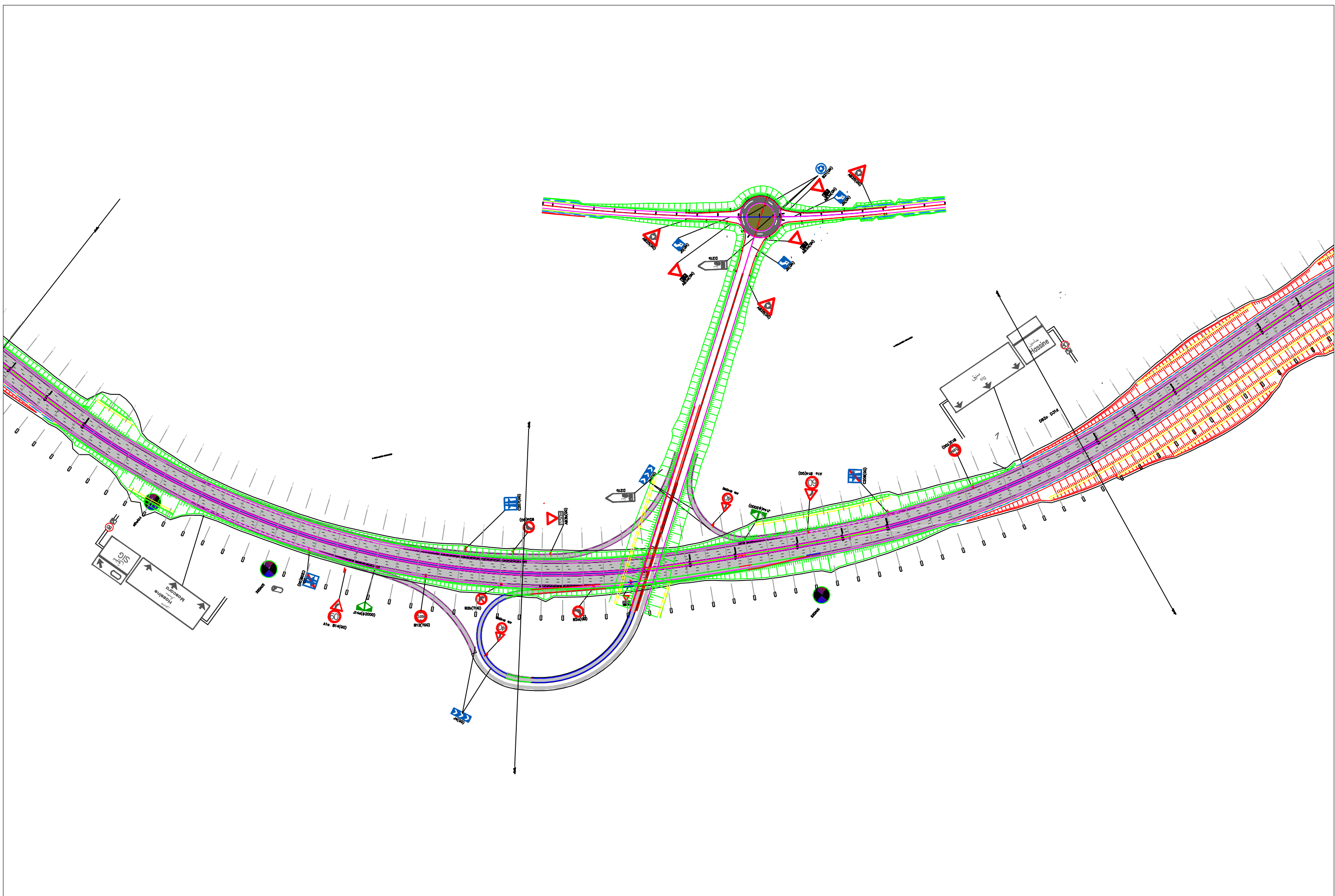
Rg	Rayon du giratoire	25 m
La	Largeur de l'anneau	8 m
Ri	Rayon intérieur	17 m
Re	Rayon d'entrée	15 m
Le	Largeur de la voie entrante	4 m
Rs	Rayon de sortie	20 m
Ls	Largeur de la voie sortante	5 m
Rr	Rayon de raccordement	100 m

✓ **Pour Les ilots séparateurs :**

Tableau IX-7 : différents paramètres de construction des îlots séparateurs

Rg	Rayon giratoire	25 m
H	Hauteur du triangle de construction	25 m
B	Base du triangle de construction	6.25 m
d	Départ de l'îlot sur l'axe	0,50 m
r	Rayon de raccordement des bordures	0,50 m

Remarque : le profil en long et le tracé en plan a été fait avec le logiciel CIVIL 3D.



CHAPITRE X : OUVRAGE D'ART

X.1. INTRODUCTION

Lors de la réalisation des infrastructures routières, plusieurs obstacles naturels ou artificiels peuvent être rencontrés, tels que les oueds, les rivières, les reliefs montagneux, les voies ferrées ou encore les routes existantes. Afin d'assurer leur franchissement, il est nécessaire de construire des ouvrages d'art.

Ces ouvrages jouent un rôle important dans les réseaux de transport, car ils permettent d'assurer la continuité, la sécurité et la fluidité de la circulation. Leur conception et leur réalisation demandent des connaissances techniques et une bonne maîtrise des principes du génie civil.

Dans ce chapitre, nous présenterons les différents ouvrages prévus dans le projet, leurs PK ainsi que les types d'ouvrages retenus pour le franchissement des obstacles rencontrés.

X.2. PRESENTATION DES OUVRAGES

X.2.1. Les ouvrages d'art de notre projet

- Un passage inférieur de de RN6
- Un ouvrage d'art pour l'échangeur

X.2.2. Description des ouvrages

Tableau X-1 : Les ouvrages au niveau du tracé

Ouvrage n°	PK	Longueur de L'OA(m)	Largeur de L'OA (m)
OA1(Passage sup)	11+375	600	21.5
OA2 (Echangeur)	9+950	40	13
OA3 Pont cadre	10+150	9	40

X.3. GABARIT A RESERVER

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 8 m

X.4. 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.

X.5. VARIANTES PROPOSEES

X.5.1. Variant : « Pont a poutre en Béton précontrainte »

X.5.1.1. Les avantages

- Possibilité d'avoir des portées plus importantes, et par conséquent une réduction des nombres d'appuis souvent très coûteux.
- Un des avantages de ce type de ponts est qu'ils peuvent être construits sur presque tous les types de terrain, grâce à leur mode constructif.
- Utilisation des éléments préfabriqués.
- Simplicité et rapidité d'exécution, ce qui réduit les délais et le coût.
- Suppression des joints entre les travées, ce qui représente un confort pour les usagers.

X.5.1.2. Les inconvénients

- La nécessité de fabriquer un béton plus résistant principalement avant 28 jours.
- La main d'œuvre doit être qualifiée.
- L'obligation d'attendre la fin de mise en tension pour pouvoir couler ou décoffrer.
- Poids très important.

X.5.3. Variant 2: « pont dalle en béton armé »

X.5.3.1. Les avantages

- Simplicité de conception et d'exécution.
- Faible hauteur de construction.
- Entretien réduit.
- Adapté aux petites portées.

X.5.3.2. Les inconvénients

- Portée limitée.
- Poids propre élevé.

- Quantité de béton importante.
- Temps de décoffrage relativement long

X.6. LES VARIANTES RETENUES

Tableau X-2 : Les variantes retenues

Ouvrage n°	PK	Solution recommandé	Gabarit (m)
OA1(Passage supérieur)	11+375	Pont a poutre en Béton Précontrainte	5.25
OA2(Echangeur)	9+950	Pont a poutre en Béton Précontrainte	5.25
OA3	10+150	Pont cadre	4.80

CHAPITRE XI : SIGNALISATION

XI.1. INTRODUCTION

La signalisation routière constitue un élément fondamental pour garantir la sécurité et la fluidité de la circulation. Elle a pour rôle d'informer, d'orienter, d'avertir et de réglementer les usagers tout au long de leur déplacement. Une signalisation bien conçue permet de diminuer les risques d'accidents, d'améliorer la compréhension de l'itinéraire et d'assurer une exploitation optimale de l'infrastructure routière. La conception et l'implantation d'une signalisation adaptée doivent respecter les normes en vigueur, tout en tenant compte des caractéristiques de la voie, de l'importance du trafic et des contraintes environnementales.

XI.2. OBJECTIF DE LA SIGNALISATION

- Garantir la sécurité de l'ensemble des usagers de la route.
- Organiser et fluidifier la circulation routière.
- Fournir aux usagers les informations nécessaires à leur déplacement.
- Favoriser le respect de la réglementation routière.
- Faciliter l'orientation, l'accessibilité et la navigation sur le réseau routier.

XI.3. REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION

- Conformité aux normes.
- Visibilité et lisibilité.
- Emplacement stratégique.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.

XI.4. LES CATEGORIES DE SIGNALISATION

- La Signalisation par panneaux.
- La Signalisation par marquage des chaussées.
- La Signalisation par balisage.
- La Signalisation par feux.
- La Signalisation par bornage

XI.5. LES TYPES DE SIGNALISATION

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

XI.6. SIGNALISATION HORIZONTALE

La signalisation horizontale désigne l'ensemble des lignes, marques et symboles tracés directement sur la chaussée afin d'informer, de guider, d'avertir et d'orienter les usagers de la route.

XI.6.1. Caractéristiques générales des marques de chaussée

XI.6.1.1. Couleur des marques de chaussée

Pour les couleurs des marquages sur chaussée on utilise la couleur blanche pour BAU et séparation de chaussée, et pour les autres marquages.

XI.6.1.2. Largeur des lignes des marquages

Les largeurs de ligne sont définies par rapport à une unité U, Les valeurs de U sont :

- U = 7,5 cm Sur l'Autoroute et les bretelles des diffuseurs, des nœuds autoroutiers et D'entrée/sortie Sur aires.
- U = 6 cm Sur les bretelles de sortie de l'Autoroute après les péages, sur les bretelles d'entrée de l'Autoroute avant les péages et sur les RN.
- U = 5 cm Sur toutes les autres routes qui ne sont pas nationales.

Pour notre projet U=7.5 cm

XI.6.2. Catégories de marques de chaussée

XI.6.2.1. Les lignes longitudinales

Elles servent à délimiter et organiser les voies de circulation, et comprennent notamment :

- **Les lignes continues :**

Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit, notamment dans les zones où la visibilité est insuffisante.

- **Les lignes discontinues :**

Ces lignes peuvent être franchies pour réaliser un dépassement ou effectuer un changement de direction.

Tableau XI-1 : Les caractéristiques des lignes longitudinales

Modulation	Désignation des marques	Largeur
Continue	Délimitation de TPC	3u
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2u
T2	Ligne de délimitation des voies de décélération, D'insertion ou d'entrecroisement	5u
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2u
T'3	Ligne de rive aux approches de certains	3u

	carrefours et dans les bretelles de raccordement	
T4	Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, en section Courante sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés	3u

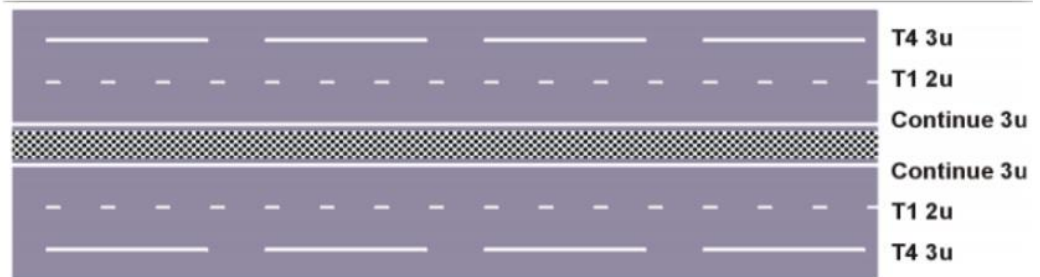


Figure XI.1: Les lignes de délimitation d'une autoroute

❖ Modulation des lignes discontinues :

Modulations des lignes discontinues sont recapitalisées dans le tableau suivant :

Tableau XI-2 : Les caractéristiques de modulation des lignes discontinues

Type de modalisation	Longueur de trait (m)	Distance entre trait successives(m)
T1	3.00	10
T'1	1.5	5
T2	3.00	3.5
T3	3.00	1.33
T'3	20	6
T4	39	13

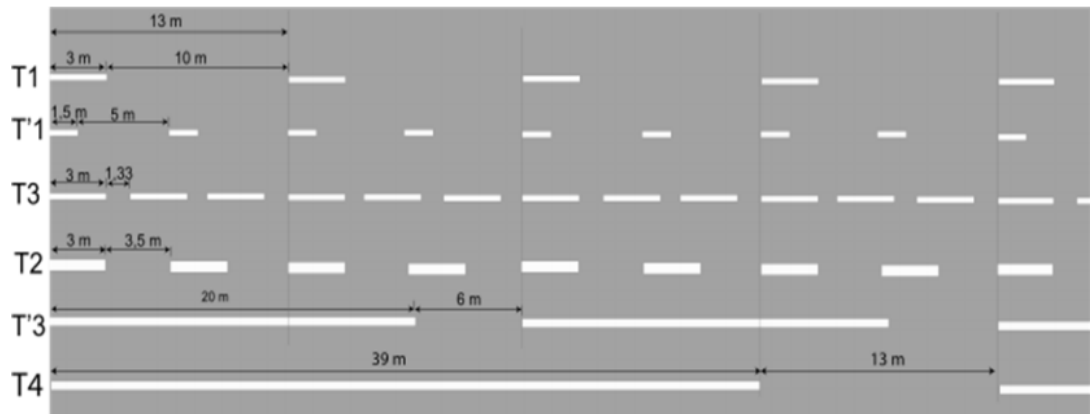


Figure XI.2: Les caractéristiques de modulation des lignes discontinues

XI.6.2.2. Les lignes transversales

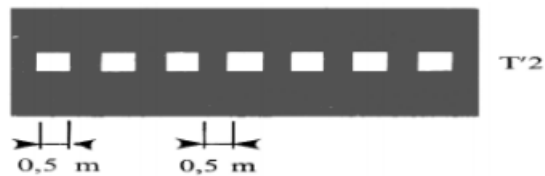


Figure XI.3: Lignes transversales

XI.6.2.3. Flèche de rabattement

Elle indique aux conducteurs qu'ils doivent changer de voie avant un rétrécissement de la chaussée ou une sortie, afin de garantir une circulation fluide et sécurisée.

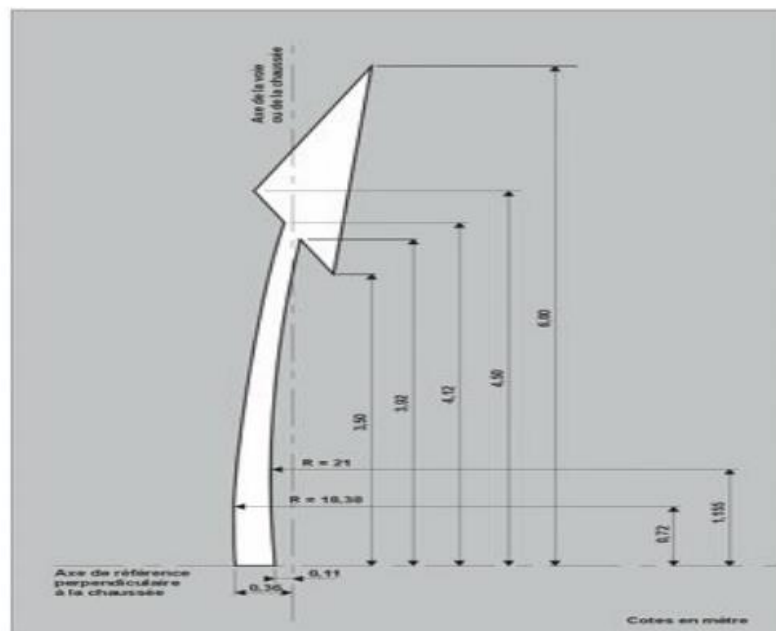


Figure XI.4: Flèche de rabattement

XI.6.2.4. Flèches directionnelles

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

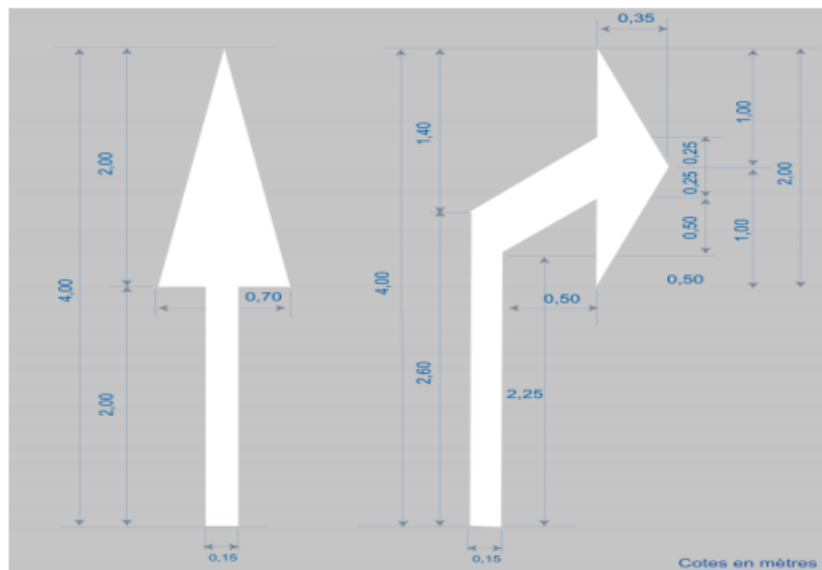


Figure XI.5: Flèches directionnelles

• Autres marques

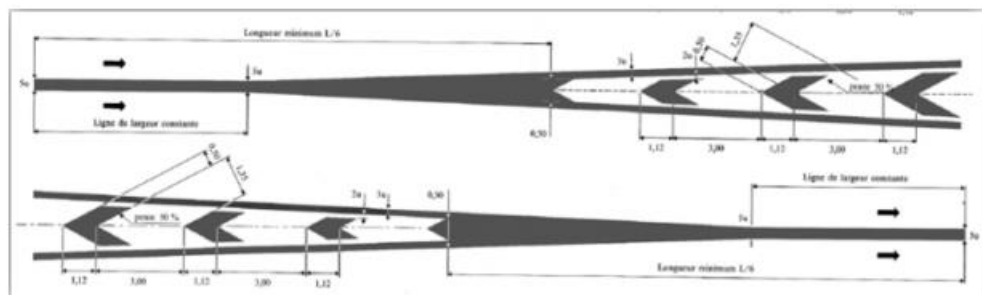


Figure XI.6: Schéma de marquage avec hachures

XI.7. SIGNALISATION VERTICALE

Le rôle de la signalisation verticale est d'informer les conducteurs grâce à des panneaux installés le long de la route, afin de leur fournir des indications et des informations utiles sur la circulation.

Types de panneaux :

- Panneau de signalisation d'interdiction ou de restriction : type C.



- Panneau de signalisation d'avertissement de danger : type A.



- Panneau de signalisation d'intersection : type A



- Panneau de Signalisation de giratoire : type A et D



- Signaux d'indication entrée/sortie de l'autoroute (E14/E15) :



- Balise de musoir (j14a) :



- Balisage de virages : J4



- Panneau de signalisation de direction :



CHAPITRE XII : IMPACT SUR L'ENVIRENNEMENT

XII.1. INTRODUCTION

La réalisation des infrastructures routières joue un rôle important dans le développement économique et l'amélioration des déplacements. Cependant, ce type de projet peut également avoir des effets sur l'environnement naturel et humain.

Pour cette raison, il est nécessaire d'effectuer une étude d'impact sur l'environnement afin d'identifier les effets possibles du projet et de réduire leurs conséquences négatives. Cette étude permet aussi de garantir une bonne intégration de l'ouvrage dans son environnement.

L'analyse prend en compte aussi bien la phase des travaux que la phase d'exploitation, tout en étudiant les impacts sur la faune, la flore, l'air, l'eau, les sols ainsi que sur les conditions de vie des populations riveraines.

XII.2. CADRE JURIDIQUE

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie est réalisée conformément au décret n° 90-78 du 17 février 1990. Cette étude doit comprendre plusieurs éléments importants :

- Une présentation détaillée du projet et de ses principales caractéristiques.
- Une analyse de l'état initial du site ainsi que de son environnement naturel et humain.
- Les mesures prévues pour éviter, réduire ou compenser les impacts négatifs sur l'environnement.
- Une estimation des coûts liés aux actions de protection de l'environnement.

XII.3. OBJECTIFS D'UNE ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

L'étude d'impact sur l'environnement permet d'identifier et d'évaluer les effets qu'un projet peut avoir sur l'environnement à court, moyen et long terme. Elle a également pour objectif de proposer des solutions afin de réduire au maximum les effets négatifs du projet. Cette étude vise principalement à :

- Identifier et évaluer les impacts du projet sur l'environnement physique, biologique et humain.
- Étudier les effets du projet sur le bruit, le paysage, la faune et la flore.
- Proposer des mesures pour limiter ou réduire les impacts négatifs du projet.
- Préserver la qualité de vie des populations actuelles et futures.
- Protéger les espèces animales et végétales ainsi que les milieux naturels

XII.4. IMPACT DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT

XII.4.1. Impacts pendant la phase de travaux

La phase de réalisation des travaux représente une étape importante durant laquelle plusieurs impacts sur l'environnement peuvent apparaître. Ce chapitre présente les

principaux effets liés aux travaux ainsi que les mesures prévues pour les éviter, les réduire ou les compenser autant que possible.

XII.4.1.1. Impacts positifs

Le principal impact positif attendu dans la phase des travaux est la création d'emplois temporaires.

XII.4.1.2. Impacts négatifs

Les principaux impacts négatifs peuvent être énumérés comme suit :

• Impact dû à la pollution de l'air :

Pendant la phase de chantier, la pollution de l'air sera principalement liée à une forte production de poussières, causée surtout par les travaux de terrassement et les déplacements des engins. Ces poussières dégraderont la qualité de l'air et entraîneront plusieurs effets, notamment :

1. Une réduction de la visibilité ;
2. Une augmentation de l'effet de brouillard ;
3. Le dépôt de poussières sur les zones situées à proximité du chantier.

• Impacts sur la faune et la flore :

La construction des projets routiers peut avoir des impacts importants sur les animaux et les plantes de la région. En effet, ces travaux peuvent détruire les milieux naturels, couper les espaces écologiques et isoler certaines populations animales.

Ainsi, plusieurs espèces voient leur habitat se réduire ou devenir difficile d'accès, ce qui perturbe leur mode de vie et diminue la diversité biologique.

De plus, la pollution, le bruit et l'éclairage artificiel liés à la route peuvent également déranger le comportement et la survie des espèces les plus sensibles.

• Impact sur l'agriculture :

La construction de projets routiers peut entraîner la perte de terres agricoles, soit par leur expropriation directe pour l'implantation de l'infrastructure, soit par la dégradation des sols environnants. L'interruption des réseaux d'irrigation, l'érosion des sols, ainsi que l'augmentation de la pollution (air, eau, sol) peuvent également affecter négativement la productivité agricole.

Par ailleurs, l'accès difficile aux exploitations en raison des travaux ou des modifications du réseau rural peut perturber les activités agricoles et compromettre les revenus des agriculteurs.

• Impact dû à l'accroissement du bruit et vibrations

Les travaux de construction de la future autoroute sont générateurs d'émissions sonores et de vibrations dues aux machines et équipements lourds et légers nécessaires à la construction. Aussi, l'augmentation du trafic routier entraînera un niveau accru de bruit.

XII.4.2. Impacts Pendant la phase d'exploitation

XII.4.2.1. Impacts positifs

Cet investissement est économiquement rentable et représente un moteur important pour le développement des secteurs agricole, industriel et touristique.

Plusieurs indicateurs montrent clairement l'importance de cet axe, qui desservira une grande partie de la population. Il favorisera le maintien et la création d'emplois dans les régions concernées, tout en dynamisant leur économie grâce à une meilleure accessibilité aux zones d'activités et aux sites touristiques.

XII.4.2.2. Impacts négatifs

• Émissions sonores :

La mise en service de l'autoroute va provoquer une augmentation continue du bruit dans la zone étudiée. Cela peut diminuer la qualité de vie des habitants proches et déranger les animaux vivant dans la région.

• Impact sur la qualité de l'air :

Lors de l'exploitation de l'autoroute, l'augmentation du trafic routier entraînera des émissions atmosphériques polluantes, affectant la qualité de l'air pour les résidents situés à proximité.

• Impacts sur l'agriculture :

La construction de l'autoroute peut avoir des effets négatifs sur l'agriculture. En effet, elle entraîne l'occupation de certaines terres agricoles, ce qui réduit les surfaces disponibles pour la culture et diminue ainsi la production. De plus, les cultures situées à proximité peuvent être exposées à la pollution. Les gaz d'échappement, les poussières et d'autres polluants provenant du trafic peuvent dégrader la qualité des sols et impacter les récoltes voisines.

XII.5. MESURES PRISES POUR MINIMISER LES IMPACTS

Il est important de définir les mesures qui peuvent être prises pour prévenir ou limiter les effets négatifs du projet sur l'environnement.

XII.5.1. Mesures en phase travaux

- Arrosage régulier des zones de chantier afin de limiter la dispersion des poussières.
- Entretien fréquent des engins de chantier pour réduire les émissions polluantes.
- Choix approprié de l'emplacement des bases de vie et des pistes d'accès, en les éloignant au maximum des zones sensibles et des habitations.
- Utilisation d'équipements peu bruyants et limitation des travaux pendant la nuit.
- Aménagement d'espaces dédiés pour l'entretien, le ravitaillement et le nettoyage des véhicules, afin de limiter les risques de pollution et de contamination des eaux.
- Réduction du nombre d'engins fonctionnant en même temps.

- Organisation des périodes de travaux en évitant les saisons de reproduction de la faune.
- Indemnisation des propriétaires fonciers et des biens expropriés dans le cadre de l'utilité publique.
- Réduction autant que possible des perturbations des autres réseaux et services.
- Mise en place d'une signalisation claire et adaptée pour les chantiers et les voies d'accès, notamment dans les zones à risque élevé d'accidents.
- Mise en place d'un suivi environnemental régulier pendant toute la durée des travaux.
- Élaboration de rapports d'impact environnemental afin de vérifier le respect des normes et des engagements.

XII.5.2. Mesures en phase exploitation

- Mettre en place des limitations de vitesse pour réduire le bruit généré par le trafic.
- Créer des passages agricoles.
- Créer des pistes parallèles.
- Contrôler et entretenir les dispositifs d'évacuation des eaux pluviales pour éviter la Pollution des sols et des nappes phréatiques.
- Assurer l'entretien des revêtements pour limiter la production de poussières et d'émissions polluantes.
- Créer des passages inférieurs pour les animaux, et aussi pour drainage d'eau (les dalots ont joué les deux rôles).
- Favoriser l'utilisation de véhicules propres (électriques,).
- Prévoir des actions de nettoyage régulières le long de la route.
- Entretien des plantations (terre-plein central, talus, etc.)
- Construction des passages inférieurs ou supérieurs pour les habitants comme les ponts pour les véhicules et les passerelles pour les piétons.
- Une signalisation claire et visible pour éviter les accidents et limiter les dégradation

XII.6. CONCLUSION

La construction de l'autoroute constitue un projet important qui favorisera le développement économique, social et touristique des régions traversées. Cependant, ce type d'infrastructure peut aussi entraîner des impacts sur l'environnement qu'il est nécessaire d'identifier et de maîtriser.

Pour cela, des mesures sont prévues afin de prévenir, réduire et compenser les effets négatifs, que ce soit pendant les travaux ou lors de l'exploitation. Ces actions permettent de limiter les impacts et de mieux intégrer l'infrastructure dans son milieu naturel et humain.

Enfin, un suivi environnemental continu sera assuré afin d'ajuster les mesures si nécessaire et de garantir un développement durable et équilibré.

CHAPITRE XIII :
DEVIS QUANTITATIF ET
ESTIMATIF

N°	DESIGNATIONS DES TRAVAUX	U	Prix Unitaire (H.T)	Quantité	Montant
1	INSTALLATIONS ET LOGISTIQUES DU CHANTIER				
1.1	Installation et rempliment du chantier.	F	5,745,774,700.00	1.00	770,000,000.00
1.2	Etude d'exécution et dossier de récolement.	F	246,247,500.00	1.00	330,000,000.00
TOTAL					1,100,000,000.00
2	TRAVAUX PREPARATION				
2.1	Scarification de la chaussée existante y compris toutes sujétions de bonne exécution .	MF	300.00	4,000.00	1,200,000.00
2.2	Abattage des arbres .	U	7,000.00	290.00	2,030,000.00
2.3	Déplacement de poteaux électrique MT .	U	4,000,000.00	1.00	4,000,000.00
TOTAL					7,230,000.00
3	Terrassement				
3.1	Décapage de terre végétale ép=50 cm .	MF	120.00	791,000.00	94,920,000.00
3.2	Déblai en terrain rocheux .	MF	4,000.00	136,800.00	547,200,000.00
3.3	Déblai en terrain semi rocheux .	MF	2,000.00	547,200.00	1,094,400,000.00
3.4	Déblai en terrain meuble .	MF	500.00	2,052,000.00	1,026,000,000.00
3.5	Déblai mis en remblais .	MF	800.00	987,000.00	789,600,000.00
3.6	Remblais en provenance d'emprunt .	MF	1,200.00	423,000.00	507,600,000.00
TOTAL					4,059,720,000.00
4	Construction du corps de chaussée				
4.1	Couche de forme en grave non traitée (GNT 0/31,5)	MF	2,500.00	441,650.00	1,104,125,000.00
4.2	Fourniture et mise en œuvre couche fondation en EME	T	10,000.00	89,865.60	898,656,000.00
4.3	Fourniture et mise en œuvre couche BASE en EME	T	10,000.00	77,544.00	775,440,000.00
4.4	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de roulement en BBEME	T	11,000.00	62,040.00	682,440,000.00
4.5	Couche d'imprégnation.	MF	250.00	270,000.00	67,500,000.00
4.6	Couche d'accrochage.	MF	200.00	540,000.00	108,000,000.00
4.7	Rechargement des bermes et TPC en TUF.	MF	1,200.00	7,456.00	8,947,200.00
TOTAL					3,645,108,200.00
5	Assainissement et Drainage				
5.1	Construction de fossé trapézoïdal (b=50cm, h=50cm, m150cm) , y compris terrassement, talutage, réglage et toutes sujétions.	ML	5,000.00	11,000.00	55,000,000.00
5.2	Construction de fossé de crete (b=50cm, h=50cm, m150cm) , y compris terrassement, talutage, réglage et toutes sujétions.	ML	5,000.00	6,900.00	34,500,000.00
5.3	F/P de descentes d'eau en béton, y compris l'enrochement à l'exutoire ,terrassement, fixation, raccordement et toutes sujétions.	ML	4,000.00	5,000.00	20,000,000.00
5.4	F/P de semi-buse Φ 400.	ML	3,000.00	6,000.00	18,000,000.00
5.5	F/P de caniveau à fente en béton .	ML	12,000.00	4,100.00	49,200,000.00
5.6	F/P de buses Φ1500 série 135 A en BA, y compris fouille, lit de pose, pose, remblai latéral et toutes sujétions de pose.	ML	50,000.00	510.00	25,500,000.00
5.7	F/P de buses Φ1200 série 135 A en BA, y compris fouille, lit de pose, pose, remblai latéral et toutes sujétions de pose.	ML	40,000.00	880.00	35,200,000.00
5.8	F/P de buses Φ1000 série 135 A en BA, y compris fouille, lit de pose, pose, remblai latéral et toutes sujétions de pose.	ML	30,000.00	800.00	24,000,000.00
5.9	F/P têtes simples de buse Φ 1200.	U	200,000.00	8.00	1,600,000.00
5.1	F/P têtes simples de buse Φ 1500.	U	280,000.00	3.00	840,000.00
5.11	F/P têtes simples de buse Φ 1000.	U	180,000.00	8.00	1,440,000.00
5.12	F/P de dalots en BA (RN27), y compris terrassement, calage, remblaiement et toutes sujétions de mise en œuvre.	MF	60,000.00	3,310.00	198,600,000.00
TOTAL					463,880,000.00

6 SIGNALISATION ET EQUIPEMENT ROUTIERS					
6.1	Marquages longitudinaux continue type 3U (22,5cm).	ML	250.00	20,000.00	5,000,000.00
6.2	Marquages longitudinaux discontinue type T1_2U (15cm).	ML	160.00	9,300.00	1,488,000.00
6.3	Marquages longitudinaux discontinue type T4_3U(22,5cm).	ML	250.00	6,700.00	1,675,000.00
6.5	Marquages longitudinaux discontinue type T2_5U(37,5cm).	ML	300.00	360.00	108,000.00
6.7	Panneau triangulaire de très grande gamme (côté nominal 1500mm)	U	25,000.00	36.00	900,000.00
6.8	Panneau circulaire de très grande gamme (diamètre de 1250mm)	U	20,000.00	25.00	500,000.00
6.9	Panneau carré de très grande gamme (côté nominal 1050mm)	U	12,000.00	10.00	120,000.00
6.10	Panneau triangulaire de normale gamme (côté nominal 1000mm)	U	20,000.00	22.00	440,000.00
6.11	Panneau circulaire de normale gamme (diamètre de 850mm)	U	17,000.00	12.00	204,000.00
6.12	Panneau carré de normale gamme (côté nominal 700mm)	U	10,000.00	4.00	40,000.00
6.13	Panneaux de types D (Portique)	U	4,000,000.00	2.00	8,000,000.00
6.14	Balise de type J4	U	8,000.00	4.00	32,000.00
6.15	Balise de type J5	U	20,000.00	6.00	120,000.00
6.16	Balise de musoir de type J14a .	U	22,000.00	2.00	44,000.00
6.17	Bordures préfabriquées type T2.	ML	1,200.00	170.00	204,000.00
6.19	Glissière de sécurité en béton (GBA) .	ML	12,000.00	32,000.00	384,000,000.00
TOTAL					402,875,000.00
7 Ouvrage d'art					
7.1	Passage supérieur (en precontrainte).	MP	350,000.00	520.00	182,000,000.00
7.3	Passage sup(pont cadre en BA)	MP	250,000.00	155.00	38,750,000.00
7.4	Viaduc (en precontrainte),	MP	350,000.00	12,600.00	4,410,000,000.00
TOTAL					4,630,750,000.00
MONTANT H T	14,309,563,200.00				
MONTANT DE LA TVA (19%)	2,718,817,008.00				
MONTANT EN TTC	17,028,380,208.00				

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Cette étude d'Avant-Projet Détaillé (APD) m'a permis de cerner l'ensemble des problèmes techniques susceptibles de se présenter dans un projet routier. Elle a constitué pour moi une occasion de tirer profit de l'expérience des professionnels du domaine et d'acquérir une méthodologie rationnelle pour l'élaboration d'un projet de travaux publics en général, et d'un projet routier en particulier.

D'une part, ce travail m'a permis d'apprendre une démarche méthodique à suivre pour concevoir et développer un projet de travaux publics. D'autre part, il m'a offert l'opportunité d'approfondir mes connaissances et de mieux maîtriser les outils informatiques spécialisés, notamment les logiciels Civil 3D, AutoCAD, Global Mapper, ALIZÉ-LCPC et GEO5.

Enfin, l'élaboration de ce mémoire m'a permis non seulement de mettre en pratique les connaissances acquises durant mes trois années de formation, mais également de mieux appréhender mon avenir professionnel. Je serai ainsi mieux préparé à contribuer au développement de mon pays à travers la conception et la réalisation d'infrastructures de qualité.

BIBLIOGRAPHIE

- ICTAAL : INSTRUCTION SUR LES CONDITIONS TECHNIQUES
- D'AMÉNAGEMENT DES AUTOROUTES DE LIAISON 2015.
- ICTAAL Guide Échangeur, SETRA 2015.
- AMÉNAGEMENT DES CARREFOURS INTERURBAINS SUR LES ROUTES
- PRINCIPALES-CARREFOURS PLANS SETRA-DECEMBRE 1998.
- B 40.
- Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves. Ministère des Travaux Publics / « CTP ». 2001.
- Guide des terrassements routiers GTR. SETRA – 1994.
- Guide technique Assainissement routier SETRA-2006
- Cours Enstp 1ère et 2ème année de route de Mr Mahrez.
- Cours Enstp 2ème année de géotechnique routière Mr HAMADI KAMEL.
- Cours Enstp 2ème année d'hydraulique de Mr LEFKIR.
- Thèses de route des années passée.
- Signalisation routière.
- Rapprot géotechnique de projet.
- Rapport hydraulique de projet.
- Site web : wikipedia.com.
- Logiciels utilisés :
- CIVIL 3D 2023.
- GEO5.
- AUTOCAD 2023.
- ALIZE LCPC.
- GLOBAL MAPPER.
- Google Earth pro.
- Microsoft Office (word, excel)

ANNEXES

Axe en plan: Axe - SIG
Description:
Plage d'abscisse : Début: 8+400.00, Fin: 19+119.29

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			8+400.00	214802.7474	3935994.5549
DR1	ANG=153.3200 (g)	31.427			
			8+431.43	214823.7812	3935971.2043
CLO2	A=284.165				
	R=850.000	95.000			
			8+526.43	214886.0290	3935899.4567
ARC3	XC=214223.6860				
	YC=3935366.7263				
	R=850.000	480.232			
			9+006.66	215068.3235	3935462.0538
CLO4	A=311.288				
	R=850.000	114.000			
			9+120.66	215076.0316	3935348.3375
CLO5	A=337.639				
	R=1000.000	114.000			
			9+234.66	215083.3588	3935234.5897
ARC6	XC=216078.1279				
	YC=3935336.7389				
	R=1000.000	714.979			

			9+949.64	215393.9400	3934607.4331
CLO7	A=337.639				
	R=1000.000	114.000			
			10+063.64	215479.9716	3934532.6614
DR8	ANG=144.3399 (g)	8.993			
			10+072.63	215486.8705	3934526.8919
CLO9	A=418.330				
	R=1000.000	175.000			
			10+247.63	215624.2827	3934418.6235
ARC10	XC=216196.3217				
	YC=3935238.8500				
	R=1000.000	274.821			
			10+522.45	215868.3374	3934294.1668
CLO11	A=418.330				
	R=1000.000	175.000			
			10+697.45	216036.6649	3934246.5219
CLO12	A=418.330				
	R=1000.000	175.000			
			10+872.45	216204.9923	3934198.8769
ARC13	XC=215877.0080				
	YC=3933254.1938				
	R=1000.000	447.450			

			11+319.90	216581.4375	3933963.9677
CLO14	A=418.330				
	R=1000.000	175.000			
			11+494.90	216698.2097	3933833.7049
DR15	ANG=155.3298 (g)	164.284			
			11+659.19	216804.2548	3933708.2315
CLO16	A=284.165				
	R=850.000	95.000			
			11+754.19	216866.9094	3933636.8389
ARC17	XC=217484.4472				
	YC=3934220.9169				
	R=850.000	775.621			
			12+529.81	217568.6781	3933375.1006
CLO18	A=284.165				
	R=850.000	95.000			
			12+624.81	217662.7812	3933388.0274
DR19	ANG=90.1234 (g)	1304.221			
			13+929.03	218951.3381	3933589.5542
ARC20	XC=219183.1165				
	YC=3932107.5694				
	R=1500.000	433.673			
			14+362.70	219383.4783	3933594.1276

DR21	ANG=108.5291 (g)	586.471			
			14+949.17	219964.6935	3933515.7900
CLO22	A=300.000				
	R=900.000	100.000			
			15+049.17	220063.5195	3933500.6019
ARC23	XC=219893.9614				
	YC=3932616.7183				
	R=900.000	729.342			
			15+778.51	220651.2417	3933103.0583
CLO24	A=300.000				
	R=900.000	100.000			
			15+878.51	220702.1197	3933016.9846
DR25	ANG=167.1930 (g)	203.989			
			16+082.50	220802.6503	3932839.4873
CLO26	A=334.664				
	R=1000.000	112.000			
			16+194.50	220859.6479	3932743.0934
ARC27	XC=221700.8302				
	YC=3933283.8450				
	R=1000.000	1060.734			
			17+255.24	221762.0600	3932285.7213
CLO28	A=334.664				

	R=1000.000	112.000			
			17+367.24	221873.5004	3932296.7453
CLO29	A=334.664				
	R=1000.000	112.000			
			17+479.24	221984.9409	3932307.7693
ARC30	XC=222046.1707				
	YC=3931309.6456				
	R=1000.000	533.095			
			18+012.33	222500.6851	3932200.3850
CLO31	A=334.664				
	R=1000.000	112.000			
			18+124.33	222598.4647	3932145.7989
DR32	ANG=133.6025 (g)	368.463			
			18+492.79	222916.7812	3931960.2198
ARC33	XC=223672.2670				
	YC=3933256.0752				
	R=1500.000	367.517			
			18+860.31	223253.6765	3931815.6648
DR34	ANG=118.0046 (g)	258.983			
			19+119.29	223502.3712	3931743.3929

Profil en long : LR_SIG**Description:****Plage d'abscisse : Début: 8+400.00, Fin: 19+119.29****LONGUEUR DE L'AXE : 10719.290m**

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			8+400.00	96.350
D1	PENTE= 4.50%	187.106		
			8+587.11	104.770
PAR1	S= 8+857.11 Z= 116.920 Point élevé= 120.970m (9+127.11)			
	R= 18000.000	540.000		
			9+127.11	120.970
D2	PENTE= 1.50%	1817.078		
			10+944.18	148.226
PAR2	S= 11+131.68 Z= 151.038 Point élevé= 149.632m (11+131.68)			
	R= 12500.000	375.000		
			11+319.18	148.226
D3	PENTE= -1.50%	56.483		
			11+375.67	147.379
PAR3	S= 11+719.42 Z= 142.222 Point bas= 145.972m (11+563.17)			
	R= 12500.000	687.500		
			12+063.17	155.972
D4	PENTE= 4.00%	5366.011		
			17+429.18	370.613

PAR4	S= 18+053.60 Z= 395.590 Point élevé= 381.714m (17+984.22)			
	R= 13876.110	1248.850		
			18+678.03	364.369
D5	PENTE= -5.00%	441.267		
			19+119.29	342.305

Axe en plan: Axe - ANNEAU

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+157.08

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	215826.6098	3934763.1165
ARC1	XC=215807.6369				
	YC=3934779.3962				
	R=25.000	83.051			
			0+083.05	215786.0505	3934792.0068
ARC2	XC=215807.6369				
	YC=3934779.3962				
	R=25.000	74.029			
			0+157.08	215826.6098	3934763.1165

Axe en plan: Axe - ECH

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+522.90

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	215350.1802	3934582.3951
DR1	ANG=74.1124 (g)	522.901			
			0+522.90	215830.4408	3934789.2166

Axe en plan: Axe - GIR01

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+253.66

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	215915.2171	3934672.3527
DR1	ANG=348.2250 (g)	9.079			
			0+009.08	215908.6205	3934678.5912
ARC2	XC=216833.7573				
	YC=3935656.8116				
	R=1346.400	82.545			
			0+091.62	215850.4236	3934737.1117
ARC3	XC=215923.4579				
	YC=3934805.4198				
	R=100.000	20.016			
			0+111.64	215838.3004	3934752.9965
DR4	ANG=364.8704 (g)	9.295			

			0+120.94	215833.4275	3934760.9120
ARC5	XC=215846.2012				
	YC=3934768.7755				
	R=15.000	12.308			
			0+133.24	215831.7396	3934772.7583
ARC6	XC=215807.6369				
	YC=3934779.3962				
	R=25.000	48.000			
			0+181.24	215805.6279	3934804.3154
ARC7	XC=215804.0206				
	YC=3934824.2507				
	R=20.000	17.798			
			0+199.04	215789.5426	3934810.4527
DR8	ANG=351.5308 (g)	36.458			
			0+235.50	215764.3904	3934836.8445
ARC9	XC=215836.7807				
	YC=3934905.8346				

	R=100.000	8.161			
			0+243.66	215759.0072	3934842.9754
ARC10	XC=217467.2238				
	YC=3936223.6162				

	R=2196.400	10.000			
			0+253.66	215752.7390	3934850.7670

Axe en plan: Axe - GIR02

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+125.93

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0+000.00	215747.1188	3934846.2667
ARC1	XC=217467.2238				
	YC=3936223.6162				
	R=2203.600	31.745			
			0+031.75	215767.1387	3934821.6306
ARC2	XC=215689.9883				
	YC=3934758.0081				
	R=100.000	17.291			
			0+049.04	215776.9346	3934807.4080
DR3	ANG=167.1070 (g)	12.115			
			0+061.15	215782.9194	3934796.8744
ARC4	XC=215772.4859				
	YC=3934790.9464				
	R=12.000	10.010			
			0+071.16	215783.8862	3934787.2004
ARC5	XC=215807.6369				

	YC=3934779.3962				
	R=25.000	0.189			
			0+071.35	215783.8278	3934787.0202
ARC6	XC=215764.7804				
	YC=3934793.1193				
	R=20.000	15.841			
			0+087.19	215773.8178	3934775.2776
DR7	ANG=270.1518 (g)	22.520			
			0+109.71	215753.7276	3934765.1014
ARC8	XC=215708.5411				
	YC=3934854.3100				
	R=100.000	6.221			
			0+115.93	215748.0938	3934762.4646
DR9	ANG=274.1124 (g)	10.000			
			0+125.93	215738.9092	3934758.5093

Axe en plan: Axe - GIR03
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+202.68

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	215745.2376	3934743.8141
DR1	ANG=74.1124 (g)	14.190			
			0+014.19	215758.2706	3934749.4266
ARC2	XC=215797.8233				
	YC=3934657.5812				
	R=100.000	18.284			
			0+032.47	215775.6296	3934755.0873
DR3	ANG=85.7524 (g)	12.079			
			0+044.55	215787.4070	3934757.7680
ARC4	XC=215790.7361				
	YC=3934743.1421				
	R=15.000	9.900			
			0+054.45	215797.0739	3934756.7374
ARC5	XC=215807.6369				
	YC=3934779.3962				
	R=25.000	13.360			

			0+067.81	215810.0874	3934754.5166
ARC6	XC=215812.0478				
	YC=3934734.6129				
	R=20.000	17.433			
			0+085.25	215826.0204	3934748.9226
DR7	ANG=149.2412 (g)	85.880			
			0+171.13	215887.4666	3934688.9241
ARC8	XC=216830.6147				
	YC=3935654.8286				
	R=1350.000	21.549			
			0+192.68	215903.0044	3934673.9927
DR9	ANG=148.2250 (g)	10.000			
			0+202.68	215910.2698	3934667.1215

Axe en plan: Axe - RN6

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+486.89

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	215964.7000	3934620.6000
DR1	ANG=348.2250 (g)	80.591			
			0+080.59	215906.1469	3934675.9757
ARC2	XC=216833.7573				
	YC=3935656.8116				
	R=1350.000	123.472			

			0+204.06	215820.4411	3934764.7967
DR3	ANG=354.0475 (g)	6.882			
			0+210.94	215815.8938	3934769.9624
ARC4	XC=217467.2238				
	YC=3936223.6162				
	R=2200.000	256.975			
			0+467.92	215657.7357	3934972.3158
DR5	ANG=361.4837 (g)	18.971			
			0+486.89	215646.9455	3934987.9193

Profil en long : LR_Axe - ANNEAU

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+157.08

LONGUEUR DE L'AXE : 157.080m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	117.397
D1	PENTE= -1.31%	19.470		
			0+019.47	117.141
PAR1	S= 0+046.14 Z= 116.791			

	Point bas= 117.012m (0+039.18)			
	R= 1500.000	53.343		
			0+072.8 1	117.38 9
D2	PENTE= 2.24%	4.682		
			0+077.5 0	117.49 4
PAR2	S= 0+104.17 Z= 118.092 Point élevé= 117.871m (0+111.13)			
	R= 1500.000	53.343		
			0+130.8 4	117.74 2
D3	PENTE= - 1.31%	26.240		
			0+157.0 8	117.39 7

Profil en long : LR_ECH

Description:

Plage d'abscisse : Début: -0+000.77, Fin: 0+522.90

LONGUEUR DE L'AXE : 523.670m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+066.18	140.159
PAR0	S= 0+107.44 Z= 139.541 Point élevé= 140.159m (0+066.18)			
	R= 1500.000	82.524		
			0+148.70	136.652
D1	PENTE= -7.00%	218.102		
			0+366.80	121.385
PAR1	S= 0+438.85 Z= 116.342 Point bas= 117.708m (0+471.87)			
	R= 1501.000	144.096		
			0+510.90	118.215
D2	PENTE= 2.60%	12.002		
			0+522.90	118.527

Profil en long : LR_GIR01
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+253.66
LONGUEUR DE L'AXE : 253.660m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	118.333
D1	PENTE= -4.53%	4.572		
			0+004.57	118.126
PAR1	S= 0+050.00 Z= 116.068 Point bas= 116.599m (0+071.99)			
	R= 1488.310	90.856		
			0+095.43	116.783
D2	PENTE= 1.57%	14.029		
			0+109.46	117.004
PAR2	S= 0+128.20 Z= 117.299 Point élevé= 117.188m (0+132.77)			
	R= 1480.607	37.487		
			0+146.94	117.120
D3	PENTE= -0.96%	0.000		
			0+146.94	117.120
PAR3	S= 0+161.70 Z= 116.979 Point bas= 117.051m (0+161.38)			
	R= 1507.668	29.505		
			0+176.45	117.126
D4	PENTE= 1.00%	0.000		
			0+176.45	117.126

PAR4	S= 0+190.21 Z= 117.264 Point élevé= 117.174m (0+186.10)			
	R= 965.096	27.526		
			0+203.98	117.009
D5	PENTE= -1.85%	12.183		
			0+216.16	116.783
PAR5	S= 0+233.98 Z= 116.453 Point élevé= 116.783m (0+216.16)			
	R= 4315.397	35.635		
			0+251.79	115.976
D6	PENTE= -2.68%	1.867		
			0+253.66	115.926

Profil en long : LR_Axe - GIR02

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+125.93

LONGUEUR DE L'AXE : 125.930m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	115.926
D1	PENTE= 2.68%	6.085		
			0+006.09	116.089
PAR1	S= 0+046.20 Z= 117.162 Point élevé= 117.474m (0+086.32)			
	R= 4228.719	80.232		
			0+086.32	117.474
D2	PENTE= 0.78%	1.976		

			0+088.29	117.490
D3	PENTE= 0.78%	1.145		
			0+089.44	117.499
PAR3	S= 0+106.84 Z= 117.634 Point bas= 117.499m (0+089.44)			
	R= 1641.140	34.814		
			0+124.25	118.139
D4	PENTE= 2.90%	1.682		
			0+125.93	118.188

Profil en long : LR_Axe - GIR03

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+202.68

LONGUEUR DE L'AXE : 202.680m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	118.188
D1	PENTE= -2.75%	11.381		
			0+011.38	117.875
PAR1	S= 0+025.00 Z= 117.501 Point bas= 117.623m (0+029.75)			
	R= 668.977	27.239		
			0+038.62	117.682
D2	PENTE= 1.33%	1.866		
			0+040.49	117.707
PAR2	S= 0+056.73 Z= 117.922 Point élevé= 117.787m (0+052.60)			

	R= 913.912	32.483		
			0+072.97	117.560
D3	PENTE= -2.23%	26.506		
			0+099.47	116.969
PAR3	S= 0+148.47 Z= 115.877 Point bas= 116.609m (0+131.79)			
	R= 1449.807	97.989		
			0+197.46	118.097
D4	PENTE= 4.53%	5.214		
			0+202.68	118.333

Profil en long : LR_RN6

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+486.89

LONGUEUR DE L'AXE : 486.890m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	121.662
D1	PENTE= -4.53%	75.919		
			0+075.92	118.223
PAR1	S= 0+125.00 Z= 116.000 Point bas= 116.684m (0+143.87)			

	R= 1500.000	98.162		
			0+174.08	116.988
D2	PENTE= 2.01%	39.102		
			0+213.18	117.776
PAR2	S= 0+223.25 Z= 117.979 Point élevé= 117.877m (0+223.25)			
	R= 500.000	20.127		
			0+233.31	117.776
D3	PENTE= -2.01%	38.216		
			0+271.53	117.008
PAR3	S= 0+334.15 Z= 115.748 Point élevé= 117.008m (0+271.53)			
	R= 6000.000	125.250		
			0+396.78	113.181
D4	PENTE= -4.10%	2.787		
			0+399.56	113.067
PAR4	S= 0+426.31 Z= 111.971 Point bas= 111.828m (0+453.06)			
	R= 1500.000	53.497		
			0+453.06	111.828
D5	PENTE= -0.53%	33.830		
			0+486.89	111.648

ANNEXE 2 DE SONDAGES

N° Sondage	PK	Profondeur		Description	Profondeur D'échantillon	Yd	W	SR	Yh	WL	Ip	Wp	(Edomètre				CISA				IRIA VIAT		
		De	à										PC	e 0	ef	pg	uu		cd		cd	ϕ'	
																	cu	ϕuu	C'	ϕ'			
SD04	12+820	0	2	Marne brunâtre	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		2	10.15	Marne vert-brunâtre	2.10 – 2.52	1.85	15.74	92.28	2.14	39.15	15.54	23.61	/	/	/	/	/	/	0.33	37.23	/	/	
					6.15 – 6.40	1.75	19.64	97.76	2.09	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
					9.40 – 9.97	1.74	20.29	100	2.1	55.88	27.63	28.25	/	0.516	0.53	1.45	/	/	/	/	/	/	
SD05	13+100	0	3	Marne de couleur brun-verdâtre	2.50 – 2.95	1.69	22.07	99.89	2.06	48.49	24.3	24.19	/	/	/	/	/	/	0.37	13.63	/	/	
		3	9.4	Marne vert-brunâtre	8.50 – 9.0	1.73	20.59	99.75	2.09	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
		9.4	30.45	Marne vert--grisâtre	14.40 – 14.84	1.87	15.73	95.89	2.17	37.09	20.93	16.16	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
					21.00- 21.40	1.91	14.32	93.04	2.18	/	/	/	/	0.489	0.527	0.511	/	/	/	/	/	/	
					26.58 – 27.08	1.9	15.64	99.96	2.19	/	/	/	/	0.486	0.488	0.31	/	/	/	/	/	/	
SD06	13+360	0	2	Argile marneuse, vert-brunâtre	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
		2	11.5	Marne vert-brunâtre à verdâtre	2.18 – 2.57	1.86	15.36	91.39	2.14	41.45	17.37	24.08	/	/	/	/	/	/	0.78	15.33	/	/	
					6.48 – 6.86	1.75	19.89	98.56	2.1	42.62	20.43	22.19	/	0.596	0.632	1.25	/	/	0.41	31.46	/	/	
					10.80 – 11.25	1.84	17.26	99.5	2.16	41.86	17.18	24.68	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		11.5	20.25	Marne vert-grisâtre	17.50 – 17.95	1.87	16.34	98.83	2.17					0.452	0.459	1.77							
					19.95 – 20.05	1.88	15.97	99.2	2.18														
S2D07	14+020	0	14.5	Marne verdâtre	3.32 – 3.60	1.89	14.82	94.03	2.17	33.73	14.03	19.7	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
					7.00 – 7.30	1.87	16.07	97.61	2.17	49.46	25.89	22.57	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					11.30 – 11.70	2.07	10.99	97.47	2.3	/	/	/	/	0.367	0.376	0.9	/	/	/	/	/	/	/
		14.5	18	Marne sableuse de couleur grisâtre	16.10 – 16.60	1.88	16.05	99.31	2.18	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
S2D08	14+330	0	10	Marne verdâtre	3.70 – 4.00	1.83	17.47	99.23	2.15	54.79	28.61	26.18		0.549	0.608	3.71	/	/	/	/	/	/	
					5.60 – 6.10	1.81	18.01	98.91	2.14	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
					9.70 – 10.07	2.08	10.88	99.12	2.31	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		10	12.8	Marne sableuse grisâtre	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
S2D09	14+660	0	13.5	Marne verdâtre	3.70 – 4.00	2.05	11.76	99.43	2.29	37.65	19.22	18.43	/	0.43	0.456	0.92	/	/	0.74	35.52	/	/	
					3.70 – 4.00	2.02	12.25	98.53	2.27	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		13.5	16.1	Marne sableuse grisâtre,	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
S2D10	15+090	0	15.5	Marne verdâtre à ver-grisâtre	3.38 – 3.86	1.76	19.05	96.73	2.1	71.66	46.57	25.09	/	0.705	0.824	1.72			0.49	24.19			
					10.05 – 10.55	1.83	17.54	99.3	2.15	52.3	27.26	25.04	/	/	/	/	/	/	0.73	23.74	/	/	
					15.00 – 15.40	1.87	16.31	99	2.17	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		15.5	16	Marne sableuse de couleur grisâtre	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
S2D11	15+720	0	13.7	Marne verdâtre	4.5-4.9	/	/	/	/	47.63	24.22	23.41	/	/	/	/			0.21	26.63			
					9.75-10.05	/	/	/	/	62	36.23	25.77	/	/	/	/			0	21.7			
					13.25-13.7								0.444	0.45	1.98			93	7				
		13.7	20.15	Marne verdâtre grisâtre	19.4-19.8	1.97	12.88	93.93	2.22														
S2D12	16+100	0	1.6	Terre végétale constituée d'argile	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		1.6	3.7		2.10 – 2.40	2	13.07	99.89	2.26	56.66	33.36	23.3	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
		3.7	14.3	Marne brunâtre	6.60 – 6.95	1.78	19.12	99.64	2.12	/	/	/	/	0.563	0.595	2.7	/	/	/	/	/	/	
					10.85 – 11.20	1.9	15.66	99.88	2.19	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
					13.87 – 14.25	1.73	20.68	99.61	2.09	58.7	31.03	27.67		0.629	0.698	2.48	/	/	/	/	/	/	
S2d13	17+880	0	13.9	Marne brunâtre	5.43 – 5.93	1.6	19.55	77.22	1.92	56.44	28.66	27.78		0.58	0.594	0.61			0.62	27.82			
		13.9	15	Marne grisâtre	14.05 – 14.45	1.91	13.88	90.15	2.17	45.65	19.08	26.57		0.388	0.389	0.09							

[illegible]