W2828

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



Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Étude en APD d'un tronçon autoroutier de la 4ème Rocade d'Alger sur15Km du PK 0+000 au PK 15+000 avec conception d'un échangeur wilaya d'AIN DEFLA

Présenté par :

YAICHE Mohammed

KEFAIFI Merouane

Encadré par :

Mr.: KARA Benchohra

Promotion 2020/2021

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba


بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciements

*Avant tous on remercie **ALLAH** qui nous a donné le courage, la volonté et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*Nous remercions vivement nos familles **YAICHE, KEFAIFI** pour les sacrifices qu'elles ont faits pour que nous puissions terminer nos études.*

*Nous souhaitons remercier notre encadreur Monsieur **KARA** qui a dirigé cette thèse. Il a su guider nos choix, nous faire profiter de ses connaissances et nous accorder sa confiance. La simplicité et la franchise de son contact ont largement contribué à rendre ces trois années agréables.*

*Nous tenons à remercier tous **les enseignants et le personnel administratif de l'ENSTP qui** ont contribué à notre formation.*

*Nous remercions les membres de **jury** qui nous ont fait l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.*

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Merci à toutes et à tous.

DEDICACES

بسم الله الرحمان الرحيم

Au nom d'ALLAH, le tout Miséricordieux

Je remercie ALLAH le tout Puissant clément et Miséricordieux de m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail.

Je dédie ce modeste travail à ma chère mère et mon père qui ont sacrifié leurs vies afin de me voir grandir et réussir

A mon petit frère OUSSAMA et toute ma famille sans exception

A mon encadreur Mr KARA et tous les enseignants de l'ENSTP

A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.

A mon binôme KEFAIFI MEROUAN

A mes confrères de la promotion 2021

A tous mes amies

Et à tous ceux qui portent l'Algérie dans leurs cœurs et veulent la construire

Enfin, à tous ceux qui me reconnaitront…

YAICHE MOHAMMED

DEDICACES

بسم الله الرحمان الرحيم

Au nom d'ALLAH, le tout Miséricordieux

Je remercie ALLAH le tout Puissant clément et Miséricordieux de m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail.

Je dédie ce modeste travail à ma chère mère et mon père qui ont sacrifié leurs vies afin de me voir grandir et réussir

et toute ma famille sans exception

A mon encadreur Mr KARA et tous les enseignants de l'ENSTP

A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.

A mon binôme YAICHE MOHAMMED

A mes confrères de la promotion 2021

A tous mes amies

Et à tous ceux qui portent l'Algérie dans leurs cœurs et veulent la construire

Enfin, à tous ceux qui me reconnaitront....

KEFAIFI MEROUAN

ملخص:

هذا المشروع يتضمن دراسة مفصلة لمقطع من الطريق الاجتنابي الرابع على مستوى ولاية عين الدفلى,على مدى15كم بحيث يمتد من النقطة الكيلومترية 000+0 الى النقطة الكيلومترية 000+15 مع تصميم مبادل الطرق عند نقطة التقاطع مع الطريق السيار شرق-غرب المقترح من طرف الوكالة الجزائرية للطرق السريعة ولانجاز هذا العمل المتواضع قمنا باتباع طريقة عمل مقترحة من طرف المشرف, يبدأ بمقدمة عامة,دراسة حركة المرور,دراسة جيومترية,دراسة جيوتقنية والتي مكنتنا من تحديد قياسات مختلف طبقات الطريق,استقرار المنحدرات, تصميم الحول, مع تحديد مناطق الجسور, دراسة صرف المياه,حساب الحجوم ,حساب كمي وتقديري ,وفي الاخير خاتمة شاملة.

Abstract :

In our project we treated a study of detailed design a section of 4th highway ring road on 15 Km, in the province of Ain Defla , from PK 0+000 to PK 15+000 ,with design Exchanger at PK 00+000 Which was proposed by highways National Agency .For the development of this modest work we followed a work plan proposed by the supervisor that starts with a general introduction, traffic study, a geometric, geotechnical study that enabled us to determining the dimensions of the various layers of the road, slope stability, a design of a heat exchanger , locating bridges ,a hydraulic study, a calculation of cubature, and a quantitative estimate, and ends with a general conclusion.

Résumé :

Dans ce projet, nous avons traité une étude d'avant-projet détaillé d'un tronçon autoroutier de la 4ème rocade au niveau de la Wilaya d'Ain Defla, du PK0+000 au PK 15+000 sur 15 Km de linéaire avec la conception d'un échangeur au PK 00+000 avec l'autoroute Est Ouest. Qui a était proposé par l'ANA (Agence Nationale des Autoroutes),Pour l'élaboration de ce modeste travail on a suivi un plan de travail proposé par l'encadreur qui débute par une introduction générale, une étude de trafic, une étude géométrique, une étude géotechnique qui nous a permis de dimensionner le corps de chaussées pour savoir les différents couches, stabilité des talus, une conception d'un échangeur, localisé l'emplacement des ponts, une étude hydraulique, un calcul de cubature , un devis quantitatif et estimatif, et qui se termine par une conclusion générale.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....1

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Généralités 2

I.1.1 Introduction 2

I.1.2 Le bitume 2

I.1.3 Les enrobes bitumineux : 6

I.1.4 Les fibres végétales : 8

I.2 Dégradation de chaussée : 10

I.2.1 Introduction : 10

I.2.2 Définition de la dégradation : 11

I.2.3 Principales causes de dégradations des chaussées : 11

I.2.4 Différents types de dégradation de chaussées souples : 11

I.3 Influence des fibres sur l'orniérage : 16

I.3.1 Paramètres influencés par l'ajout des fibres : 16

I.3.2 Résultats attendus : 17

I.3.3 Quelques résultats d'essais: 17

I.3.1 Essai du module complexe : 17

I.3.2 Essais d'orniérage : 18

I.4 Conclusion : 19

CHAPITRE II : PRESENTATION DE PROJET

II.1 Présentation de la wilaya de d'Ain Defla 20

II.1.1 Situation géographique : 20

II.1.2 Aspect administratif : 20

II.1.3 Réseau routier : 21

II.1.4 Le relief : 21

II.1.5 Sismicité 21

II.1.6 Hydrogéologie : 22

II.1.7 Le climat 22

II.2 Description du projet : 23

II.3 Objectif de la Rocade : 24
II.4 Description de la zone d'étude : 24
CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC
III.1 Introduction : 25
III.2 Analyse du trafic : 25
III.3 Différents types de trafic : 25
III.4 Modèle de présentation du trafic : 25
III.5 Calcul de la capacité : 26
III.5.1 Définition : 26
III.5.2 Données du trafic : 26
III.5.3 Projection future du trafic 26
III.5.4 Calcul du trafic effectif : 27
III.5.5 Débit de pointe horaire normal : 28
III.5.6 Débit horaire admissible 28
III.6 Détermination du nombre des voies 29
III.7 Calcul de l'année de saturation 29
III.8 Conclusion 30
CHAPITRE IV TRACE EN PLAN
IV.1 Introduction : 31
IV.2 Choix de la catégorie 31
IV.3 Règles à respecter dans le tracé en plan 31
IV.4 Les éléments de tracé en plan 32
IV.4.1 Les alignements : 32
IV.4.2 Les Rayons : 33
IV.4.3 Arc de cercle : 33
IV.5 Les raccordements progressifs : 34
IV.6 Enchaînement des éléments du tracé en plan 35
IV.6.1 Cas 1 : Rayon avec courbe de transition : 35
IV.6.2 Cas 2 : Rayon sans courbe de transition : 39
CHAPITRE V PROFILE EN LONG 40

V.1 Introduction : 41
V.2 Règle á respecté dans l'élaboration d'un profil en long : 41
V.3 Caractéristiques du profil en long : 42
V.3.1 Déclivité : 42
V.3.2 Raccordement en profil en long : 42
V.3.3 Valeurs limites : 43
V.4 Coordination du tracé en plan et du profil en long : 43
V.5 Exemple de calcul de profil en long : 44
CHAPITRE VI PROFIL EN TRAVERS
VI.1 Introduction : 46
VI.2 Profil en travers en section courante mixte : 46
VI.3 Application sur notre projet : 48
VI.4 Pente transversales autoroute (ICTAAL 4.6) : 48
VI.4.1 En alignement et en courbe non déversée : 48
VI.4.2 Point de rotation des dévers : 49
VI.4.3 Les éléments de profile en travers de notre projet : 49
CHAPITRE VII ETUDE GEOTECHNIQUE
VII.1 Introduction 50
VII.2 Objectifs de l'étude géotechnique 50
VII.3 La campagne des reconnaissances : 50
VII.4 Présentation des essais 51
VII.4.1 Les Essais in situ : 51
VII.4.2 Les essais au laboratoire : 53
VII.5 Classification des sols : 57
VII.5.1 Classification GTR : 57
VII.5.2 Classification du sol selon LCPC 58
VII.5.3 Résultats de classification : 59
VII.6 Conditions d'utilisation des matériaux en remblai : 60
VII.6.1 Conditions météorologiques 61
VII.6.2 Les paramètres techniques pour la réalisation d'un remblai 61

VII.6.3 Les code correspendent : 61
VII.7 Conditions d'utilisation des matériaux en remblai : 62
VII.7.1 Observation générale : 62
VII.8 Les carrières utilisées pour granulats : 65
VII.9 Conclusion **Error! Bookmark not defined.**
CHAPITRE VIII DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE
VIII.1 Introduction : 67
VIII.2 Les différents types de chaussées : 67
VIII.3 Méthodes de dimensionnement : 67
VIII.3.1 Méthode de C.B.R (California–Bearing–Ratio) 68
VIII.3.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves 70
VIII.4 Calcul des déformations admissibles: 76
VIII.4.1 calcule de la déformation admissible sur le sol support $\xi_{z,ad}$ 76
VIII.4.2 Calcule de la déformation admissible $\xi_{t,ad}$ a la base de GB : 76
VIII.4.3 Performances mécaniques des matériaux bitumineux : 77
VIII.5 Vérification des résultats de calcul par Alize-LCPC : 78
VIII.6 Conclusion : 79
CHAPITRE IX ASSAINISSEMENT
IX.1 Introduction : 79
IX.2 Objectif de l'assainissement 79
IX.3 Les ouvrages d'assainissement 80
IX.4 Critères de base dans la conception des ouvrages d'assainissement 80
IX.5 Etude hydrologique 80
IX.6 Caractéristiques physiques des bassins versants : 81
IX.7 Dimensionnement du réseau d'assainissement à projeter 82
IX.7.1 Estimation des débits de crue : 82
IX.8 Application au projet 86
IX.8.1 Données pluviométriques : 86
IX.8.2 Système de drainage transversal : 87
IX.8.3 Système de drainage longitudinal : 94

CHAPITRE X LES CUBATURES

X.1 INTRODUCTION: 97
X.2 Définition : 97
X.3 Les méthodes de calcul : 97
X.4 Description de la méthode : 98
X.5 Calcul des cubatures de projet : 99

CHAPITRE XI LES OUVRAGES D'ART

XI.1 Introduction : 100
XI.2 Conception des ponts : 100
XI.3 Présentation des ouvrages : 100
XI.3.1 Au niveau de l'échangeur : 100
XI.3.2 Au niveau de la section courante : 101
XI.4 Profil en travers : 101
XI.5 Choix du type d'ouvrage : 102
XI.5.1 Variante 1 (pont a poutre en béton armé) : 102
XI.5.2 Variante 2 (pont a poutre en en béton précontraint) : 102
XI.5.3 Variante 3(Pont en encorbellement successif) : 103
XI.6 Solution technique retenue : 103
XI.7 Conclusion : 104

CHAPITRE XII STABILITE DES TALUS

XII.1 Introduction : 105
XII.2 Les glissements : 105
XII.3 Principales causes de glissement (cours MDS ENSTP) 107
XII.3.1 Naturelle 107
XII.4 Analyse de la stabilité : 107
XII.4.1 Analyse de stabilité du déblai : 107
XII.4.2 Analyse de stabilité du remblai : 110
XII.5 Revêtements des Talus : 113
XII.6 Conclusion : 113

CHAPITRE XIII CONCEPTION D'UN ECHANGEUR

XIII.1 Introduction 115

XIII.2 Rôle de l'échangeur : 115

XIII.3 Les éléments de l'échangeur : 115

XIII.4 Types d'échangeurs : 115

XIII.4.1 Echangeur majeur : 116

XIII.4.2 Echangeur mineur : 117

XIII.5 Choix de l'échangeur : 118

XIII.6 Caractéristiques géométriques des bretelles : 119

XIII.6.1 Tracé en plan d'une bretelle 119

XIII.6.2 Profile en long d'une bretelle : 121

XIII.6.3 Profil en travers d'une bretelle : 122

XIII.7 Visibilité : 122

XIII.7.1 Visibilité sur une entrée d'autoroute : 122

XIII.7.2 Visibilité sur une sortie d'autoroute : 123

XIII.7.3 Distance de visibilité sur marquage dvm : 123

XIII.7.4 Distance de lecture Lc : 123

XIII.7.5 Résumé : 123

CHAPITRE XIV SIGNALISATION

XIV.1 Introduction : 125

XIV.2 Objectif de la signalisation 125

XIV.3 Les catégories de la signalisation : 125

XIV.4 Règles à respecter pour la signalisation : 125

XIV.5 Types de signalisation : 126

XIV.5.1 Signalisation horizontale : 126

XIV.5.2 Signalisation verticale 130

XIV.6 Signalisation de l'échangeur 133

XIV.7 Eclairage : 135

XIV.7.1 Catégories d'éclairages : 136

XIV.7.2 Paramètres d'implantation des luminaires : 136

XIV.7.3 Application au projet : 136
CHAPITRE XV ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
XV.1 Introduction : 137
XV.2 Objectifs de l'étude : 137
XV.3 Cadre juridique : 137
XV.4 Identification des impacts de projet sur l'environnement : 137
XV.4.1 Impacts positifs du projet : 138
XV.4.2 Impacts négatifs du projet : 138
XV.5 Les mesures réductrices et compensatoires pour les impacts : 141
XV.6 Conclusion : 142
CHAPITRE XVI : DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF 142
CHAPITRE XVII : CONCLUSION GENERALE 144

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I-1: Classification des bitumes selon la pénétrabilité et TBA 5
Tableau I-2: morphologie de quelques fibres végétales 9
Tableau I-3: Propriétés mécaniques des fibres naturelles en comparaison avec des fibres de renforcement conventionnelles 10
Tableau II-1: La zone et la sismicité 21
Tableau II-2: Distribution des Températures sur l'année de la Wilaya d'Ain Defla 23
Tableau III-1: Trafic moyen journalier annuel 27
Tableau III-2: Coefficient d'équivalence « P » 27
Tableau III-3: Coefficient « K1 ». 28
Tableau III-4: Coefficient « K2». 28
Tableau III-5: Valeur de la capacité théorique. 29
Tableau IV-1: Valeurs extrêmes des alignements droits du tracé (ICTAAL 2015). 33
Tableau IV-2: Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (ICTAAL2015). 33
Tableau IV-3: Données de l'axe à calculer. 35
Tableau IV-4: Données de l'axe à calculer. 39
Tableau V-1: Limite des paramètres de profil en long 43
Tableau V-2:Les donnes de l'axe a calculer 44
Tableau VI-1: Profil en travers type proposé 49
Tableau VII-1: Les résultats différents puits de reconnaissance. 52
Tableau VII-2: Les résultats du sondage carotté 53
Tableau VII-3: Essais au laboratoire. 54
Tableau VII-4: Résultats des essais physiques relatifs aux puits de reconnaissance 55
Tableau VII-5: Résultats des essais physiques relatifs aux sondages carottés. 56
Tableau VII-6: Résultats des essais mécaniques relatifs aux puits de reconnaissance 56
Tableau VII-7: Résultats des essais mécaniques relatifs aux sondages carottés 57
Tableau VII-8: Résultats de la classification GTR (puits de reconnaissance) 59
Tableau VII-9: Résultats de la classification GTR (puits de reconnaissance) 60
Tableau VII-10: Les Conditions d'utilisation en remblai 63
Tableau VII-11: carrières les plus proches du tronçon étudier (rapport géotechnique ANA) 65
Tableau VIII-1: les coefficients d'équivalence pour chaque matériau 69
Tableau VIII-2: épaisseurs des couches 69
Tableau VIII-3: Risque adopté pour le réseau RP1 (fascicule N° 2) 73
Tableau VIII-4: Présentation des classes de portance a long terme du sol-support (fasiculeN°1) 73
Tableau VIII-5: classement avec couche de forme en matériaux non traite 74
Tableau VIII-6: Tab valeurs de t=f(r%) 77
Tableau VIII-7: performances mécaniques des matériaux bitumineux (source catalogue) 77
Tableau VIII-8: Tableau de comparaison pour les deux méthodes de dimensionnement. 79
Tableau IX-1: Caractéristiques physiques des bassins versants 81
Tableau IX-2: Valeurs du coefficient C1. 83
Tableau IX-3: Valeurs du coefficient C2 83

Tableau IX-4: Valeurs du coefficient C3 83
Tableau IX-5: Coefficient de Montana 85
Tableau IX-6: Pré dimensionnement des ouvrages transversaux 86
Tableau IX-7: Liste les diamètres normalisés commercial des buses disponibles au marché 86
Tableau IX-8: Données sur Station météorologique d'AIN DEFLA 86
Tableau IX-9: Hauteur critique, régime d'écoulement, vitesse(dalot) 90
Tableau IX-10: Canalisation circulaire partiellement remplies 92
Tableau IX-11: canalisation circulaire partiellement remplies 93
Tableau IX-12: Conditions auto curages (buses) 93
Tableau IX-13: Les caractéristiques des sous bassins versants concernés 94
Tableau IX-14: Les coefficients de ruissellements 94
$I(t,T) = a \times t^b$ à $T = 10$ ans ; $a = 26$, $b = 0.56$ *(d'après Tableau IX-15 Coeff de montana)* 95
Tableau IX-16: Le débit équivalent des bassins versants 95
Tableau XI-1: Les ouvrages au niveau du L'échangeur. 100
Tableau XI-2: Les ouvrages au niveau du tracé. 101
Tableau XI-3: Les ouvrages au niveau du tracé. 101
Tableau XI-4: la solution technique retenu. 103
Tableau XII-1: Les paramètres géotechniques des sols en déblai 108
Tableau XII-2: Résultats des calculs avec pente standard 108
Tableau XII-3: Les paramètres géotechniques des sols en remblai 111
Tableau XII-4: Résultats des calculs avec pente standard 111
Tableau XIII-1: Valeurs limites des rayons du tracé en plan 119
Tableau XIII-2: Les valeurs limites des paramètres du profil en long 121
Tableau XIII-3: Bretelle unidirectionnelle à deux voies 122
Tableau XIII-4: Principales distances de visibilité 123
Tableau XIV-1 : Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées 127
Tableau XIV-2: Caractéristiques des lignes discontinues 128
Tableau XIV-3: Caractéristiques des lignes transversales 129
Tableau XIV-4: Les dimensions détaillées des panneaux. 131
Tableau XV-1: Valeurs limites des émissions sonores à respecter 140

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation de la 4ème rocade sur la carte du réseau autoroutier algérien horizon 2025 1
Figure I-1: Comportement du bitume en fonction de |ε| et T [Cor 2005]. 4
Figure I-2: Pénétromètre à aiguille 4
Figure I-3: Appareillage de l'essai bille anneau 5
Figure I-4: Comportement « types » des enrobés bitumineux à température fixée. (N : nombre de chargements) [Dib 2005] 8
Figure I-5: Exemple de défaut structural sur une fibre de lin. 10
Figure I-6: Flache 11
Figure I-7: affaissement 12
Figure I-8: orniérage 12
Figure I-9:Bourrelet 13

Figure I-10: fissure transversale 13
Figure I-11: fissure longitudinale 14
Figure I-12: faïençage 14
Figure I-13: arrachement de type nid de poule 15
Figure I-14: arrachement de type plumage 16
Figure I-15: Influence du renforcement de l'enrobé bitumineux avec fibres végétales, ... 18
Figure I-16: Courbes de d'orniérage ln(Pi)= fct (ln(N)) 18
Figure I-17: Gain en résistance à l'orniérage pour différents mélanges 19
Figure II-1: Carte de limites administratives de la Wilaya d'Ain Defla 20
Figure II-2: Carte de sismique du territoire national ARPA99 22
Figure II-3: Localisation de la zone d'étude sur Lot 1 23
Figure IV-1: Elément de tracé en plan 32
Figure IV-2: Géométrie de la clothoïde 34
Figure IV-3: Raccordement circulaire entre deux alignements 39
Figure V-1: Schéma illustratif d'un rayon concave. 44
Figure VI-1:Les éléments constitutifs du profil en travers type. 46
Figure VII-1: Abaque de la classification GTR 58
Figure VII-2: Diagramme de CASAGRANDE 58
Figure VII-3: La carrière du Ghrib 65
Figure VII-4: La carrière de Boukhari. 65
Figure VII-5: Blocs de calcaires après abattage 66
Figure VII-6: bances de calcaire 66
Figure VIII-1: structure du corps de chaussée selon méthode C.B.R 69
Figure VIII-2: Tableau Choix de la température équivalente (Fascicule 2) 70
Figure VIII-3: Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie 70
Figure VIII-4: Classe TPLi pour RP1et RP2 (Fascicule n°1) 71
Figure VIII-5: Valeurs de coefficient d'agressivité selon le réseau principal (CTTP, 2001) 72
Figure VIII-6: Classe de portance de sol-supports(fasiculeN°1) 73
Figure VIII-7: Les Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue 75
Figure VIII-8: Résultats de la simulation à l'aide du logiciel ALIZE-LCPC 78
Figure IX-1: Courbe intensité –durée –fréquences (INRH). 87
Figure IX-2: photo d'un dalot. 87
Figure IX-3: photo d'une buse. 88
Figure IX-4: Schéma d'un dalot. 89
Figure IX-5: Schéma d'une buse. 91
Figure IX-6: Fossé trapézoïdal 95
Figure IX-7: Dimensions du fossé 96
Figure X-1: Les sections des profils en travers d'un tracé donné 98
Figure X-2: Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné 98
Figure X-3: Les volumes totaux des cubatures (Remblais\Déblais). (Civil 3d). 99
Figure XII-1: Les type des glissement 105
Figure XII-2: Résultat d'analyse par Slide à Court terme(logiciel Slide 6). (pk 5+300) 109
Figure XII-3: Résultat d'analyse par Slide à long terme(logiciel Slide 6).(pk 5+300) 109
Figure XII-4: Résultat d'analyse par Slide sous les charges sismiques (logiciel Slide 6). 110

Figure XII-5: Résultat d'analyse par Slide à Court terme(logiciel Slide 6). 112
Figure XII-6: Résultat d'analyse par Slide à Long terme(logiciel Slide 6). 112
Figure XII-7: Résultat d'analyse par Slide sous les charges sismiques (logiciel Slide 6). 113
Figure XIII-1: Echangeur Trèfle complet. 116
Figure XIII-2: Echangeur Bifurcation. 117
Figure XIII-3: Echangeur losange. 117
Figure XIII-4: Echangeurs demi-trèfle. 118
Figure XIII-5 : Echangeur en trompette. 118
Figure XIII-6: Voie d'accélération (ICTAAL, 2015) 120
Figure XIII-7: Voies de décélération deux voies (ICTAAL, 2015) 121
Figure XIII-8: Voie de décélération (ICTAAL, 2015) 121
Figure XIII-9: Règle de visibilité sur une entrée d'autoroute 123
Figure XIII-10: Règle de visibilité sur une sortie d'autoroute 123
Figure XIV-1: Marquage longitudinal. 127
Figure XIV-2: Caractéristiques de tous les types de lignes discontinues selon les normes Européennes (source guide de la signalisation horizontale) 128
Figure XIV-3 : Lignes transversales 129
Figure XIV-4: flèches de rabattement 129
Figure XIV-5: Flèches de sélection 130
Figure XIV-6: Séparateurs avec hachures source (guide de la signalisation horizontale à paris). 130
Figure XIV-7: Signalisation de direction 133
Figure XIV-8: Signalisation des bretelles d'entré 134
Figure XIV-9: Signalisation des bretelles de sorties 135
Figure XIV-10: paramètres de l'imploration des luminaires 136

INTRODUCTION GENERALE

Le transport représente l'un des piliers fondamentaux du développement durable et de la prospérité de tout pays. Des systèmes de transport efficaces et des réseaux modernes sont donc une nécessité pour le développement économique et le bien-être social.

Avec le développement et la croissance actuelle, l'Algérie subit une évolution rapide en trafic routier, et grâce au programme de modernisation des autoroutes, le réseau routier algérien est en plein développement, nous citons la réalisation de la 4ème rocade.

La 4ème Rocade prendra naissance dans la wilaya de Ain Defla, à Khemis Miliana, au niveau de la RN18 et de l'Autoroute Est/Ouest, puis traversera la wilaya de Médéa, en passant au sud de la ville de Berrouaguia (au niveau de la RN1), puis les wilayas de Bouira et M'Sila, en passant dans les environs des villes de Sour el Ghozlane et Sidi Aissa (au sud de Dirah, au niveau de la RN8), et ce terminera dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj, au niveau de l'Autoroute Est-Ouest, l'objectif de cette 4ème roucade est de soulager la région algéroise du trafic de transit empruntant l'Autoroute Est-Ouest et la 2ème Rocade d'Alger.

Le thème du PFE consiste à faire l'étude en APD d'un tronçon de la 4 eme rocade qui débute au PK 0+000 se termine au PK 15+000 , avec un linéaire total de 15 km.Avec conceptiond'un échangeur

Notre travail consiste une présentation générale du projet et des données de base, une étude de trafic et des tracées en plan et des différents profils. Aussi le dimensionnement du corps de chaussée a partir de l'étude géotechnique, et par la suite, l'assainissement, la signalisation et l'impact sur l'environnement, On a clôturée notre travaille par une estimation du devis et une conclusion générale.



Figure 0-1: Localisation de la 4ème rocade sur la carte du réseau autoroutier algérien horizon 2025

CHAPITRE I :
RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Etude sur l'effet d'ajout des fibres végétales sur l'orniérage des enrobés bitumineux :

I.1 Généralités

I.1.1 Introduction

Une chaussée routière est constituée de plusieurs couches mise en œuvre sur un sol support, elle doit garantir de bonnes conditions de sécurité et de confort pour les usagers.

I.1.2 Le bitume

Le bitume est un matériau important dans la chaussée

I.1.2.1 Aperçu historique sur le bitume

L'utilisation du bitume remonte à la préhistoire et les plus anciens objets humains contenant du bitume connus à ce jour sont vraisemblablement vieux de 180 000 ans. En parallèle d'applications médicales, le bitume naturel a ainsi été employé généralement comme adhésif, en particulier pour le génie civil, dans des mortiers ou en tant qu'agent d'imperméabilisation.

Ainsi, les bitumes sont devenus des matériaux de haute technicité et il existe maintenant un certain nombre d'additifs commerciaux, minéraux ou organiques, chargés d'améliorer leurs propriétés. Actuellement, l'utilisation principale du bitume est la technique routière sous forme d'enrobés et d'enduits superficiels, qui représente environ 95 % de la production mondiale. Par ailleurs, on estime que la totalité des réserves mondiales de pétrole brut devrait dépasser les 600 Gt, ce qui laisse présager un long et bel avenir à cette industrie

I.1.2.2 Origine et fabrication des bitumes

Le bitume est obtenu par raffinage des pétroles bruts. Il s'agit du résidu obtenu après distillation. Tous les bruts ne sont pas propres à produire du bitume. Sur les 1 300 bruts environ référencés dans le monde, seuls 10 % sont choisis par les pétroliers pour la fabrication du bitume. Des bruts légers, dépourvus d'asphaltènes, peuvent avoir un rendement insuffisant en bitume. Partant d'une qualité de brut, divers modes de fabrication sont possibles, cependant, ils impliquent toujours le passage par la distillation. Il existe trois types de liants hydrocarbonés :

- ✓ Les liants naturels, qui se trouvent dans la nature et qui sont utilisés depuis des temps très anciens. C'est une roche asphaltique telle qu'elle se présente dans le gisement et qui, après broyage est dénommée asphalte ;
- ✓ Les bitumes de pétrole, qui sont obtenus par raffinage des pétroles bruts et des résidus pétroliers ;
- ✓ *Les goudrons, qui proviennent de la pyrogénation à l'abri de l'air, du lignite et de la* tourbe et du bois.

Ayant des origines et des constitutions chimiques différentes, les bitumes et les goudrons sont des liants de base utilisés séparément ou en mélange dans la technique routière. Les bitumes purs, tels que produits, sont trop visqueux pour être manipulés et mélangés avec des granulats

I.1.2.3 Composition des bitumes

1. Constitution chimique des bitumes

Le bitume est un produit complexe composé de différents hydrocarbures de poids moléculaire élevé appartenant dans leur grande majorité aux groupes aliphatiques et naphténiques. Ils sont à chaînes droites plus ou moins ramifiées ou cycliques et saturées. Issus du raffinage des pétroles bruts, les bitumes sont des mélanges complexes de composés hydrocarbonés constitués de 82% à 88% de carbone (% massique), de 8% à 11% d'hydrogène, de 0 à 6% de soufre, de 0 à 1,5 d'oxygène et de 0 à 1% d'azote. Ils contiennent par ailleurs, divers éléments métalliques à l'état de traces, dont les principaux sont : fer, vanadium, nickel, aluminium et silicium.

Ils ont des masses molaires et des structures chimiques variées. Les molécules de ces composés sont constituées de quatre principaux types d'hydrocarbures : paraffiniques, naphténiques, aromatiques et oléfiniques. Il faut également préciser que parmi les différentes molécules présentes dans les bitumes, rares sont celles constituées d'un seul des quatre types de motifs cités. *Compte tenu de cette diversité, il n'est pas réaliste de vouloir déterminer la* composition exacte des bitumes, mais il y a eu des tentatives

2. Propriétés physico-chimiques des bitumes

On reconnait le bitume routier par ses principales caractéristiques :

- ✓ Sa couleur noire.
- ✓ Son imperméabilité à l'eau.
- ✓ Sa susceptibilité à la température.
- ✓ Son inertie chimique.
- ✓ Son pouvoir d'adhésion et de rétention.

Par précipitation avec du n-heptane, on peut séparer physiquement un bitume en deux constituants

- Les asphaltènes : produit solide apportant au bitume sa cohésion et sa dureté et constituant entre 5 et 20 % du bitume ;
- Les maltènes : produit huileux (molécules moins grosses) dans lequel baignent les asphaltènes.

Les molécules de maltène peuvent être encore séparées par chromatographie en d'autres hydrocarbures : saturés (dont les paraffines), cycliques (dont les naphtènes) et aromatiques polaires (les résines)

Bitume= Asphaltènes + Maltènes (Saturés + Aromatiques +Résines)

I.1.2.4 Comportement rhéologique du bitume

Les propriétés demandées aux bitumes pour garantir des chaussées durables sont essentiellement basées sur leurs propriétés rhéologiques.

La caractéristique principale du bitume est la très large et progressive plage de variation de sa consistance avec la température, appelée susceptibilité thermique. Il peut se présenter alors sous les trois formes suivantes (voir figure I-1)

- ✓ Un solide dur, fragile et cassant à basse température et à court temps de charge. On est alors dans la zone dite élastique, où le bitume est pour la plupart de ses applications, trop fragile pour résister aux sollicitations mécaniques sans casser. Dans cette zone, il n'y a pas de déphasage entre la contrainte appliquée et la déformation résultante.
- ✓ Un liquide à haute température et à temps de charge étendu. C'est la zone fluide, et même quelquefois Newtonienne. Elle correspond à la température de mise en œuvre, c'est à dire à la fabrication, à la mise en place et au compactage des enrobés. Dans cette zone, il y a déphasage entre la contrainte et la déformation.
- ✓ Ni liquide ni solide à des températures et des temps de charge moyens. Cette zone est dite zone viscoélastique, qui correspond aux températures de service des enrobés sur la chaussée. Encore ici, il y a déphasage entre la contrainte et la déformation.

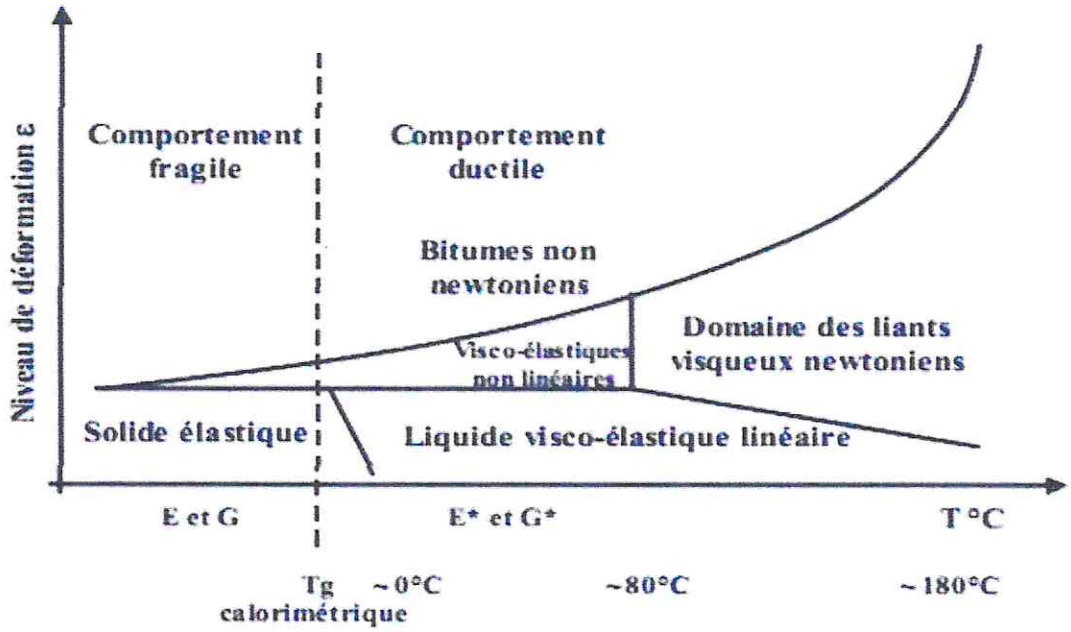


Figure I-1: Comportement du bitume en fonction de |ε| et T [Cor 2005].

I.1.2.5 Spécifications et essais classiques sur les bitumes routiers

1. Essai de pénétrabilité à l'aiguille (NFT66 004)

L'essai consiste à mesurer l'enfoncement d'une aiguille normalisée (sous l'effet d'une charge de 100g) au bout d'un temps de 5 secondes, dans une coupelle de bitume à une température de 25±1°C. La valeur de la pénétration et d'autant plus grande que le bitume est mou. Cette valeur est donnée par la profondeur, exprimée en [1/10 mm] (voir figure).



Figure I-2: Pénétromètre à aiguille

Il existe, en Algérie, trois classes de bitumes routiers qui sont dans le sens des duretés croissantes il s'agit du 80/100, du 40/50 et du 20/30 (voir le tableau ci-dessus). Pour mieux définir un bitume, on peut être amené à effectuer des essais à plusieurs températures, ce qui permet de tracer une courbe de pénétrabilité en fonction de la température, très utile pour apprécier la susceptibilité thermique du bitume

2. Essai bille anneau (NFT66 004)

L'essai consiste à déterminer la température notée (TBA) à laquelle un bitume subit une déformation irréversible pour des contraintes bien définies ; où un anneau rempli de bitume chauffe jusqu'à ce que le bitume se déforme sous le poids d'une bille d'acier normalisée. En relation avec la pénétration, le point de ramollissement permet d'évaluer la susceptibilité d'un bitume à la variation de température et sa consistance relative dans un enrobé (Voir le tableau)



Figure I-3: Appareillage de l'essai bille anneau

Tableau I-1: Classification des bitumes selon la pénétrabilité et TBA

	Unité	Classes								
		20/30	30/45	45/50	40/60	50/70	70/100	100/150	160/220	250/330
Pénétrabilité	0.1mm	20-30	30-45	45-50	40-60	50-70	70-100	100-150	160-220	250-330
T B A	C°	55-63	52-60	50-58	46-56	46-54	43-51	39-47	35-43	30-38

Dans cet essai, plus le point de ramollissement est élevé, plus le bitume est dur.

3. Viscosité absolue (ASTM D-2171):

Elle mesure la consistance ou la résistance à l'écoulement d'un bitume à la température maximale que peut généralement atteindre un revêtement bitumineux, c'est à dire 60 °C. Il existe une corrélation entre cette résistance et les phénomènes de déformation des revêtements en béton bitumineux, particulièrement celui de l'orniérage. Ainsi, un bitume de viscosité absolue élevée minimisera la déformation de l'enrobé dont il fait partie

4. Viscosité cinématique (NQ 2300-600):

Le but de cette expérience est de déterminer la résistance à I 'écoulement d'un bitume routier à haute température (135°C). Plus elle est élevée, plus la fluidité est faible. La viscosité permet d'évaluer indirectement la fluidité d'un bitume à l'enrobage.

I.1.3 Les enrobes bitumineux :

I.1.3.1 Définition:

L'enrobé bitumineux est un mélange de granulats minéraux et de liant hydrocarbonés (bitume pur) dosé dans des proportions convenables. C'est aussi un corps hétérogène auquel le bitume confère un caractère visqueux, alors que sa partie minérale est responsable de sa résistance. Un enrobé bitumineux est défini comme un mélange de liant bitumineux (5 à 7 % en masse), d'agrégats et de fines (passant à 80 µm)

L'obtention des enrobés par mélange des granulats et du bitume fait appel à des propriétés bien spécifiques aux liants hydrocarbonés en général et donc au bitume en particulier :

- Un pouvoir d'adhésion aux granulats
- Une consistance variable avec la température.

Dans leur domaine d'utilisation, les enrobés présentent des caractéristiques mécaniques variables selon leur sollicitation par le climat et le trafic routier

I.1.3.2 Teneur en liant:

Le liant bitumineux transmet naturellement son comportement viscoélastique à l'enrobé. Il faut donc définir une teneur en liant optimale afin d'assurer la cohésion du mélange et le bon enrobage de tous les grains du mélange par un film mince de bitume, et ce, tout en évitant des problèmes de fluage et d'orniérage trop prononcés à haute température (dans le cas d'une trop forte teneur en bitume). Pour déterminer cette teneur en liant optimale, on introduit la notion de surface spécifique des granulats, notée Σ et exprimée en m^2/kg. La teneur en liant à retenir pour le chantier, sera définie à partir d'une étude de laboratoire. Ces dernières années, plusieurs pays dans le monde à l'instar de l'Algérie, engagent des budgets colossaux pour développement de leurs réseaux routiers.

C'est ainsi que, dans les pays développés, on tente d'approfondir, chaque jour un peu plus, le domaine des enrobés bitumineux afin de mieux comprendre leur comportement. Plusieurs recherches ont été effectuées

Plusieurs paramètres peuvent influencer le comportement de l'enrobé bitumineux :

- La forme des granulats.
- La compacité de l'enrobé.
- La teneur en bitume et la formule granulométrique.
- Le type de bitume utilisé.
- La température.
- Le temps et la nature de charge.

I.1.3.3 Sollicitation des couches en enrobés bitumineux

Les principales sollicitations auxquelles sont soumises les structures routières sont liées aux contraintes imposées par le passage des véhicules (effet du trafic) et aux effets créés par les changements climatiques, principalement en raison des variations de température (effets thermiques)

I.1.3.4 Grandes classes de comportement:

Les enrobés bitumineux ont un comportement complexe. Il est toutefois possible d'identifier différents types de comportement principal en considérant l'amplitude de la déformation ($|\varepsilon|$) et le nombre de cycles de chargement appliqué (N) (Figure 1-4)

- Pour des chargements comprenant quelques centaines de cycles et des déformations de « faible amplitude » (<10-4m/m) le comportement est considéré, en première approximation, viscoélastique linéaire,
- Pour un faible nombre de chargements et des déformations de quelques pourcents, les essais sont des essais de déformabilité, le comportement observé est alors fortement non linéaire,
- Lors de chargements de plusieurs milliers de cycles et sous faibles déformations, des phénomènes d'endommagement apparaissent, le matériau se « fatigue ».
- Lorsque des cycles déviatoires en contraintes sont appliqués à partir d'une contrainte nulle, des déformations irréversibles non négligeables se produisent pour des amplitudes de déformation « proches » de la rupture. Leur accumulation crée de l'orniérage.

La figure I.4 fournit un ordre de grandeur des différents domaines de comportement type pour une température fixée. Les frontières indiquées, pour les différents comportements, sont des ordres de grandeur qui peuvent varier sensiblement selon le matériau, la température et la direction du chemin de sollicitation (compression, cisaillement, etc.)

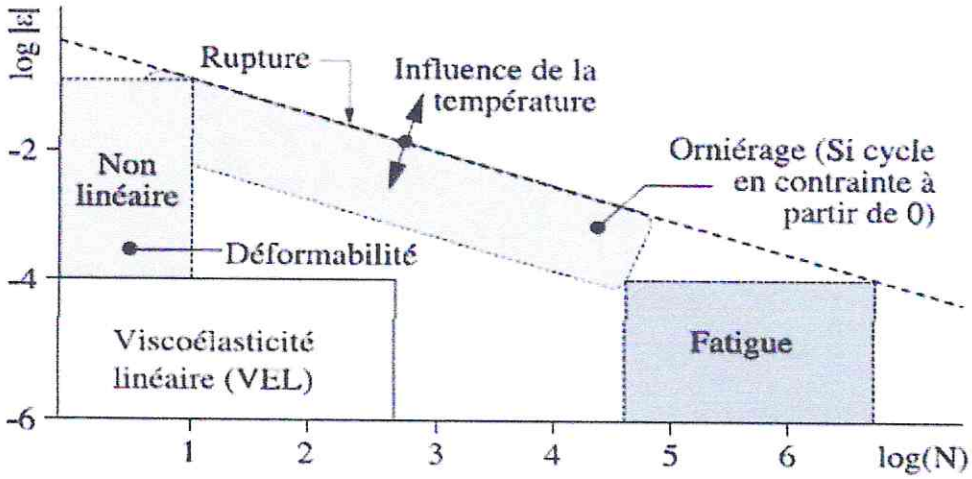


Figure I-4: Comportement « types » des enrobés bitumineux à température fixée. (N : nombre de chargements) [Dib 2005].

I.1.4 Les fibres végétales :

I.1.4.1 Definition:

Les fibres végétales sont des structures biologiques fibrillaires composées de cellulose, hémicelluloses et de lignine. En proportion relativement faible d'extractibles non azoté, de matière protéique brute, de lipide et de matières minérales. Les proportions de ces constituants dépendent énormément de l'espèce, de l'âge et des organes de la plante

I.1.4.2 Classification des fibres végétales:

Il existe plusieurs critères de différentiation des fibres :

- Suivant l'organe de la plante dont elles sont issues, les fibres végétales peuvent être classées en fibres de tiges (Kénaf, jute, lin, ramie), et de feuilles (Sisal, abace, paille de graminée).
- Suivant leur teneur en holocelullose (cellulose et hémicellulose) et en lignine, on peut distinguer les fibres ligneuses (dures et rigides provenant de matériels ligneux tels que le bois d'œuvre, les résidus de l'industrie du bois et les fibres non ligneuses (douces, souples, issues de végétaux non ligneux souvent annuels relativement moins riches en lignine tels que le kénaf, le chanvre, le sisal, le jute et le lin).
- Suivant leur longueur, les fibres végétales peuvent êtres groupées en deux catégories : fibres longues, dites libérienne, provenant des tiges et d'écorce de tiges de plantes annuelles. Elles sont douces, tandis que les fibres longues issues de feuilles ou de troncs d'arbre sont plus dures et plus rigides à cause de leur richesse en lignine. Et fibres courtes ou étoupes qui sont associées aux fibres longues.

I.1.4.3 Morphologie de la fibre végétale:

Sur le plan morphologique, la fibre végétale présente une variabilité très importante en fonction de son origine. En effet, les dimensions des fibres végétales dépendent de l'état de

maturité et aussi des conditions environnementales de croissance de la plante. La variabilité du diamètre peut être très importante le long de la même fibre végétale.

La fibre végétale se caractérise aussi par la variabilité de l'épaisseur de sa paroi cellulaire qui découle de celle de la porosité des fibrilles.

La morphologie des fibres végétales peut constituer une donnée importante pour bien appréhender les transferts de contrainte aux interfaces fibre-matrice (voir tableau I-2).

Tableau I-2: morphologie de quelques fibres végétales

Fibres	Longueur de la fibre (mm)	Diamètre de la fibre (µm)	Angle micro fibrillaire (°)
Cotton	*35*	*10-45*	-
Lin	4-77	5-76	10
Chanvre	5-55	10-51	6.2
Kenaf	2.5-4.5	14-33	-
Jute	2.5	5-25	8
Sisal	*900*	8-50	20
Ramine	900-1200	20-80	7.5

Remarque : les caractéristiques des fibres du palmier dattier n'ont pas pu être déterminées.

I.1.4.4 Propriétés mécaniques de la fibre végétale:

Il est très difficile de présenter un tableau qui répertorie toutes les propriétés des fibres lignocellulosiques. La grande variabilité constitutive et anatomique de la fibre végétale implique une variabilité de leurs propriétés mécaniques. La faiblesse de la masse volumique des fibres végétales (1,2 à 1,5 g/cm3) confère à ces matériaux des propriétés mécaniques spécifiques intéressantes. Les fibres longues ont des contraintes en traction plus faibles que les fibres courtes, du fait que les premières ont de plus grandes probabilités de contenir des défauts de formation. La cellulose cristalline est l'un des polymères ayant un module d'élasticité relativement plus élevé (90-137 Gpa), comparé à celui de la fibre de verre qui est de 75 Gp.

Ainsi un index de cristallinité de la cellulose d'une fibre élevé est indicateur de propriétés mécaniques élevées.

Les fréquents défauts structuraux observés de la surface des fibres sont des conséquences de la grande variabilité de morphologie, de composition chimique, de structure et de comportement mécanique spécifique de ces fibres

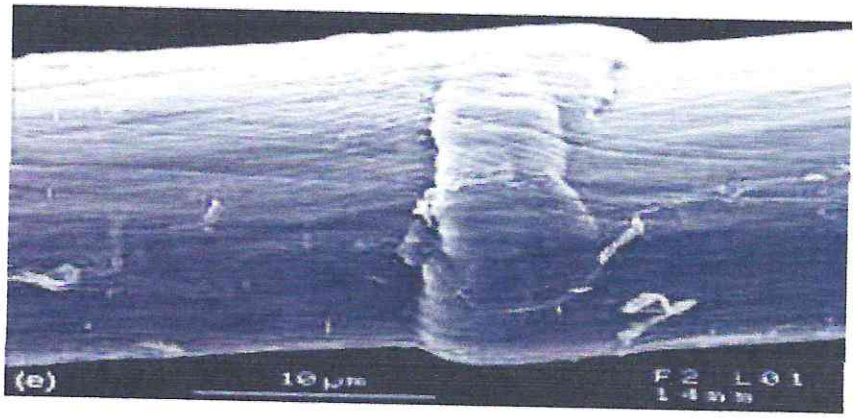


Figure I-5: Exemple de défaut structural sur une fibre de lin.

Si la sollicitation de la fibre est plus forte, la déformation de celle-ci entre dans une phase irréversible qui peut se poursuivre jusqu'à la rupture. Un angle micro fibrillaire élevé suppose une déformation élastique plus importante pour une sollicitation de la fibre en traction faible. Le tableau ci-après (tableau I.3) présente les propriétés mécaniques des fibres naturelles en comparaison avec certaines fibres de renforcement conventionnelles.

Tableau I-3: Propriétés mécaniques des fibres naturelles en comparaison avec des fibres de renforcement conventionnelles

Fibre	Densité (g/cm3)	Allongement(%)	Résistance a la traction (Mpa)	Module de Young (Gpa)
Cotton	1.5-1.6	7.0-8.0	287-597	5.5-12.6
Jute	1.3	1.5-1.8	393-773	26.5
Lin	1.5	2.7-3.2	345-1035	27.6
Chanvre	-	1.6	690	-
Ramine	-	3.6-3.8	400-938	61.4-128
Sisal	1.5	2.0-2.5	511-635	6.4-22.0
Verre E	2.5	2.5	2000-3500	70.0
Verre S	2.5	2.8	4570	86.0
Aramide	1.4	3.3-3.7	3000-3150	63.0-67.0
Carbon	1.4	1.4-1.8	4000	230-240

I.2 Dégradation de chaussée :

I.2.1 Introduction :

La fissuration thermique et l'orniérage des enrobés bitumineux sont des problèmes majeurs sur le réseau routier.

Les principales sollicitations auxquelles sont soumises les structures routières sont liées aux contraintes imposées par le passage des véhicules (effet du trafic) et aux effets crées par les changements climatiques, principalement en raison des variations de température (effets thermiques).

I.2.2 Définition de la dégradation :

La dégradation est définie comme étant le délabrement qui résulte du manque de soin ou de l'action du temps, du trafic et variation de température.

I.2.3 Principales causes de dégradations des chaussées :

Les chaussées évoluent et se dégradent essentiellement sous l'effet du trafic lourd et des conditions climatiques. La rapidité de cette évolution et les désordres qui apparaissent sont également liés à la nature et à l'épaisseur des matériaux utilisés et à leurs conditions de fabrication et de mise en œuvre. Certains désordres consécutifs à l'instabilité du support de la chaussée (remblais ou terrain naturel) peuvent apparaitre indépendamment du trafic et du climat

- **Trafic**
- **Conditions climatiques**
- **Mise en œuvre**

I.2.4 Différents types de dégradation de chaussées souples :

On différencie les dégradations sur les chaussées souples. Selon le guide de gestion de l'entretien des chemins communaux, elles peuvent être divisées en quatre grands groupes (ou familles) qui sont :

I.2.4.1 Les deformations:

- **Flache** : C'est une dépression de forme arrondie d'un point faible du corps de chaussée

Causes probables :

- Compactage localement insuffisant de la couche de base ou de la couche de surface.
- Pollution localisée du corps de chaussée.
- Présence d'eau dans la couche de base ou le sol support



Figure I-6: Flache

- **Affaissement** : C'est un tassement vertical de la chaussée au bord des accotements, ainsi que sur la chaussée.

Causes probables :

- Présence d'eau dans le corps de chaussée (mauvais drainage).
- Pollution du corps de chaussée.
- Corps de chaussée sous dimensionné.



Figure I-7: affaissement

- **Orniérage :** C'est une déformation permanente qui se développe sous le passage des roues des véhicules. Dans le cas extrême, la chaussée présente un profil en W.

Causes probables :

- Manque de portance au passage des véhicules.
- Sous dimensionnement du corps de chaussée.
- Contamination de la couche de base.
- Manque de compacité ou fluage d'un matériau enrobé.



Figure I-8: orniérage

- **Bourrelet** : C'est un renflement plus au moins accentué apparaissant à la surface de la chaussée

Causes probables :

- Excès de liant ayant flué sous l'effet de la circulation (zone de freinage etc.…).



Figure I-9: Bourrelet

I.2.4.2 Les fissurations.

- **Fissure transversale** : Ce sont des cassures sensiblement perpendiculaires à l'axe de la chaussée, isolées ou périodiques, d'espacement variable, intéressant tout ou partie de la largeur de la chaussée

Causes probables :

- Un défaut de mise en œuvre de la couche de roulement.
- Le vieillissement du liant ou une sensibilité du bitume aux variations thermiques.
- La fatigue avancée de la chaussée due à la répétition des efforts ou un sous dimensionnement d'une ou de plusieurs couches.
- *La diminution de portance du sol support.*



Figure I-10: fissure transversale

- **Fissure longitudinale :** C'est une famille de dégradations de surface caractérisée par une ligne de rupture apparaissant à la surface de la chaussée sensiblement parallèle à l'axe.

Causes probables :

- Mauvaise construction du joint longitudinal entre deux bandes d'enrobés.
- Mouvement différentiel dans le cas d'élargissement de la chaussée.
- Fatigue de la chaussée due à une structure insuffisante vis-à-vis du trafic ou une portance, du sol support insuffisante.
- Les caractéristiques du sol : tassement, retrait du sol argileux à la suite d'une longue période de sécheresse (Assèchement).



Figure I-11: fissure longitudinale

- **Faïençage** : Les faïençages sont des fissurations à maille plus ou moins fines, se produisant sur les couches de surface.

Causes probables :

- *Couche de roulement rigide sur une couche de base très déformable.*
- Mauvais accrochage de la couche de surface à la couche de base.
- Vieillissement prématuré du liant.

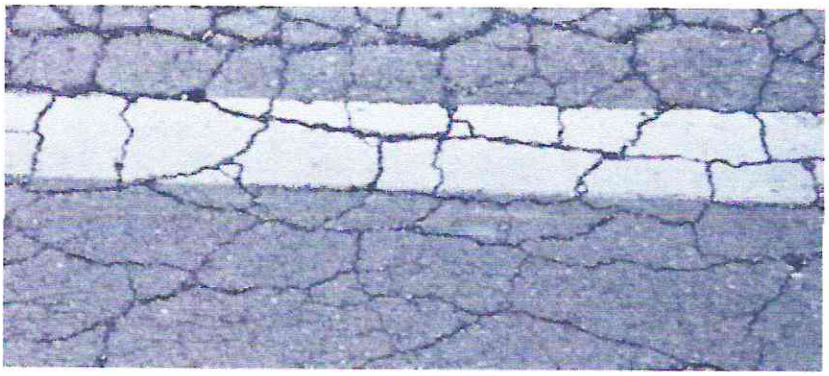


Figure I-12: faïençage

I.2.4.3 Les arrachements.

- **Pelade :** C'est un décollement de la couche de surface par plaque plus au moins grande.

Causes probables :

- Mauvaise adhésion entre la couche de surface et la couche de base
- Compacité insuffisante de la couche de roulement

- **Nid de poule :** C'est une cavité généralement de forme arrondie créée par enlèvement des matériaux de chaussée

Causes probables :

- Mauvais drainage ou drainage inexistant.
- Pollution du corps de chaussée.
- Stade final de l'évolution des faïençages.
- Arrachement des matériaux sous l'effet mécanique.



Figure I-13: arrachement de type nid de poule

- **Plumage :** le plumage est l'arrachement progressif des gravillons du revêtement, rendant la chaussée plus glissante et plus perméable.

Causes probables :

- Mauvaise adhésion granulats-liant.
- Granulats sales ou pollués.
- Sous dosage en liant.
- Mauvaise granulométrie.

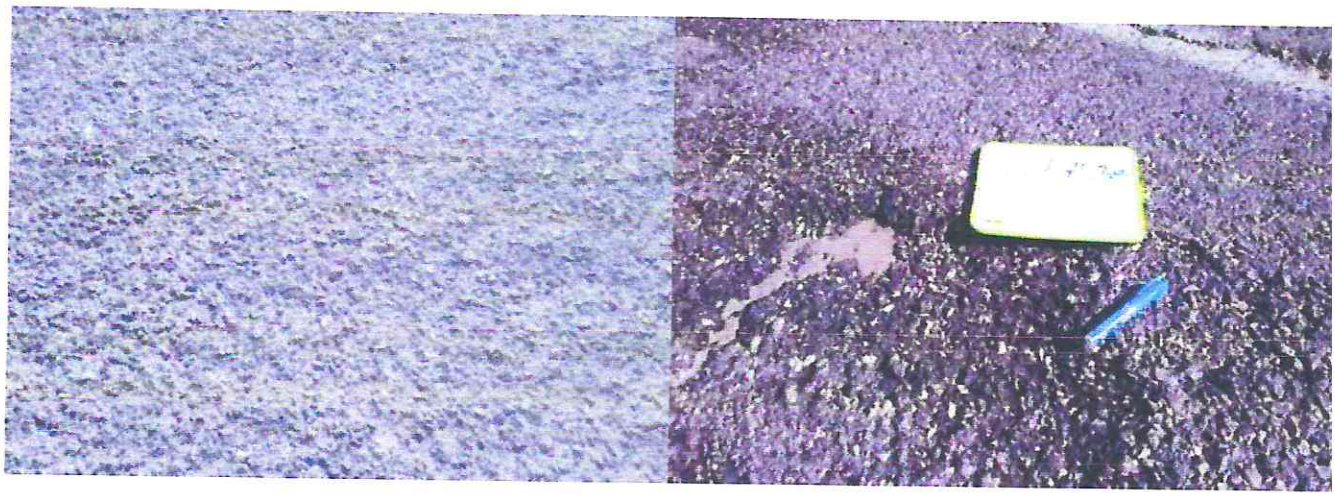


Figure I-14: arrachement de type plumage

I.2.4.4 Les remontées

- **Ressuage :** C'est une remontée de bitume à la surface de revêtement.

Causes probables :

- Dosage en liant trop élève sur la couche de revêtement.
- Délai insuffisant entre les réparations localisées.
- Utilisation d'un liant mou ou gras et la présence d'une forte chaleur (liant non adapté).

- **Remontée d'eau et d'éléments fins :** Apparition d'eau et d'éléments fins à la surface de la chaussée provenant de l'assise, ces remontées sont généralement localisées au droit des défauts de la couche de roulement.

Causes probables :

- Perte de cohésion au sein d'une chaussée fondée sur un sol argileux ou gorgé d'eau.
- Mauvais drainage du corps de chaussée.
- Défaut d'interface propice à la circulation de l'eau.

I.3 Influence des fibres sur l'orniérage :

En accord à son origine, les fibres ont différentes longueurs, épaisseurs et propriétés mécaniques. L'idée d'utiliser des fibres n'est pas nouvelle. Sa fonction principale comme matériau de renfort a été de fournir une force de tension supplémentaire dans le matériau composite résultant.

I.3.1 Paramètres influencés par l'ajout des fibres :

L'ajout des fibres peut augmenter la quantité d'énergie de déformation qui peut être absorbée pendant le procès de fatigue et fracture de l'enrobé bitumineux.

Le renfort avec fibres est plutôt utilisé comme une barrière de fissures que comme un élément de renforcement dont la fonction doit être portée la charge de tension aussi bien qu'empêcher la formation et la propagation de fissures.

L'essai de fatigue permet de voir l'évolution des propriétés mécaniques (E et ϕ) après l'ajout des fibres végétales.

Ainsi que l'essai d'orniérage permet d'évaluer la résistance à l'orniérage avant et après l'ajout des fibres.

I.3.2 Résultats attendus :

L'utilisation de fibres végétales se présente comme une bonne alternative puisqu'elles peuvent donner tant un apport mécanique comme écologique et à un plus bas prix.

L'ajout des fibres améliore la performance des enrobés bitumineux et diminue les problèmes de fluage et d'orniérage.

Pour déterminer l'influence de l'ajout des fibres, les caractéristiques de fabrication de l'enrobé ont été fixées, comme la granulométrie, la teneur en liant et le type de compactage. Deux variables ont été considérées : la longueur et la concentration de la fibre végétale pour étudier l'influence des caractéristiques physiques de la fibre naturelle sur le comportement mécanique d'enrobés bitumineux.

Une meilleure résistance à l'orniérage est offerte par des longueurs et concentrations spécifiques, au delà de ces valeurs la performance chute.

Un incrément des valeurs de E et une réduction des valeurs de ϕ. Cela signifie une amélioration des propriétés viscoélastiques de l'enrobé bitumineux pour certains mélanges.

I.3.3 Quelques résultats d'essais:

I.3.1 Essai du module complexe :

L'essai de module complexe consiste à solliciter une éprouvette cylindrique en traction compression en petites déformations (inférieures à 10-4 m/m). La figure IV.1présente les résultats d'un essai de module complexe pour cinq enrobés bitumineux renforcés avec fibres végétales. Les résultats sont présentés dans les courbes maîtresses du E et ϕ

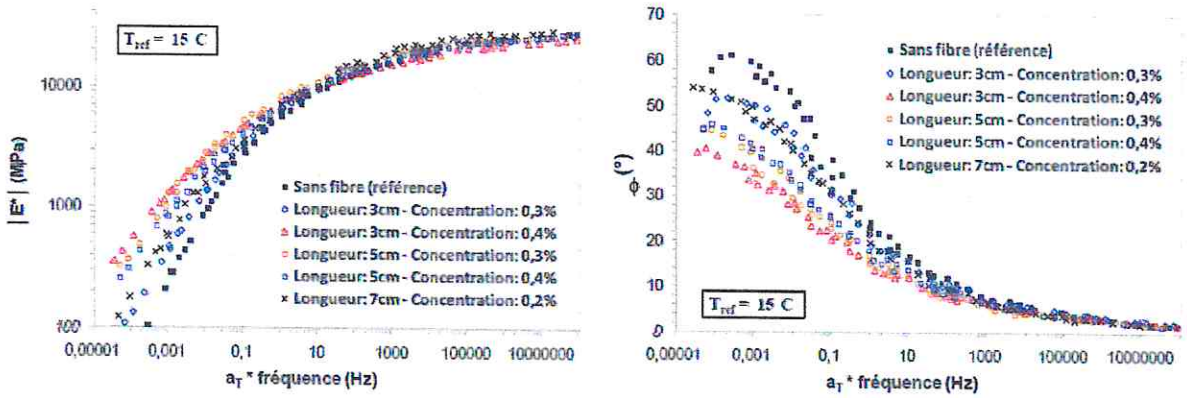


Figure I-15: Influence du renforcement de l'enrobé bitumineux avec fibres végétales, Courbe Maîtresse (Tref de 15°C).

Graphique gauche : norme du E – Graphique droit : angle de phase.

On observe une amélioration des valeurs de E pour les fréquences basses et intermédiaires. Pour les mêmes fréquences, on a observé une réduction des valeurs de l'angle de phase.

Ces résultats confirment une amélioration du comportement mécanique des enrobés bitumineux renforcés avec des fibres végétales pour certaines longueurs et concentrations de fibres.

I.3.2 Essais d'orniérage :

Calcul de la profondeur d'ornière mesurée [EN 12697-22].

On calcule le pourcentage de profondeur d'ornière mesurée, Pi, pour chaque ensemble de mesures à partir des 15 valeurs de déformation locale, m ij, et de l'épaisseur de l'éprouvette, h, à l'aide de l'équation suivante.

$$P_i\% = 100 - \sum_{j=1}^{15} \frac{(m_{ij} - m_{0j})}{(15 \times h)}$$

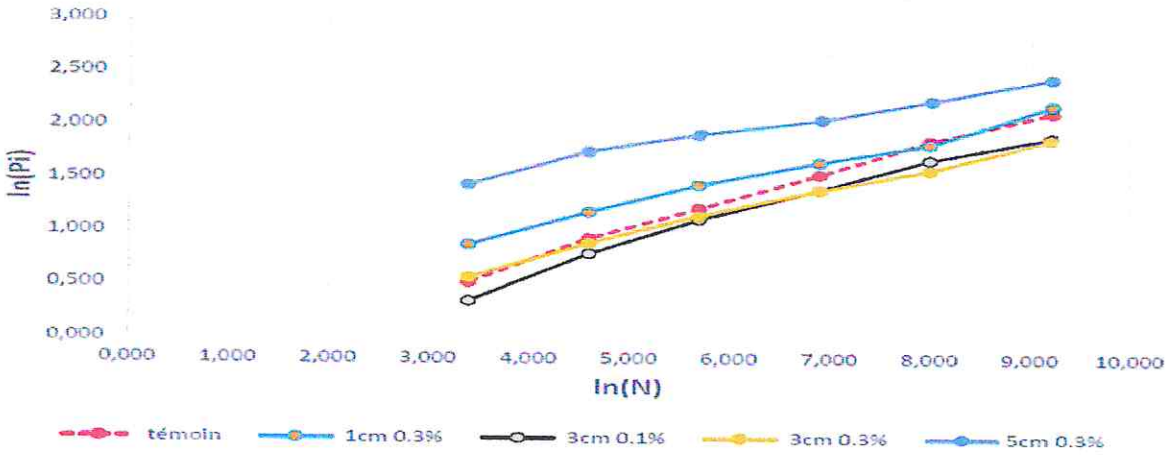


Figure I-16: Courbes de d'orniérage ln(Pi)= fct (ln(N))

Les résultats obtenus montrent que les mélanges de [3cm 0.1%] et [3cm 0.3%] donnent une meilleure résistance à l'orniérage par rapport au mélange témoin, contrairement aux deux autres mélanges [1cm 0.3%] et [5cm 0.3%].

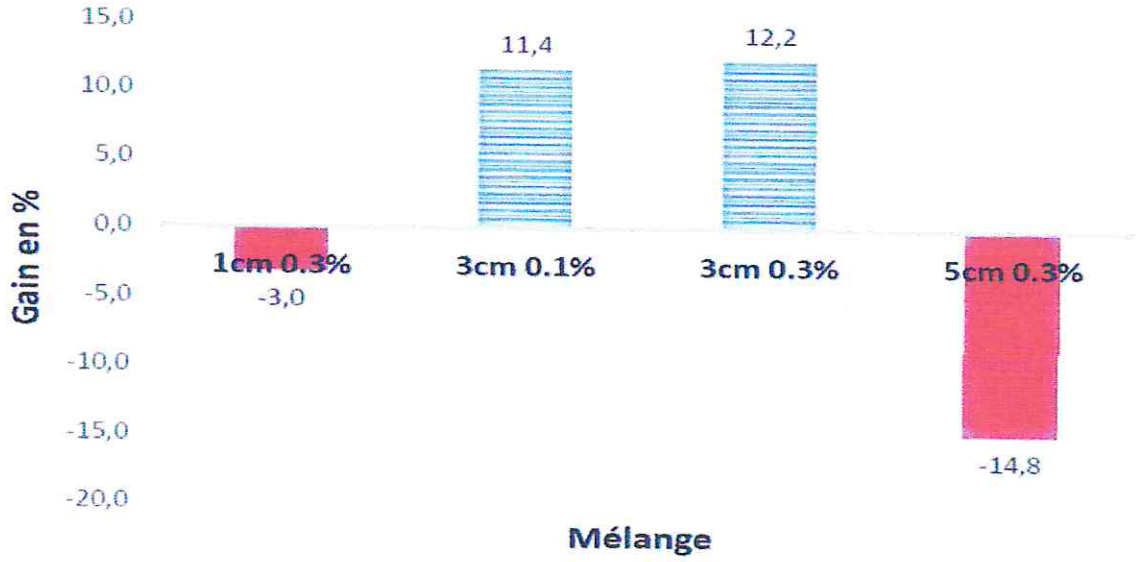


Figure I-17: Gain en résistance à l'orniérage pour différents mélanges

Pour la même teneur en fibre, 0.3%, les mélanges de 3cm sont meilleurs que les mélanges de 1cm et 5cm. En termes de gain, le mélange de 5cm présente une chute de plus de 14%.

I.4 Conclusion :

L'utilisation des fibres végétales permet un gain considérable par rapport aux solutions classiques de par leurs propriétés mécaniques qui leur offrent de très bonnes performances en termes de rigidité et un comportement remarquable vis-à-vis de la fatigue.

CHAPITRE II :
PRESENTATION DE PROJET

II.1 Présentation de la wilaya de d'Ain Defla

II.1.1 Situation géographique :

La wilaya d'Ain Défla se présente comme étant une zone de relais entre l'Est et L'Ouest, le Nord et le Sud du pays, occupant une position géographique centrale pouvant lui confier un rôle Stratégique lors de l'élaboration du schéma national d'aménagement du territoire, assurant aussi Une parfaite jonction entre le littoral et la région des hauts plateaux ainsi qu'une meilleure liaison Entre la région Ouest et celle de l'Est du pays. Le territoire de la wilaya reste inséré entre les massifs montagneux du DAHRA ZACCAR au Nord et l'OUARSNIS au sud avec une plaine au centre sous forme de cuvette, traversée d'est en Ouest par oued Cheliff, cours d'eau d'importance nationale. La wilaya d'Ain Defla est située à 145 km au sud-ouest de la capitale et s'étend sur une Superficie de 4897 km².

La wilaya d'Ain Defla est limitée par 05 wilayas :

- Au Nord la Wilaya de TIPAZA.
- Au Nord-Est la Wilaya de BLIDA.
- A l'Est la Wilaya de MEDEA.
- A l'Ouest la Wilaya de CHLEF.
- Au Sud la Wilaya de TISSEMSSILT.

II.1.2 Aspect administratif :

La Wilaya d'Ain Defla est composée de 14 Daïras, chacune comprenant plusieurs communes, pour un total de 36 communes.

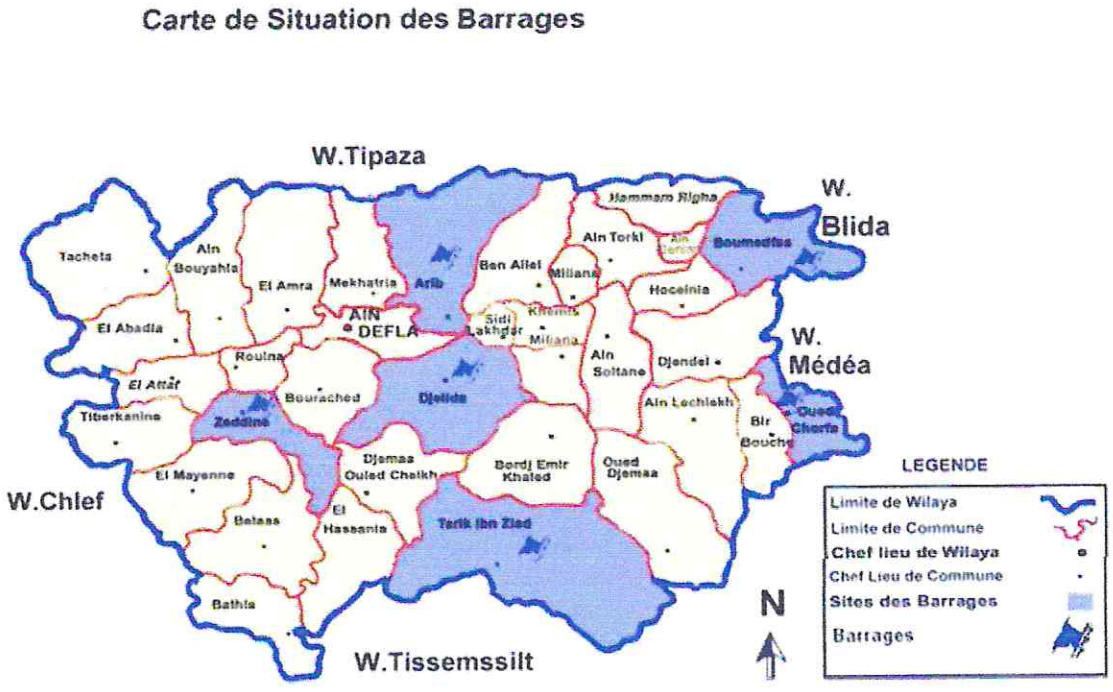


Figure II-1: Carte de limites administratives de la Wilaya d'Ain Defla

II.1.3 Réseau routier :

La wilaya d'AIN DEFLA gère 2651 Km de route répartissant comme suit :

- 795 Km de chemin de wilaya.
- 1856 Km de chemin communaux.

II.1.4 Le relief :

AIN DEFLA est une wilaya montagneuse qui fait une partie intégrante de la région du TELL, la wilaya reste insérer entre les massifs montagneux du DAHRA-ZACCAR au Nord et l'OUARSNIS au sud avec une plaine au centre sous forme de cuvette ,traversée d'est en Ouest par Oued Chlef, cours d'eau d'importance national.

II.1.5 Sismicité

Le document technique réglementaire DTR, concernant les règles parasismiques Algériennes applicable au domaine des ouvrages d'arts RPOA 2008", élaboré par le CTTP et le CGS (centre national de recherche appliquée en génie parasismique), divise le territoire algérien en quatre (04) zones de sismicité croissante, soit :

Tableau II-1: La zone et la sismicité

Zone	0	I	IIa	IIb	III
Sismicité	Négligeable	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée

Le site étudié se situe dans la zone IIb/IIa qui correspond à une zone de sismicité moyenne, la section autoroutière Khemis Miliana-Berrouaghia est considérée comme un ouvrage de grande importance (groupe 2). L'infrastructure est occupée par un faciès ferme, donc classé catégorie S2

A partir de ces données, les coefficients d'accélération sont : A=0.25 g depuis le début jusqu'au PK 25+000 et depuis ce PK jusqu'à la fin du tracé A=0.20 g.

La sismicité actuelle s'inscrit dans la continuité des mouvements pli-quaternaires ; il est par conséquent impératif de prendre en considération le facteur sismique dans le dimensionnement des ouvrages d'art et des ouvrages de soutènement.

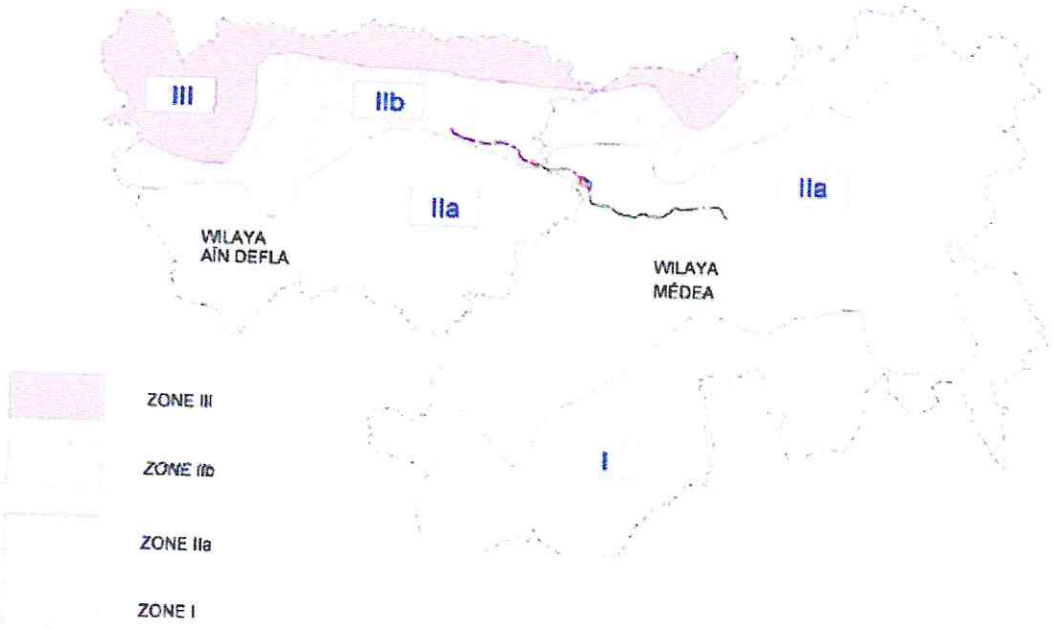


Figure II-2: Carte de sismique du territoire national ARPA99

II.1.6 Hydrogéologie :

Le projet s'inscrit dans le bassin du Haut Chéliff, le principal cours d'eau de la région Nord-Ouest de l'Algérie. Le réseau hydrographique de la zone du projet est relativement dense. Le projet traverse plusieurs oueds ou affluents d'oueds dont la plupart sont des chaabas.
Les principaux oueds traversant la zone d'étude sont de l'ouest à l'est : Oued Hellil, Oued Chéllif, Oued El Malah, Oued Oughat. Du point de vue hydrogéologique, le projet ne traverse pas de zones spécialement dangereuses.

II.1.7 Le climat

La wilaya d'Ain Defla présente un climat méditerranéen semi-aride avec un caractère de continentalité très marqué et une différence de 20°C entre les températures du mois de janvier et celle d'Aout. L'été s'étend sur 5 à 6 mois environ avec des masses d'air chaud à partir du mois de mai. La pluviométrie reste variable et atteinte 500 à 600 mm/an. Une série d'étages climatiques qui va du sub-aride au fond de la vallée au sub-humide sur les reliefs.
cette situation est liée à l'orographie : plus l'altitude est élevée plus l'étage est humide.
De même pour l'enneigement qui touche les reliefs de plus de 600 m d'altitude.

Tableau II-2: Distribution des Températures sur l'année de la Wilaya d'Ain Defla

Mois	janv.	fév.	Mars	avr.	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	oct.	nov.	déc.
Pluviométrie (mm)	129	100	70	60	52	23	5	10	38	56	82	110
Température Minimale C (min)	2	2.4	4.3	6.1	9.0	12.9	15.6	15.9	14.1	10.0	6.0	2.8
Température Moyenne C	5.7	6.6	8.9	11.5	14.6	19	22.3	22.4	19.8	14.9	10.2	6.7
Température Maximale C(max)	9.5	10.9	13.6	17.0	20.3	25.1	29.0	28.9	25 .6	19.9	14.4	10.7

II.2 Description du projet :

La 4ème rocade est divisée en trois lots, on s'intéresse dans cette étude par un tronçon du Lot 1, qui appartient à la section de Ain Defla du PK 00+000 au PK 15+000

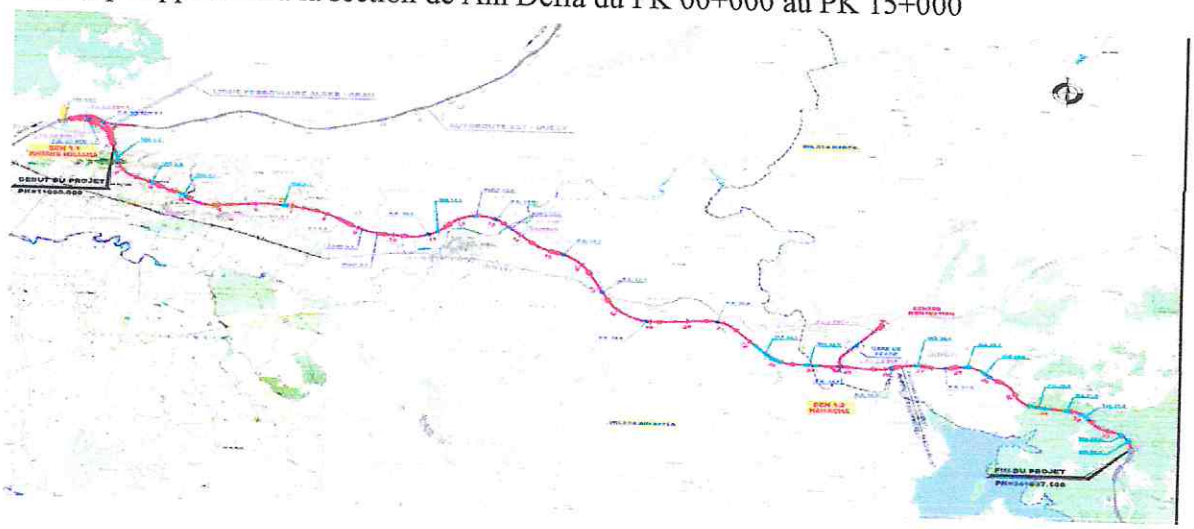


Figure II-3: Localisation de la zone d'étude sur Lot 1

La 4ème Rocade est une autoroute d'un linéaire de 261 km, qui prend naissance au niveau de la Wilaya d'Ain Defla, à la commune de Khemis Miliana, au niveau de la RN18 et de l'Autoroute Est/Ouest, puis elle traverse les Wilayas de Médéa, en passant au sud de la ville de Berrouaghia (au niveau de la RN1),Ensuite les Wilayas de Bouira et M'sila, en passant aux environs des villes de Sour el Ghozlane et Sidi Aissa (Au sud de Dirah, au niveau de la RN8), elle prend fin dans la Wilayade Bordj Bou Arreridj, au niveau de l'autoroute Est/Ouest.

II.3 Objectif de la Rocade :

Les objectifs de la 4eme rocade autoroutière sont les suivantes :

- Contribuera un soulagement de la région du centre du pays, et du trafic de transit Est-Ouest.
- Renforcement et à la consolidation de l'infrastructure routière de la région du Médéa et celle du Sud de Bouira.
- Diminuer la pression sur l'autoroute Est-Ouest et sur les principaux axes routiers tels que : RN4, RN5, RN1.
- Réduction des frais d'exploitations : une pénétrante diminuera et donnera naissance à une économie de carburant.
- Assurer la sécurité et le confort de l'usager.
- Développer les activités agricoles et touristiques de la région.
- Assurer le développement socio-économique de la région

II.4 Description de la zone d'étude :

Notre projet consiste a la réalisation d'un tronçon routier de la 4ème rocade d'Alger au

Niveau de la Wilaya d'Ain Defla sur 15 Km (du PK 00+000 au PK 15+000).
Avec conception d'un changeur (au PK0+000)

- Début du projet : PK 00+000 au niveau de la commune d'Ain Soltane.
- Fin du projet : PK 15+000 au niveau de la daïra de Djendel.

CHAPITRE III :
ETUDE DE TRAFIC

III.1 Introduction :

L'étude de trafic est une étape primordiale dans toute réflexion relative à un projet routier. Cette étude permettra de déterminer la virulence de trafic et son agressivité, Et aussi le type d'aménagement à réaliser.

Pour résoudre la plupart des problèmes d'aménagement ou d'exploitation routiers. Il est insuffisant de connaitre la circulation en un point donné sur une route existante .il est souvent nécessaire de connaitre les différents courants de circulation, Leurs formations, Leurs aboutissements. En d'autre thermes de connaitre l'origine et la destination des différents véhicules.

III.2 Analyse du trafic :

Afin de déterminer en un point et en un instant donne le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une organisation approprie.

- La statique générale.
- Le comptage sur route (manuel et automatique)
- Une enquête de circulation.

III.3 Différents types de trafic :

On distingue six types de trafic :

- **Trafic normal :** c'est un trafic su l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.
- **Trafic induit :** c'est un trafic qui résulte de nouveau déplacements des personnes vers d'autres déviations.
- **Trafic dévié :** c'est le trafic attiré vers la nouvelle route amenagé.la déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.
- **Trafic total :** c'est la somme du trafic normal et du trafic dévié.
- **Trafic de transit :** origine et destination en dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'une déviation)
- **Le trafic d'échange :** origine à l'intérieur de la zone étudiée et destination à l'extérieur de la zone d'échange et réciproquement (important pour définir les points d'échanges).

III.4 Modèle de présentation du trafic :

Dans l'étude des projections des trafics, la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constitue des ensembles homogènes, en matière d'évolution où d'affectation. Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont :

- Prolongation de l'évolution passée.0.
- Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- Modèle gravitaire.
- Modèle de facteur de croissance

III.5 Calcul de la capacité :

III.5.1 Définition :

La capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peuvent raisonnablement passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme (ou deux directions) avec les caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminée.

- La capacité dépend de :
- Des conditions du trafic.
- Des conditions météorologiques.
- Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des variables d'une route à l'autre).
- Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies).

III.5.2 Données du trafic :

Selon les résultats de comptages et de prévisions, effectués par l'ANA, on a :

- Environnement de la route E2.
- Catégorie de la route C1.
- Le trafic à l'année $\boldsymbol{TJMA2014} = 8324$v/j.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4\%$.
- La vitesse de base sur le tracé VB= 110 Km/h.
- Le pourcentage de poids lourds PL= 25 %.
- L'année de mise en service sera en 2021.
- La durée de vie de la route (20 ans).

III.5.3 Projection future du trafic

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

$$TJMAh = TJMA0\ (1+\tau)^{n}$$

Avec :

- TJMAh : Le trafic à l'année horizon.
- TJMA0 : Le trafic à l'année de référence (origine 2014) .

- τ :Taux d'accroissement du trafic(%) .

On a:

- TJMA0 = TJMA2014 = 8324 v/j
- TJMAh= TJMA2014 $(1+\tau)^n$
- TJMA2021 = $8324(1+0.04)^7$ = 10954v/j
- TJMA2041 = TJMA2021 $(1+0.04)^{20}$ = 24002v/j

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III-1: Trafic moyen journalier annuel

Année	TJMA (v/j)
2014	8324
2021	10954
2041	24002

III.5.4 Calcul du trafic effectif :

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$Teff = [(1 - Z) + Z. P]. TJMA_h$$

Teff : trafic effectif à l'année horizon en (uvp/jour).

Z: pourcentage de poids lourds.

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourd dépend de la nature de la route

Tableau III-2: Coefficient d'équivalence « P »

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

Pour le projet, l'environnement est E2 (terrain vallonné), d'après le tableau du

Coefficient d'équivalence, on prend P=6.

- Teff = [(1 - Z) + Z. P]. TJMA2041
- Teff (2041) = [(1 – 0, 25) + 6* 0, 25] *24002 = 54005uvp/J.

Donc : T_{eff} (2041) = 54005uvp/J.

III.5.5 Débit de pointe horaire normal :

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule suivante :

$$Q = \frac{1}{n} Teff$$

Avec :

Q : débit de pointe horaire

n : nombre d'heure, (en général n=8 heures), $\frac{1}{n} = 0.12$

Teff= trafic effectif.

Q prévisible (2041) = 0.12 x Teff(2041).

Q prévisible (2041) = 0.12 x 54005 = 6481uvp/h.

Q prévisible = 6481uvp/h.

III.5.6 Débit horaire admissible

La formule qui donne le Débit Horaire Admissible :

$Q_{adm} = K_1.K_2.C_{th}$

Avec :

- K_1, K_2 : coefficients correcteurs.
- C_{th}: capacité théorique.

Tableau III-3: Coefficient « K1 ».

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Pour le projet, l'environnement est **E2**, alors le **K_1= 0.85**

Tableau III-4: Coefficient « K2».

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

Pour notre projet qui a les caractéristiques **(E_2, C_1)**, donc : **K_2=0.99**

Valeurs de Cth : Capacité théorique du profil en travers en régime stable

Tableau III-5: Valeur de la capacité théorique.

Capacité théorique uvp/h	
Route à 2voies de 3.5m	1500 à 2000
Route à 3voies de 3.5m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

A partir du tableau :

Cth = 1800 uvp/h.

- Qadm= 0.85x0.99x1800 = 1515 uvp/h/voie.
- Qadm= 1515 uvp/h/voie.

III.6 Détermination du nombre des voies

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On faire la comparaison entre Q_{adm} et Q et on prend le profil permettant d'avoir :

$$Q_{adm} \geq Q$$

- Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Notre cas est une rocade donc une chaussée unidirectionnelle

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

$$N=\frac{S\times Q}{Qadm}$$

- S : coefficient dissymétrie en général = 2/3
- Qadm : débit admissible par voie

$$N=\frac{S\times Q}{Qadm} = S\times\frac{Q\ prévisible}{K1.K2.Cth} = \frac{2}{3}\times\frac{6481}{1515} = 2.85$$

Selon le calcul qu'on a fait : le nombre de voie est de (2×3 voie).

III.7 Calcul de l'année de saturation

On a:

$T_{eff2021}$ = [(1-Z) +P. Z]. $TJMA_{2021}$

$T_{eff2021}$ = [(1 – 0, 25) +6*.0, 25] * 10954 =24647uvp/j

$T_{eff2021}$ = 24647uvp/j

Q_{2021}= 0.12*24647= 2958 uvp/h.

Q_{2021} = (2/3) *2958 =1972 uvp/h/sens.

$Q_{saturation}$ = 3*Q_{adm} = 3*1515=4545 uvp/j.

D'où :

$$n = \frac{\ln\left(\frac{Qsaturation}{Q2021}\right)}{ln(1+\tau)} = 21.29 \text{ ans}$$

III.8 Conclusion

La rocade doit être dimensionnée avec 3 voies par sens de 3.5 m, et selon la norme ICTAAL 2015 le terre-plein central (TPC) est de 3m(qui compris un 2BDG de 1.2m et BM 0.6m), Une B.A.U (bande d'arrêt d'urgence) de 3 m permet de faciliter 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.

CHAPITRE IV
TRACE EN PLAN

IV.1 Introduction :

Le tracé en plan est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route, il est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes, il est caractérisé par la vitesse de référence appelé ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long visent à garantir de bonnes conditions de sécurité et de confort adaptées à chaque catégorie d'autoroute.

S'il en résulte une économie sensible ou une meilleure insertion dans le site, il est possible de dissocier les deux chaussées par leur profil en long ou leur tracé en plan.

IV.2 Choix de la catégorie

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'usager.

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.

Ces catégories L1 et L2 sont respectivement appropriées à des vitesses maximales autorisées de 130 et 110 km/h.
Notre site est difficile du coup on prend la catégorie L2, avec une vitesse maximale de **110km/h.**

IV.3 Règles à respecter dans le tracé en plan

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans l'ICTAAL 2015

(Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison), il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes.

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.

- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur totale de tracé.

IV.4 Les éléments de tracé en plan

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession d'alignements, et de liaisons entre ces Alignements et arcs de cercles comme il est schématisé dans la figure ci-dessous :

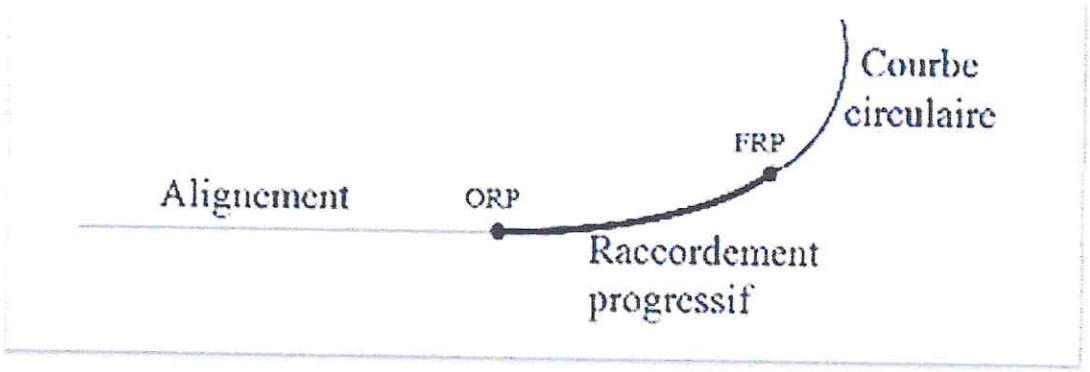


Figure IV-1: Elément de tracé en plan

IV.4.1 Les alignements :

La longueur des alignements dépend de :

- La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne
- Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement
- Du rayon de courbure de ces sinuosités

La longueur minimum est celle correspondant à un chemin parcouru durant un temps d'adaptation (t).

- $L_{min} = T \times V_B$ avec :
  - $T = 6$ sec.
  - V_B : vitesse de base en (m/s).

La longueur maximale L_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes

$L_{max} = T \times V_B$ avec : $T = 60$ sec

$L_{min} = 5 \times (110/3.6) = 152{,}77$m.

$L_{max} = 60 \times (110/3.6) = 1833{,}33$m.

IV.5 Les raccordements progressifs :

Les courbes de rayon inférieur à 1,5 Rnd sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïdes).

Il faut d'après **l'ICTAAL 2015** que la longueur est au moins égale à la plus grande des deux valeurs : **{14 |Δδ| et R/9}.**

Où :

R : le rayon de courbure (en m).

Δδ : la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés.

$$|\Delta\delta| = |\ \delta 1 - \delta 0\ |$$

δ1 : représente la pente transversale initiale.

δ0 : représente le devers de la courbe.

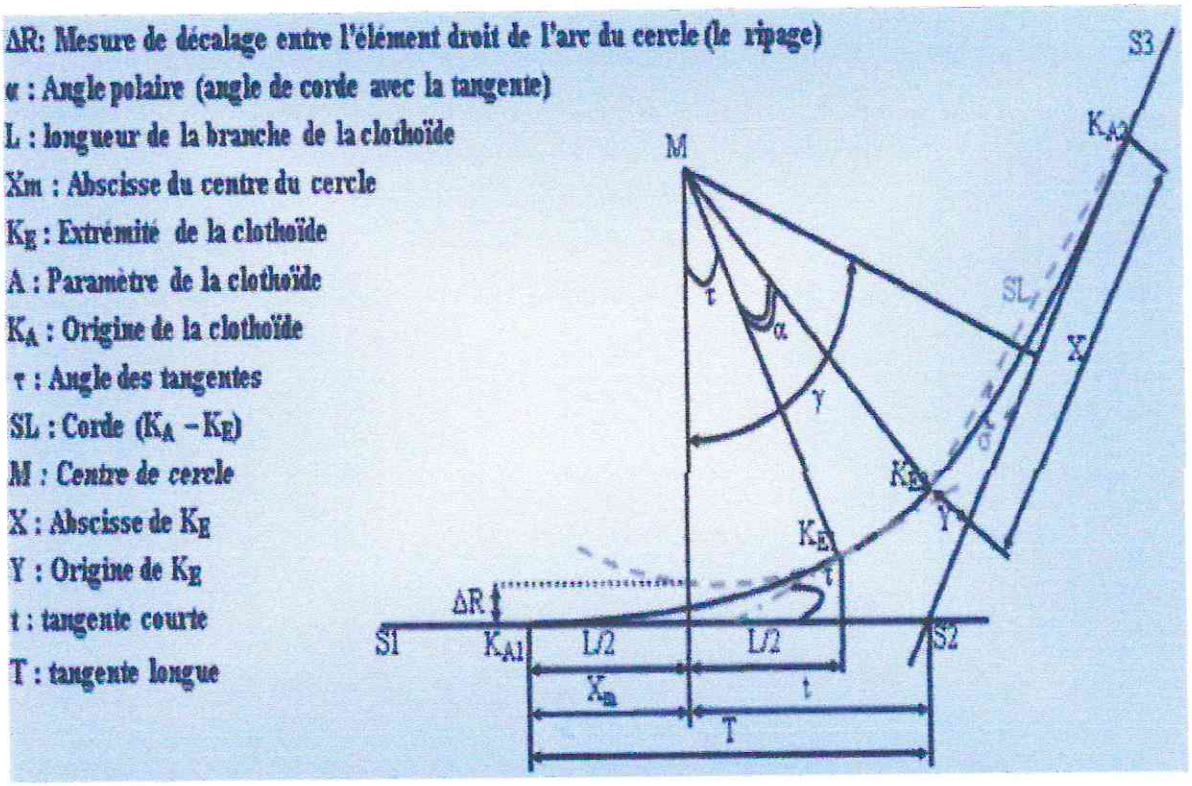


Figure IV-2: Géométrie de la clothoïde.

➢ **Rôle et nécessité des courbes de raccordement**

L'emploi des courbes de raccordements se justifie par les 4 conditions suivantes :

- *Stabilité transversale du véhicule*
- Confort des passagers du véhicule
- Transition de la forme de la chaussée
- Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant

IV.6 Enchaînement des éléments du tracé en plan

D'après l'ICTAAL2000 :

Des courbes circulaires de rayon modéré (<1,5 Rnd) 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. Dans ce cas, deux courbes successives doivent satisfaire la condition : R1≤1,5R2, où R1 est le rayon de la première courbe rencontrée et R2 (<1,5Rnd) 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.6.1 Cas 1 : Rayon avec courbe de transition :

Tableau IV-3: Données de l'axe à calculer.

Sommets	X(m)	Y(m)	R(m)	VB(Km/h)
A(x,y)	**437781.6232m**	**4012180.8540m**	**900**	**110**
B(x,y)	**438019.0806m**	**4011115.6928m**		
C(x,y)	**438939.9417m**	**4010730.2681m**		

On a

R = 900m < 1.5R_{nd} donc le calcul se fait pour un rayon avec Clothoïde

Exemple de calcul manuel d'axe en plan :

- **Les gisements :**
  Le gisement d'une direction est l'angle fait par cette direction avec le nord géographique dans le sens des aiguilles d'une montre.
- ***Calcul de gisements***

$|\Delta X_{A-B}| = |X_B - X_A| = 438019.0806 - 437781.6232 = 237.4574m$

$|\Delta Y_{A-B}| = |Y_B - Y_A| = 4011115.6928 - 4012180.8540 = -1065.1612m$

$|\Delta X_{B-C}| = |X_C - X_B| = 438939.9417 - 438019.0806 = 920.8611m$

$|\Delta Y_{B-C}| = |Y_C - Y_B| = 4010730.2681 - 4011115.6928 = -385.4247m$

- **Calcule de longueur de raccordement progressif :**

  On prend un rayon R=900m

$$L_s \geq MAX \begin{cases} L_1 = 14|\Delta\delta| = 14|\delta 1 - \delta 0| \\ L_2 = \frac{R}{9} \end{cases}$$

Avec :

δ_0 :Représente la pente transversale initiale$\Longrightarrow \delta_0 = -2.5\%$

Δ_1 : Représente le dévers de la courbe$\Longrightarrow \delta_1 = 2.5\%$

$$L_S \geq MAX \begin{cases} L_1 = 14 \times |2.5 + 2.5| = 70\ m \\ L_2 = \frac{900}{9} = 100m \end{cases}$$

Donc on prend L_S=100 m

Le paramètre $A = \sqrt{L_S \times R} = \sqrt{100 \times 900} = 300$

On a :

$\frac{R}{3} \leq A \leq R \Rightarrow$ Donc : 300m ≤ 300 m ≤900 m (vérifié).

- **Calcul de ΔR :**

$$\Delta R = \frac{L^2}{24 \times R} = \frac{100^2}{24 \times 900} = 0.46$$

$$\frac{L}{R} = \frac{100}{900} = 0.111$$

- **Calcul des gisements :**

G_A^B=200-arctg $(\frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A})$= 200-arctg $(\frac{438019.0906 - 437781.6232}{4011115.6928 - 4012180.8540})$=186.03 gr.

G_B^C=200-arctg $(\frac{X_C - X_B}{Y_C - Y_B})$= 200-arctg $(\frac{438939.9417 - 438019.0806}{4010730.2681 - 4011115.6928})$=125.235 gr.

- **Calcul des angles :**

$\gamma = |G_A^B - G_B^C| = |186.03 - 125.235| = 60.8$ gr.

- **Calcul de l'angle τ :**

$$\tau = \frac{L \times 200}{2 \times R \times \pi} = 3.53 \text{ gr.}$$

- **Vérification de non chevauchement** :

$$\frac{\gamma}{2} = 30.4$$

Donc : $\tau \leq \frac{\gamma}{2}$ (pas de chevauchement).

- **Calcul des distances :**

Distance(A-B)=$\sqrt{(\Delta xA - B)^2 + (\Delta yA - B)^2}$=1091.308m

Distance(B-C)=$\sqrt{(\Delta xB - C)^2 + (\Delta yB - C)^2}$=998.267m

- **Caractéristiques de la courbe de raccordement :**

On'a

$$\frac{L}{R} = \frac{100}{900} = 0.111$$

A partir Des tables de clothoïde, on tire les valeurs suivantes :

$\Delta R = \mathbf{0.46}$

$X_m/R=0.05555 \Rightarrow X_m= 50m$

$X/R=0.1110 \Rightarrow X =99.96m$

$Y/R =0.0020 \Rightarrow Y = 1.85m$

La corde polaire $SL = \sqrt{X^2 + Y^2}=\sqrt{9995.4241}=99.977m$

L'angle polaire δ = Arctg (Y/X) = 1.178 grade

- **Calcul de la longueur de l'arc du cercle :**

$L=R(\gamma-2\tau)\times\pi/200 = 900(60.8 - 7.06)\times\pi/200 = 618.539$

- **Calcul des coordonnées du début de la Clothoïde**

T=Xm+t

$t =(R+\Delta R)\times tg(\gamma/2)= 465.95m.$

T = 515.95

- **Points KA1, KE1**

- K_{A1}
  - $X_{KA1}=XS6-T\times\sin(G_{P5P6}) = 437906.9737m$
  - $Y_{KA1}= YS6-T\times\cos(G_{P5P6}) =4011619.27m$
- K_{E1}
  - $X_{KE1} = X_{KA1}+ SL \times \sin(G_{P5P6} - \delta) = 437930.5388m.$
  - $Y_{KE1} = Y_{KA1}+ SL \times \cos(G_{P5P6} - \delta) =4011522.11m.$

- **Calcul de coordonnées de centre :**

$G_{A1c}= 300 + G_{A1S2} = 86.03$grade.

$Xc = X_{KA1} + R \times \sin(G_{A1c}) = 438785.3912m.$

$Yc = Y_{KA1} + R \times \cos(G_{A1c}) = 4011814.357m.$

IV.6.2 Cas 2 : Rayon sans courbe de transition :

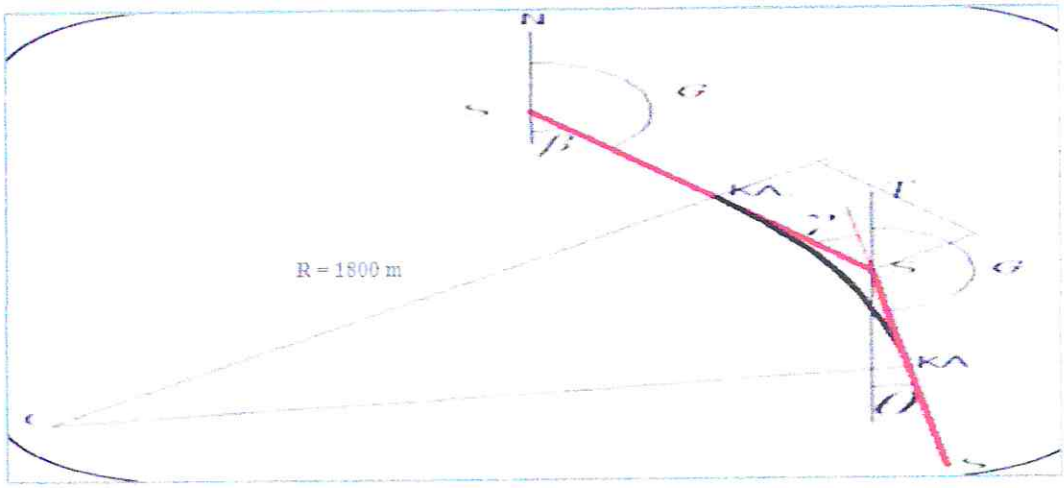


Figure IV-3: Raccordement circulaire entre deux alignements

Tableau IV-4: Données de l'axe à calculer.

SOMMET	X (m)	Y(m)	R(m)	V_B (km/h)
S1(x,y)	438019.0806m	4011115.6928m	1800	110
S2(x,y)	438939.9417m	4010730.2681m		
S3(x,y)	439266.1500m	4010512.4145m		

- **Calcul des gisements :**

$|\Delta X_{12}| = |X_{S2} - X_{S1}| = 920.8557$m.

$|\Delta Y_{12}| = |Y_{S2} - Y_{S1}| = 385.4247$ m.

$G_{P1P2} = 200 - \text{Arctg}\left(\frac{|\Delta X12|}{|\Delta Y12|}\right) = 125.2351$grade.

$G_{P2P1} = 400 - 75 = 325$ grade.

$|\Delta X_{23}| = |X_{S3} - X_{S2}| = 326.2083$m

$|\Delta Y_{23}| = |Y_{S3} - Y_{S2}| = 217.8536$m.

$G_{S2S3} = 200 - \text{Arctg}\left(\frac{|\Delta X23|}{|\Delta Y23|}\right) = 137.4849$ grade.

$G_{S3S2} = 400 - 62.515 = 337.4849$ grade.

- **Calcul des angles**

$\gamma = |G_{S2S1} - G_{S3S2}| \Longrightarrow \alpha 1 = 12.5 \text{grade}$

- **Calcul de la tangente**

$T = \tan(\gamma/2) \times$

$T = 118.189$ m.

- **Calcul des coordonnées des points singuliers**

K_{A1}

$X_{KA1} = X_{S2} - T \times \sin(G_{S1S2}) = 438830.9171$ m.

$Y_{KA1} = Y_{S2} - T \times \cos(G_{S1S2}) = 4010775.9$ m.

K_{E1}

$X_{KE1} = X_{P2} + T \times \sin(G_{S2S3}) = 439038.2278$ m.

$Y_{KE1} = Y_{P2} + T \times \cos(G_{S2S3}) = 4010664.629$ m.

Remarque : Les résultats de calcul automatique (CIVIL 3D) d'axe sont joints en annexe

CHAPITRE V
PROFILE EN LONG

V.1 Introduction :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et

Représentée sur un plan à une certaine échelle.

Le profil en long se caractérise par une succession de déclivités liées par des raccordements paraboliques constituant les raccordements verticaux (convexes et concaves).
Son but est d'assurer pour une continuité dans l'espace de la route afin de permettre de prévoir l'évolution du tracé et la bonne perception des points singuliers, en assurant toujours les d'assainissement.

Le profil en long est constitué deux éléments géométriques :

- Lignes droites (déclivités).
- Arcs de cercle tangents.

V.2 Règle á respecté dans l'élaboration d'un profil en long :

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne projet retenue n'est pas arbitraire mais

il doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et

L'évacuation des eaux pluviales, et pour cela, il faut respecter les règles suivantes :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur (dans notre cas c'est **L'ICTAAL2015**)
- Adaptation au relief et a l'environnement.
- Eviter les hauteurs excessives des remblais.
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux, on placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.

V.3 Caractéristiques du profil en long :

V.3.1 Déclivité :

La déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long et l'horizontale, Elle prend le nom des descentes et la rampe pour les montées

- Déclivité minimale :

La pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas pour l'écoulement des eaux de pluies, il faut éviter les paliers (tronçons de route absolument horizontaux où la pente est nulle).

Pour que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité on fasse à des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante.

Selon ICTAAL ⟶ Déclivité minimum : i_{min}= 0.5 %

- Déclivité maximale :

La déclivité maximum dépend de :

- Condition d'adhérence entre pneus et chaussée.
- Vitesse minimum de PL.
- Condition économique.

Toute fois dans les sinuosités (dans une courbe en plan), il est nécessaire de réduire de déclivité maximum.

Selon ICTAAL ⟶ Déclivité maximum : i_{max} = 6%.

V.3.2 Raccordement en profil en long :

Le passage d'une déclivité à une autre doit être raccordé par une courbe de grand rayon qui doit satisfaire aux conditions de confort et de visibilité, on distingue :

- Raccordement convexe (angle saillant ∩) :

Les rayons minimaux admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'oeil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part.
La conception doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

Selon ICTAAL 2015 ⟶ Rayon minimal en angle saillant : 6000 m.

➢ Raccordement concave (angle rentrant U) :

Dans un raccordement concave, les conditions de confort et de visibilité de jour ne sont pas déterminantes, par contre on a un problème de visibilité de nuit pour les routes non éclairées.

Selon ICTAAL 2015 ⟶ Rayon minimal en angle rentrant : 3000 m.

V.3.3 Valeurs limites :

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

Tableau V-1: Limite des paramètres de profil en long

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

V.4 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, respecter les 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 $R_V > 6R_H$, pour éviter un défaut d'inflexion.
- Eviter qu'un début de courbe faible (< 300m) se situe en point haut de profil en long car cela entraîne une dégradation de la perception du virage.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible, lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500m au moins, créant une perte de tracés suffisamment francs pour prévenir les perceptions trompeuses.

V.5 Exemple de calcul de profil en long :

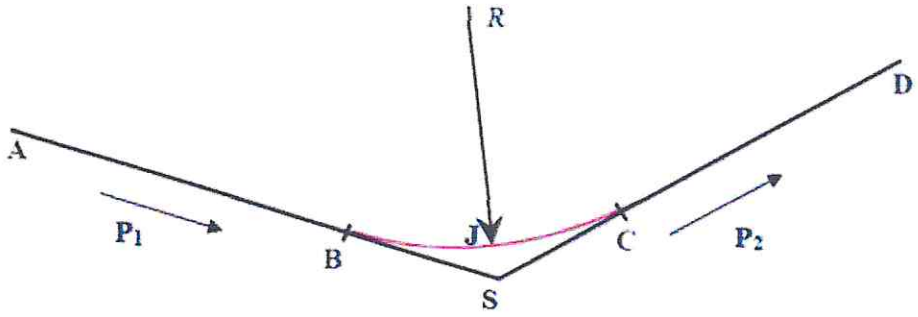


Figure V-1: Schéma illustratif d'un rayon concave.

- **Les point du profile en long**

Tableau V-2: Les donnes de l'axe a calculer

SOMMET	Abscisse (m)	Altitude (m)	R(m)
A	1266.74	397.5	5000m
S	1740.19	378.965	
D	2381.68	384.481	

- **Calcul des pentes :**

$$P_1=\frac{Z_S-Z_A}{X_S-X_A} \Longrightarrow P=-3.9\%$$

$$P_2=\frac{Z_D-Z_S}{X_D-X_S} \Longrightarrow P=0.85\%$$

- **Calcul des tangentes :**

$$T=\frac{R}{2}\times(|P_1|+|P_2|) \Longrightarrow T=118.75$$

- **Calcul de la flèche Bx :**

$$B_X=\frac{T\text{^}2}{(2\times R)} \Longrightarrow B_X=1.41\text{m}$$

- **Calcul des coordonnées des points de tangentes :**

B

$$\begin{cases} X_B = X_S - T = 1621.44\text{m} \\ Z_B = Z_S + (T \times |P_1|) = 383.596\text{m} \end{cases}$$

C

$$\begin{cases} X_C = X_S + T = 1858.94\text{m} \\ Z_C = Z_S + (T \times |P_2|) = 379.974\text{m} \end{cases}$$

- **Calcul de la longueur de raccordement :**

$$L = 2 \times T \Longrightarrow L = 237.5\ \text{m}$$

- **Calcul des cordonnées du point J :**

$$\begin{cases} X_{J/A} = R \times P_1 = 195\text{m} \\ Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - \dfrac{(X_{J/A})^2}{2 \times R} = 3.8 \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_J = X_B + X_{J/A} = 1816.44 \\ Z_J = Z_B - Z_{J/A} = 379.796 \end{cases}$$

Remarque : **Les résultats de calcul automatique (CIVIL 3D) sont mentionnés dans l'annexe.**

CHAPITRE VI

PROFIL EN TRAVERS

VI.1 Introduction :

Le profil en travers d 'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée par un plan vertical. Il définit les talus et la largeur et le dévers des chaussées et les zones non rouables de la route (bandes dérasées). Il existe deux types de profil :

- Profil en travers courant.
- Profil en travers type.

VI.2 Profil en travers en section courante mixte :

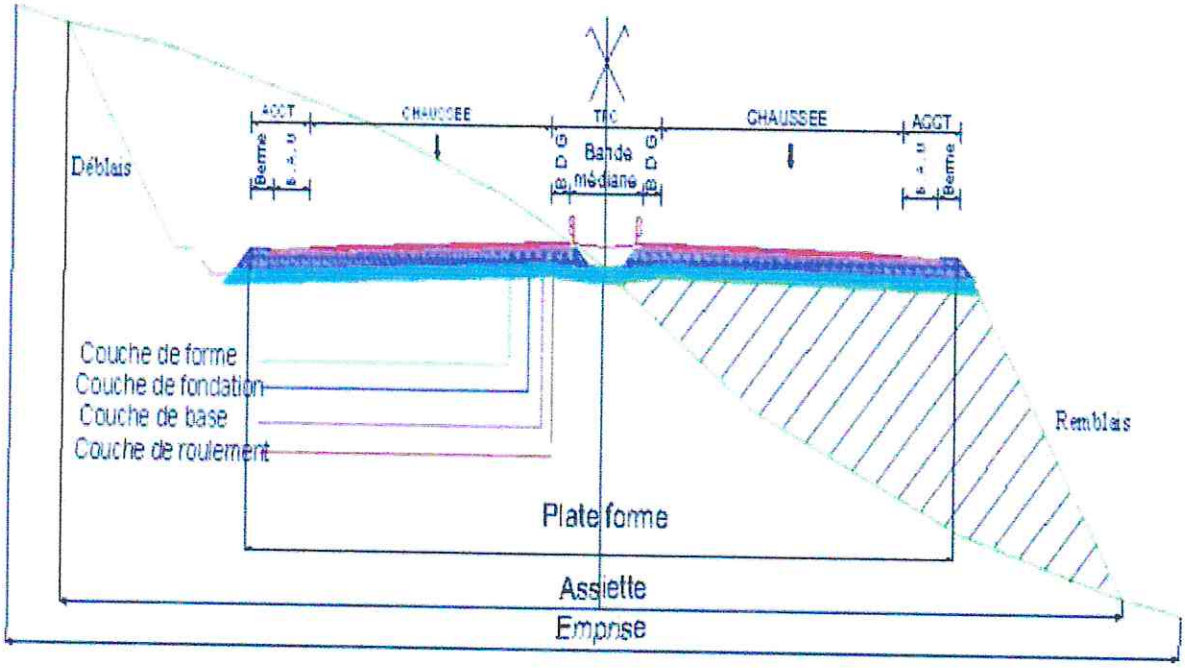


Figure VI-1: Les éléments constitutifs du profil en travers type.

T.P.C : Terre-Plein Central.

B.A.U : Bande d'Arrêt d'Urgence.

B.D.G : Bande Dérasée de Gauche

- **Chaussée :**

C'est la surface aménagée d'une route sur laquelle circulent normalement les véhicules. D'après l'étude de trafic, nous avons trouvé une chaussée de 2×3 voies larges de 3,50 m.

- **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 contribue dans les courbes à gauche au respect des règles de visibilité, est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sans dénivellation

Pour notre projet elle est de largeur de 1,2m.

- **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).

Pour notre projet elles de largeur est de 0.6 m

- **Interruption du T.P.C (I.T.P.C) :**

Elle permet, en cas de besoin, de basculer la circulation d'une chaussée vers l'autre.

Les I.T.P.C sont implantées de part et d'autre des ouvrages d'art non courants, des tunnels et des échangeurs, et avec un intervalle maximal de 3 km.

- **Accotement :**

Partie latérale de la plate-forme bordant une chaussée, il comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) revêtue et bordée à l'extérieur d'une berme

- **Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) :**

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

Elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée d'une surlargeur de chaussée qui porte le marquage en rive, puis d'une partie dégagée de tout obstacle, revêtue étape à accueillir un véhicule lourd en stationnement. Aucune dénivellation ne doit exister entre la chaussée et la B.A.U.

Sa largeur est de L (B.A.U) = 3 m.

- **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 %.

VI.3 Application sur notre projet :

Chaussée : 2 x 3 voies de circulation de largeur 3.5 m.

Terre-plein central (TPC) : une largeur de 3m devisée sur 2 BDG de 1.2 m et une bande médiane de 0.6 m.

Accotement :

Il comprend 3 éléments :

- **Bande d'arrêt d'urgence (BAU) :**

La largeur de BAU est 3m.

- **Berme :**

Une berme d'une largeur de 1 m est prévue lorsque l'autoroute est en remblai, et de 0.5 m en déblai.

- **Zone de sécurité :**

La largeur de la zone de sécurité est, à compter du bord de la chaussée, de 10 m pour la catégorie L1, et de 8,50 m pour la catégorie L2. En déblai, la zone de sécurité ne s'étend pas au-delà d'une hauteur de 3 m.

VI.4 Pente transversales autoroute (ICTAAL 4.6) :

VI.4.1 En alignement et en courbe non déversée :

La pente transversale d'une chaussée est généralement de 2,5 % vers l'extérieur. La pente d'une B.A.U. (ou d'une B.D.D.), est identique à celle de la chaussée adjacente. Les pentes des B.D.G. et du versant en toit d'un T.P.C. revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente.

VI.4.2 Point de rotation des dévers :

Lorsque le T.P.C est revêtu, le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plate-forme ; sinon le point de rotation des dévers de chaque chaussée se situe sur le bord gauche de la chaussée.

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

VI.4.3 Les éléments de profile en travers de notre projet :

Tableau VI-1: Profil en travers type proposé

Description	Largeur	Nombre	Largeur total(m)
Voie de circulation 2x 3	3.5	6	21
Terre-plein central (T.P.C)			
-bande dérasée de gauche -bande médiane (BM)	1.2 0.3	2 2	2.4 0.6
Accotement			
- bande d'arrêt d'urgence(BAU) - La berme	3 1	2 2	6 2
Totale			32
Zone de sécurité à l'extérieur des voies de circulation	10	2	20
Devers proposé			
- Chaussée		2,5 % vers l'extérieur.	
- (B.D.G)		identique à celle de la chaussée.	
- Band d'arrêt d'urgence (B.A.U)		identique à celle de la chaussée.	
- Berme extérieure		8% vers l'extérieur	

Remarque: les présentations des profiles en travers sont joint dans L'ANNEXE

CHAPITRE VII
ETUDE GEOTECHNIQUE

VII.1 Introduction

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée.
Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.
Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.
L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés , et qui s'exige des reconnaissances géotechniques.
A partir des essais au laboratoire et in situ, on peut connaitre les caractéristiques des sols et leur capacité portante.

VII.2 Objectifs de l'étude géotechnique

- Le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement.
- Etude de la possibilité de réutilisation des matériaux de déblai en remblai.
- Etude de stabilité des talus générés lors de la construction de routes (remblai, déblai)
- Pour assurer la sécurité.
- Caractéristiques physiques et mécaniques des sols.
- Détecter des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le corps de chaussée.

VII.3 La campagne des reconnaissances :

- Visite du site et interprétation des photos ;
- L'étude des archives et documents existants (carte géologique, levée topographique.)
- L'exécution des puits d'explorations et de forages ;
- Installation piézométrique ;
- Une série des essais mécaniques in situ.
- Une batterie d'essais au laboratoire.

VII.4 Données géologiques

Tronçon du kilomètre 0+000 au kilomètre 14+500 :(raccordement à l'autoroute Est- ouest jusqu'à la ferme Ben Ghouas) :

Ce tronçon démarre dans des marnes contenant des lentilles et des lits de grès d'âge miocène moyen. Le reste du tronçon continue avec une alternance de faciès : des conglomérats, grès sableux et argiles du Plio-quaternaire, la croûte calcaire et les terrasses de l'Oued.



Figure VII-1 Marnes miocènes



Figure VII-2grés miocènes

Le Miocène est surmonté par les conglomérats mous, à ciment argilo-sableux du Pliocène discordant sur des grès miocènes et des grès sableux de même âge.



Figure VII-3Conglomérat dissocié à ciment argilo-sableux.

VII.5 Présentation des essais

VII.5.1 Les Essais in situ :

- **Sondages carottés (XP P 94-202) :**

Identification de sol et distinction des types de formation.

- **Puits de reconnaissance (XP P 94-011) :**

Ces puits ont eu le but d'observer directement en profondeur la nature des formations occurrentes, évaluer l'épaisseur de sols de mauvaise qualité à décaper, déterminer l'épaisseur de terre végétale, détecter le niveau d'eau et prélever des échantillons remaniés pour identification et caractérisation géotechnique en laboratoire.

VII.5.1.5 Résultats des essais in situ.

- **Puits de reconnaissance :**

Dans le tableau suivant on présente un aperçu des résultats obtenus dans les puits de reconnaissance.

Tableau VII-1: Les résultats différents puits de reconnaissance.

Puits N°	PK	Profondeur(m)	Description
Puit-01	1+800	3	Limon graveleux
Puit-02	3+850	2	Conglomérat
Puit-03	4+450	3	Alluvions
Puit-04	5+150	2.5	Conglomérat
Puit-05	7+200	3	Limon
Puit-06	8+800	3.7	Limon
Puit-07	14+800	2	Marne de faible perméabilité

➢ **Interprétation :**

Le sol est constitué généralement de limon parfois graveleux (PK 7+200,8+800,1+800), avec des zones constituées d'alluvions et conglomérats (PK 4+450,3+850,5+150)

- **Sondages carottés :**

Les tableaux récapitulatifs suivant englobent les puits de reconnaissances in situ réalisée ainsi que la description lithologique des sondages carottés :

Tableau VII-2: Les résultats du sondage carotté

Sondage	PK	Profondeur(m)	Niveau de la nappe
SC-01	1+350	7.5	Aucune présence d'eau
SC-02	3+050	15.9	Aucune présence d'eau
SC-03	5+900	5	Aucune présence d'eau
SC-04	6+600	6.8	Aucune présence d'eau
SC-05	8+500	12.6	Aucune présence d'eau
SC-06	11+000	15	Aucune présence d'eau
SC-07	12+600	15.18	Aucune présence d'eau
SC-08	13+000	12.2	Aucune présence d'eau
SC-09	13+700	12.6	Aucune présence d'eau

- **Interprétation**

D'après l'analyse des résultats des sondages carottés, on constate :

- L'eau n'a pas été détectée dans les sondages (trous secs).

- La profondeur moyenne des forages réalisés a été de 7.5 mètres.

Ces profondeurs varient de 5 mètres du SC-03 à 15.9 m du SC-02.

VII.5.2 Les essais au laboratoire :

Les essais au laboratoire prévus pour le lot route sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau VII-3: Essais au laboratoire.

Essais	Description	Normes	Objectifs
Essais Géotechniques	*Analyse granulométrique* (tamisage à sec)	*NF P 94-056*	*Répartition pondérale des éléments* granulaires d'un matériau des terrassements
	Analyse granulométrique (par sédimentation)	NF P 94-057	Détermination de la distribution pondérale de la taille des particules fines d'un sol
	Teneur en eau naturelle	NF P 94-050	Détermination de la teneur en eau d'un matériau
	Limites d'Atterberg	NF P 94-051ou NF P 94-052-1	Détermination de l'argilosite d'un Sol
	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	/	Détermination de la masse volumique sèche d'un élément de roche
	Essai au bleu de méthylène	*NF P 94-068*	*Détermination de l'argilosite d'un* matériau
Essais de Compactage	Essai Proctor modifié	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 Mécanique	Essai œdométrique	XP P 94-090-1	Connaître les paramètres de résistance au cisaillement rectiligne (cohésion et angle de frottement interne) d'un matériau
	Essai de cisaillement	NF P 94-071-1	Connaître les paramètres de résistance au cisaillement rectiligne (cohésion et angle de frottement interne) d'un matériau

VII.5.2.1 Résultats des essais au laboratoire :

- **Résultats des essais physiques :**

Les résultats des essais effectués sur les échantillons issus des puits de reconnaissance et des sondages carottés sont consignés dans les tableaux ci-après :

Tableau VII-4: Résultats des essais physiques relatifs aux puits de reconnaissance

N°	PK	Prof (m)	Granulométrie (%)			Limites d'Atterberg			VBS	Propriétés physique	
			D max (mm)	<2mm	<0.08mm	WL (%)	WP (%)	IP (%)		WN (%)	γ_d (t/m^3)
Pt-01	1+800	3	10	70	47	37	16	21	1.00	3.8	/
Pt-02	3+850	2	<50	37	12	25	17	8	1.00	2.4	/
Pt-03	4+450	3	20	81	31	23	14	9	1.81	3.7	/
Pt-04	5+150	2.5	<50	44	24	28	16	12	1.16	4.6	/
Pt-05	7+200	3	<50	78	54	35	18	17	2.47	7.2	/
Pt-06	8+800	3.7	19	93	62	29	15	14	1.43	14.0	/
Pt-07	14+800	2	12.5	96	50	21.4	11.6	9.8	2.50	12.8	/

- **Interprétation**

-Pour tous les résultats d'essais de granulométrie on remarque que : $D_{max} \leq 50mm$.

- Pour les puits (01 , 05 , 06 et 07) tamisât à 0.08mm > 35%, les matériaux des puits appartiennent à la classe A. Cette classe renferme les sables fins argileux, les limons, les argiles et les marnes et les arènes peu plastiques.

- Pour les puits (02 , 03 et 04) 12% ≤ Tamisât à 0.08mm ≤35%, les matériaux des puits appartiennent à la classe B dans les sous-classes B5 ou B6.

-Pour les indices plastiques : les valeurs comprises entre 8 et 21%.

-Pour les valeurs en bleu au méthylène : sont varié entre 1.00 g/100 g et 2.50 g/100 g.

-Pour le teneur en eau naturelle : présente une variation en fonction de la granulométrie.

Tableau VII-5: Résultats des essais physiques relatifs aux sondages carottés.

N°	PK	Dmax	Prof (m)	Granulométrie (%)		Limite d'Atterberg			VBS	Propriétés physique	
				<2mm	<0.08mm	WL(%)	WP(%)	IP(%)		Wn	γd (t/m³)
SC-1	1+350	1	7.5	/	/	/	/	/	/	21.2	1.55
SC-2	3+050	/	15.9	99	84	79	26	53	4.500	25.2	/
SC-3	5+900	19	5	95	49	31	12	19	2.900	11.6	/
SC-4	6+600	/	6.8	92	40	45	22	23	/	/	/
SC-5	8+500	2	12.6	100	50	27	12	15	1.500	13.4	/
SC-6	11+000	13	15	89	28	34	13	21	1.160	15.1	/
SC-7	12+600	12.5	15	88	79	33.9	12	21.9	3.25	11.29	/
SC-8	13+000	0.4	12	100	85	44.3	13.7	30.6	3.5	18.33	/
SC-9	13+700	8	10.3	99	92	58.1	18.1	40	4.5	22.5	1.76

- **Résultats des essais mécaniques**

Les caractéristiques mécaniques des échantillons issus des puits de reconnaissance sont les suivantes :

Tableau VII-6: Résultats des essais mécaniques relatifs aux puits de reconnaissance

Puits	PK	PROCTOR		Indice CBR	PORTANCE
		γ_{dmax} (KN/m³)	W_{opt}(%)		
Pt-01	1+800	1.79	13.40	8.2	S3
Pt-02	3+850	2.12	7.50	6.2	S3
Pt-03	4+450	2.05	9	/	/
Pt-04	5+150	2.15	6	/	/
Pt-05	7+200	2.00	8.3	8.45	S3
Pt-06	8+800	1.98	11.2	19.08	S2
Pt-07	14+800	21	7.03	5.29	S3

➢ **Interprétation**

Les essais CBR ont été effectués par poinçonnement après quatre (4) jours d'imbibition, (Traitement considéré comme étant le cas le plus défavorable).

- Les résultats de l'indice portant donnent des valeurs qui varient entre 5.29 et 19.08 %.

- La valeur de l'indice de portance CBR à retenir est :5.29%, Sol de faible portance de classe S3

Tableau VII-7: Résultats des essais mécaniques relatifs aux sondages carottés.

N° SC	PK	Prof (m)	Œdométrique				Compression axiale				Cisaillement	
			σc (kpa)	Cc (%)	Cs (%)	Cg (%)	γh (Kn/m^3)	γd (Kn/m^3)	RC (MPA)	Déformation(%)	C (bar)	Φ(°)
S01	1+350	3.25/7.5	/	/	/	/	18.8	15.5	0.06	/	/	/
S02	3+050	15.9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S03	5+900	5.1	198	0.1	0	0.03	/	/	/	/	/	/
S04	6+600	6.8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S05	8+500	12.6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
S06	11+000	6.8 /15	/	/	/	/	21.4	18.9	0.37	12.3	/	/
S07	12+600	15	/	/	/	/	18.6	16.7	/	/	/	/
S08	13+000	12	242	0.1	0	0.03	20.8	17.5	0.18	/	0.67	34
S09	13+700	10.3	598	0.21	0	0.06	21	17.1	0.407	8.6	0.42	22

VII.6 Classification des sols :

Classer un sol consiste à l'identifier grâce à des mesures quantitatives et à lui donner un nom afin de le rattacher à un groupe de sols de caractéristiques semblables.

VII.6.1 Classification GTR :

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

- Paramètres de nature : Ce sont la granularité et l'argilosité
- Paramètres d'état :
  - ✓ État humide (h).
  - ✓ État très humide (th).
  - ✓ État humide moyenne (m).
  - ✓ État sec (s).
  - ✓ État très sec (ts).

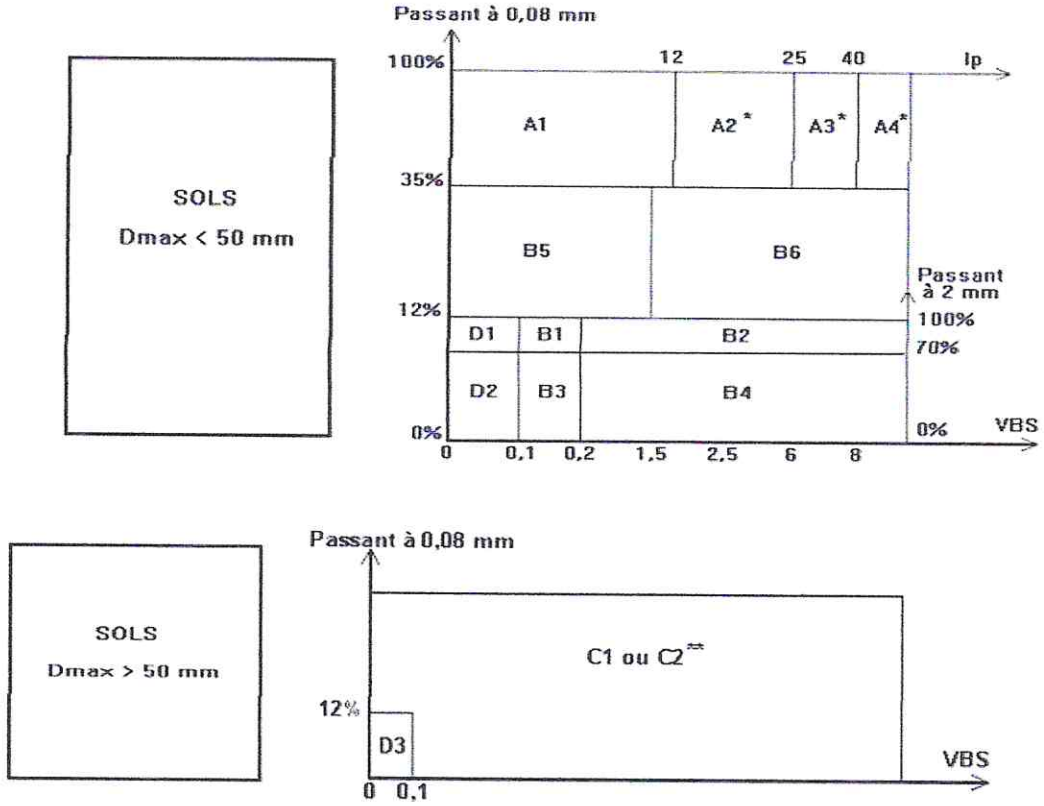


Figure VII-4: Abaque de la classification GTR

VII.6.2 Classification du sol selon LCPC

Pour connaitre la plasticité du sol on utilise le Diagramme suivant :

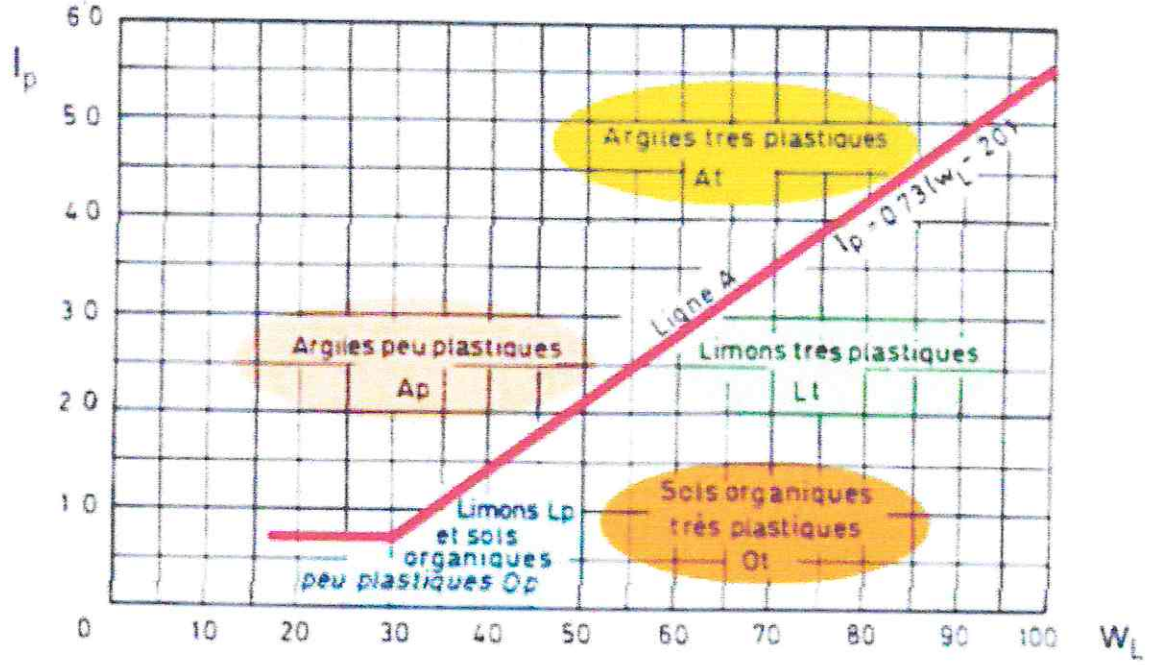


Figure VII-5: Diagramme de CASAGRANDE

VII.6.3 Résultats de classification :

VII.6.3.1 Résultats de la classification GTR :

Les résultats de la classification GTR effectuée sur les échantillons issus des puits de reconnaissance réalisés dans les zones de déblai sont les suivants :

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

Puits	PK	Conditions	Classification GTR	Nature
Pt-01	1+800	Dmax<50mm et 35%<%80µm<100% 12<IP=21<25 Wn< 0,7 W_{OPN} (Wn/W_{OPN}=0.28)	A2ts	Sables fins argileux
Pt-02	3+850	Dmax<50mm et 0%<%2mm<70% %80µm=12% 0.2<VBS<1.5 Wn< 0,6 W_{OPN} (Wn/W_{OPN}=0.32)	B4ts	Graves argileuses
Pt-03	4+450	Dmax<50mm et 12%<%80µm <35% 0%<IP=9%<12% 1.5<VBS<2.5 Wn< 0,7 W_{OPN} (Wn/W_{OPN}=0.41)	B6ts	Sables et graves argileux a très argileux
Pt-04	5+150	Dmax< 50mm et 12% < % 80 µm < 35% IP=12% Wn< 0,7 W_{OPN} (Wn/W_{OPN}=0.76)	B6s	Sables et graves argileux a très argileux
Pt-05	7+200	Dmax< 50mm et % 80 µm > 35 % 12<Ip=17< 25 (Wn/W_{OPN}=0.86) $0.7W_{OPN}$<Wn<$0.9W_{OPN}$	A2s	Sables fins argileux
Pt-06	8+800	Dmax< 50mm et % 80 µm >35% 12<(Ip=14) < 25 %0.4mm>85% alors on prend IC pour la classification 1.05< (Ic=1.07) < 1.2	A2m	Sables fins argileux
Pt-07	14+800	Dmax<50mm et 35%<%80µm<100% 0%<IP=9.8<12% wn ≥ 1,25 w_{OPN} (Wn/W_{OPN}=1.82)	A1th	Limons peu plastique

Selon la Classification LCPC-SETRA (NF P 11-300), la plupart des échantillons se classent comme sols A2 et B6. Seulement deux échantillons sont classés B4 et A1

VII.6.3.2 Résultats de la classification LCPC :

Selon les résultats des essais de laboratoire effectués sur les échantillons prélevés à l'aide des sondages carottés et des puits de reconnaissance, les sols sont classes d'après la classification LCPC :

Tableau VII-9: Résultats de la classification GTR (puits de reconnaissance)

Puits	PK	Conditions	Classification LCPC	Nature
Pt-01	1+800	(WL ,Ip)=(37%,21%)	Ap	Argile peu plastique
Pt-02	3+850	(WL ,Ip)=(25%,8%)	Ap	Argile peu plastique
Pt-03	4+450	(WL ,Ip)=(23%,9%)	Ap	Argile peu plastique
Pt-04	5+150	(WL ,Ip)=(28%,12%)	Ap	Argile peu plastique
Pt-05	7+200	(WL ,Ip)=(35%,17%)	Ap	Argile peu plastique
Pt-06	8+800	(WL ,Ip)=(29%,14%)	Ap	Argile peu plastique
Pt-07	14+800	(WL ,Ip)=(21.4%,9.8%)	Ap	Argile peu plastique

Tous les sols sont peu plastiques avec un indice de plasticité variant entre 8 à21%.

VII.7 Conditions d'utilisation des matériaux en remblai :

Sur la base de la classification GTR par les résultats des sondages carottés et des puits de reconnaissances, les sols déblayées peuvent être réutilisées ou pas en remblais à condition de satisfaire à certaines conditions prescrites dans le Guide des Terrassement Routier « GTR fascicule 1» Pour chaque classe ou sous-classe de matériaux définie dans la classification, des conditions de mise en œuvre à respecter sont édictées dans des tableaux, ces conditions sont en fonction de la situation météorologique constatée au moment où le matériau est mis en remblai.

Le guide technique GTR présente sous la forme de 3 colonnes :

- Les conditions météorologiques durant l'extraction et la mise en en remblai.
- Les conditions d'utilisation du remblai.
- Les codes correspondants.

VII.7.1 Conditions météorologiques

Situation météorologique durant l'extraction et la mise en remblai :

- **++ Pluies fortes :** augmentation importante de la teneur en eau.
- **+ Pluies faibles :** augmentation de la teneur en eau.
- **= Ni pluie, Ni évaporation importante** : teneur en eau stable.
- **Evaporation importante :** diminution de la teneur en eau (température élevée ou temps sec ou vent)

Ces symboles ne correspondent pas à des seuils quantifiables décrivant la situation météorologique (hauteur ou intensité de pluie par exemple).

VII.7.2 Les paramètres techniques pour la réalisation d'un remblai

Les conditions d'utilisation des matériaux en remblai sont définies en 7 rubriques :

- **Extraction (E) :** le mode d'extraction des matériaux de déblais est qui est en deux formes « extraction frontale, extraction en couches ».
- **Action sur la granularité (G) :** c'est les différentes actions de modification sur la granularité du matériau entre son extraction et la fin de son mise en remblai (élimination des fractions granulaires, fragmentation après extraction).
- **Action sur la teneur en eau (w) :** ce sont les actions de mesures qui s'agissent de modifier l'état hydrique des matériaux (aération par conditions météorologiques favorables ou l'humidification).
- **Traitement (T):** elle concerne les actions de traitement des matériaux avec les ajoutes comme la chaux, ciment, les cendres volantes et les autres additifs.
- **Régalage (R):** sous cette rubrique est donnée une indication sur l'épaisseur des couches élémentaires à mettre en œuvre.
- **Compactage (C):** donne des indications à propos le niveau d'énergie de compactage des matériaux (faible, moyen, intense).
- **Hauteur des remblais (H):** il s'agit de la hauteur maximale à ne pas dépasser ou bien à respecter lors de la mise en œuvre des remblais.

VII.7.3 Les code correspendent :

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
E Extraction	0 1 2	Pas de condition particulière à recommander Extraction en couches (0,1 à 0,3m) Extraction frontale (pour un front de taille > 1 à 2m)

G Action sur la granularité	0 1 2 3	Pas de condition particulière à recommander Elimination des éléments > 800mm Elimination des éléments > 250 mm pour traitement Fragmentation complémentaire après extraction
W Action sur la teneur en eau	0 1 2 3 4	Pas de condition particulière à recommander Réduction de la teneur en eau par aération Essorage par mise en dépôt provisoire Arrosage pour maintien de l'état Humidification pour changer d'état
T Traitement	0 1 2	Pas de condition particulière à recommander Traitement avec un réactif ou un additif adaptés Traitement à la chaux seule
R Régalage	0 1 2	*Pas de condition particulière à recommander* Couches minces (20 à 30 cm) Couches moyennes (30 à 50 cm)
C Compactage	0 1 2	Compactage intense Compactage moyen Compactage faible
H Hauteur des remblais	0 1 2	Pas de condition particulière à recommander Remblai de hauteur faible (5m) Remblai de hauteur moyenne (≤ 10m)

VII.8 Conditions d'utilisation des matériaux en remblai :

VII.8.1 Observation générale :

- Pour les sols (A_{2ts} ; B_{4ts} ; B_{6ts} ;A_{1th}) : d'après le GTR (se sont des sols normalement inutilisable en état), donc les sols comprises entre le (PK 1+800, PK 3+850, PK 4+450) et le PK 14+800 on ne peut pas utiliser comme des déblais mise en remblai.
- B_{6s} :Pour ces sols, il faut compenser l'insuffisance de la teneur en eau par un compactage intense, un arrosage, ou une humidification avec un malaxage soigné et une quantité d'eau importante.
- Pour le sol 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.
- Pour le sol A_{2m} :Ces sols ne posent pas de problème de réutilisation en remblai sauf par pluie forte ou moyenne

Le tableau suivant donne les conditions pouvant être imposées pour utiliser les différents matériaux en remblai :

Tableau VII-10: Les Conditions d'utilisation en remblai

Sol	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
A_2m	++	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	++	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
	–	Evaporation importante	**Solution 1 : humidification** W : humidification pour changer d'étatR : 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

Sol	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
B_6s	++	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
	+	Pluie faible	E : extraction en couchesR : 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 W : humidification pour changer d'étatR : 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
	-	Evaporation importante	Solution 1 : arrosage W : arrosage pour maintien de l'étatC : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 3 0 0 1 1
			Solution 2 : extraction frontale - arrosage E : extraction frontale W : arrosage pour maintien de l'étatC : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 3 0 0 1 2
			Solution 3 : humidification W : humidification pour changer d'étatR : couches minces C : compactage intense	0 0 4 0 1 1 0
B_6ts	Sols normalement inutilisables en l'état Leur humidification pour changer d'état doit être décidée à l'appui d'une étude spécifique			NON
A_1th	Sols normalement inutilisables en l'état La réduction de teneur en eau par une mise en dépôt provisoire ou drainage préalable (plusieurs mois) peut être envisageableaprès étude spécifique et permettrait de les ramener en A_1h			NON
A_2ts	Sols normalement inutilisables en l'état			NON
B_4ts	Sols normalement inutilisables en l'état Mais dans certains cas leur humidification peut être envisagée pour les amener à l'état "s" ou "m"			NON

VII.9 Les carrières utilisées pour granulats :

Les carrières existantes pour les granulats le long de la 4 -ème Rocade sont les suivants : Carrière du Ghrib, carrière de Boukhari, carrière de Bouaichoune, carrière de Gouea, carrière de Berrouaghia.

Pour notre tracé les carrières les plus proches sont : Carrière de Ghrib et celle de Boukhari.



Figure VII-7: La carrière de Boukhari.



Figure VII-6: La carrière du Ghrib

Les deux dernières carrières sélectionnées présentent des caractéristiques physico-mécaniques importantes.

Tableau VII-11: carrières les plus proches du tronçon étudier (rapport géotechnique ANA)

Carrière	Observations	Distance par rapport au tracé	Caractéristiques géotechniques	
			LA(%)	ES(%)
La carrière du Ghrib	Calcaire. Barre, calcaire dure de 30m	2km	23	57
La carrière de Boukhari	Plusieurs barres calcaires	1km	24	40



Figure VII-9: bances de calcaire



Figure VII-8: Blocs de calcaires après abattage

- Trafic
- Durée de vie
- Données climatiques
- Sol support
- Risque de calcul considéré
- Caractéristiques de matériaux

VIII.3.1 Méthode de C.B.R (California–Bearing–Ratio)

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur une échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après :

$$e = \frac{(100 + \sqrt{p}(75 + 50log\frac{N}{10})}{ICBR + 5}$$

- e : épaisseur équivalente.
- N : désigne le nombre moyen des camions dépassant 1500 Kg à vide
- *P* : charge par roue *P = 6.5 t* (essieu *13 t*)
- ICBR : indice portant C.B.R (sol support).

Pour notre cas :

- ICBR=5.29
- N=TPL_{2041}
- $TJMA_{2014}$=8324v/j
- $TJMA_{2021}$=8324× $(1+0.04)^7$=10954v/j
- $TPL_{2041vpc}$=0.25×0.8×10954× $(1+0.04)^{20}$=4800 PL/j/sens la plus chargé
- P=6.5t

A.N :

$$e = \frac{100+\sqrt{6.5}(75+50log\frac{4800}{10})}{5.29+5} = 61.51cm$$

$e_{équivalente}$=62 cm

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$e_{équivalente} = a1\ xe1 + a2\ x\ e2 + a3\ x\ e3$$



Figure VII-9: bances de calcaire



Figure VII-8: Blocs de calcaires après abattage

CHAPITRE VIII
DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

- Trafic
- Durée de vie
- Données climatiques
- Sol support
- Risque de calcul considéré
- Caractéristiques de matériaux

VIII.3.1 Méthode de C.B.R (California–Bearing–Ratio)

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur une échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après :

$$e = \frac{(100 + \sqrt{p}(75 + 50log\frac{N}{10})}{ICBR + 5}$$

- e : épaisseur équivalente.
- N : désigne le nombre moyen des camions dépassant 1500 Kg à vide
- *P* : charge par roue *P* = 6.5 t (essieu 13 t)
- ICBR : indice portant C.B.R (sol support).

Pour notre cas :

- ICBR=5.29
- N=TPL_{2041}
- $TJMA_{2014}$=8324v/j
- $TJMA_{2021}$=8324× $(1+0.04)^7$=10954v/j
- $TPL_{2041vpc}$=0.25×0.8×10954× $(1+0.04)^{20}$=4800 PL/j/sens la plus chargé
- P=6.5t

A.N :

$$e = \frac{100+\sqrt{6.5}(75+50log\frac{4800}{10})}{5.29+5} = 61.51cm$$

$e_{équivalente}$=62 cm

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$e_{équivalente} = a1\ xe1 + a2\ x\ e2 + a3\ x\ e3$$

a1 xe1 : couche de roulement.

a2 xe2 : couche de base.

a3 xe3 : couche de fondation.

e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches.

a1, a2, a3 : coefficients d'équivalence.

Tableau VIII-1: les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

Matériaux utilisés	Coefficients d'équivalence
Béton bitumineux (BB)	2
Grave bitume (GB)	1.5
Grave concassée (GNT)	1
Tout venant d'oued (TVO)	0.75
Tuf	0.6
Sable	0.5

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il nous faut résoudre l'équation suivante : a1×e1 + a2×e2 + a3×e3= 60 cm.

Pour résoudre l'équation précédente, on fixe 2 épaisseurs et on calcule la 3éme On propose :

Tableau VIII-2: épaisseurs des couches

	Epaisseur réelle	Céq	Epaisseur équivalente
Couche de roulement BB	8	2	16
Couche de base GB	14	1.5	21
Couche de fondation GNT	25	1	25
Total	47	/	62

Structure de chaussée retenue avec la méthode CBR **: 8BB + 14GB +25GNT**

Epaisseur réelle Total=47cm

Structure envisagée :

- Couche de roulement
- Couche de base
- Couche de fondation

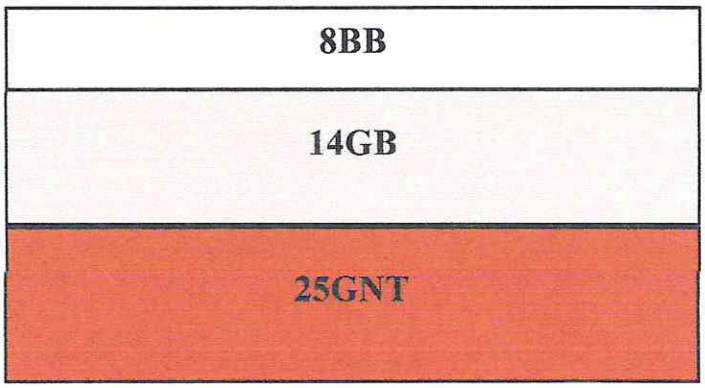


Figure VIII-1: structure du corps de chaussée selon méthode C.B.R

VIII.3.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

VIII.3.2.1 Description de la method:

Le catalogue de dimensionnement des chaussées se présente sous forme de fiches de dimensionnement dans lesquelles les structures sont déjà précalculées.
Ces structures précalculées font appel à la connaissance d'un certain nombre de Documents d'accompagnement (normes, guide techniques, recommandations…).
En ce qui concerne la démarche adoptée pour le catalogue et qui est présentée ci-dessous, elle fait appel aux spécificités géologiques et climatiques du pays ainsi qu'aux ressources en matériaux disponibles pour chaque région, elle donne ainsi la possibilité au projeteur de faire un choix entre plusieurs variantes de structures de dimensionnement, selon les données technico-économiques locales et régionales relatives au projet.

VIII.3.2.2 Les données climatiques:

La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site d'après le « catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP 2001) », le site de projet est classé en zone I (Wilaya de Ain Defla), avec :

- La température équivalente :20°C

	Zone climatique		
Température équivalente θeq (°C)	I et II	III	IV
	20	25	30

Figure VIII-2: Tableau Choix de la température équivalente (Fascicule 2)

- La Pluviométrie : supérieur 600 mm\an.

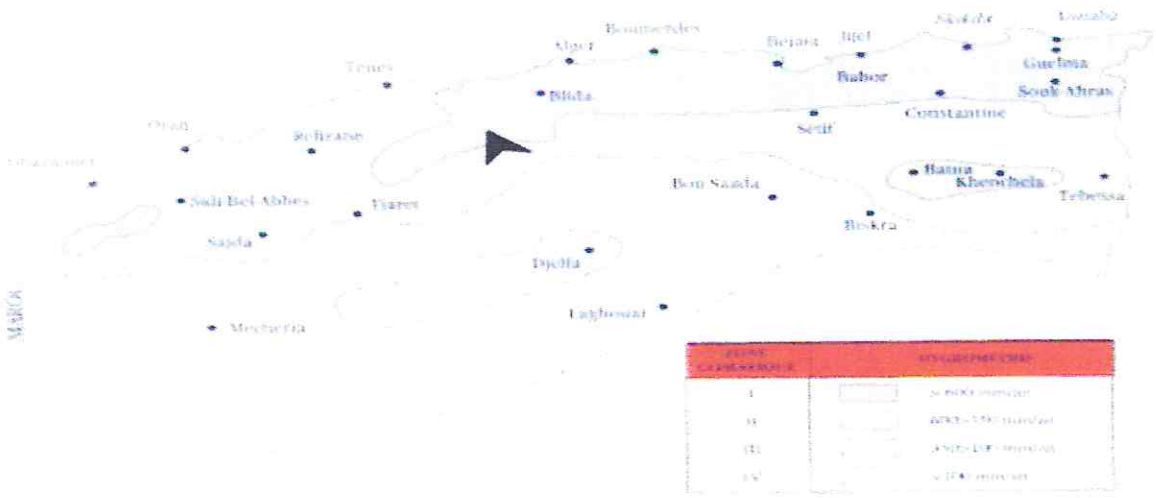


Figure VIII-3: Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie

VIII.3.2.3 Trafic:

1. **Détermination du type du réseau principale :**
   - **Données de l'étude :**

- Année de comptage : 2014
- Année mise en service : 2021
- TJMA2014= 8324v/j dans les deux sens
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : = 4%
- Pourcentage de poids lourds : Z =25%

TJMA2021=**10954v/j** dans les deux sens > 1500(V/j) Le réseau principal de notre est. **RP1**

Réseau principal	Trafic (véhicule/jour)
RP1	>1500
RP2	<1500

2. **Classe De Trafic (TPLi) :**

Le trafic sera calculé et classifié avec les recommandations de « catalogue algérien du dimensionnement des chaussées neuves (version 2001) »

Le trafic été considéré comme équilibré (identique) dans les deux sens

$TJMA_{2014}$= 8324 v/j/sens

TPL_{2014}=8324 ×0.25= 2081 PL/j/sens

TPL_{2021}= TPL_{2014}× $(1+\tau)^7$= 2738PL/j/sens

Pour une chaussée unidirectionnelle à trois voies, on prend 80% du trafic PL sur la voie lente de droite (la voie plus chargé).

Donc TPL_{2021} = 0.8×2738 = 2191 PL/j/voie plus chargée

La classe de trafic est : TPL6.

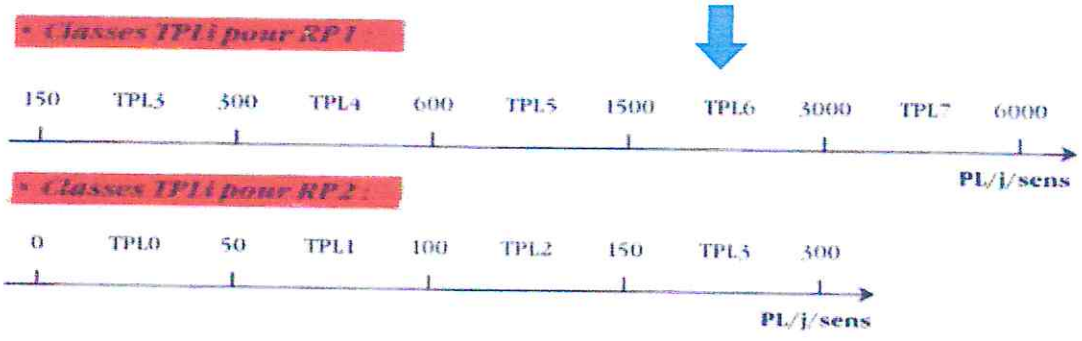


Figure VIII-4: Classe TPLi pour RP1et RP2 (Fascicule n°1)

3. Le trafic cumulé de poids lourd (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 :

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

i : taux d'accroissement.

n : durée de vie.

Donc :

$$TC(2041) = 2191 \times 365 \times \frac{(1 + 0.04)^{20} - 1}{0.04}$$

$$TC\ (2041) = 23.82 \times 10^6\ PL/j/voie\ le\ plus\ chargée.$$

4. Trafic cumulé équivalent (TCEi) :

Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.

$$TEC_I = TC_I \times A$$

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

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB , GB/Tuf , GB/SG...	0 ,6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL , BCg/GC	1
RP2	Chaussées à matériaux non traités : GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	0,6
	Chaussées à matériaux traités au bitume : SB/SG	0,4
RP1 et RP2	Sol support (Calcul de $\varepsilon_{z,ad}$)	0,6

Figure VIII-5: Valeurs de coefficient d'agressivité selon le réseau principal (CTTP, 2001)

Pour notre cas, la structure type sera en matériaux traité au bitume D'après le tableau de « **catalogue du dimensionnement algérien** » Le coefficient A=0.6.

Donc : TCE_{2041} =23.82×10^6 ×0.6= 14.29×10^6 essieux équivalent de 13t

VIII.3.2.4 Le risque de calcul :

C'est la probabilité pour qu'apparaissent au cours de la durée de vie de la chaussée des dégradations structurelles qui impliqueraient des travaux de renforcement de la chaussée.

Pour RP1 et un trafic TPL6 on a : r=5%.

Tableau VIII-3: Risque adopté pour le réseau RP1 (fascicule N° 2)

	Classe de trafic (TPLi) (PL/J/sens)	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GB GB/GNT	20	15	10	(5)	2
	GL/GL	15	10	5	2	2
	BCg/GC	12	10	5	2	2

VIII.3.2.5 Détermination de la portance du sol support :

1. Présentation des classes de portance des sols

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 VIII-4: Présentation des classes de portance a long terme du sol-support (fasiculeN°1)

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

2. Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement

Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante : E(MPa)=5×CBR.

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

Figure VIII-6: Classe de portance de sol-supports(fasiculeN°1)

3. Caractéristiques du sol support :

D'après le rapport géotechnique, nous avons des différents indices de CBR et le module du sol support selon les PK :

PK 1+800 ▶ CBR=8.2 ▶E= 5×8.2=41 (MPa) Classe de sol supportS3.

PK 3+850 ▶ CBR=6.2 ▶E=5×6.2=31(MPa) Classe de sol supportS3.

PK 4+450 ▶ CBR= 6.2 ▶ E=5×6.2=31(MPa) Classe de sol supportS3.

PK 5+150 ▶ CBR= 6.2 ▶ E=5×6.2=31(MPa) Classe de sol supportS3.

PK 7+200 ▶ CBR=8.45 ▶ E=5×8.45=42.25(MPa) Classe de sol supportS3.

PK 8+800 ▶ CBR=19.08 ▶ E=5×19.08=95.4(MPa) Classe de sol supportS2.

PK 14+800 ▶ CBR=5.29 ▶ E=5×5.29=26.45(MPa) Classe de sol supportS3.

Donc la portance de sol support est de S3 pour (PK 1+800 au PK 7+200) et (PK 14+800).
Donc : on ajoute une couche de forme de 40 cm d'épaisseur en matériaux sélectionnés (GNT de bonne portance qui disponible au le carriere plus proche ghrib) en deux couches de 20 cm, compacté en deux couches conformément aux résultats du Proctor modifié.

4. Amélioration de la portance du sol support :

La couche de forme a pour but d'améliorer la portance du sol support, Dans le cas de surclassent de soles supports. Le tableau donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser :

Tableau VIII-5: classement avec couche de forme en matériaux non traite

Classe se portance de sol terrassé (Si)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (Sj)
<S4	Matériaux non traités (*)	50m (en 2couhes)	S3
S4	//	35m	S3
S4	//	60cm (en 2couhes)	S2
S3	//	40cm (en 2couhes)	S2
S3	//	70cm (en 2couhes)	S1

La couche de forme a pour but d'améliorer la portance du sol support, le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de couche de forme, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la couche de forme.

VIII.3.2.6 Choix des différentes couches de la chaussée :

1. **Proposition de la structure**

Dans le cadre de notre projet, nous avons proposé la structure suivante :

- Couche d roulement :BB
- Couche de base :GB
- Couche de fondation : GB

2. **Choix de dimensionnement**

Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique **I**, durée de vie de **20 ans,** taux d'accroissement (**4%**), portance de sol (**S2**) et une classe de trafic (**TPL6**). Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (**fascicule 3**) propose la structure suivante :

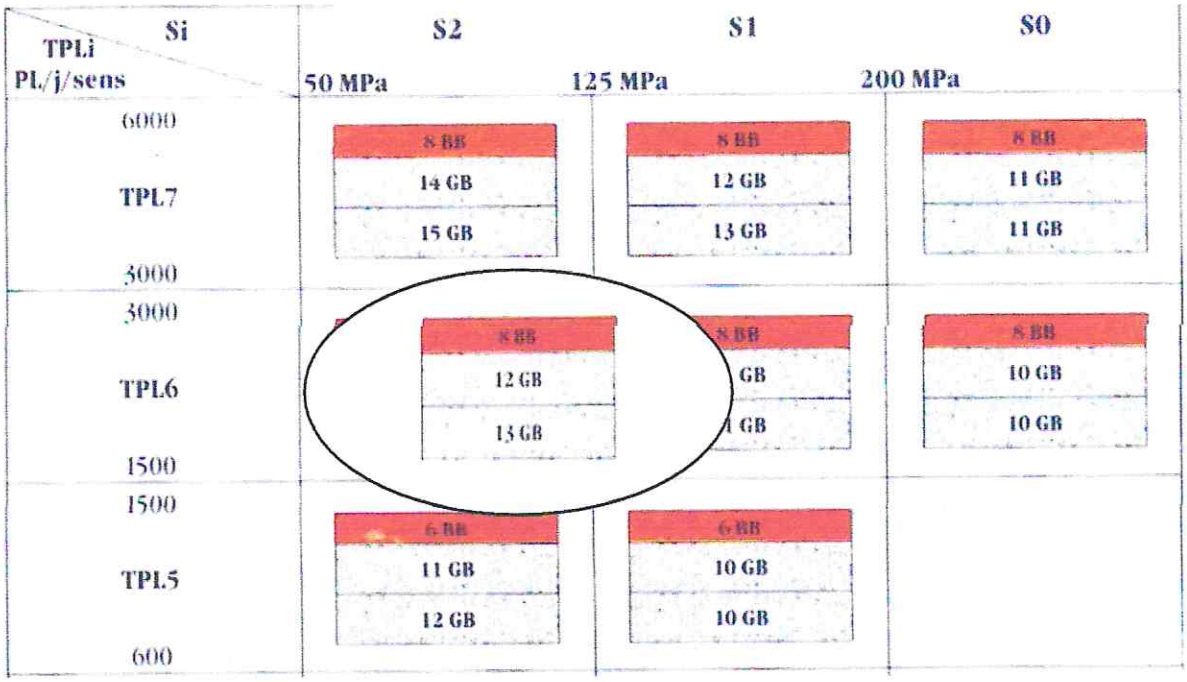
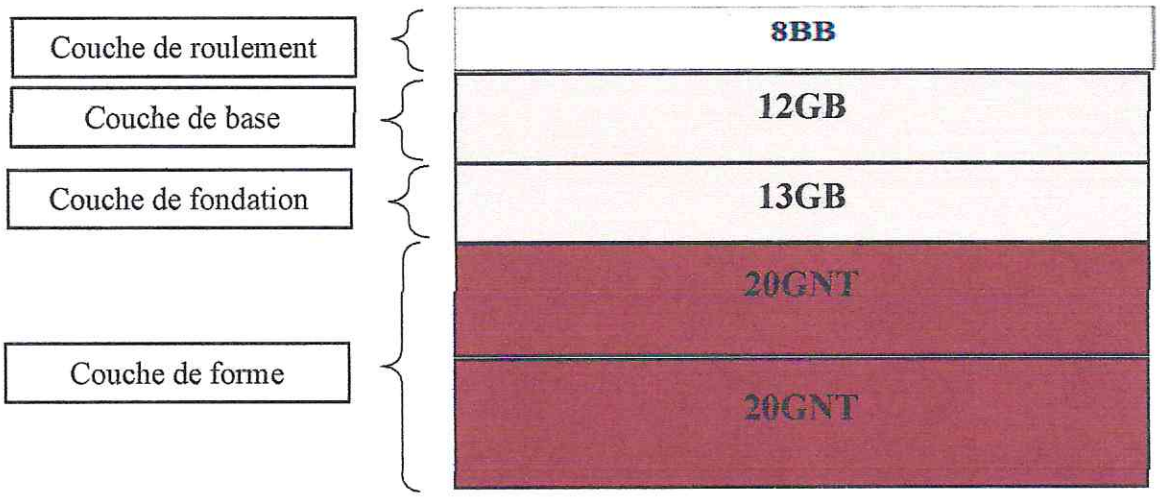
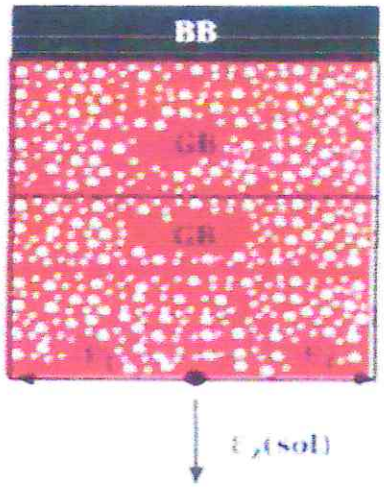


Figure VIII-7: Les Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue



VIII.4 Calcul des déformations admissibles:



VIII.4.1 calcule de la déformation admissible sur le sol support $\xi_{z,ad}$

Elle est donnée par une relation empirique déduite des études sur des chaussées algériennes :

- $\xi_{z,ad}= 22.\ 10^{-3}.\ (\mathbf{TCEi})^{-0.235}$
- $\xi_{z,ad} = 22.\ 10^{-3}.\ (14.29\times10^{6})^{-0.235}$
- $\xi_{z,ad}=458.13\times10^{-6}$

VIII.4.2 Calcule de la déformation admissible $\xi_{t,ad}$ a la base de GB :

Pour les matériaux traités au Bitume le calcul des déformations admissibles de traction Ɛt adm à la base des couches bitumineuses est donnée par la relation suivante :

$\xi_{t,ad}= \xi_6(10°C,25Hz)\times kne\times k\Theta\times kr\times kc$

ξ6(10°,25Hz): déformation limite détenue au bout de 10^6 cycles avec une

Probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz (essai de fatigue).

- kΘ: facteur lie à la température
- kne: facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- kr: facteur lié au risque et aux dispersions.
- kc: facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur la chaussée avec :

$$kne=\left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b,\ k\Theta=\sqrt{\frac{E(10C°)}{E(\theta eq)}},\ kr=10^{-tb\delta}$$

d'ou:

$$\xi_{t,ad}= \xi_6(10°C,25Hz)\times \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b \times\sqrt{\frac{E(10C°)}{E(\theta eq)}} \times10^{-tb\delta}\times kc$$

Avec :

TCEi: Traffic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée

- b: pente de la droite de fatigue du matériau traité (b<0).
- E(10°C) : Module complexe de matériau bitumineux à 10°C.
- E(θeq) : Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.

δ: f (dispersion). $\delta = \sqrt{SN^2 + (\frac{C}{b} S_h)^2}$

Avec :

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

Tableau VIII-6: Tab valeurs de t=f(r%)

r%	2	3	5	7	10	12	15
T	-2.054	-1.881	-1.645	-1.520	-1.282	-1.175	1.036
r%	20	23	25	30	35	40	50
T	-0.842	-0.739	-0.674	-0.524	-0.385	-0.253	0

VIII.4.3 Performances mécaniques des matériaux bitumineux :

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

Tableau VIII-7: performances mécaniques des matériaux bitumineux (source catalogue)

Matériau (MTB)	E(30°C,10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°,10Hz) (Mpa)	ε_6(10°, 25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sb (cm)	ν	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	5500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	5	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

Alors d'après le tableau ci-dessus du Catalogue de dimensionnement des Chaussées Neuves on résume les paramètres suivants :

- Θeq=20°C , E(20C°,10Hz) =7000Mpa.
- Classe de trafic (TPL6).
- Risque de calcule (r=10%). D'après le (tableau VIII.6)
- C égale à 0.02.
- kc=1.3
- -1/b=6.84 , b= -0.146
- t: fractile de loi normale, en fonction du risque adopté donc (t = -1.282)
- ξ_6(10°C,25Hz)=100
- $\delta = \sqrt{SN^2 + (\frac{C}{b} S_h)^2} = \sqrt{0.45^2 + (\frac{0.02}{-0.146} \times 3)^2} = 0.61$
- $k\Theta = \sqrt{\frac{E(10C°,10Hz)}{E(\theta eq,10Hz)}} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.33$
- $kr = 10^{-tb\delta} = 10^{-(0.146 \times 1.282 \times 0.61)} = 0.77$
- $kne = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b = \left(\frac{14.29 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.146} = 0.68$

$$\xi_{t,ad} = \xi_6(10°C,25Hz) \times \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b \times \sqrt{\frac{E(10C°)}{E(\theta eq)}} \times 10^{-tb\delta} \times kc$$

$$\xi_{t,ad} = 100 \times 10^{-6} \times 0.68 \times 1.33 \times 0.77 \times 1.3$$

$$\xi_{t,ad} = 90.53 \times 10^{-6}$$

VIII.5 Vérification des résultats de calcul par Alize-LCPC :

Il faudra vérifier que ξ_t et ξ_z calculées à l'aide d'Alizé LCPC, soient inferieurs aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire :

$$\xi_t < \xi_{t,ad} \quad \text{et} \quad \xi_z < \xi_{z,ad}$$

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

épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.080	4000.0	0.350	0.000	42.7	0.335	19.8	0.658
	collé		0.080	17.1	0.270	66.9	0.568
0.120	7000.0	0.350	0.080	17.1	0.441	28.9	0.568
	collé		0.200	-20.0	-0.109	36.1	0.193
0.130	7000.0	0.350	0.200	-20.0	-0.109	36.1	0.193
	collé		0.330	-78.9	-0.777	73.9	0.016
infini	50.0	0.350	0.330	-78.9	0.003	266.9	0.016

Figure VIII-8: Résultats de la simulation à l'aide du logiciel ALIZE-LCPC

	Déformations calculées	Déformations admissible
ξ_z (sol support)	267×10^{-6}	458.13×10^{-6}
ξ_t (à la base de GB)	79×10^{-6}	90.53×10^{-6}

La structure est donc vérifiée car : $\xi_z < \xi_{z,ad}$ et $\xi_t < \xi_{t,ad}$

L'application des deux méthodes de dimensionnement nous donne les résultats suivants :

Tableau VIII-8: Tableau de comparaison pour les deux méthodes de dimensionnement.

	Méthode CBR	Méthode catalogue
Couche de roulement	8BB	8BB
Couche de base	14GB	12GB
Couche de fondation	25GNT	13GB
Couche de forme	/	40GNT
Total	47cm	73cm

VIII.6 Conclusion :

Dans notre projet le corps de chaussée retenue est celui de la **méthode de catalogue** car il tient compte des paramètres de trafic, le climat et des matériaux ainsi que les normes en vigueur en Algérie.
En plus cette méthode est avantageuse car :

- C'est une méthode rationnelle.
- Elle s'appuie sur les lois de comportement à la fatigue.
- Elle se base sur les performances des matériaux.
- Elle se base sur les déformations admissibles.
- cette méthode est une méthode algérienne établie et conçu par le CTTP et validé par le ministère des travaux publics.

8cm (BB) + 12cm (GB) + 13cm (GB) + 40cm (GNT)

CHAPITRE IX
ASSAINISSEMENT

IX.1 Introduction :

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires.

L'eau est la première ennemie de la route, car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'usager (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par dés enrobage des couches de surface, etc.).

En plus, elle influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.

Les types de dégradations provoquées par les eaux sont engendrés comme suit :

- **Pour les chaussées :**
  - ✓ Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
  - ✓ Dés enrobage.
  - ✓ Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un important trafic).
  - ✓ Décollement des bords (affouillement des flancs).
- Pour les talus :
  - ✓ Glissement.
  - ✓ Érosion.
  - ✓ Affouillements du pied de talus.

Les études hydrauliques inventorient l'existence de cours d'eau et d'une manière générale des écoulements d'eau en surface. Elles détermineront ensuite l'incidence du projet sur ces écoulements et les équipements à prendre en compte pour maintenir ces écoulements.

IX.2 Objectif de l'assainissement

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- La lutte contre la pollution routière.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée. (Danger ramollissement du terrain sou- jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amant de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel).

IX.3 Les ouvrages d'assainissement

La détermination du débouché à donner aux ouvrages tels que dalots, ponts, etc. dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations. Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire.

Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories :

- Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux).
- Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau et dalot)

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût.

IX.4 Critères de base dans la conception des ouvrages d'assainissement

Les critères de base dans la conception des ouvrages d'assainissement et de drainage sont :

- S'il est possible, ne pas modifier la géométrie naturelle des cours d'eau.
- Maintenir une vitesse minimale dans les ouvrages pour réduire les risques de sédimentation.
- Limiter les vitesses maximales afin de réduire les risques d'érosion dans les cours d'eau et à l'intérieur des ouvrages.
- Bien gérer les eaux de ruissellement afin de limiter l'érosion dans les talus.
- Protéger les fossés contre l'érosion.
- Diminuer les risques d'inondation à l'aval et à l'amont des ouvrages.
- Prévoir des pentes minimales sur les chaussées pour assurer le drainage.
- Uniformiser les ouvrages afin d'accélérer la réalisation.
- Respecter les exigences environnementales.

IX.5 Etude hydrologique

L'étude hydrologique consiste la détermination des débits de crue de chaque écoulement qui franchit le tracé routier. Par conséquent, tous les Oueds doivent être rétablis par des ouvrages hydrauliques (ponts, dalots et buses, …).

Cependant nous nous sommes basés dans nos calculs sur des données issues des supports suivants :

- Données topographiques (Cartes topographiques à l'échelle de 1/1 000, 1/5 000 et de 1/50 000 pour la délimitation des bassins versants;)
- Données hydrologiques.
- Carte d'état-major éditée au 1/25000.

IX.6 Caractéristiques physiques des bassins versants :

Les caractéristiques physiques d'un bassin versant conditionnent l'écoulement de ses différents cours d'eau, l'écoulement peut être facilité ou retardé selon que la région est étalée ou non.

Un traitement cartographique approprié nous a permis de déterminer les principales caractéristiques physiques du bassin versant

Le tableau résume les caractéristiques physiques des bassins versants effectués par l'ANA :

Tableau IX-1: Caractéristiques physiques des bassins versants

N° BV	PK	A(Km²)	L(Km)	H_{max}(m)	H_{min}(m)	ΔH(m)	I(m/m)
01	1+955	0.058	0.192	428	387	41	21.35
02	2+319	0.046	0.15	422	387	35	23.33
03	2+570	0.458	0.87	466	355	111	12.76
04	3+975	2.076	2.833	627	332	295	10.41
05	4+455	0.17	0.282	420	344	76	26.95
06	4+916	0.544	0.902	471	322	149	16.52
07	6+782	1.716	1.726	563	340	223	12.92
08	7+320	0.383	0.847	483	350	133	15.70
09	7+900	0.086	0.19	432	355	77	40.53
10	8+540	0.479	0.329	442	334	108	32.83
11	9+118	6.601	5.158	801	329	472	9.15
12	9+565	5.327	5.284	707	326	381	7.21
13	9+845	0.169	0.617	406	329	77	12.48
14	10+260	0.207	0.361	406	335	71	19.67
15	10+525	0.514	0.689	432	336	96	13.93
16	11+200	1.082	1.76	471	333	138	7.84
17	11+700	0.052	0.203	414	359	55	27.09
18	12+070	0.143	0.242	446	356	90	37.19
19	14+780	0.557	1.396	420	371.4	48.6	3.48

A(Km²): surface Km²

I : indice de pente (%) $= \frac{Hmax(m) - Hmin(m)}{L}$

L(Km) : longueur du cours d'eau principal

ΔH(m): $Hmax(m) - Hmin(m)$

H_{max}(m): Altitude max.

H_{moy}(m) : Altitude moyenne.

H_{min}(m) : Altitude min.

IX.7 Dimensionnement du réseau d'assainissement à projeter

IX.7.1 Estimation des débits de crue :

L'intérêt de la détermination du débit maximal d'un cours d'eau est évident en raison des effets destructeurs bien connus des inondations.

Lorsqu'on projette la construction des ouvrages hydrauliques, on doit déterminer le maximum probable de la crue au quelle l'ouvrage devra faire face, On doit tenir compte de sa durée de vie et calculer la crue max, qui pourrait se produire pendant cette période.

L'estimation des débits de crue correspondant aux bassins versant naturels du projet est fonction de plusieurs facteurs ayant des effets plus ou moins déterminants sur la formation des crues, notamment la topographie, la climatologie, la morphologie des bassins versant, la géologie, etc…

Les méthodes de calcul sont multiples dont les résultats demeurent toujours -incertains mais on se propose d'appliquer la formule suivante :

- **Formule Rationnelle**

Le calcul du débit par la méthode rationnelle se fait par la formule ci-dessous :

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

avec:

- Q_a : débit maximum d'eau pluviale (m^3/s).
- C : coefficient de ruissellement.
- I : Intensité de pluie pour le temps de concentration du BV (mm/h).
- A : Surface du bassin versant (km^2).
- K : Coefficient de conversion des unités égale à : K=0.278 pour les unités suivantes :
- Q_a (m^3/s), I (mm/h), A (km^2).

IX.7.1.1 Le coefficient de ruissellement C :

Le coefficient de ruissellement indique le pourcentage de l'eau ruisselante sur un sol saturé par des précipitations antérieures, par rapport à la totalité de l'eau de l'averse.

Pour le choix des coefficients de ruissellement, nous utilisons la méthode de KENESSEY (Hongrie). Cette méthode permet l'estimation de ce coefficient C en cumulant trois coefficients partiels :

$$C = C1 + C2 + C3$$

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

Le coefficient C1 est obtenu à partir du tableau . La pente du talweg principal (P) est estimée égal au rapport de la dénivelée du talweg ($\Delta H=H_{max}-H_{min}$) par rapport à la longueur de ce talweg (L).

Tableau IX-2: *Valeurs du coefficient C1.*

Pente (%)	Coefficient C1
P <3.5%	0.01-0.03-0.05
3.5%<P<11%	0.06-0.08-0.10
11%<P<35%	0.12-0.16-0.20
P>35%	0.22-0.26-0.30

Les coefficients C2 et C3 dépendent de nature du sol et du type de végétation, leurs valeurs sont obtenues à partir des tableaux 1 et 2.
La nature du sol et le type de végétation ont été établis à l'aide des images satellitaire de Google Earth, des cartes pédologiques et des rapports d'études géotechniques.

Tableau IX-3: Valeurs du coefficient C2

Nature de sol	Coefficient C2
Imperméable	0,22-0,26-0,30
Peu imperméable	0,10-0,15-0,30
Perméable	0,06-0,08-0,10
Très perméable	0,03-0,04-0,05

Tableau IX-4: Valeurs du coefficient C3

Taux de couverture de surface	Coefficient C3
Sol rocheux	0,22-0,26-0,30
Prairie	0,07-0,21-0,25
Labours –Champs	0,07-0,11-0,15
Forêts et territoire sableux	0,03-0,04-0,05

IX.7.1.2 : Temps de concentration:

Un autre paramètre qui est utilisé dans la méthode rationnelle est le temps de concentration. Le « Temps de Concentration » est défini par la durée que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée pour parvenir au point concerné (le point pour lequel la durée d'écoulement est la plus importante).

Le calcul du temps de concentration, reconnu par les Autorités Algériennes, est déterminé selon 3 formules qui varient suivant les caractéristiques du bassin.

- **Formule Ventura:** (Pour les bassins inférieurs à 5 Km²) A<5 km²

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

- **Formule Passini :(** pour les bassins de 5 km² à 25 km²) 5 km²<A<25 km²

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

- **Formule Giandotti:** (pour les basins supérieurs à 25 km²) A>25 km²

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

Avec :

- ✓ Tc : Temps de concentration (heure).
- ✓ **A** : *Surface du bassin versant (km²).*
- ✓ P : La pente moyenne du bassin (m/m).
- ✓ L : Longueur du bassin versant (km).
- ✓ $\overline{H}$: Différence entre la hauteur moyenne du bassin et la hauteur minimum du bassin(m).

Ces approches donnent des résultats évidemment différents et ne peuvent donner qu'un ordre de grandeur du temps de concentration. Ce temps de concentration permet une comparaison entre bassins versants et constitue ainsi un paramètre représentatif de ses caractéristiques morphologiques.

IX.7.1.3 L'intensité de pluie I

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

$$I(t, T) = a(T).t^{-b}$$

- ✓ I(t, T) : intensité de pluie en mm /h.
- ✓ T : période de retour en ans.
- ✓ t : temps de concentration en heures.
- ✓ a, b : paramètres de Montana.

Avec b= 0.56

Le paramètre « a » pour les différentes fréquences est donné dans le tableau suivant :

Tableau IX-5: Coefficient de Montana

T (ans)	2	5	10	20	50	100
a(t)	15.3	21.7	26.0	30.1	35.4	39.4

NB : Les paramètres « a » et « b » de la formule de MONTANA proviennent des données qui nous ont été remises par l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques).

IX.7.1.4 Fréquence « f »:

Le choix de la période de récurrence de cette crue est fait en considération de l'équilibre du Coût d'investissement et le risque des dommages dangereux quand les ouvrages sont soit surdimensionnés ou sous dimensionnés.

A cet égard, on se propose de retenir les périodes de récurrence de conception suivantes :

- Les fossés et les éléments de drainage de la plateforme seront dimensionnés pour une période de retour 10 ans.
- Les buses et les dalots seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- Les ponts seront dimensionnés pour une période de retour 100 ans.

IX.7.1.5 Le débit de saturation Q_S:

Il est donné par la formule de MANING STRIKLER :

$$Q_S = K_{st} \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \times S_m$$

Avec:

- S_m : section mouillée.
- K_{st} coefficient de STRICKLER qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage.
- **Ks = 70** en bétons (dalots).
- **Ks = 80** *en bétons (buses préfabriquées).*
- R_h : rayon hydraulique en (m). Avec $R_h = S_m/P_m$
- **I :** pente longitudinale du canal en (m/m).

IX.7.1.6 Pré-dimensionnement des ouvrages:

En fonction des débits centennaux, les prés dimensionnements suivants peuvent être retenus :

Tableau IX-6: Pré dimensionnement des ouvrages transversaux

Débit de crue (m^3/s)	Type	Dimensionnement
Q50<1.25	Buse	1-1Φm
1.25<Q50<2.25	Buse	1-1.2Φm
2.25<Q50<4.25	Buse	1-1.5Φm
4.25<Q50<5.5	Dalot	1-1.5×1.5m
5.5<Q50<9.5	Dalot	1-2×2m
9.5<Q50<14	Dalot	1-3×2m
14<Q50<28	Dalot	1-4×3m

Tableau IX-7: Liste les diamètres normalisés commercial des buses disponibles au marché

Diamètre (mm)	300Φ	400Φ	500Φ	600Φ	800Φ	1000Φ	1200Φ	1500Φ	2000Φ

IX.8 Application au projet

IX.8.1 Données pluviométriques :

Il existe 2 stations météorologiques dans la région du projet, qui sont les stations météorologiques des wilayas d'Ain Defla et Médéa.

Du PK 0+000 au PK 15+000, les données pluviométriques proviennent de la station de Médéa (la majorité des bassins ont des limites situées dans la zone de d'Ain Defla).

Elle est identifiée par les paramètres suivants :

Tableau IX-8: Données sur Station météorologique d'AIN DEFLA

Nom de la station	AIN DEFLA
X(Lambert)	504.491
Y (Lambert)	329.579
Altitude (m)	935

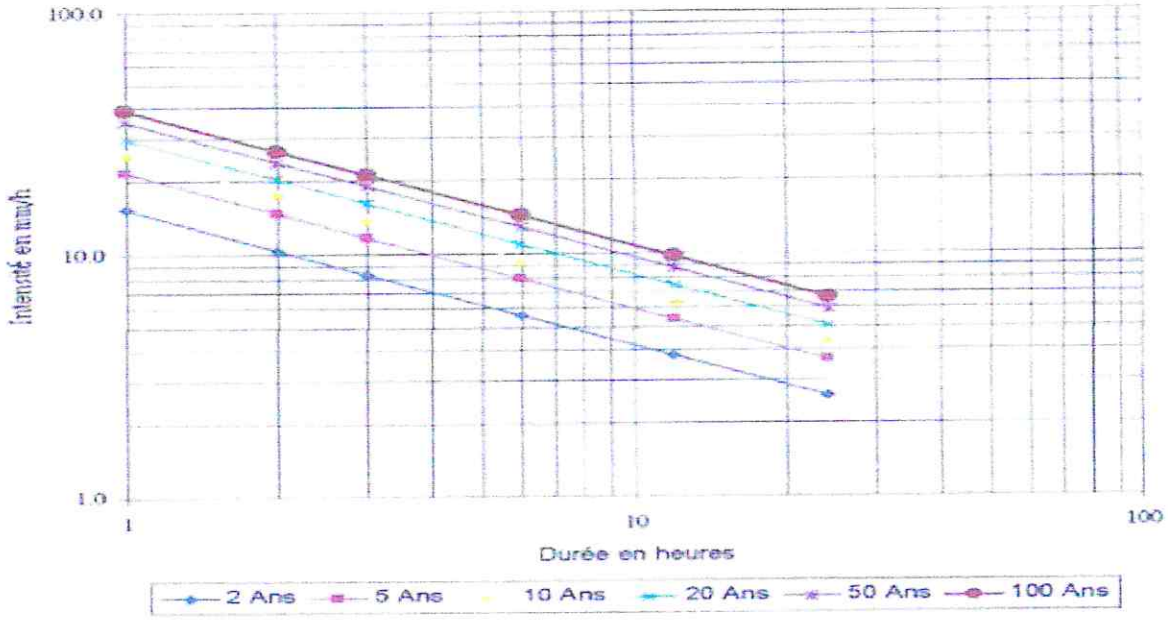


Figure IX-1: Courbe intensité –durée –fréquences (ANRH).

IX.8.2 Système de drainage transversal :

- Les dalots
- Les passages busés
- Les ponts
- Les passages mixtes

À fin d'assurer un drainage judicieux le long de l'itinéraire. Les différents types sont présentés comme suite :

- Des buses qui ont pour but d'assurer l'écoulement des eaux lorsque leur volume est faible.
- Pour le volume important on construit alors des dalots.
- Pont.



Figure IX-2: photo d'un dalot.



Figure IX-3: photo d'une buse.

IX.8.2.1 Dimensionnement des dalots :

Exemple de dimensionnement d'ouvrage transversal

Pour (BV 8) (A=0.383 km², P= 15.70 %, L=0.847 km ,C=0.5).

5. Détermination de l'intensité I(t) et du temps de concentration :

A< 5km² : donc on applique la formule de Ventura :

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.383}{0.157}} \longrightarrow Tc = 0.20\ h = 12min$$

$I(t, T) = a(T).t^{-b}$ à T= 50 ans ; a= 35.4, b=0.56.

$I(0.2, 50) = 35.4 \times 0.2^{-0.56}$

I= 87.59mm/h

6. Détermination du débit d'apport :

On applique la formule :

$$Qa = K.C.I.A$$

$$Qa = 0.278 \times 0.5 \times 87.59 \times 0.383$$

$$Qa = 4.66\ m^3/s$$

(D'après le Tableau de prédimensionnement des ouvrages transversaux IX-6 l'ouvrage Préconisé est dalot).

7. Détermination des dimensions du dalot :

Pour les dalots, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à : Hr = 0.8×H

- La surface mouillée : Sm = 0.8H×B
- Le périmètre mouillé : Pm =1.6×H+B
- Le rayon hydraulique Rh = $\frac{Sm}{Pm} = \frac{0.8H \times B}{1.6 \times H + B}$

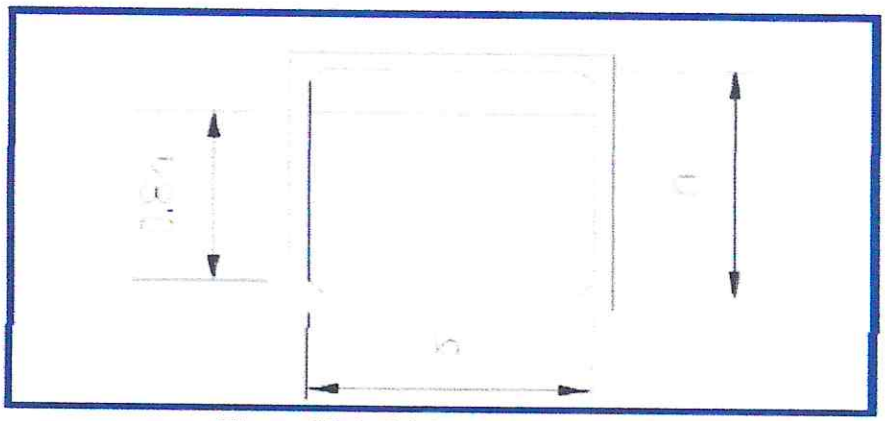


Figure IX-4: Schéma d'un dalot

$$Qa = Qs = Ks \times S \times R_h^{2/3} \times \sqrt{I} \quad \text{D'où} \quad H = \frac{1}{0.8B} \times \left(\frac{Qa}{Ks \times \sqrt{I}}\right)^{3/5} \times (1.6 \times H + B)^{2/5}$$

$$H = \frac{1}{0.8 \times 1.5} \times \left(\frac{4.66}{70 \times \sqrt{0.01}}\right)^{3/5} \times (1.6 \times H + 1.5)^{2/5}$$

- Qs: débit de saturation en m³/s.
- Ks: coefficient de Strickler Ks= 70.
- I : Pente de dalot, On donne I=1% (pente naturelle de lit de l'écoulement)

Pour les grandes pentes ; on limite la pente de projet pour éviter les grandes vitesses
On fixe B=1.5 m et on fait varier le H pour trouver la valeur proche.
On trouve H=1.03m. Le dalot sera dimensionné en **1.5 × 1.5** m.

- Vérification de la vitesse :
  - ✓ $V = \frac{Q}{S} = \frac{4.66}{1.5X1.03} = 3.016 < 4$ m/s. (vérifié).
- Vérification de la hauteur critique :
  - ✓ $\frac{BQ^2}{gSC^3} = 1$ D'où $h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB^2}} = \sqrt[3]{\frac{4.66^2}{10 \times 1.5^2}} = 0.98 < 1.03$ (vérifié).

- Vérification du régime d'écoulement :

✓ Nombre de Froude $= \frac{V}{\sqrt{gh}} = \frac{3.016}{\sqrt{10 \times 1.03}} = 0.94 < 1$ (régime fluviale).

Tableau IX-9: Hauteur critique, régime d'écoulement, vitesse(dalot)

N° BV	PK	Qa	Sm	Vr <4 (m/s)		H	Hc<H Hauteur critique		Nombre de Froude<1	
3	2+570	7.51	2.25	3.34	Vérifié	1.5	1.36	Vérifié	0.86	Régime d' écoulement est ; fluviale
5	4+455	4.53	1.515	2.99		1.01	0.97		0.94	
6	4+916	9.13	2.56	3.57		1.28	1.27		0.99	
8	7+320	4.66	1.545	3.02		1.03	0.99		0.94	
10	8+540	6.73	2.07	3.25		1.38	1.26		0.88	
15	10+525	5.57	1.77	3.15		1.18	1.11		0.92	
18	12+070	4.38	1.5	2.92		1	0.95		0.92	
19	14+780	6.01	1.89	3.18		1.26	1.17		0.90	

D'Apres les résultats de tableau on remarque que les vitesses et les hauteurs critique sont tous vérifié ainsi que tous les régimes d'écoulement sont fluviaux

IX.8.2.2 Dimensionnement des buses:

1. Détermination de l'intensité I(t) et du temps de concentration :

Pour (BV 14) (A=0.207km^2, P= 19.67%, L=0.361km, C=0.5)

A < 5 km² : donc on applique la formule de Ventura :

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.207}{0.1967}} \qquad Tc = 0.13h$$

$\mathbf{I(t, T) = a(T).t^{-b}}$

$\mathbf{I(0.13, 50) = 35.4 \times 0.13^{-0.56}}$ à T= 50 ans ; a= 35.4, b=0.56.

I= 110.83mm/h

2. Détermination de débit d'apport :

$$\mathbf{Q_a = K.\ C.\ I.\ A}$$

$Q_a = 0.278 \times 0.5 \times 110.83 \times 0.207 = 3.19 m^3/s$ (d'après Tableau IX-6, c'est un ouvrage buse)

3. Détermination des dimensions de la Buse :

$$Q_s = K_{st} \times S_m \times R_h^{2/3} \times \sqrt{I}$$

Avec :

S_m : surface mouillée $S_m = \pi \times R^2$

P_m : le périmètre mouillée $P_m = 2 \times \pi \times R$

R_h:rayon hydraulique $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{R}{2}$

$$Q_s = K_{st} \times \pi \times R^2 \times \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \times \sqrt{I}$$

$K_{st} = 80$ **(Pour les buses)**

$$R=\left(\frac{Qa}{Kst \times 0.5^{2/3} \times I^{0.5} \times \pi}\right)^{3/8} \qquad R=\left(\frac{3.19}{80 \times 0.5^{2/3} \times 0.01^{0.5} \times \pi}\right)^{3/8} = 0.548m$$

On a R=0.558m donc

on prend Φ=1500 mm.

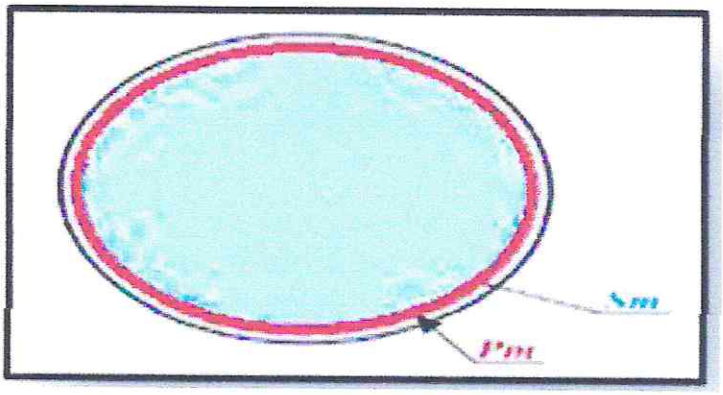


Figure IX-5: Schéma d'une buse.

4. Vérification des conditions d'auto curage :

Pour cela on calcul :

- **Qps :** débit a pleine section.
- **Vps :** vitesse a pleine section.

Conditions d'auto curage :

- V > 0.6 m/s pour Q = 0.1 Qps.
- V > 0.3 m/s pour Q = 0.01 Qps.

a) Calcul de débit à pleine section Qps :

$$Qps = K_{st} \times S \times R_h^{2/3} \times \sqrt{I}$$

$$Qps = K_{st} \times \pi R^2 \times \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \times \sqrt{I}$$

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

$$Qps = 11.67 m^3/s$$

b) Calcul de vitesse à pleine section Vps

$$Vps = \frac{Qps}{S_m} = \frac{11.67}{3.14 \times 0.75^2} = 6.6 m/s$$

$$\frac{Q}{Qps} = \frac{3.19}{11.67} = 0.273$$

donc d'après le tableau ci-dessous On trouve par interpolation la valeur

$$\frac{V}{Vps} = 0.855 \longrightarrow V = Vps \times 0.855 = 6.6 \times 0.855 = 5.65 m/s$$

Tableau IX-10: Canalisation circulaire partiellement remplies

Q/Q_{ps}	V/V_{ps}	h/D
0.196	0.78	0.30
0.222	0.8	0.32
0.249	0.83	0.34
0.277	0.86	0.36
0.307	0.88	0.38
0.337	0.90	0.4

Condition 01 : $\frac{Q}{Qps} = 0.1 \rightarrow \frac{V}{Vps} = 0.64$ (d'après le tableau).

$V = 0.64 \times 6.6 = 4.224 m/s > 0.6 m/s$ vérifié.

Condition 02 : $\frac{Q}{Qps} = 0.01 \rightarrow \frac{V}{Vps} = 0.32$ (d'après le tableau).

$V = 0.32 \times 6.6 = 2.112 m/s > 0.3 m/s$ vérifié.

Tableau IX-11: canalisation circulaire partiellement remplies

Q/Q_{ps}	V/V_{ps}	h/D
0.007	0.29	0.06
0.013	0.35	0.08
0.088	0.62	0.2
0.106	0.65	0.22

Tableau IX-12: Conditions auto curages (buses)

N° BV	PK	Q_{ps}	V_{ps}	V (m/s)		V (m/s)		h/D<0.8	
				$\frac{Q}{Q_{ps}}=0.1$	$\frac{V}{V_{ps}}$=0.64	$\frac{Q}{Q_{ps}}$=0.01	$\frac{V}{V_{ps}}$=0.32		
1	1+955	6.43	5.69	3.64>0.6m/s		1.821>0.32m/s		0.378	Vérifié
2	2+319	6.43	5.69	3.64>0.6m/s		1.821>0.32m/s		0.351	
9	7+905	6.43	5.69	3.64>0.6m/s		1.821>0.32m/s		0.396	
13	9+856	11.66	6.6	4.23>0.6m/s		2.11>0.32m/s		0.309	
14	10+213	11.66	6.6	4.23>0.6m/s		2.11>0.32m/s		0.357	
17	11+650	6.43	5.69	3.64>0.6m/s		1.821>0.32m/s		0.376	

D'Apres les résultats du tableau on remarque que les conditions d'Auto curage de notre projet sont tous vérifié.

IX.8.2.3 Tableau récapitulatif des dalots et des buses :

Les résultats calculés dans le cadre de notre projet sont récapitulés dans le tableau qui se trouve dans l'ANEXXE

IX.8.3 Système de drainage longitudinal :

Les fossés récupèrent les eaux issues de la chaussée, de l'accotement et des talus, il y en a plusieurs formes de fossé ; on choisit de faire un fossé trapézoïdal.

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a une hauteur importante du déblai qui s'étende sur une longueur importante avec l'inclinaison du terrain vers le déblai, Notre cas situé entre PK 1+000et PK1+200 avec une hauteur maximale de 26.5m une longueur de L= 200m et de Période T=10 ans.

IX.8.3.1 Calcul les surfaces des bassins versants :

Les buses ainsi que les fossés sont dimensionnées pour évacuer le débit apporté par l'ensemble des bassins versants de la chaussée et la berme et le talus, pour ce cas on prend le cas le plus défavorable.

Tableau IX-13: Les caractéristiques des sous bassins versants concernés

SBV	Largeur (m)	Surface (Km²)	Pente (%)
Chaussée +B.A.U+B.D.G	14.7	0.00294	2.5
Berme	1	0.0002	8
Talus en déblai	$\frac{H_t}{sin\beta} = \frac{26.5}{\sin(33.7)} = 47.76$	0.009552	66.67

Surface de la chaussée : $S_{chaussée} = 14.7 \times 200 = 2940\ m^2 = 0.00294\ km^2$.

Surface de la berme : $S_{berme} = 1 \times 200 = 200\ m^2 = 0.0002\ km^2$.

Surface du talus : $S_{talus} = 47.76 \times 200 = 9552\ m^2 = 0.009552\ km^2$

IX.8.3.2 Coefficient de ruissellement (C) :

C'est le rapport du volume d'eau qui ruisselle sur une surface au volume d'eau tombe sur elle. Il dépend de la nature du sol, la forme et la pente du terrain, ainsi la couverture végétale.

Tableau IX-14: Les coefficients de ruissellements

Type de chaussée	Valeur de C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement : sol légèrement perméable	0.10 à 0.40	0.35
Talus	0.10 à 0.30	0.25

IX.8.3.3 Le débit d'apport Q_a :

1. Détermination du temps de concentration:

Pour (SBV 01) (A=0.00294 Km², P= 2.5%) , A <5km² : on applique la formule de Ventura :

$$Tc = 0.127\sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127\sqrt{\frac{0.00294}{0.025}} = 0.0435h$$

2. Détermination de l'intensité I(t) :

$I(t,T) = a \times t^{-b}$ à **T**= 10 ans ; **a**= 26, **b**=0.56 (d'après Tableau IX-15 Coeff de montana)

$I(0.0435,10) = 26 \times 0.0435^{-0.56}$

$I_{10} = 150.4$ mm/h

Donc Le débit d'apport :

Pour (SBV 01) (A=0.00294 Km², P= 2.5%, Tc = 0.0435h)

- $Q_a = K.C.I.A$
- $Q_a = 0.278 \times 0.95 \times 150.4 \times 0.00294$
- $Q_a = 0.117$ m³/s

Tableau IX-16: Le débit équivalent des bassins versants

Sous BV	A (km²)	Tc (heures)	I(t,T) (mm/h)	C	Q (m3/s)	Qtotal (m3/s)
Chaussée +B.A.U+B.D.G	0.00294	0.0436	150.4	0.95	0.117	0.253
Berme	0.0002	0.0243	208.3	0.35	0.060	
Talus	0.00955	0.0084	377.1	0.25	0.077	

Débit d'apport total : Qeq = Q1+Q2+Q3= 0.253 m3/s

IX.8.3.4 Dimensions de fossé

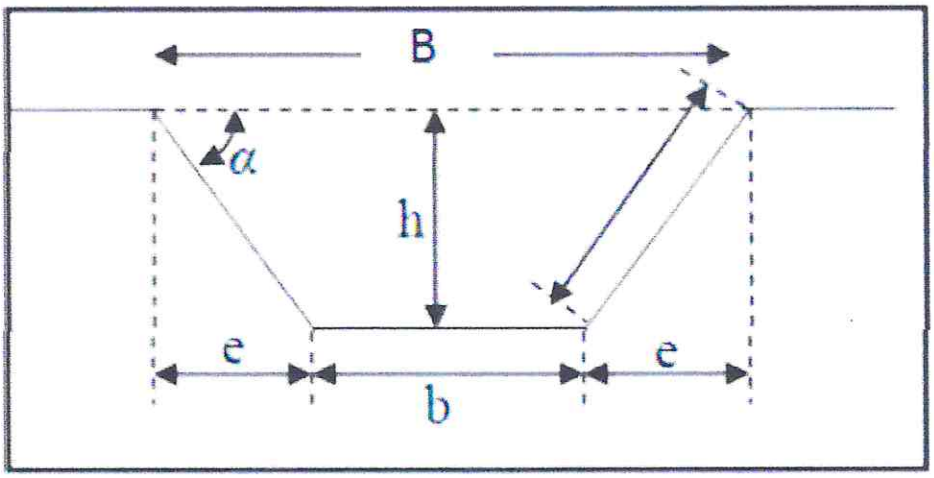


Figure IX-6: Fossé trapézoïdal

- **Section mouillée**

Sm = bh +eh Avec : e=m.h et m=Cotg α.

Sm =b.h+m.h²= h (b+mh).

- **Périmètre mouillé**

$$Pm=b+2.\sqrt{h^2+e^2}=b+2\sqrt{h^2+(mh)^2}$$

$$Pm= b+2h\sqrt{1+m^2}$$

- **Rayon hydraulique**

$$Rh=\frac{Sm}{Pm}=\frac{h\,(b+mh)}{b+2h\sqrt{1+m^2}}$$

- **Débit de saturation**

$$Qs = K_{st} \times \sqrt{I} \times {R_h}^{2/3} \times S_m$$

(K_{st}: Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler =70 au béton collé sur place).

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

$Q_{eq} = Q_s$ on obtient la formule suivante :

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

Avec : i= 2 % ; Ks = 70

On pose : b = 0.5 m et pour un angle de 45°

$$h = \left(\frac{0.253}{70\times0.5\times\sqrt{I}}\right)^{3/5} \times \frac{\left(1+2\sqrt{2}\times\frac{h}{0.5}\right)^{2/5}}{1+\frac{h}{0.5}}$$

Après un calcul itératif, On trouve :h = 0.17m

Donc on prend : b=0.50 m, h=0.5m

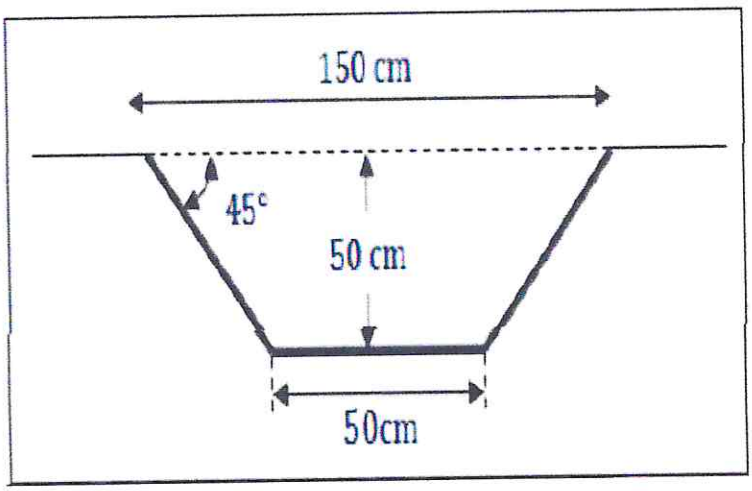


Figure IX-7: Dimensions du fossé

CHAPITRE X
LES CUBATURES

X.1 INTRODUCTION:

La réalisation d'un ouvrage en travaux publics nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implante. Pour les voies de circulations ceci est très visibles sur les profils en longs et les profils en travers. Cette modification s'effectue soit par rapport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai, soit par excavation des terres existantes au- dessus du niveau de la ligne rouge : déblai.
Pour atteindre l'économie maximale du point de vue du cout des terrassements il faut bien :

- Mettre en œuvre le minimum de matériau.
- Equilibrer les mouvements des terres (déblais- remblais).
- Minimiser la distance de transport.
- Quantifier le déblai mis en remblai.

X.2 Définition :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais et remblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

X.3 Les méthodes de calcul :

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

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

Pour calculer les volumes, nous utilisons la méthode de la moyenne des aires, qui est une méthode très simple mais elle présente l'inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouves par un coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.

X.4 Description de la méthode :

On utilisant la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs :

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

h_m : hauteur moyenne entre deux profils.

S_m : surface limitée à mi- distances des profils.

S_1 : surface de profil en travers P_1.

S_2 : surface de profil en travers P_2.

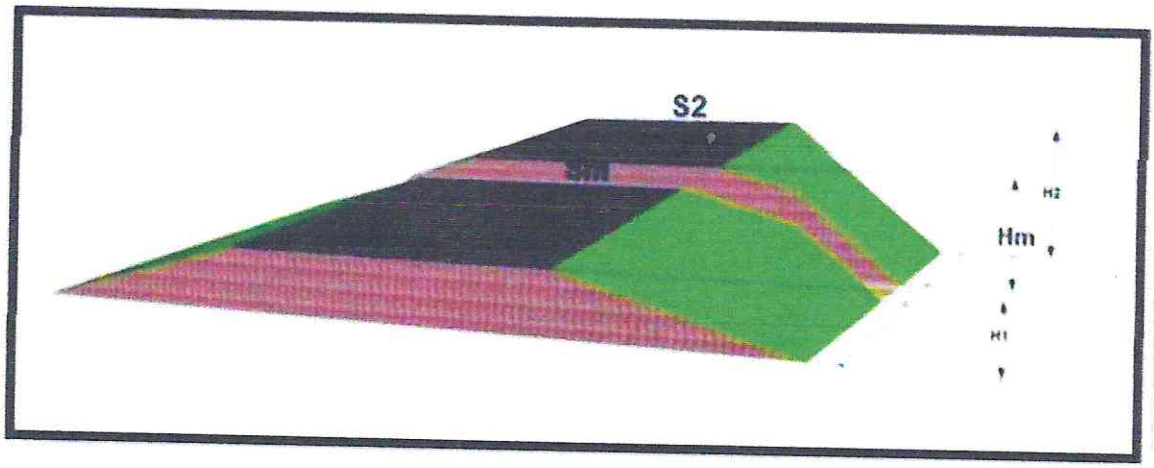


Figure X-1: *Les sections des profils en travers d'un tracé donné*

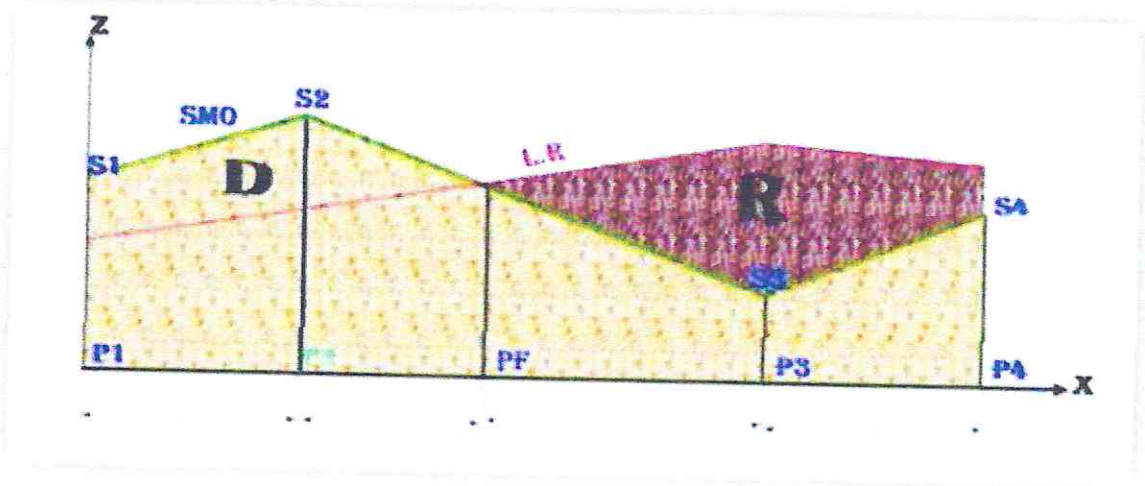


Figure X-2: Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très

Voisine les deux expressions S_{MOY} et $\frac{S_1+S_2}{2}$

Le volume compris entre deux profils en travers Pi et Pi+1 de section Si, Si+1 est égal à :

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

Donc les volumes seront :

- Entre P1et P2 : $V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1+S_2)$
- Entre P2et PF: $V_2 = \frac{L_i}{2} \times (S_2+S_f)$
- Entre PF et P3 : $V_3 = \frac{L_3}{2} \times (S_F+S_3)$
- Entre P3et P4 : $V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3+S_4)$

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

X.5 Calcul des cubatures de projet :

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide du logiciel ***CIVIL 3D*** *et les* résultats de calcul sont joints en annexe :

On trouve les volumes totaux suivants :

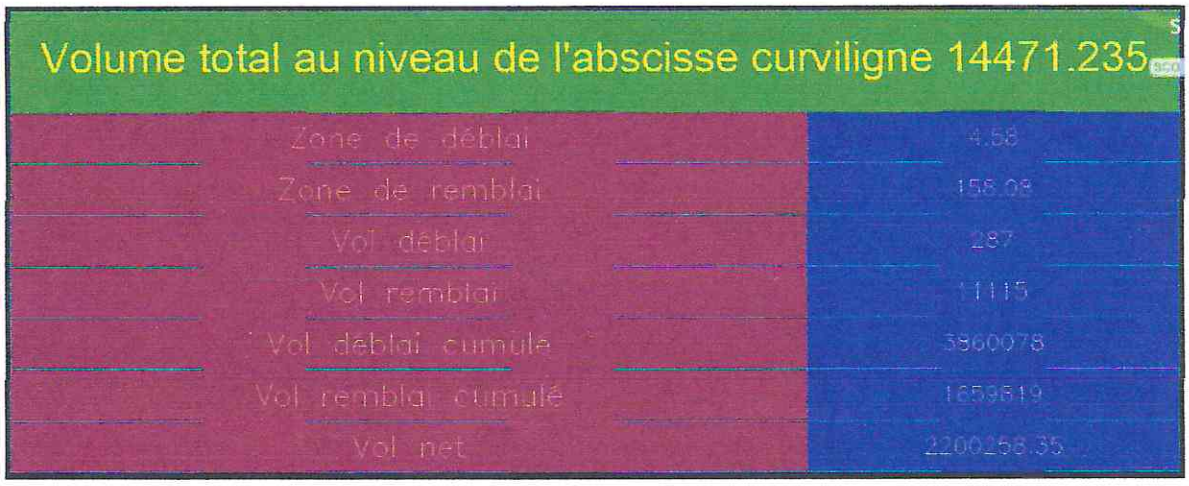


Figure X-3: Les volumes totaux des cubatures (Remblais\Déblais). (Civil 3d).

CHAPITRE XI
LES OUVRAGES D'ART

XI.1 Introduction :

D'une façon générale, On appelle un pont tout ouvrage permettant de franchir un obstacle Naturel ou une autre voie de circulation. Selon le cas, on distingue : pont-route, pont-rail, pont canal. Ce chapitre présentera les ouvrages d'art a concevoir pour franchir les obstacles.

XI.2 Conception des ponts :

La conception d'un pont doit satisfaire un certain nombre d'exigence puisqu'il est destiné à offrir un service a des usagers. On distingue les exigences fonctionnelles qui sont des caractéristiques permettant au pont d'assurer sa fonction d'ouvrage de franchissement , et les exigences naturelles qui sont l'ensembles des éléments de son environnement influant sur *sa conception* .

XI.3 Présentation des ouvrages :

Gabarit a réserver :

On' appelle gabarit le minimum a dégager au-dessus de la voie franchie, mesuré Perpendiculairement a cette voie. il est réglementé que le passage sur :

Les autoroutes et les routes expresses doivent respecter un gabarit de 5.25 m.

Les routes ordinaires doivent respecter un gabarit de 4.50 à 4.80 m.

XI.3.1 Au niveau de l'échangeur :

Tableau XI-1: Les ouvrages au niveau du L'échangeur.

Type d'ouvrage	Type de voie	Obstacle	Pk	Longeur	Largeur
Passage Supérieure (1)	Bretelle Unidirectionnelle à deux voie	Autoroute est-ouest +branche 2	0+250	150m	8.5 m
Passage Supérieure (2)	Bretelle Unidirectionnelle à trois voies	Autoroute Est-ouest+ branche3	1+175	200m	13.5m
Passage Supérieure (3)	Bretelle Unidirectionnelle à deux voies	Branche2 + branche 3	0+730	200m	13.5m

XI.3.2 Au niveau de la section courante :

Les ouvrages préconisés pour notre tracé sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau XI-2: Les ouvrages au niveau du tracé qui sont choisi par le BET

Désignation	PK	Longueur(m)	Largeur (m)
Via 1.3	0+275	417m	26m
Via 2.9	1+880	140m	26m
Via 3.7	2+775	300m	26m
Via 6.7	5+700	225m	26m
Pont 1.1	8+075	40m	26m
Pont 1.2	8+530	40m	26m
Passage supérieure	9+980	52m	9m
Via 11.1	10+175	120m	26m
Pont 1.3	11+375	260m	26m
Passage supérieure	12+050	44m	9m
Pont 1.4	12+480	190m	26m
Passage supérieure	14+370	60m	9m

XI.4 Profil en travers :

Tableau XI-3: Les ouvrages au niveau du tracé.

Caractéristiques	VIA1	VIA2	VIA3	VIA4	PS1	VIA5	Pont1	PS2	Pont2	PS3
Largeur roulable (m)	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**7.5**	**13**	**7,5**
Largeur chargeable (m)	**13**	**13**	**13**	**13**	**7.5**	**13**	**14.5**	**7.5**	**13**	**7,5**
Largeur des trottoirs(m)	2*1	2*1	2*1	2*1	/	2*1	2*1	/	2*1	/
Nombre de Voies	**3**	**3**	**3**	**3**	**2**	**3**	**3**	**2**	**3**	**2**
Devers (%)	**2.5**	**2.5**	**2.5**	**2.5**	**2.5**	**2.5**	**2.5**	**2.5**	**2.5**	**2.5**

Le profil en travers de l'ouvrage est l'ensemble des éléments qui définissent la géométrie et les équipements de la route dans le sens transversal. Il doit être soigneusement étudié car il est très difficile de le modifier (par exemple de l'élargir). Le profil en travers de chaque ouvrage est défini comme suit :
Profile en travers des ouvrages d'art

XI.5 Choix du type d'ouvrage :

Le choix de type d'ouvrage à utiliser doit rependre à plusieurs facteurs, principaux facteurs qui influent sur le type d'ouvrage sont :

- Le profil en long de la chaussée.
- Le gabarit à respecter.
- La portée de l'ouvrage.
- La nature du sol.
- Position possible des appuis.
  Plusieurs types sont envisagés, alors on procédera par élimination des ouvrages qui ne Répondent pas à la condition imposée.

Pour notre cas on propose trois variantes :

XI.5.1 Variante 1 (pont a poutre en béton armé) :

Ce type d'ouvrage a été largement employé au début les programmes travaux autoroutiers. Le tablier est constitué de poutres longitudinales, espacés de 3 à 4m , qui sont solidarisés entre elles par des entretoises sur appuis en travées , et par un hourdis formant la couche de roulement .

➢ **Les avantages :**

- Economique du point de vue de consommation des matériaux.
- Le coffrage des poutres est standard.
- Nécessite un entretien réduit par rapport aux ponts métalliques et mixtes.

➢ **Les inconvénients :**

- La limitation de la portée (10 à 20).
- Les structures continues sont très rigides et sensibles aux tassements différentiels.

XI.5.2 Variante 2 (pont a poutre en en béton précontraint) :

Le tablier est formé de deux travée indépendantes, constituées chacune par un nombre de poutres préfabriquées en T à talon, âme et semelle supérieure. Le principe consiste a reprendre le poids propre de la poutre par une armature active qui est la précontrainte par prétention (PRAD) ou bien post tension (VIPP).Nous signalons que la prétention s'adapte sur des portées allant jusqu'à 30 m, et une gamme de portées comprises entre 30 à 50 m pour la poste-tension.

➢ **Les avantages :**

- Le mode de réalisation des poutres tel que le béton coulé en atelier ou sur chantier a poste fixé est en général de meilleure qualité.
- *La facilité du contrôle de réalisation ainsi que la rapidité d'exécution des travaux.*
- La préfabrication permet de diminuer le délai d'exécution de l'ouvrage.

➢ **Les inconvénients :**

- La nécessité de fabriquer un béton plus résistant principalement avant 28 jours.
- L'obligation d'attendre la fin de mise en tension pour pouvoir couler ou décoffrer.

XI.5.3 Variante 3(Pont en encorbellement successif) :

➢ **Les Avantages :**

S'affranchit de tout appui au sol Permet une gamme de portées très vaste (de 50 m environ jusqu'à 300 m) Accepte des géométries très variées (hauteur, axe en plan, profil en long) Voussoirs courts d'où bon amortissement du matériel (équipages mobiles).

➢ **Inconvénient et limites :**

Conduit à des ouvrages lourds (plus lourds que les ouvrages mixtes) La répartition du poids propre entraîne des ouvrages épais sur appuis

XI.6 Solution technique retenue :

Vu les avantages et les inconvénients de chaque type et vue les conditions techniques exiger par le site, le choix de nos ouvrages récapitulé dans le tableau suivant :

Tableau XI-4: la solution technique retenu.

OA	PK	Solution recommandée	Gabarit(m)
Viaduc1	0+275	Un pont à encorbellement successif	5.25
Viaduc2	1+875	Un pont à poutre précontrainte	5.25
Viaduc3	2+725	Un pont à encorbellement successif	5.25
Viaduc4	5+700	Un pont à encorbellement successif	5.25
Pont1	8+075	Un pont à poutre précontrainte	5.25
Pont2	8+530	Un pont à poutre précontrainte	5.25
PS1	9+980	Un pont à poutre précontrainte	10
Viaduc5	10+175	Un pont à encorbellement successif	5.25

Pont3	11+375	Un pont à encorbellement successif	5.25
PS2	12+050	Un pont à poutre précontrainte	5.25
Pont4	12+500	Un pont à encorbellement successif	5.25
PS3	14+370	Un pont à poutre précontrainte	5.25

XI.7 Conclusion :

Après avoir examiné les types d'ouvrages possibles, nous avons opté pour la variante en pont à encorbellement successif, pour tous les avantages techniques qu'elle présentées la facilité de constructions et sa maitrise pour les entreprises algérienne. (Sauf les PS-passage supérieur-).

CHAPITRE XII
STABILITE DES TALUS

XII.1 Introduction :

Le tronçon qui fait l'objet de l'étude est caractérisé par une succession de remblais et de déblais. Les contraintes topographiques et géotechniques d'implantation du tracé de l'AutoRoute en zone très vallonnés induisent à la nécessité d'exécution de terrassements de grande magnitude, de ce fait une étude de stabilité de talus que ce soit dans le cas d'un remblai ou d'un déblai doit être établie pour identifier tout type de risque mis en jeux par la construction de ces ouvrages.

XII.2 Les glissements :

Les glissements se caractérisent par l'apparition de surfaces de cisaillement relativement bien définies à l'intérieur du milieu, La forme des surfaces de rupture observées permet de classer ces glissements en trois catégories : plane, circulaire et quelconque.

- Glissement plane
- Glissement circulaire
- Glissement Quelconque.

Les ruptures selon des plans de cisaillement rectiligne peuvent adopter différentes positions. Il peut y avoir glissement à flanc de talus (fig 1), ou pied du talus (fig 2). (cours MDSENSTP)

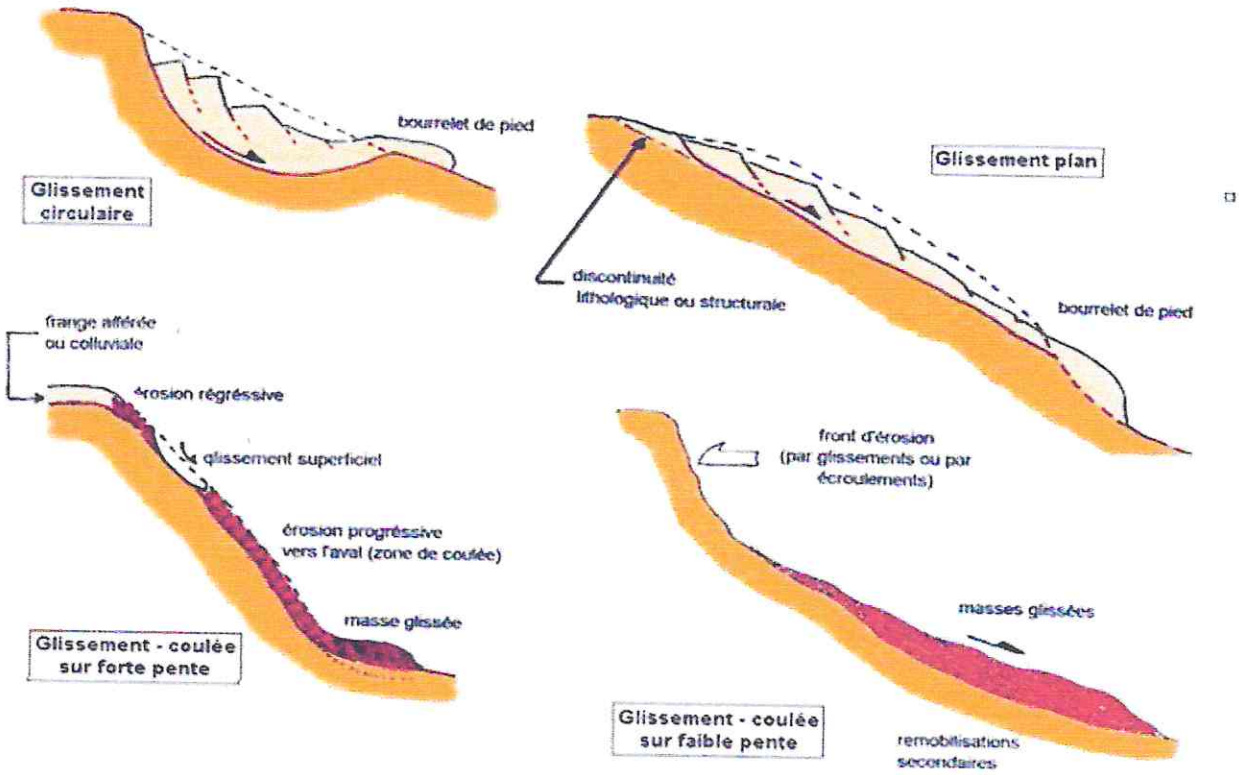


Figure XII-1: Les type des glissement

Les ruptures selon des plans de cisaillement rectiligne peuvent adopter différentes positions. Il peut y avoir glissement à flanc de talus (fig1), ou pied du talus (fig2). (cours MDSENSTP)

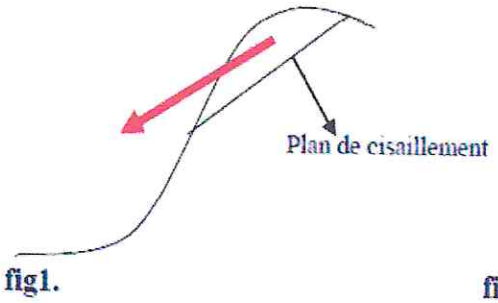


fig1.

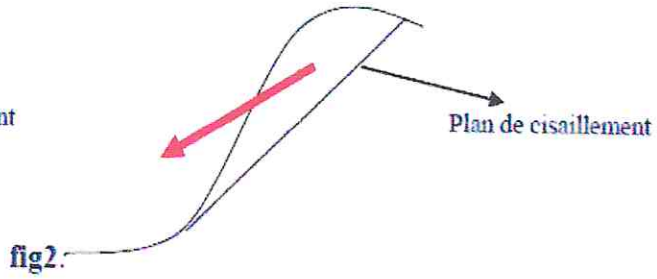


fig2.

Les ruptures selon un plan de cisaillement circulaires sont causées par un mouvement de Rotations de la masse instable du sol. Elle se produit en particulier en terrains meubles, ou dans les roches homogènes à faible cohésion le long d'une surface ayant l'allure générale d'une cuillère sphérique.

Elles peuvent se produire en trois endroits dans le dépôt, à flanc du talus (fig3), au pied du talus (fig4) et au-delà du pied du talus (fig5).dans chacun

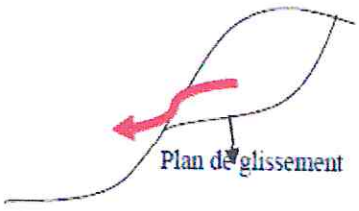


fig3.

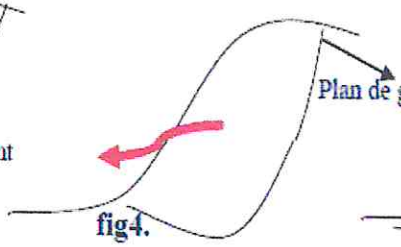


fig4.

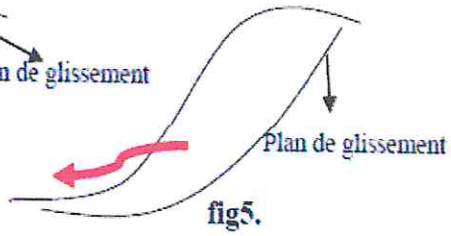


fig5.

Les ruptures selon un plan de cisaillement aléatoire sont généralement causées par un mouvement de translation et se développent dans les dépôts hétérogènes. Le plus souvent, le plan de cisaillement rejoint une couche de faible résistance.

XII.3 Principales causes de glissement (cours MDS ENSTP)

Les facteurs déclenchant un glissement peuvent être d'origine :

XII.3.1 *Naturelle*

Une diminution des résistances du sol, le cas le plus fréquent est la diminution de l'angle de frottement interne des argiles sous l'effet de l'eau. Dans quelques rares cas, cette dernière est vaporisée, son effet est alors multiplié.

- Forte pluies et fonte des neiges qui entrainent une augmentation des pressions Interstitielles.
- Affouillement des berges.
- *Les charges sismiques.*

3.2. Anthropique

- Une augmentation des charges en tête d'un talus déjà instable.
- Une diminution des appuis en pied de pente (suppression d'une butée stabilisatrice).
- rejets d'eau.
- Déboisement.

XII.4 Analyse de la stabilité :

On détermine les forces motrices et les forces stabilisatrices à la fin en calculer le coefficient de sécurité.

Le poids propre : effort moteur

$$F_S = \frac{FORCE\ STABILATRICE}{FORCE\ MOTRICE}$$

- $F_S = 1$: équilibre limite.
- $F_S > 1$: équilibre stable.
- $F_S < 1$: équilibre instable.

XII.4.1 Analyse de stabilité du déblai :

Nous allons vérifier la stabilité du profil qui représente la hauteur de déblai la plus importante, à savoir au PK 5+300, cette hauteur est de 11.7m, et pour cela on va analyser la stabilité vis-à-vis glissement.

Les calculs de stabilité des déblais ont été menés en prenant comme base les données et les considérations suivantes :

- Le déblai a été modélisé avec une inclination de 3H /2V.
- Les surfaces de ruptures supposées circulaires.
- Le niveau phréatique est pris en considération
- L'aspect sismique a été pris en considération et model

XII.4.1.1 Données de calcul:

Caractéristiques de résistance des sols :

Les paramètres géotechniques des sols sont obtenus en fonction des essais géotechniques réalisés et les expériences des travaux

Tableau XII-1: Les paramètres géotechniques des sols en déblai

couche	Epaisseur	γ (KN/m³)	C (kpa)	Φ(°)	γ (KN/m³)	C (kpa)	Φ(°)
Gravier	1.2	19	10	33	19	10	33
Argile rigide	10.5	19	200	0	19	200	0

XII.4.1.2 Calcul de Facteur de sécurité du talus :

Tableau XII-2: Résultats des calculs avec pente standard

Déblais	Pente appiqué	Facteur de sécurité		
		À court terme	À long terme	Cas séismique
PK 2+180	2V :3H	1.685	1.685	1.301

Afin d'effectuer un contrôle avec les facteurs de sécurité fournis dans les cahiers des charges DTR, les analyses repris sans application des facteurs partiels d'Eurocode 7. On a constaté que la valeur du coefficient de sécurité obtenus lors des analyses effectuées est sous FS=1,5 accepté comme limite de sécurité pour que les pentes restent stables à long Terme et sous FS=1,3 accepté comme limite de sécurité pour que les pentes restent stables à court terme. Les analyses effectuées et les coefficients de sécurité obtenue figurent ci-dessous

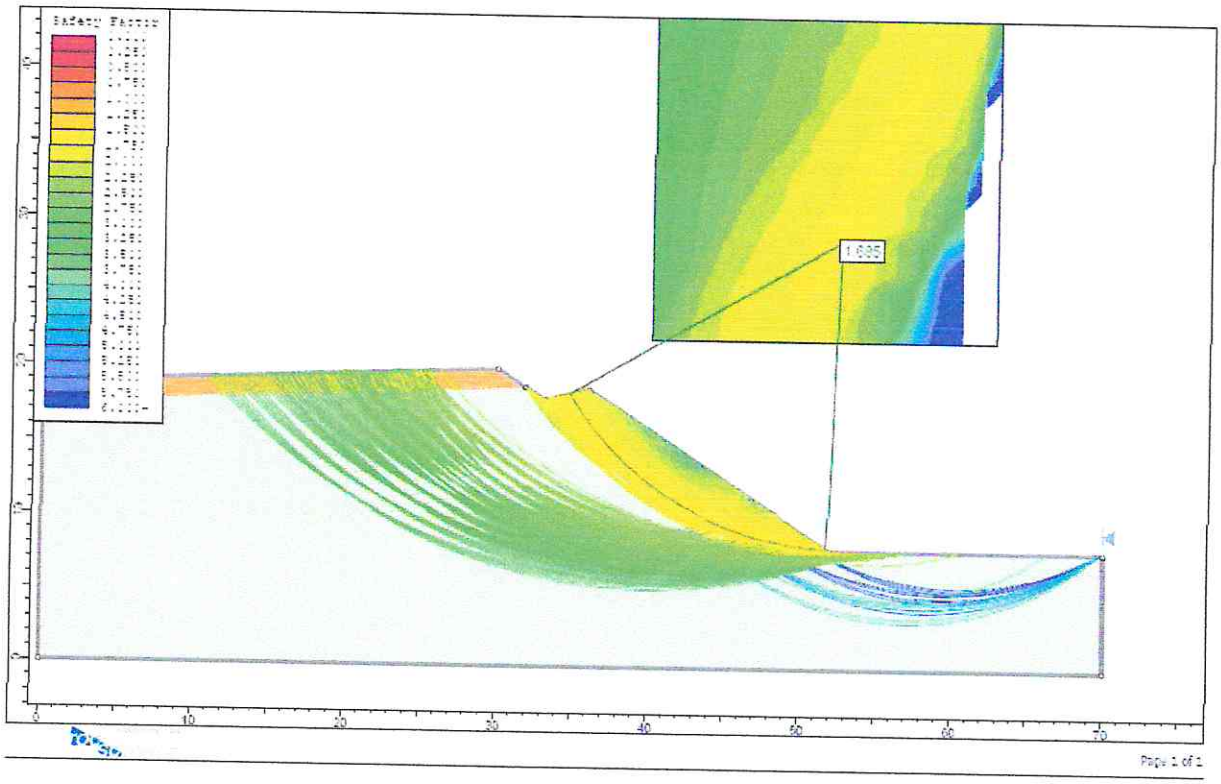


Figure XII-2: Résultat d'analyse par Slide à Court terme(**logiciel Slide 6**). (pk 5+300)

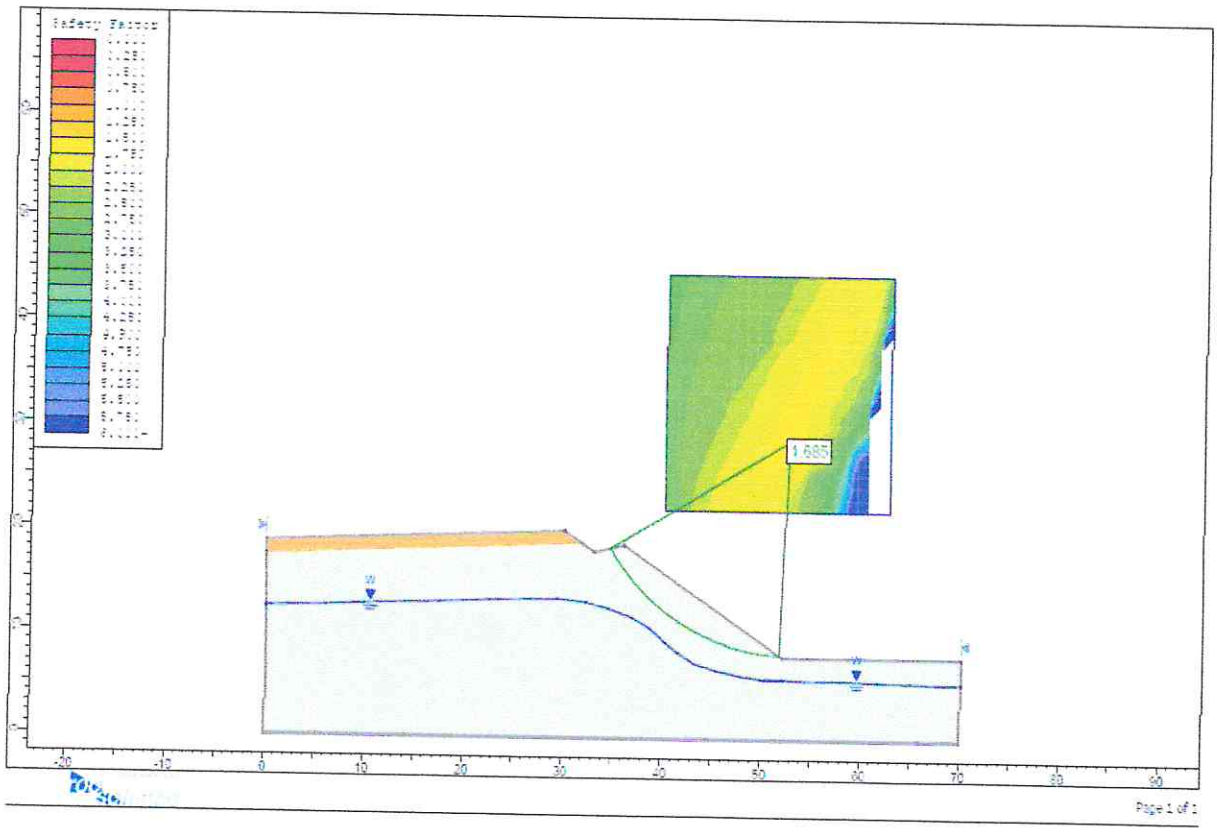


Figure XII-3: Résultat d'analyse par Slide à long terme(**logiciel Slide 6**).(pk 5+300)

- **Cas dynamique :**

Dans les analyses de sismicité, le coefficient d'accélération a été déterminée tel que A0=0,25g et des analyses pseudo-statiques ont été conduites. Les coefficients de poussée sismique horizontale et verticale ont été prise en compte conformément à l'Eurocode 8 tels

Que F_h=0,5A0 ; F_v=0,33F_h.

- ✓ k_h =0.5A=0.5×0.25=0.075.
- ✓ k_v =0. 33k_h =0.33×0.075=0.02475

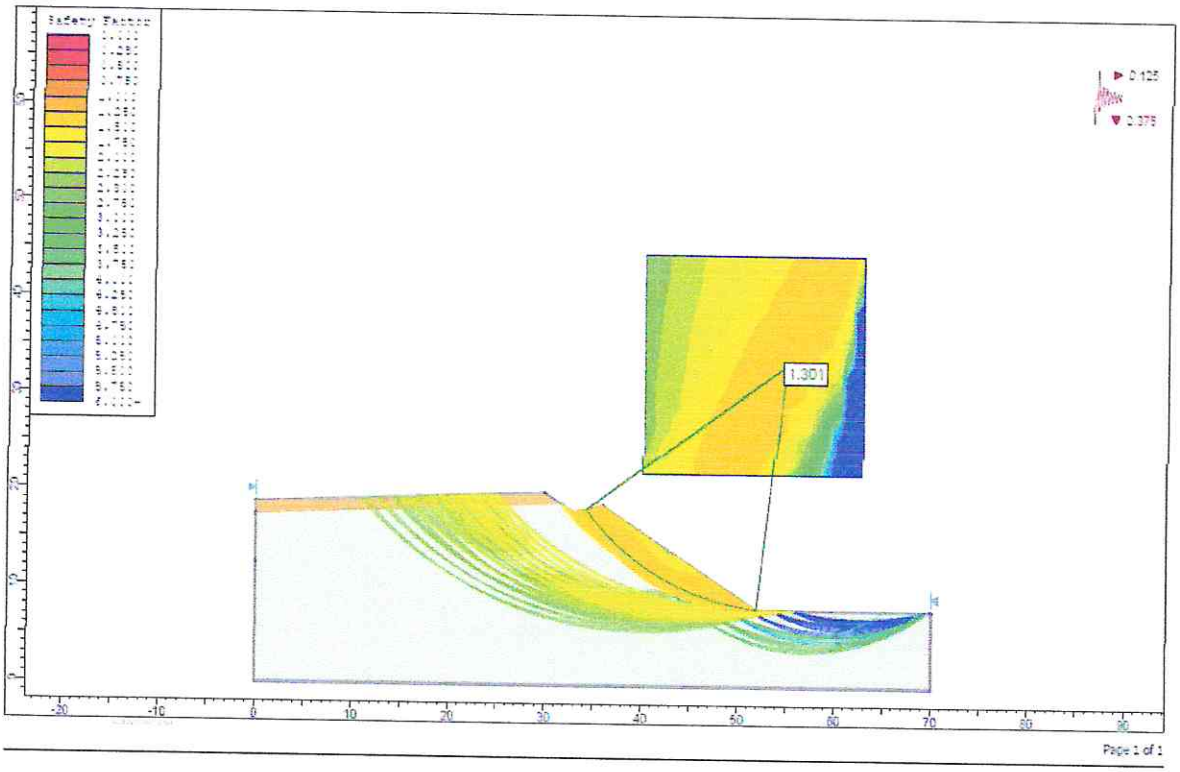


Figure XII-4: Résultat d'analyse par Slide sous les charges sismiques (logiciel Slide 6).

XII.4.2 Analyse de stabilité du remblai :

Nous allons vérifier la stabilité du profil qui présente la hauteur de remblais la plus importante, à savoir au PK7+350, cette hauteur est de 23 m, pour cela on va analyser la stabilité vis-à-vis au glissement.

En tenant en compte des paramètres de calcul obtenus, les calculs de stabilité des remblayages ont été menés en prenant comme base les données et les considérations suivantes :

• Les remblayages ont été modélisés avec une inclination de 2H/1V.

• Les surfaces de ruptures supposées circulaires.

• Le niveau phréatique est pris en considération.

XII.4.2.1 Données de calcul:

Les paramètres géotechniques des sols sont obtenus en fonction des essais géotechniques réalisés et des expériences des travaux

Tableau XII-3: Les paramètres géotechniques des sols en remblai

Couches	Epaisseurs (m)	Court terme			Long terme		
		δh(KN/m3)	Cu(KPa)	Φu(°)	δh(KN/m3)	Cu(KPa)	Φu(°)
Remblai	**23m**	**18**	**5**	**30**	**18**	**5**	**30**
argile sableuse	**1.5**	**20**	**10**	**30**	**20**	**10**	**30**
Argile solide	**5**	**19**	**200**	**0**	**19**	**200**	**26**

- **Charge d'exploitation :**

La charge d'exploitation est de l'ordre de **Q=20 KN/m2**(surcharge routière).

- **Nappe phréatique :**

La nappe n'a pas été détectée.

XII.4.2.2 Calcul de Facteur de sécurité du talus :

Tableau XII-4: Résultats des calculs avec pente standard

Déblai	Pente appliquée	Facteur de sécurité		
		à court terme	à long terme	Cas dynamique
PK7+350	2V :3H	1.343	1.343	1.049

La stabilité du talus est appréciée par rapport à un facteur de sécurité admissible

Si : F_S=1.0, la stabilité est théoriquement assurée, mais en considérant l'incertitude de la

Conception et de la réalisation du talus, nous avons appliqué le facteur de sécurité admissible

$F_S > 1.15$ afin de favoriser la sécurité permanente du talus

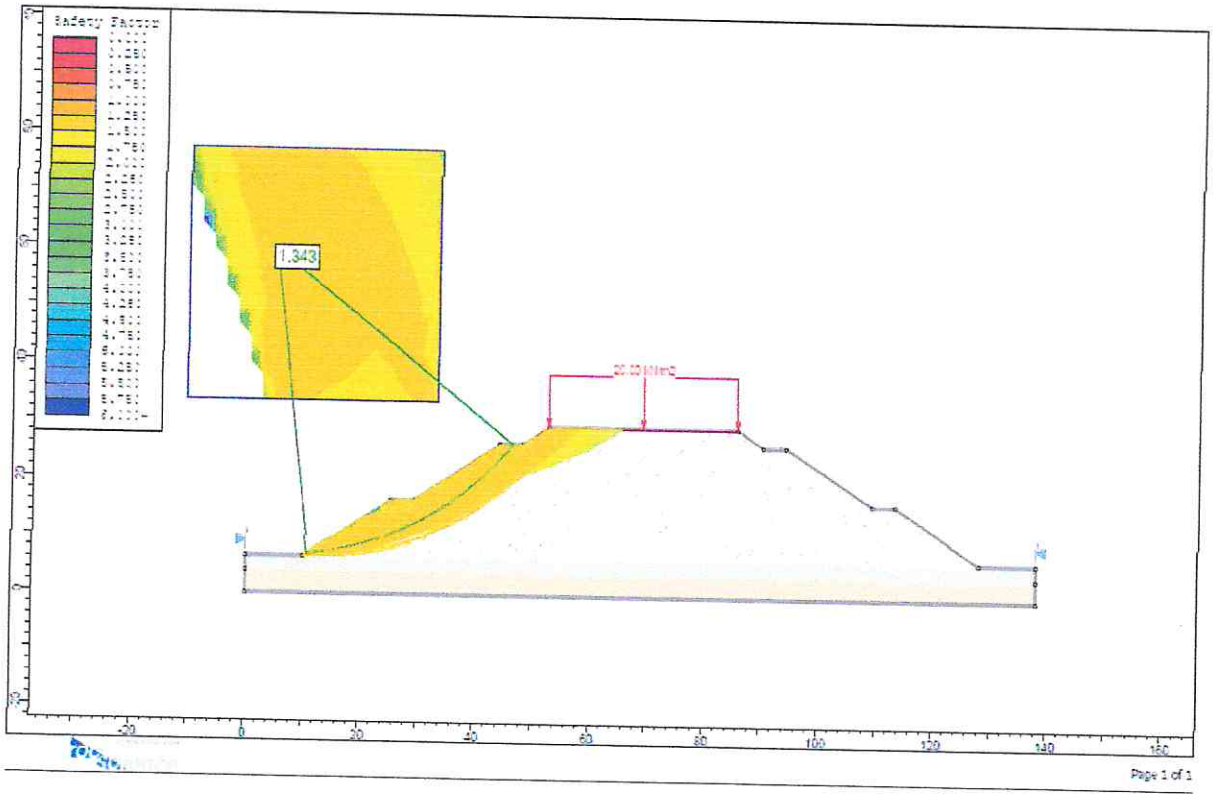


Figure XII-5: Résultat d'analyse par Slide à Court terme**(logiciel Slide 6).**

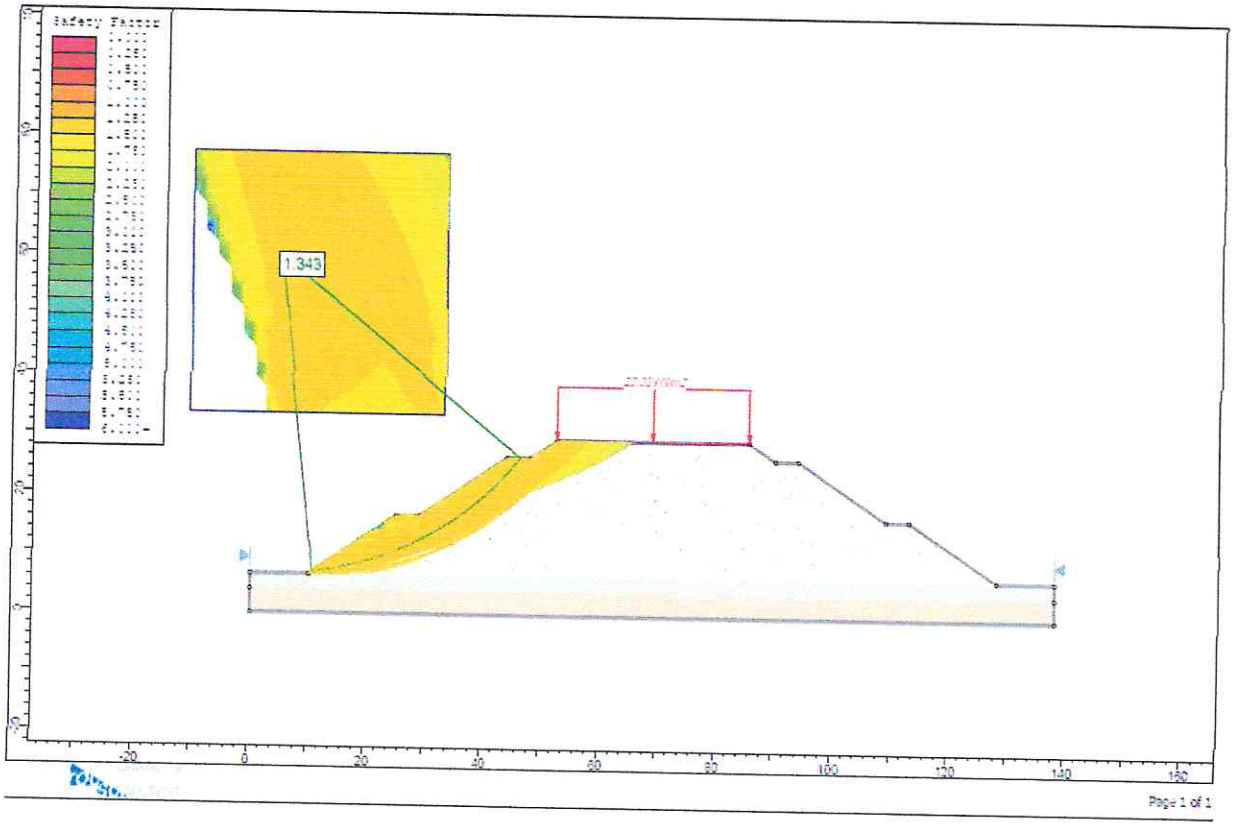


Figure XII-6: Résultat d'analyse par Slide à Long terme**(logiciel Slide 6).**

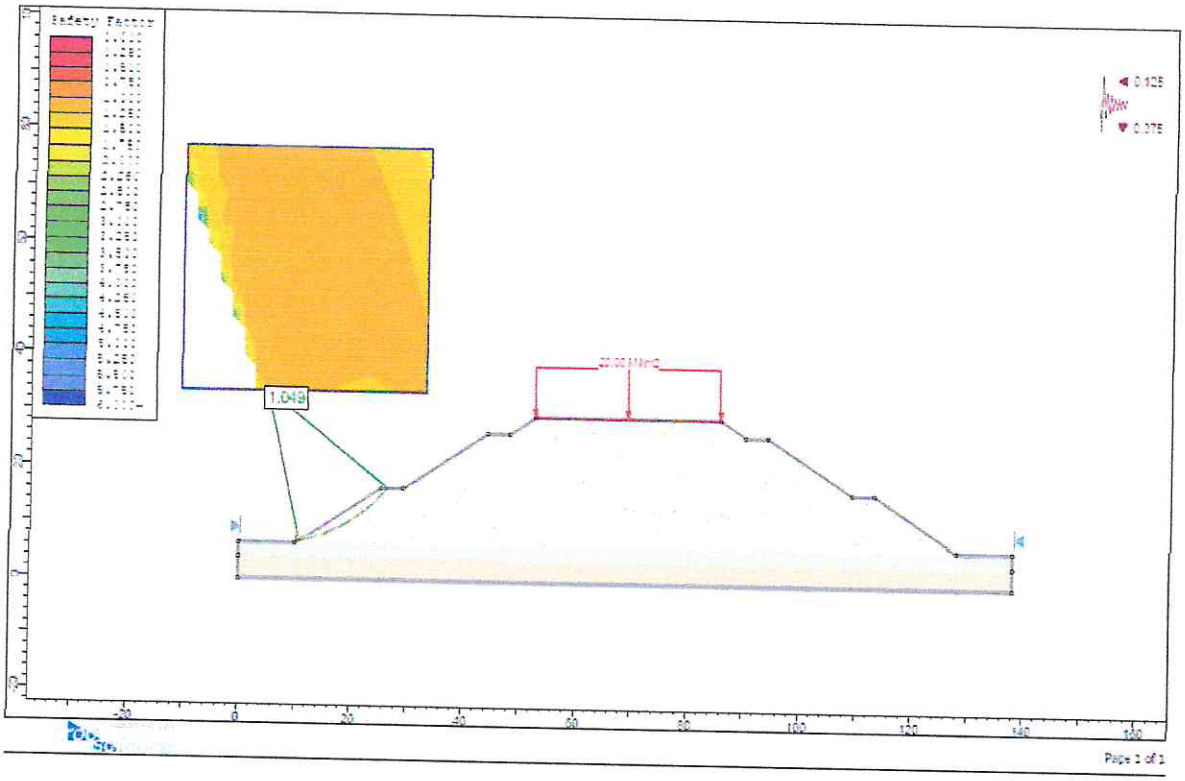


Figure XII-7: Résultat d'analyse par Slide sous les charges sismiques (**logiciel Slide 6**).

XII.5 Revêtements des Talus :

De la même façon que pour les déblais, on propose le revêtement de tous les talus de remblai pour combattre l'érosion au niveau de leur surface avec une couche de terre végétale d'environ 0,15 m d'épaisseur.

XII.6 Conclusion :

L'étude d'un talus comporte, outre la reconnaissance du site et le choix des caractéristiques mécaniques des sols, un calcul de stabilité pour déterminer d'une part la courbe de rupture le long de laquelle le risque de glissement est le plus élevé, d'autre part la valeur correspondante du coefficient de sécurité.

A l'aide de l'outil informatique **(le logiciel Slide 6),** qui est basé sur la méthode de Bishop , pour l'analyse des surfaces de rupture circulaires, on a pu faire un calcul de stabilité, ensuit déterminer la surface de rupture ou le risque de glissement est le plus élevé.

On remarque que le coefficient de sécurité a augmenté après mise en place des banquettes chaque 10m, la mise en place des banquettes nous a permet aussi de minimiser la quantité des matériaux à mettre en place.

En cas de présence de nappes phréatiques il faut prévoir l'existence d'instabilités locales dues au remonté des eaux. Pour cela, il convient de prévoir plusieurs mesures de renforcement à savoir :

- ✓ Rabattement de la nappe phréatique
- ✓ La mise en place des nappes de géotextiles (tranchée drainante).

• **Cas déblai :** Avec la pente proposée (3H/2V), les coefficients de sécurité sont tous acceptables sous les charges normales (à court terme et à long terme) et le séisme selon le calcul de stabilité.

• **Cas remblai :** Avec la pente proposée (1H/2V), les coefficients de sécurité Sont tous acceptables sous les charges normales et le séisme selon le calcul de stabilité

CHAPITRE XIII
CONCEPTION D'UN ECHANGEUR

XIII.1 Introduction

Un échangeur autoroutier est un système de bretelles routières permettant de basculer, soit d'un type de réseau routier à un autre (d'une route ordinaire ou une voie rapide à une autoroute), soit de passer d'une autoroute à une autre. Les échangeurs se trouvent donc aux intersections entre réseaux routiers de types différents et permettent ainsi d'éviter tout croisement à niveau pour limiter le ralentissement des voies concernées.

On désigne les échangeurs par :

- **Nœuds** : quand il raccorde une voie rapide avec une autre voie rapide.
- **Diffuseur** : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique.
- **Mixte** : quand il assure en plus des raccordements de deux autoroutes.

Dans notre cas on considère un nœud qui assure la liaison entre l'AutoRoute Est/ouest et la 4ème rocade au niveau de PK 0+000

XIII.2 Rôle de l'échangeur :

- Assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans le sens considéré selon l'ordre d'importance.
- Assurer des bonnes conditions de confort et de sécurité en évitant les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents et les points d'arrêt provoquant des pertes de temps.

XIII.3 Les éléments de l'échangeur :

Tout échangeur quel que soit son importance, sa classe ou sa forme, est constitué d'un assemblage de trois éléments qui sont :

L'ouvrage d'art (pont) .

Les carrefour (s) plan (s) (cas de raccordement routiers ordinaires).

Les bretelles.

XIII.4 Types d'échangeurs :

La conception d'échangeur est toujours influencer par plusieurs facteurs comme la composition du trafic, la vitesse. Selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs :

XIII.4.1 Echangeur majeur :

Raccordement Autoroute- Autoroute. (Trèfle complet, bifurcation « Y »).

XIII.4.1.1 Trèfle complet :

Pour des raccordements à quatre branches

C'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise et justifié par un trafic important équilibré.

Les quatre cadrans de l'échangeur sont utilisés, il comporte quatre boucles, quatre diagonales, ce type assure toutes les liaisons sans cisaillement moyennant un seul ouvrage d'art en général droit

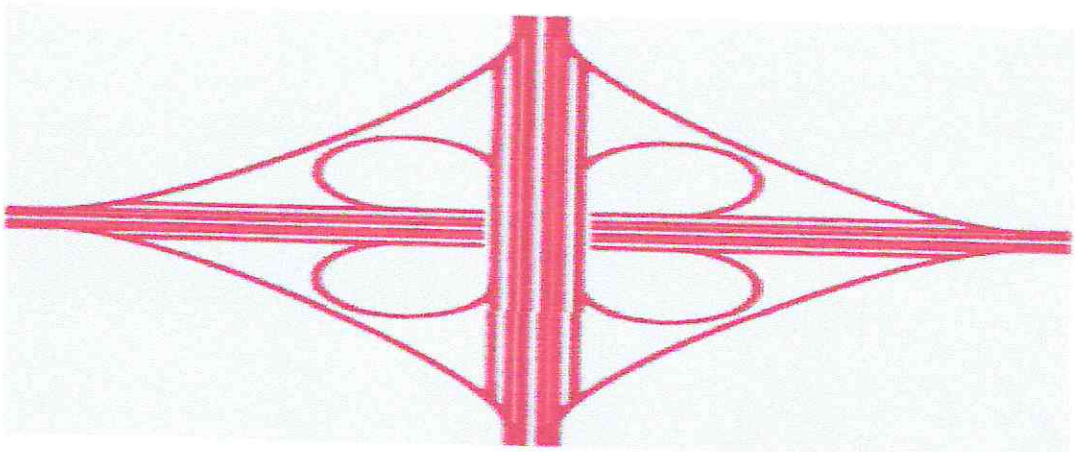


Figure XIII-1: Echangeur Trèfle complet.

XIII.4.1.2 Bifurcation:

Pour les raccordements à trois branches : la boucle qui présente le trafic à dévier se détache par la droite de l'axe principal pour rejoindre l'axe à emprunter. Ce type comporte un ouvrage biais.

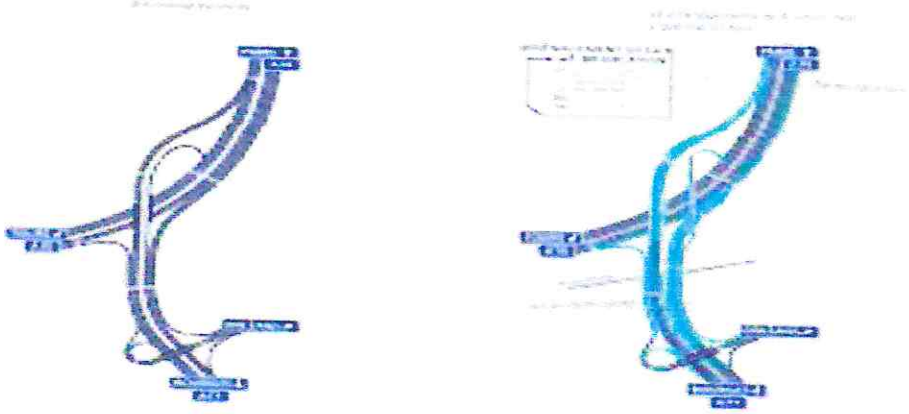


Figure XIII-2: *Echangeur Bifurcation.*

XIII.4.2 Echangeur mineur :

Raccordement Autoroute -Route. (Losange, Demi-trèfle, Trompette).

XIII.4.2.1 Losange:

Il est composé de quatre diagonales unidirectionnelles symétrique assure une distribution symétrique de trafic d'échanges

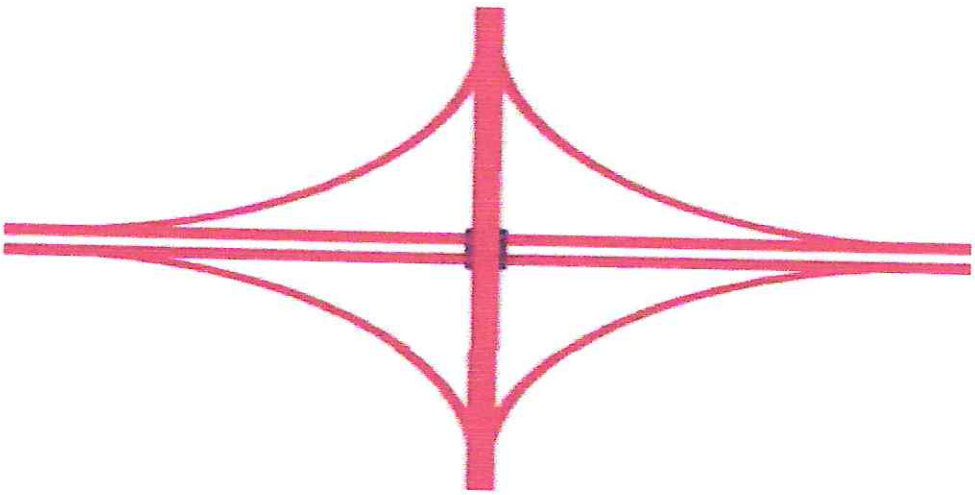


Figure XIII-3: Echangeur losange.

XIII.4.2.2 Demi – trèfle :

La configuration en demi – trèfle à quatre (04) branches se présente comme le cas du type losange mais avec une différence majeure, qui est une distribution des trafics d'échange nettement dissymétrique.

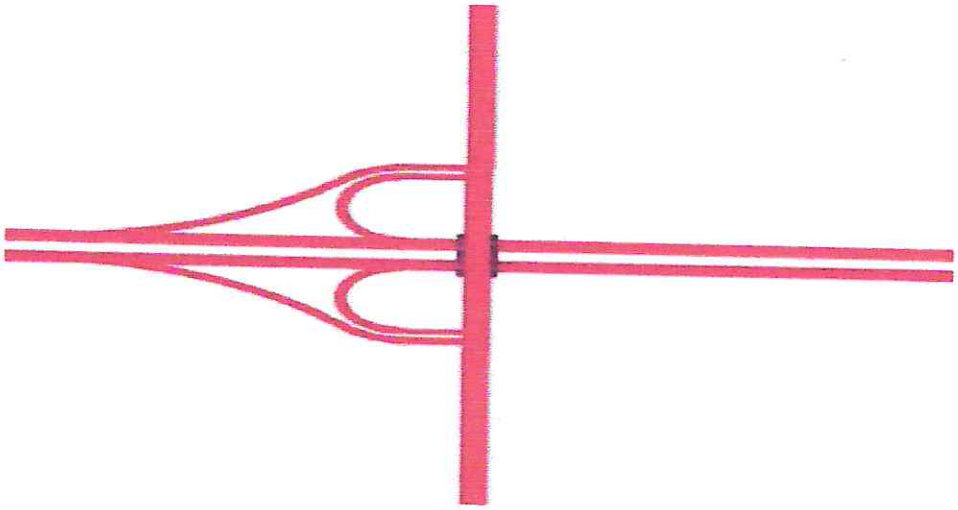


Figure XIII-4: Echangeurs demi-trèfle.

XIII.4.2.3 Trompette:

Comporte un alignement droit commun à toutes les bretelles, boucle (d'entrée ou de sortie), diagonales (d'entrée ou de sortie). Ce type d'échangeur représente la typologie la plus répandue sur les autoroutes, assure les échanges entre la voie principale et la voie transversale.

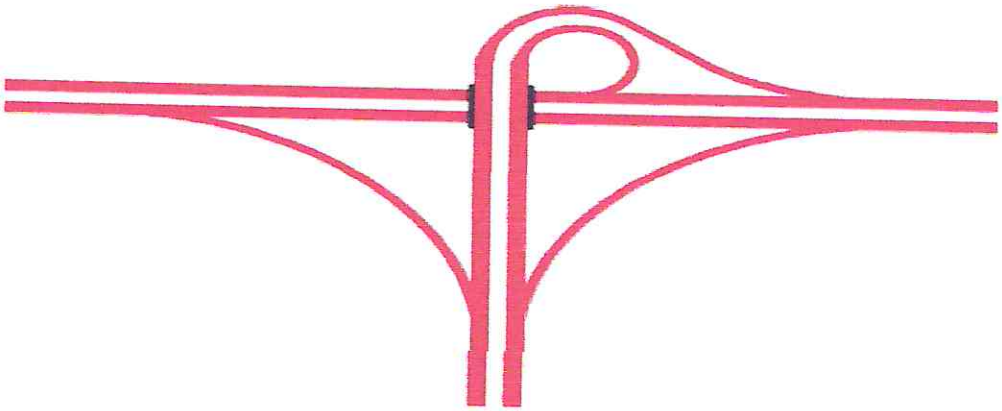


Figure XIII-5 : Echangeur en trompette.

XIII.5 Choix de l'échangeur :

Pour notre projet l'échangeur va relier l'autoroute EST-OUEST (2× 3) avec la 4ème Rocade d'Alger avec une géométrie de type **Bifuraction** avec un ouvrage de croisement à trois étages. Cet échangeur contribuera largement à l'amélioration du confort des riverains en facilitant l'accès à la région d'Ain Soltane

Vitesses de référence :

La vitesse de référence de notre projet est de :

- 130 Km/h pour l'autoroute EST-OUEST
- 110 Km/h, pour la 4ème rocade d'Alger.
- 90 Km/h pour les bretelles

XIII.6 Caractéristiques géométriques des bretelles :

Pour les nœuds, généralement, les bretelles sont à **2** voies (d'après l'ICTAAL 2015).

XIII.6.1 Tracé en plan d'une bretelle

XIII.6.1.1 Valeurs limites des rayons

Les valeurs limites des rayons en plan d'une bretelle à deux voies ainsi que leurs dévers associés préconisées par l'ICTAAL 2015 sont donnés par le tableau suivant

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

Rayon	Symbole	Valeur limite
Rayon minimal	**Rm (m)**	**240**
Rayon minimal au déversé normal	**Rnd (m)**	**370**
Dévers entre Rnd et Rm	**d (m)**	**d = (3074/R) -5.8** **entre 285 et 370**

XIII.6.1.2 Enchainement des éléments du tracé en plan :

Les branches doivent respecter les règles d'enchaînement suivantes :

- Deux courbes successives doivent satisfaire à la condition R 1 ≤ 1,5 R2, où R1 et R2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées dans le sens de circulation, sauf si R2 ≥ 1,5 Rd
- Deux courbes successives de rayons R < 1,5Rdn sont séparées par un alignement droit au moins 100 m, sauf pour deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

XIII.6.1.3 Raccordement progressif :

Une courbe circulaire de rayon inférieur ou égal à 1,5 Rdn est encadrée par deux arcs de clothoïde. Si cette condition est trop contraignante, on peut limiter son application aux courbes de rayon inférieur ou égal à Rdn dans les bretelles.

Pour les bretelles ou branches à deux voies, à la plus grande des deux valeurs : R/9 et 14| | où R note le rayon de courbure (en m), et | | 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'usager.

XIII.6.1.4 Zones de décélération et d'accélération :

Le raccordement d'une bretelle et de l'autoroute est réalisé en entrée par deux voies d'insertion, et en sortie par deux voies de décélération.

- **La zone d'accélération :**

Le dispositive d'entrée comprend successivement :

- ✓ Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est

Comprise entre 3 et 5%. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle, doit permettre d'atteindre au point "E = 1,00 m", Par convention, la vitesse au point S.1,00 m est de :

- ✓ 70 km/h pour une sortie depuis une bretelle/branche à deux voies.
- ✓ Une section de manœuvre adjacent a la chaussé de l'autoroute, longue de 200m Et large de 3.5 m.
- ✓ Un biseau long de 75 m.

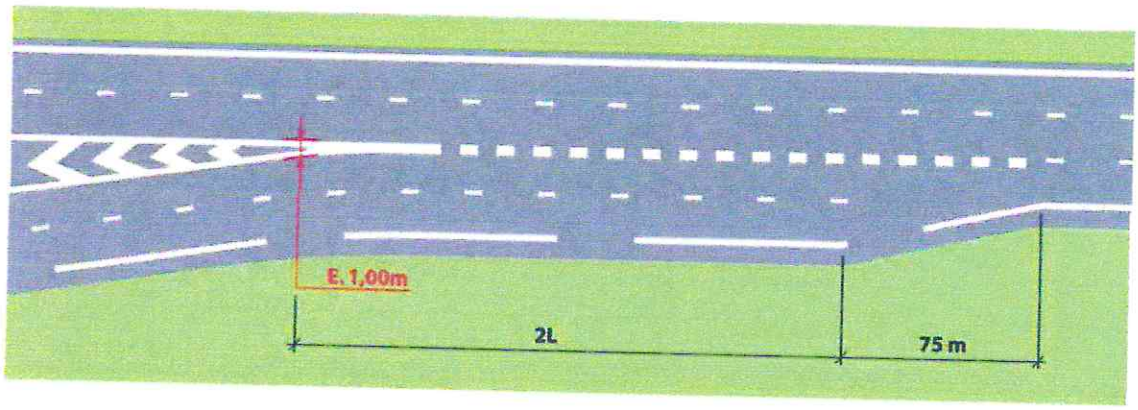


Figure XIII-6: Voie d'accélération (ICTAAL, 2015)

- **La zone de décélération :**
  - ➢ **Pour une bretelle de 2 voies**

- le musoir de divergence atteint une largeur de 1 m.
- Un biseau long de 130 m.

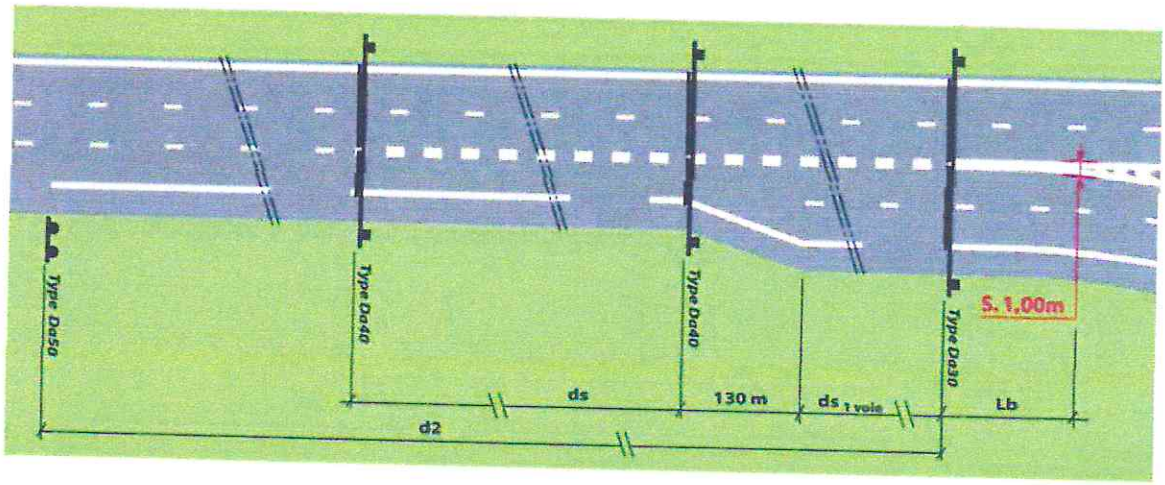


Figure XIII-7: Voies de décélération deux voies (ICTAAL, 2015)

➢ **Pour une bretelle de 1voie :**

Le dispositif de sortie comporte successivement :

- Une section de manœuvre adjacent a la chaussé de l'autoroute, longue de 150 m et large de 3.5 m.
- Un biseau longe 75m.

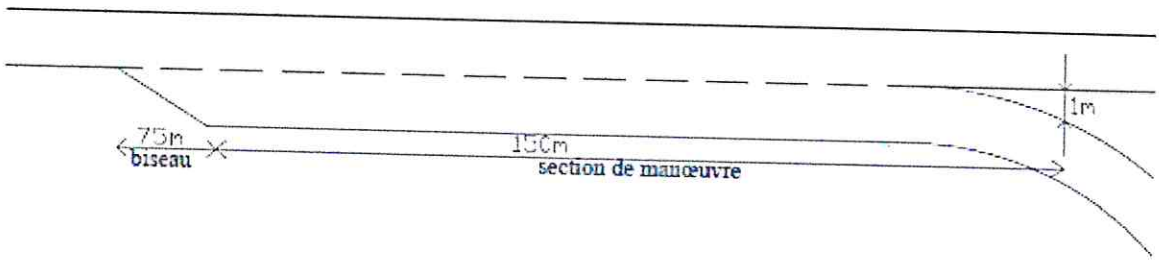


Figure XIII-8: Voie de décélération (ICTAAL, 2015)

XIII.6.2 Profile en long d'une bretelle :

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

Déclivité maximale	**6 %**
Rayon minimal en angle saillent	**2700m**
Rayon minimal en angle rentrant	**1900m**

XIII.6.3 Profil en travers d'une bretelle :

Les conditions du trafic et le rayon du bord interne des bretelles et des boucles sont les facteurs principaux qui affectent sur les dimensions des profils en travers.

Le choix entre une ou deux voies de circulation pour une bretelle est influencé généralement par le trafic, le niveau de service souhaité, le pourcentage de poids lourd et aussi par la longueur de la bretelle.

Bretelle unidirectionnelle à deux voies Selon ***L'ICTAAL.***

Tableau XIII-3: Bretelle unidirectionnelle à deux voies

Berme	BDG	Chaussée	BDD
1m	0.5m	7m + S®	1m

XIII.7 Visibilité :

XIII.7.1 Visibilité sur une entrée d'autoroute :

La distance de visibilité pour la voie de droite de l'autoroute doit être au moins égale à la distance d'arrêt sur l'arrière d'un véhicule entrant.

Distance d'arrêt : d_a

d_a=distance de freinage + distance de perception / Réaction

$$da = 2V+V_2/2g\ (\gamma\ (v) +p)$$

Avec :

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

Pour les rayons R < 5V, (V en Km/h et R rayon de la courbe en m) : la distance de freinage est majorée de 25%.

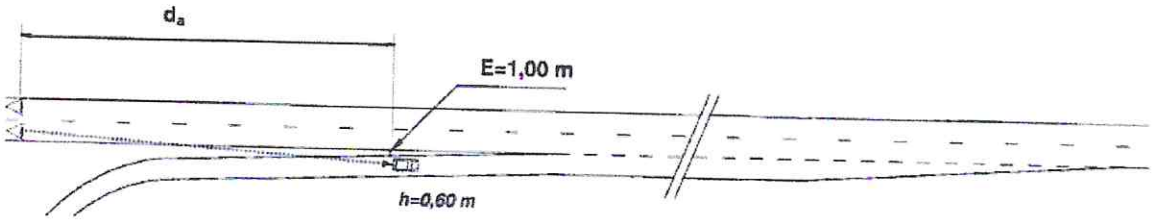


Figure XIII-9: Règle de visibilité sur une entrée d'autoroute

XIII.7.2 Visibilité sur une sortie d'autoroute :

Distance de manœuvre de sortie dms : qui permet de définir également les changements de files en section courante : **dms** = 6V (V en m/s).

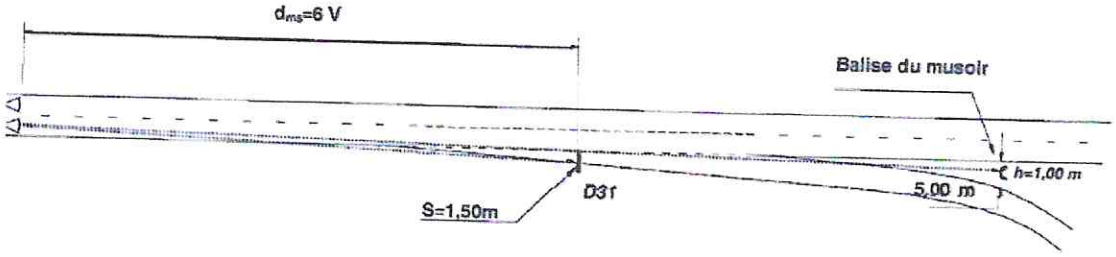


Figure XIII-10: Règle de visibilité sur une sortie d'autoroute

XIII.7.3 Distance de visibilité sur marquage dvm :

Une distance de visibilité dvm est nécessaire sur les marquages limitant sa voie au début de l'arc circulaire **dvm** = 3V (V en m/s).

XIII.7.4 Distance de lecture Lc :

Définissant la distance minimale permettant à l'usager de lire les informations sur les

Panneaux de signalisation : **Lc** =5V avec V en m/s.

XIII.7.5 Résumé :

Le tableau suivant représente les Principales distances de visibilité.

Tableau XIII-4: Principales distances de visibilité

Vitesse	**110 (km/h)**
Vitesse	**30.55 (m/s)**
Décélération moyenne γ(v)	**0.36 (m/s^2)**

Distance d'arrêt en palier (p=0)	**195m**
Distance d'arrêt en courbe pour R<5V	**230m**
Distance de manœuvre en sortie dms (et changement de file)	**185m**
Distance de visibilité sur marquage dvm	**95m**
Distance de lecture lc	**153m**

CHAPITRE XIV
SIGNALISATION

XIV.1 Introduction :

La signalisation routière fait partie intégrante du paysage routier. Elle est un outil de communication essentiel pour l'usager de la route. Elle doit, par conséquent être conçue et installée d'une manière à aider les usagers tout au long de son parcours en lui permettant d'adapter sa conduite aux diverses situations qui se présentent à lui, et ce en lui évitant hésitations et fausses manœuvres.

Elle doit donc lui permettre d'anticiper toute manœuvre ou tout changement de direction et lui permettre de s'y préparer. En plus de lui servir de guide en lui indiquant la route à suivre ainsi que les dangers qui la parsèment (courbe en pente prononcée, accotement mou, chaussée glissante, etc....), elle lui rappelle les diverses prescriptions du code de la sécurité routière et des règlements municipaux.

Le langage de la signalisation routière doit être clair et compréhensible par tous. Il est par conséquent, en constante évolution et fait l'objet de recherches continues a fin d'accroître la fluidité de la circulation.

XIV.2 Objectif de la signalisation

La signalisation routière a pour objet :

- Faciliter la circulation.
- Rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- Rendre plus sure la circulation.
- Donner des informations relatives à l'usage de la route

XIV.3 Les catégories de la signalisation :

On distingue :

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par feux.
- La signalisation par marquage des chaussées.
- La signalisation par balisage.
- La signalisation par bornage.

XIV.4 Règles à respecter pour la signalisation :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes :

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.

- Eviter la publicité irrégulière.
- Une sur abondance de signaux qui fatigue la tension des usages (simplicité).

XIV.5 Types de signalisation :

Dans ce cas on distingue deux types de signalisation :

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

XIV.5.1 Signalisation horizontale :

- La signalisation horizontale a pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou à certaines catégories d'usages
- Le marquage des chaussées joue un rôle essentiel dans la sécurité routière, il est obligatoire sur autoroute.
- Le rôle essentiel de la signalisation horizontale est de délimiter les voies de circulation afin d'augmenter la sécurité routière. Un autre rôle est de complémenter la signalisation verticale.
- Le marquage de la chaussée est réalisé par plusieurs catégories de marques.

XIV.5.1.1 Caractéristiques générales des marques longues :

1. Couleur des marques de chaussée

Les couleurs utilisées pour les marquages sur la chaussée sont le blanc et le jaune, dont le jaune est pour la BDU et de la délimitation du TPC et le marquage temporaire, et le blanc pour d'autres marquages.

Les caractéristiques des peintures et matériaux utilisés sont particulières, notamment la durabilité et le rétro-réfléchissement. (Signalisation routière)

2. Largeur des lignes:

Les largeurs de ligne sont définies par rapport à une unité « U » Les valeurs de U sont :

U = 7,5 cm sur les autoroutes, les routes à chaussées séparées

U = 6 cm sur les routes importantes, notamment sur les routes à grande circulation

U = 5 cm sur toutes les autres routes qui ne sont pas nationales.

U = 3 cm pour les lignes tracées sur les pistes cyclables.

La valeur de U doit être homogène sur tout un itinéraire

3. Lignes longitudinales:

Pour notre projet la route est de type "autoroute", donc la valeur de U est 7.5 cm.

Tableau XIV-1 : Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées

Modulation	Désignation des marques	Largeur (cm)
Continue	Délimitation de terre-plein central (TPC)	3U
	Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes à trois voies, avec deux voies affectées à un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies	3U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U
T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5U
	Ligne de rive de chaussée	3U
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U
T'3	*Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de* raccordement	3U
T4	Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, en section courante (hors bretelles de raccordement) sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés	3U
T'2	Ligne " CÉDEZ-LE-PASSAGE "	50 cm

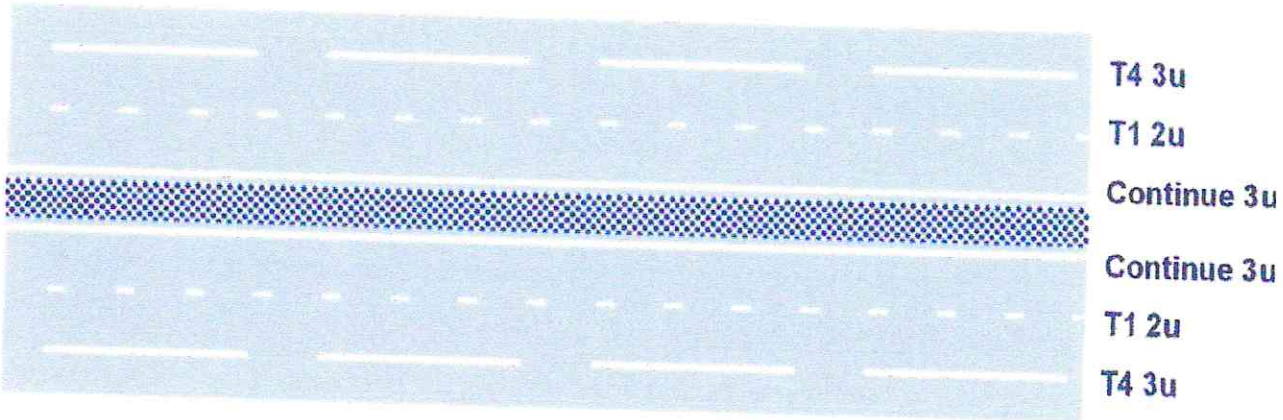


Figure XIV-1: *Marquage longitudinal.*

4. Caractéristiques des lignes discontinues:

Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elles se différencient par leur module, c'est-à-dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles. On distingue :

- Les lignes axiales ou lignes de délimitation de voies pour lesquelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles.
- Les lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.
- Les lignes d'avertissement de lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, par lesquelles la longueur des traits est sensiblement triple de celle de leurs intervalles.

Tableau XIV-2: Caractéristiques des lignes discontinues

Type de Marquage	Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre 2 traits successifs	Rapport plein/vide	Couleur
Axial longitudinal	T1	3	10	1/3	Blanc
	T'1	1.5	5	1/3	Blanc
	T3	3	1..33	3	Blanc
Rive	T2	3	3.5	1	Blanc
	T'3	20	6	3	Blanc
	T4	39	13	3	Jaune
transversal	T'2	0.5	0.5	1	Blanc
Délimitation du TPC	LC				Jaune

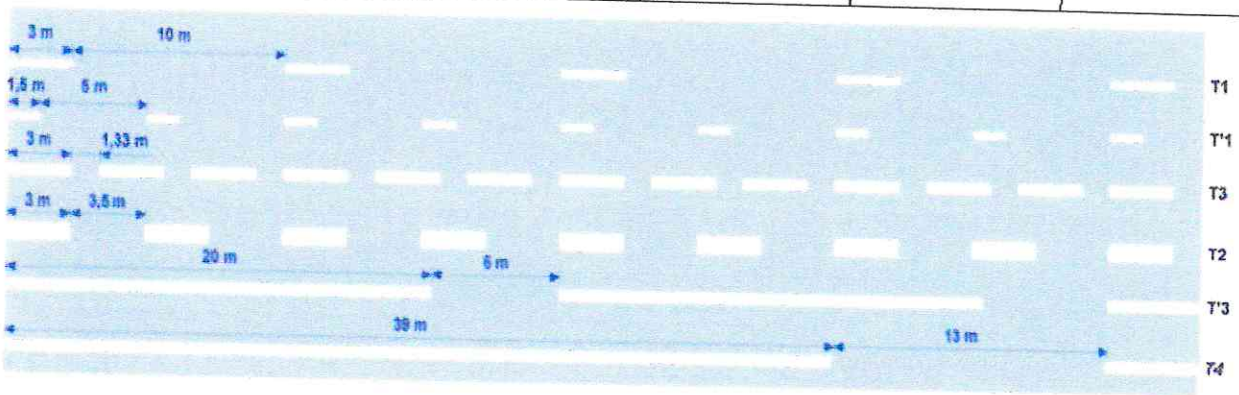


Figure XIV-2: Caractéristiques de tous les types de lignes discontinues selon les normes Européennes (source guide de la signalisation horizontale)

5. Lignes transversales

Lignes transversales continue : Une ligne continue qui oblige les conducteurs de marquer un temps d'arrêt ici on marque que la ligne " STOP" est de largeur = 50 cm.

Lignes transversales discontinue : Les conducteurs devaient céder le passage aux intersections, largeur de T'2.

Tableau XIV-3: Caractéristiques des lignes transversales

Lignes de STOP	Continue	10 u
Lignes « Cédez le Passage »	0.5/0.5	5u

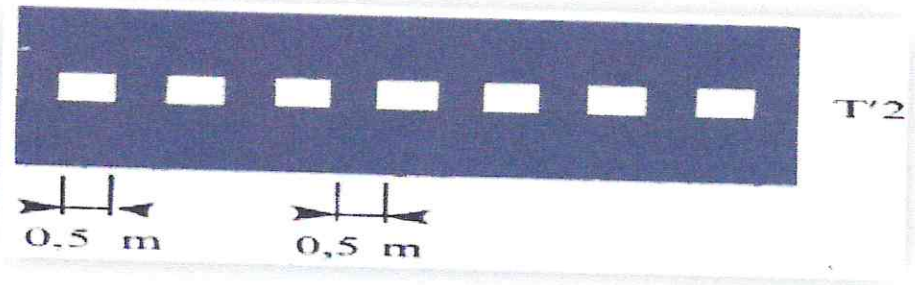
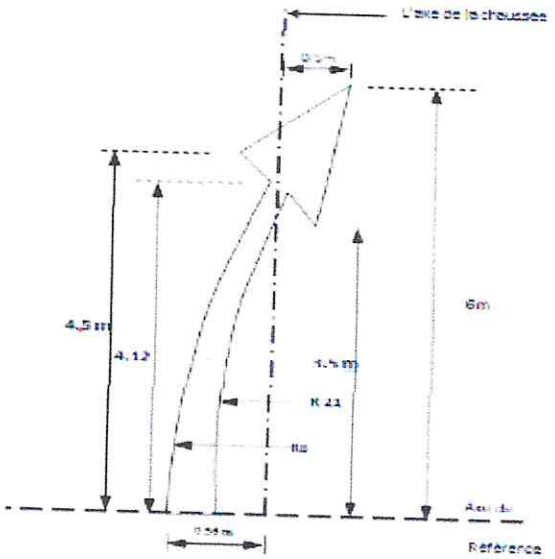


Figure XIV-3 : Lignes transversales

6. Les fleches:

- **Flèches de rabattement.**



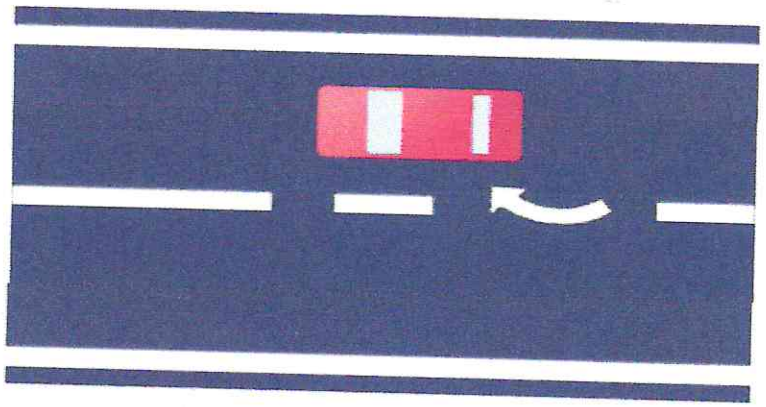


Figure XIV-4: flèches de rabattement

- **Flèches de sélection**

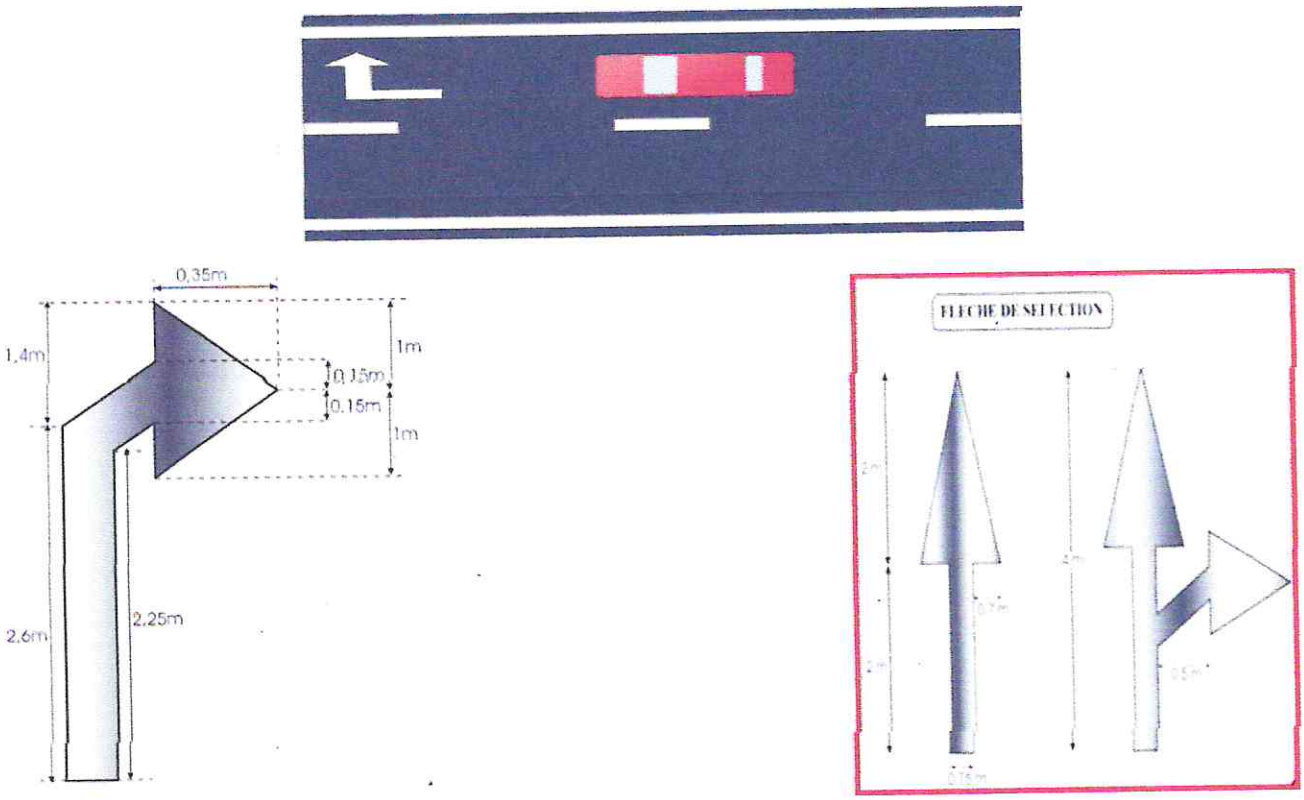


Figure XIV-5: Flèches de sélection

7. Autres marques

- Marquage d'îlots séparateurs avec hachures ;

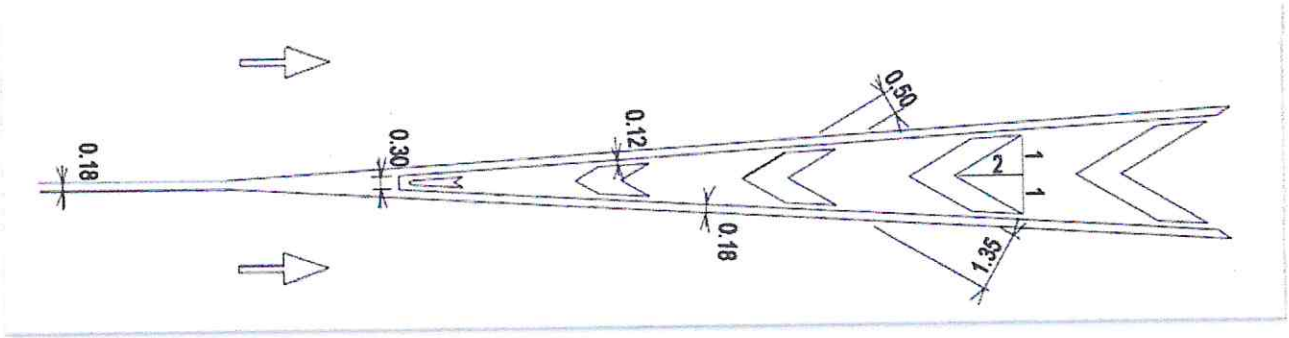


Figure XIV-6: *Séparateurs avec hachures source (guide de la signalisation horizontale à paris).*

- Marquage spécial pour stationnement ou aires d'arrêt d'appel d'urgence.

XIV.5.2 Signalisation verticale

Elle se fait à l'aide des panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunt par l'usager à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.

La signalisation verticale est divisée en deux grandes catégories :

- Signalisation de danger, de prescription et d'indication).

- Signalisation de direction.

XIV.5.2.1 Signalisation de danger, de prescription et d'indication

La signalisation de danger, de prescription et d'indication est utilisée pour réglementer, en conditions de sécurité, la circulation autant sur la section de type autoroutier, que sur le réseau routier existant.

- Les éléments à signaler aux usagers sont principalement :
  - ✓ La vitesse légale de circulation
  - ✓ Le régime de priorité.
  - ✓ Les dangers rencontrés (ex : à la sortie de la section autoroutière).
  - ✓ Le péage.
  - ✓ Les utilités disponibles (aires de services, réseau d'appel d'urgence, etc.)
- Le dimensionnement des panneaux concorde avec le type de route, comme suit :
  - ✓ Dimension grande gamme pour les voies rapides de l'autoroute.
  - ✓ Dimension normale pour les entrées et les sorties de l'autoroute, ainsi que pour les bretelles d'accès aux gares de péage aux routes nationales.

À part les panneaux et les panonceaux, utilisés pour la signalisation verticale, la signalisation de danger est réalisée avec des balises.

- Les types de balises sont les suivantes :
  - ✓ balise de virage;
  - ✓ balise de limite de chaussée;
  - ✓ balise de musoir, balise pour les gares de péages, etc.

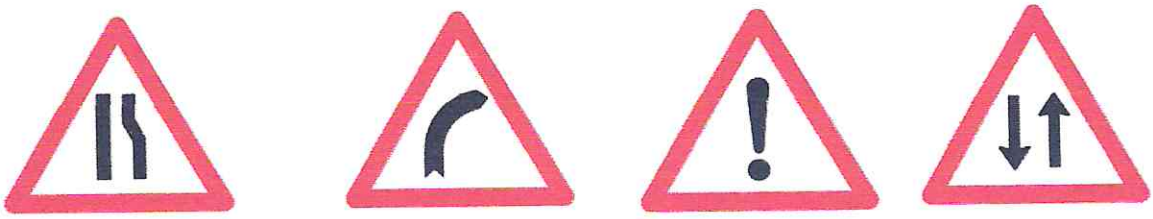
Les panneaux ainsi que les panonceaux et les balises sont couverts d'une couche rétro réfléchissante (de classe II ou supérieure).

- ✓ Taille des panneaux sur autoroute : Très Grande Gamme (TGG)
- ✓ Sur entrées et sortie : Grande Gamme (GG)
- ✓ Bretelle d'accès aux gares de péage et rétablissements : Gamme Normale (GN)

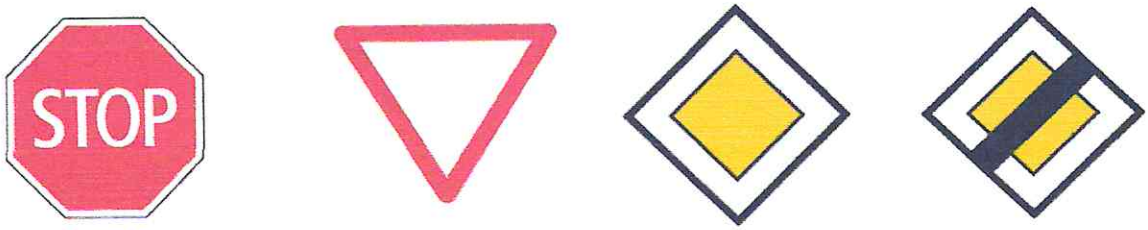
Tableau XIV-4: Les dimensions détaillées des panneaux.

Dimensions	Côté du triangle (mm)	Diamètre du rond (mm)	Double de l'apothème de l'octogone (mm)	Côté du carré (mm)
TGG	1500	1250	1200	1050
GG	1250	1050	1000	900
GN	1000	850	800	700

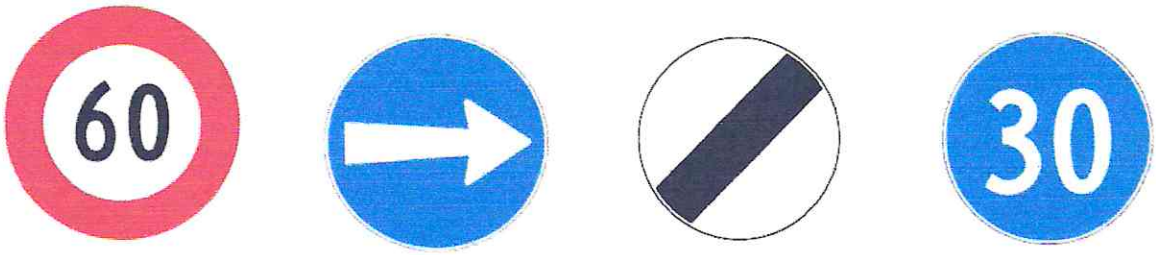
- **La signalisation de danger**

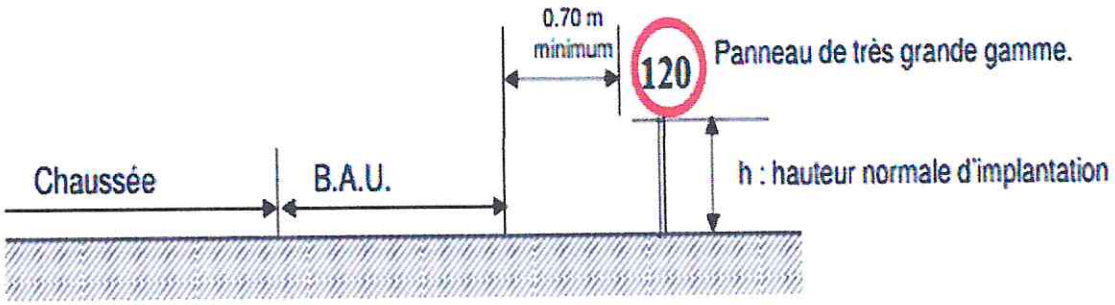


- **Intersection et régime de priorité**



- **La signalisation de prescription**





XIV.5.2.2 Signalisation de direction:

La signalisation de direction tient compte des destinations importantes pour le tronçon à l'étude.

- Les premières villes en lien direct.
- Le texte figurant sur les panneaux doit être en écriture double, avec des caractères arabe et latin (arabe en premier, latin en deuxième).

- Les panneaux sont installés en latéral (confirmation de direction) et sur portiques (Signalisation pour les sorties d'autoroute).
- La hauteur des lignes de caractère est similaire pour les deux écritures.

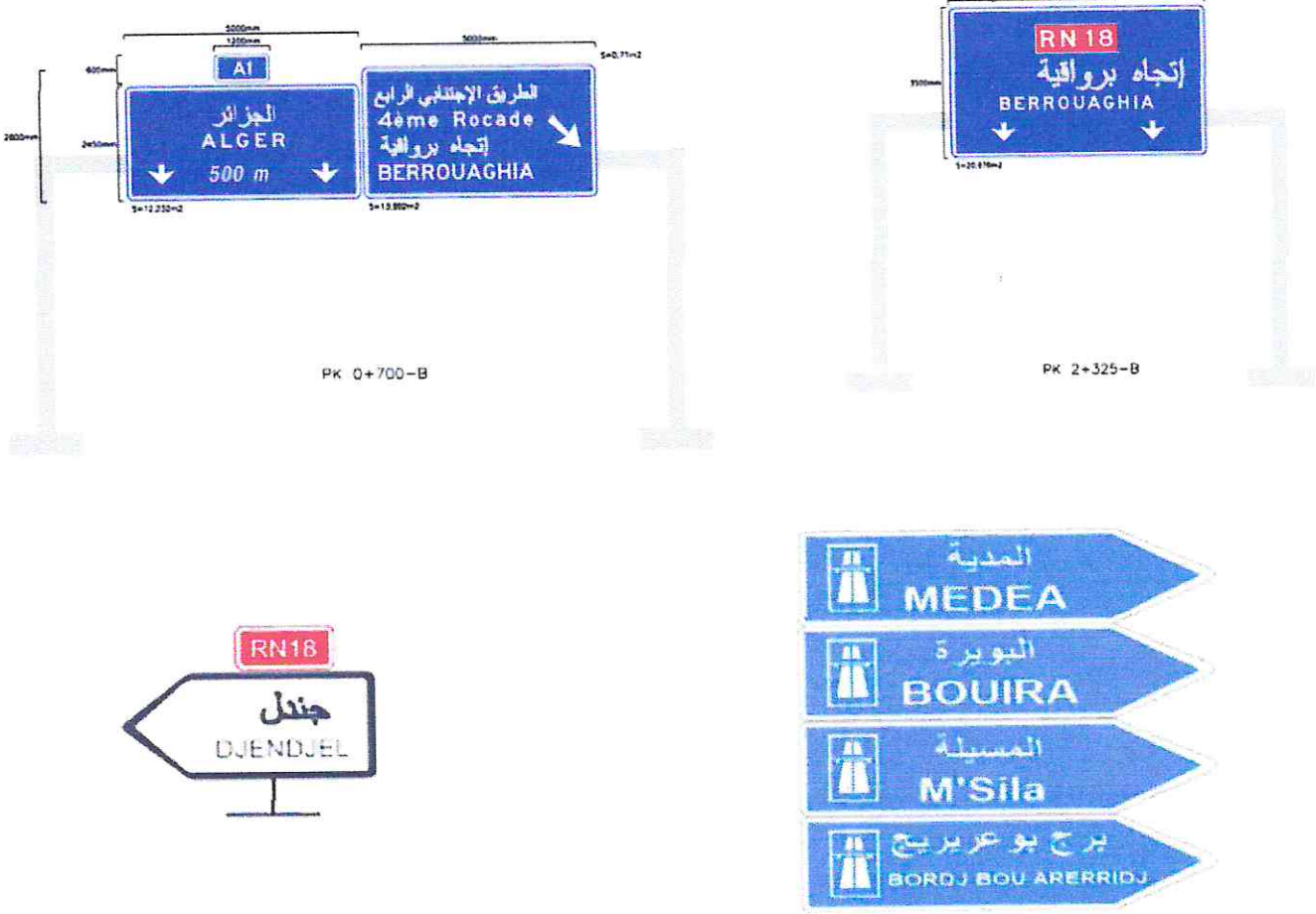


Figure XIV-7: Signalisation de direction

XIV.6 Signalisation de l'échangeur

Avertissement de Bifurcation D74			Pour attirer l'attention des usagers

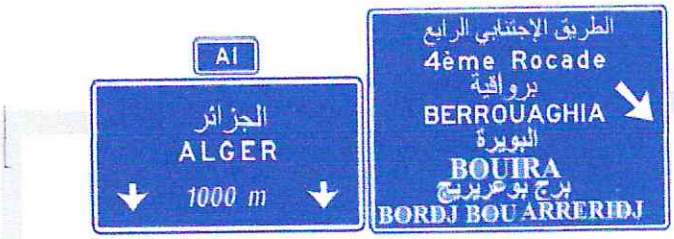
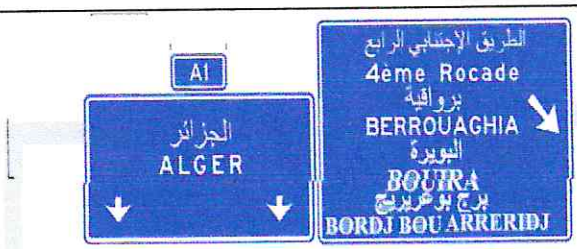
Pré-signalisation D40		
Présignalisation de bifurcation D74		
Signalisation avancée D30		

Figure XIV-8: Signalisation des bretelles d'entré

Avertissement de bifurcation D74		pour attirer l'attention des usagers

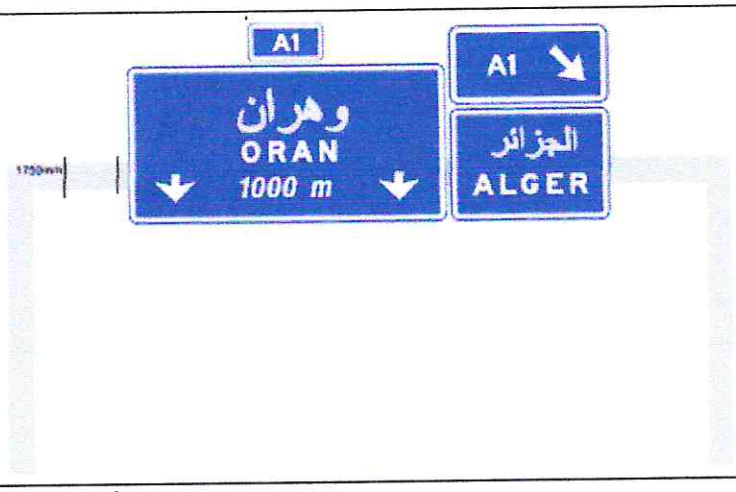
Pré-signalisation D40		Pour marquer le début de la manœuvre de sortie et notamment inciter les usagers à gagner la voie de droite
Présignalisation de bifurcation D74		Pour marquer la fin de la manœuvre de Sortie sur la chaussée émettrice
Signalisation avancée D30		

Figure XIV-9: Signalisation des bretelles de sorties

XIV.7 Eclairage :

Dans un trafic en augmentation constante, L'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. Leurs buts est de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible

XIV.7.1 Catégories d'éclairages :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- Eclairage des voies de cercle, catégorie C.
- Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage…) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

XIV.7.2 Paramètres d'implantation des luminaires :

- L'espacement (e) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie.
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée.
- Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée

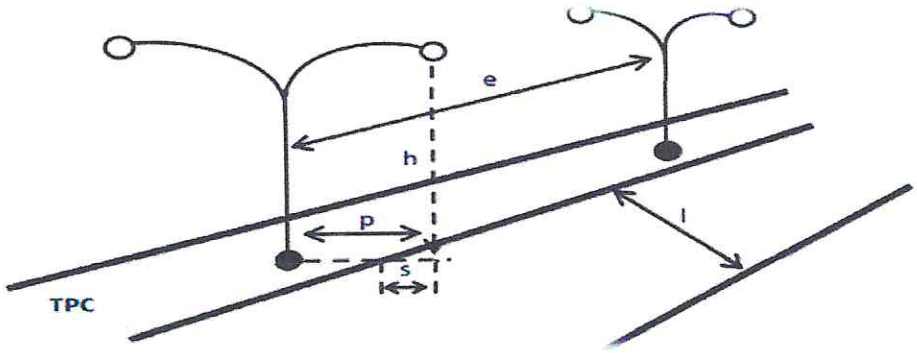


Figure XIV-10: paramètres de l'imploration des luminaires

XIV.7.3 Application au projet :

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place.

La hauteur des foyers est en général de **8 à 12m**, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route.

XIV.8 Conclusion :

Pour assures l'écoulement de trafic dans les meilleures conditions de circulation, de gestion de trafic et de sécurité routière, surtout dans les ouvrages d'Art et les intersections (carrefour giratoire et l'échangeur), il faut bien signaler et bien éclairer.

CHAPITRE XV
ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XV.1 Introduction :

La construction d'un aménagement routier est une tâche délicate à accomplir et est perçue aujourd'hui comme étant une action susceptible de porter atteinte à l'environnement. En effet l'extraction de matériaux, les déboisements, l'utilisation des ressources en eau et l'émission de bruits engendrés par ce type de projets sont des actions qui peuvent altérer la qualité des paysages ainsi que les ressources naturelles.

L'effort technologique vise à maîtriser c'est connaître, contrôler et minimiser les différents impacts dus à ce type d'aménagement, qu'il s'agisse de la protection des eaux, de la protection contre le bruit, ou de la conservation de la flore et de la faune.

XV.2 Objectifs de l'étude :

Les préoccupations relatives à l'environnement peuvent être en grande partie regroupées autour de quelques objectifs généraux :

- Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement, et favoriser la valorisation mutuelle de la route et de l'environnement.
- Ne pas dégrader l'environnement, ou du moins limiter ou corriger ce qui peut conduire à des dégradations.
- Gérer et entretenir les abords de la route.
- Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

XV.3 Cadre juridique :

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n°07-145 du 19 mai 2007, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- Délimitation de la zone d'étude.
- Une analyse détaillée du projet.
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement.
- Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long terme du projet sur l'environnement.

XV.4 Identification des impacts de projet sur l'environnement :

C'est l'identification de l'ensemble des effets ou impacts sur les milieux physiques, humains et sur l'environnement naturel d'un projet donné. C'est une étude scientifique et technique multidisciplinaire, qui permet d'analyser et d'évaluer les effets et les mesures par rapport à chacune des composantes environnementales d'un projet.

On intervient dans cet environnement par la construction d'un aménagement routier, plusieurs paramètres physiques et naturels tels que l'eau, l'air, la faune, et la flore seront perturbés. L'altération des paysages et des nuisances dus au bruit peut être aussi les conséquences de cette intervention

L'identification des impacts d'un projet routier est basée sur l'analyse des relations conflictuelles possibles entre le milieu traversé et l'infrastructure à implanter.

Cette analyse permet de mettre en relation les sources d'impact associées aux phases de pré-construction, de construction, et d'exploitation de la nouvelle infrastructure et les différentes composantes du milieu susceptibles d'être affectées.

Cette tâche comprendra :

- L'identification des impacts directs et indirects sur le milieu naturel et le milieu créé afin de définir les mesures de limitation nécessaires.
- L'évaluation quantitative et/ou qualitative de ces effets afin de définir la gravité des impacts et le niveau de priorité à donner aux mesures correspondantes.

La réalisation de cette autoroute, engendrera des effets sur l'environnement aussi bien positifs que négatifs.

XV.4.1 Impacts positifs du projet :

XV.4.1.1 Impacts positives directs:

- L'amélioration de la sécurité routière : le transfert de trafic des routes nationales vers des autoroutes qui présentent de meilleures caractéristiques géométriques moins accidentelles implique sûrement l'amélioration de la sécurité routière.
- L'amélioration des conditions de circulation : surtout la réduction des nuisances (pollution de l'air et bruit) du fait du report d'une partie du trafic des routes nationales vers l'autoroute et la mise en fonctionnement de ses voies de contournement des principales villes.

XV.4.1.2 Impacts Positives indirect:

- La création de nouveaux emplois : L'augmentation d'activités par la création d'emplois temporaires (du fait de la construction du projet autoroutier au profit de la main d'œuvre locale) et permanents (pour les besoins d'exploitation de l'autoroute).
- Le développement et la croissance économiques des régions traversées par le projet.

XV.4.2 Impacts négatifs du projet :

XV.4.2.1 Impacts sur l'hydrologie et l'hydrologie

Les principaux impacts sont :

- Phase de chantier
  - ✓ Intervention d'engins de chantier provoque la pollution des eaux par les hydrocarbures (fuel, huiles).
  - ✓ La pollution des eaux de surface et souterraine par le rejet des eaux de chantiers.
  - ✓ La modification du régime d'écoulement des eaux de surfaces et souterraine à cause des travaux de terrassement, et déversement des eaux de chaussée dans les oueds est susceptible de les affecter.
  - ✓ Diminution du coefficient d'infiltration dû au passage de la machinerie et les véhicules lourds pendant la phase de chantier.
- Phase d'exploitation :
  - ✓ Les eaux de ruissellement se chargent d'apports provenant des gaz d'échappement, de l'usure des chaussées et des pièces des véhicules (plaquettes de frein, pneumatiques etc…).

XV.4.2.2 Pollution atmosphérique:

- Phase de chantier

À ce stade la pollution de l'aire est temporaire due essentiellement aux différents polluants des engins de chantier et des émissions de poussière.

- Phase d'exploitation

Une partie importante de la pollution de l'aire est imputable à la circulation routière. Le trafic routier entraîne en général la libération de quantité importante de polluants atmosphériques.

XV.4.2.3 Impact sur le bruit et les vibrations :

- Phase de chantier
  - ✓ Nuisance sonore dû aux fonctionnements d'engins de chantier (engins de terrassement, palplanche, engin de forage...).
  - ✓ Emission de vibration à cause de l'intervention d'engins de chantier (engins de terrassement, marteaux piqueurs, palplanche, engin de fonçage...).
- Phase d'exploitation
  - ✓ Il est lié exclusivement à la circulation routière qui a pour origine le bruit émis par les moteurs des véhicules.
  - ✓ Le bruit lié au roulement est devenu la source principale émise par les véhicules en circulation pour des vitesses supérieures à 50 km/h et à partir de 70 km/h pour les PL. Deux facteurs sont à l'origine de ce bruit : le revêtement routier et le pneumatique.

XV.4.2.4 Impact sur le milieu physique :

- Phase de chantier

- ✓ Les émissions de poussières et les pollutions atmosphériques affecteront la qualité de l'air.
- ✓ les risques de contamination des sols et des ressources hydriques liés aux accidents probables avec des produits dangereux utilisés.
- ✓ le risque de dégradation de sols due à l'exploitation des carrières et à l'installation des chantiers.
- ✓ les risques de pollution de ces milieux due aux rejets d'eaux usées et de déchets solides du chantier (logements et bureaux).

- Phase d'exploitation
  - ✓ Risques d'érosion le long des talus de la nouvelle infrastructure.
  - ✓ Risques de pollution chronique (eaux de ruissellement de la chaussée) ou de pollution accidentelle.
  - ✓ Recalibrage et artificialisation des cours d'eau, modification des bassins versants, augmentation des risques d'inondation.

XV.4.2.5 Impact sur le cadre humain:

Ces effets sont :

- Une perturbation temporaire des habitudes de vie des résidents à proximité du projet.
- Pour la santé publique et la sécurité, on a un risque d'accidents routiers engendrés par la circulation de la machinerie pendant la phase de construction, et par les véhicules pendant la phase d'exploitation.
- Pour le niveau sonore, les propriétés qui se trouvent aux bords de 100 m de la route sont touchées par le bruit qui dépend du trafic.
- La circulation des camions et engins de chantier pourra également causer des accidents.

Tableau XV-1: Valeurs limites des émissions sonores à respecter

Type d'équipement	Niveau dB(a) à 1m
Emissions sonores intermittent (par exemple : fonctionnement dune soupape de sécurité, démarrage, arrêt)	110
Zones fréquentées a 1m de distance des équipements et à de 1.5m de hauteur	85
Base vie	50
A une distance de 100m de la base vie	65

XV.4.2.6 Impact sur le paysage :

L'infrastructure routière a un impact sérieux sur le paysage qu'elle traverse, même si dans certains cas les effets sont minimisés par l'existence de talus et par le relief. Afin de permettre leur évaluation, on distingue deux catégories :

- Les tronçons qui sont à l'origine d'une défiguration du paysage pour la raison : de l'installation de la route en remblai à l'intérieur d'une zone ou le terrain naturel qui sera clairement visible d'une distance éloignée.
- Les tronçons courts de l'infrastructure pour lesquels diverses solutions techniques peuvent être proposées, afin de réduire la défiguration du paysage, en général au niveau des points de traversée des oueds, ouvrages et échangeurs.

XV.4.2.7 Impact sur le milieu biologique :

Ce sont :

- **Sur la faune**

L'impact de l'aménagement d'une route sur les animaux doit faire partie des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour atténuer la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision, sachant que sur cette route il y' a lieu de présence d'animaux sauvages sur les abords.

Le tracé de la route provoquera des accidents dus aux collisions des usagers de la route avec ces animaux

- **Sur la flore**

Les études de rectifications menées sur le terrain permettent d'identifier précisément les groupements végétaux avec le tracé retenu.

La connaissance approfondie de la flore locale vise à orienter le choix des espèces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères : particularités de la climatologie et du paysage.

XV.5 Les mesures réductrices et compensatoires pour les impacts :

Impact	Mesures
Eaux Superficielles	Etanchéifiassions des fossés. Construction de bassins de traitement des eaux de chaussée
Eaux Souterraines	Etanchéifiassions de la plate-forme. Construction de bassin de traitement des eaux de chaussée.
Sécurité	Installation des clôtures. Construction des chemins.
Bruit	Butte antibruit (merlon). Réduction de la vitesse. Baisse du profil en long par rapport au terrain naturel. La législation a aussi modifié les niveaux sonores maximum d'un véhicule. Les évolutions réglementaires et techniques ont permis de diminuer considérablement les bruits des moteurs.

Patrimoine Naturel	Installation de clôture de limitation de chantier. Rétablissement des cheminements de la faune.
Patrimoine *Archéologique*	Périmètre de protection.
Agriculture	Rétablissement des réseaux d'irrigation ou de drainage.
Paysage	Plantation des abords et aménagements esthétiques Traitement architectural des ouvrages d'art.
Dépôt des sols	Le terrain de stockage doit être nettoyé, pas trop humide (pour éviter le manque d'oxygène), et pas trop accidenté. Les terres de qualités physico-chimiques différentes devront être séparées les unes des autres. Les terres ne doivent pas subir trop de compactage.
La faune et la flore	Zones de dépôts provisoires, installations annexes et aires de stockage, proscrites dans les sites sensibles (forets de Doum, des Righas, zone alluvial des oueds…) ; Défrichements et déboisements limités au strict nécessaire ; pendant les Terrassements, les surfaces d'emprises seront limitées au strict nécessaire et la végétation sera préservée autant que possible. Mise en place de clôtures ou marquage provisoire dans les zones sensibles (zones forestières) afin d'éviter tout déboisement superflu et destruction intempestive.

XV.6 Conclusion :

La protection de l'environnement constitue à l'évidence un brûlant sujet d'actualité et par conséquent un sérieux motif de préoccupation pour tous, tant il est vrai que les enjeux politiques, économiques et sociaux qu'elle recouvre sont considérables et de nature à influer positivement ou négativement sur tout projet de développement économique et social et à terme, sur la santé des gens et leurs conditions de vie.

Dans notre projet, nous avons fait le maximum pour tenir en compte les principales précautions pour la protection de la flore et la faune, les eaux, l'effet du bruit.

CHAPITRE XVI :
DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

N°	Désignation des Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire(Da)	Prix Total DA
1	Installation du chantier	Forfait	/	3%(3+4+5)	112149513
	total (1)				112149513
2	Acquisition de terrain	m²	621220	500	310610000
	total (2)				310610000
3	préparation de terrain				
3.1	abattage et dessouchage d'arbre	U	45	1300	58500
	total (3)				58500
4	Terrassement				
4.1	Décapage de terre végétale (20cm)	m3	92743	100	9274300
4.2	Déblais mise en remblai	m3	620884.19	600	372530514
4.3	Déblai mise en dépôt	m3	1486631.16	450	668984022
4.4	Remblai en provenance de carriere	m³	1038935	600	623361000
	total (4)				1674149836
5	chaussée				
5.1	Couche de forme (40cm GNT) y compris arrosage et compactage par couches de 20cm	m³	178875.9	1000	178875900
5.2	Couche de fondation (GB 2.2 t/m3) y compris la couche d'accrouchage (dosé 200à300 g/m3)	T	99818.092	6500	648817598
5.3	Couche de base (GB 2.2 t/m3) y compris la couche d'accrouchage (dosé 200à300 g/m3)	T	92139.784	6500	598908596
5.4	Couche de roulement (BB 2.4t/m3) y compris la couche d'accrouchage (dosé 200à300 g/m3)	T	80151.24	7000	561058680
5.5	Couche d'imprégnation sablée en Cut-back(0/1)	m2	429056	120	51486720
5.6	Matériaux sélectionnés pour la berme	m³	29366.20	850	24961271.36
	total(5)				2064108765
6	Ouvrage d'art				
6.1	Ouvrage d'art	m²	41392	350000	14487200000
	total(6)				14487200000
7	Assainissement				
7.1	Fossés trapézoidaux en béton	ml	25960	3000	77880000
7.2	Buse Φ 1200	ml	140	12000	1680000
7.3	tete de Buse	U	12	30000	360000
7.4	Buse Φ 1500	ml	128	15000	1920000

7.5	Dalots en béton armé	m3	130	30000	3900000
	total (7)				85740000
8	Impact sur lenvirennement	Forfait	/	3%(4+5+7)	114719958
	total (8)				114719958
9	Signalisation et équipement routiers	Forfait	/	5%(2+5)	118735938.3
	total (9)				118735938.3
10	**Séparateur en béton armé**	ml	58504	7000	409528000
	total (10)				409528000
11	**Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)**	Forfait	/	2%(3+4+5)	74766342.03
	total (11)				74766342.03
12	Echangeur				
12.1	Echangeur Bifuraction				500000000
	Total				19951766853
	TVA (19%)				3790835702
	Totale général (TTC)				16160931151

Seize milliards cent soixante millions neuf cent trente et un mille cent cinquante et un dinars.

CHAPITRE XVII
CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale

Ce projet de fin d'étude est considéré pour nous comme une première expérience de projet réel à réaliser. Au cours de ce travail, nous avons apprécié l'importance des cours théoriques que nous avons étudiés lors de notre cursus acquis pendant ces trois années à l'Ecole Nationale Supérieur des Travaux publics.

Dans cette étude d'APD d'un tronçon de la 4ème rocade on a essayé de respecter et appliquer tous les normes et les recommandations existantes.et qu'on ne peut pas les négliger, le confort et la sécurité des usagers, la durabilité de la route ainsi bien que l'économie et la préservation de l'environnement.

Notre étude s'étale aussi à la conception d'un échangeur au pk 0+000, qui va assurer la liaison de la 4ème rocade avec l'autoroute Est/Ouest, le type d'échangeur choisi a été tributaire des liaisons à assurer, de l'intensité de trafic, de la configuration du site, du mode d'exploitation, meilleures conditions de visibilités et la sécurité et confort des usagers.

Ce projet de route, nous a permis non seulement d'exprimer et d'appliquer nos connaissances acquises durant les cinq années de notre formation, mais aussi il nous donne une vision sur notre avenir dans le monde professionnel.

Encore une fois, ce modeste travail nous a poussé à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels CIVIL 3D, AUTO CAD, ALISELCPC, SLIDE6, EXEL vue leur traitement rapide et précision de leur résultat.

Cette étude d'APD nous a permis de cerner tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter dans un projet routier.

De toute façon, il nous a immerge dans le milieu professionnel dans lequel nous serons appelles à édifier notre pays et de contribuer à son développement.

BIBIOGRAPHIE

Documents :

[1]. ICTAAL 2015 : instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison.

[2]. ICTAAL2015 (Guide Echangeur).

[3]. A.N.R.H : Agence National de la Recherche Hydraulique.

[4]. " Assainissement Routier" – Guide technique. SETRA (octobre 2006).

[5]. Guide technique de terrassement routière GTR fascicule 1et 2 Edition SETRA et LCPC.

[6]. Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTTP fascicule 1,2,3 ».

[7]. Signalisation routière

Cours :

[1]. Cours de dimensionnement des chaussées ENSTP 2ème année (Mme Z.Derriche).

[2]. Cours de géotechnique routière 4eme année ENSTP de (Mr Hammadi Kamel).

[3]. Cours de géotechnique routière 4eme année ENSTP de (Mme Z.Derriche).

[4]. Cours d'hydraulique appliquée ENSTP 4eme année de (Mr.Rahmani).

[5]. Manuel de projet routier (Mr. A.Goumettre,Mme F.Kalli).Edition universitaire.2011.

[6]. Cours de route ENSTP 2eme 3eme 4 ème année de (Mr. Kara).

[7]. Cours de mécanique des sols 1er année ENSTP de (Mr.Y.Berriche)

Logiciels utilisés :

[1]. Civil 3d version 2019/2021

[2]. Alizé-LCPC

[3]. Google Earth

[4]. Microsoft Office (Word, Excel)

[5]. SLIDE.06

Autres :

[1]. Aide-mémoire Routes.

[2]. Site Internet «www.setra.com».

[3]. Site Internet http://mldenstp.blogspot.com

[4]. Site internet www.wikipidia.com

[5]. Site internet http://www.code-route.com

NOTATION ET SYMBOLES :

ICTAAL : instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison

APD : avant-projet détaillé

PL : Poids lourd

TPC : Terre-plein Central

$TJMA_n$: le trafic à l'année horizon.

$TJMA_0$: le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

VB :vitesse de base.

τ : taux d'accroissement du trafic (%).

T_{eff} : trafic effectif à l'année horizon en (uvp).

Z : pourcentage de poids lourd.

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

Q : débit de pointe horaire.

1/n : coefficient de pointe horaire pris égal à 0.12.

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité effective par voie.

S : coefficient de dissymétrie.

Q_{adm} : débit admissible par voie.

C.B.R : California -Bearing - Ratio.

L.C.P.C : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

GTR : Guide des terrassements routiers

SC : sondage carotté

NF : Norme français

IP : Indice de plasticité

IC :indice de consistance

LA :Los Anglos

ES :Equvalent sable

WP : Limite de plasticité

WL : Limite de liquidité

VBS : valeur bleu méthylène

WN : *teneur en eau naturel*

Références Bibliographiques

[1] : Comité technique AIPCR des routes souples, Comité technique AIPCR des caractéristiques de surface « les enrobes drainants » Belgique1993, P135.

[2] : HADDADI SMAIL, Influence de la poudrette de caoutchouc sur le comportement au fluage des enrobes bitumineux. Thèse de Doctorat d'ÉTAT, FGC/USTHB, 2007.

[3] : AIT MOKHTAR K., Influence de l'affinité liant hydrocarboné granulat sur les caractéristiques des mélanges hydrocarbonés. Thèse de Magister, IGC/USTHB, 1994.

[4] : CHEBIL S., Etude des liants modifiés par le noir de carbone et le charbon de bois pyrolitiques, sous-produits de la décomposition thermique sous vide des pneus et du bois hors d'usage. Thèse de maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, Québec, Canada, 1996.

[5] : Goddard R., Powell W.D., Résistance à la fatigue des enrobés denses, influence des facteurs formulation et température. BLLPC N° Spécial V, Décembre1977, pp 247-254.

[6] : Mai Lan NGUYEN, Etude de la fissuration et de la fatigue des enrobés bitumineux. Thèse de Doctorat, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2009.

[7] : Olard, F., Comportement thermomécanique des enrobés bitumineux à basses températures. Thèse. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2003. 221p.

[8] : Mai Lan NGUYEN, Etude de la fissuration et de la fatigue des enrobés bitumineux. Thèse de Doctorat, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2009.

[9] : F. Michaud, Rhéologie de panneaux composites bois/thermoplastiques sous chargement thermomécanique : Aptitude post formage. Thèse Phd, univ Laval, 2003

[10] : K.Charle, C.morvan, J.Bréard, JP.Jernot, M.Gomina, Etude morphologique d'un composite naturel la fibre de lin .Revue des composites et des matériaux avancées, Vol16, pp11 -24,2006.

[11] : KHELIFA Abdelhalim, MEOUBI Farouk, Etude de l'influence des fibres végétales sur le fluage et l'orniérage des enrobés bitumineux. Thèse de Master, ENSTP, 2015.

[12] : A.K. Bledzki, J. Gassan, Composites reinforced with cellulose based fibres, Prog. Polym. Sci. 24 221 –274, 1999.

[13] : SETRA. L'entretien courant des chaussées. Guide pratique

[14] : MTP. Guide de gestion de L'entretien des Chemins communaux (En Extra-muros) Volume II.MTP, Avril 2003.

[15] : STAC. Etat de la surface des chaussées aéronautiques. Catalogue des DégradationsSTAC, Avril 2007.

[16] : LAVISSIERE D. modélisation de la remontée de fissure en fatigue dans les structures routières par endommagement et macro-fissuration. thèse: université de limoges, 2002.

[17] : Catalogue des dégradations de surface des chaussées : Méthode d'essai N°52, LCPC.

Wopt : teneur en eau optimal

γd: densité sec

Dmax : Diamètre maximale

BB : béton bitumineux.

GB : grave bitumineux.

GNT : grave non traité.

Sol.s : sol support.

e: épaisseur équivalente.

I_{CBR}: indice CBR (sol support).

N: désigne le nombre journalier de poids lourd à vide à l'année horizon.

P: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).

Log: logarithme décimal.

a1, a2, a3 : coefficients d'équivalence de matériau par référence à un grave concassé.

e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches.

θ : température équivalente.

TPL : trafic poids lourd

ε_t : la déformation de traction par traction à la base des couches bitumineuses.

ε_z : la déformation verticale sur le sol support.

Lmin : longueur minimale.

Lmax : longueur maximale.

Rm : Rayon minimal(m)

Rnd : Rayon minimal non déversé(m).

d_{max} : divers maximal.

d_{min} : divers minimal.

VB : vitesse de référence.

R : rayon en (m).

Δδ :les différentes des pentes transversales en % des éléments tracé raccordés.

δ1 :représente la pente transversales initiale.

δ0 : représente le devers de la courbe.

Δd : la variation de divers.

Imin : déclivité minimal.

Imax : déclivité maximal.

g : accélérations de la pesanteur.

TN : Terrain Naturelle.

SD : Surface Déblai.

SR : Surface Remblai.

I : l'intensité de l'averse pour une durée de 1h.

C : *Coefficient de ruissellement*

K : coefficient de concentration K = 1/360.

A : superficie du bassin versant exprimée en ha.

Rh : rayon hydraulique.

i : pente de l'ouvrage d'évacuation.

Kst : coefficient de strickler .

S = section du profil mouille / périmètre du profil mouille.

S_m : surface mouillée.

P_m : périmètre mouillé.

R : rayon hydraulique

P : *pente du talus P =1/n.*

It : L'intensité à l'averse.

Q_c : débit rapporté par la chaussée.

Q_A : débit rapporté par l'accotement.

Q_t : débit rapporté par le talus.

C : coefficient de ruissellement

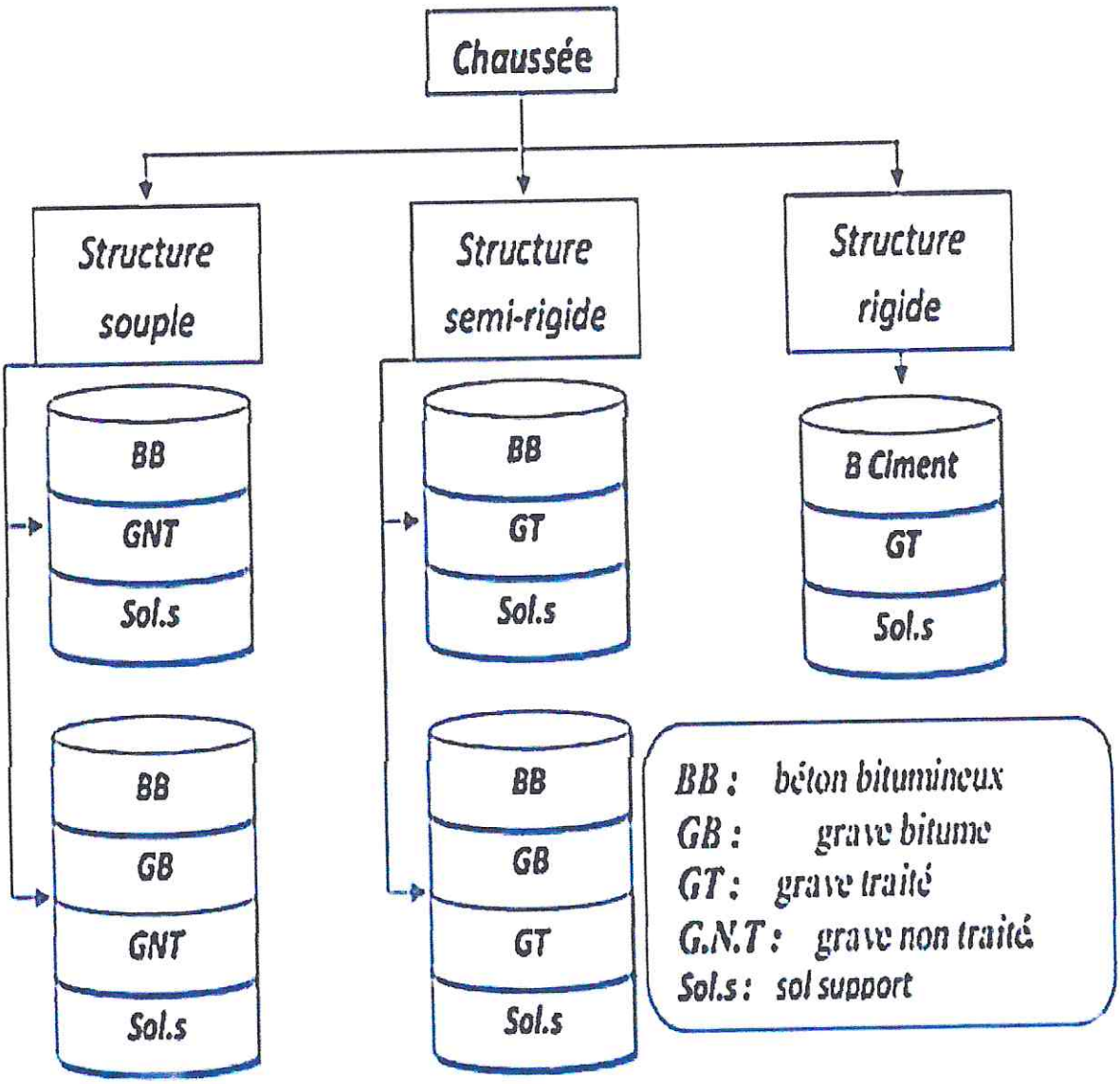
C_c : coefficient de ruissellement de la chaussée.
C_A : coefficient de ruissellement de l'accotement.
C_t : coefficient de ruissellement du talus.
A_c : surface de la chaussée.
A_A : surface de l'accotement.
A_t : surface du talus.
S : section transversale.
V : vitesse d'écoulement en m/s.
Rh : Rayon en (m) de la section de la canalisation (rayon hydraulique).
I(m/m) : pente de la conduite en (%).

Tc: temps de concentration

BV:Bassin versant

ANNEXES

Dimensionnement du corps de chaussée



N° BV	PK	A(Km²)	L(Km)	Hmax(m)	Hmin(m)	ΔH(m)	P (%)	Hmoy	C	Tc(h)	I(mm/h)	Qa	Ouvrag Adapté	b×H(calculé	R(m)	b×h(m×m) / Ø(mm)
1	1+955	0.058	0.192	428	387	41	21.35	407.5	0.75	0.07	161.95	1.96	Buse	/	0.457	Ø 1200
2	2+319	0.046	0.15	422	387	35	23.33	404.5	0.75	0.06	177.15	1.70	Buse	/	0.433	Ø1200
3	2+570	0.458	0.87	466	355	111	12.76	410.5	0.75	0.24	78.61	7.51	Dalot	1.5×1.5	/	1.5 × 1.5
4	3+975	2.076	2.833	627	332	295	10.41	479.5	0.75	0.57	48.64	21.05	Ouvrage d'art			
5	4+455	0.17	0.282	420	344	76	26.95	382	0.75	0.10	127.91	4.53	dalot	1.5×1.01	/	1.5×1.5
6	4+916	0.544	0.902	471	322	149	16.52	396.5	0.75	0.23	80.53	9.13	dalot	2×1.28	/	2 × 2
7	6+782	1.716	1.726	563	340	223	12.92	451.5	0.4	0.46	54.50	10.40	Ouvrage d'art			
8	7+320	0.383	0.847	483	350	133	15.70	416.5	0.5	0.20	87.59	4.66	dalot	1.5×1.03	/	1.5×1.5
9	7+900	0.086	0.19	432	355	77	40.53	393.5	0.5	0.06	173.53	2.07	Buse	/	0.467	Ø1200
10	8+540	0.479	0.329	442	334	108	32.83	388	0.5	0.15	101.14	6.73	dalot	1.5×1.38	/	1.5×1.5
11	9+118	6.601	5.158	801	329	472	9.15	565	0.5	1.16	32.62	29.93	Ouvrage d'art			
12	9+565	5.327	5.284	707	326	381	7.21	516.5	0.5	1.22	31.62	23.41	Ouvrage d'art			
13	9+845	0.169	0.617	406	329	77	12.48	367.5	0.5	0.15	103.28	2.43	Buse	/	0.495	Ø1500
14	10+260	0.207	0.361	406	335	71	19.67	370.5	0.5	0.13	110.83	3.19	Buse	/	0.548	Ø1500
15	10+525	0.514	0.689	432	336	96	13.93	384	0.5	0.24	78.01	5.57	dalot	1.5×1.18	/	1.5×1.5
16	11+200	1.082	1.76	471	333	138	7.84	402	0.75	0.47	53.92	12.16	Ouvrage d'art			
17	11+700	0.052	0.203	414	359	55	27.09	386.5	0.75	0.06	178.48	1.94	Buse	/	0.455	Ø1200
18	12+070	0.143	0.242	446	356	90	37.19	401	0.75	0.08	146.93	4.38	dalot	1.5×1	/	1.5×1.5
19	14+780	0.557	1.396	420	371.4	48.6	3.48	395.7	0.75	0.51	51.73	6.01	dalot	1.5×1.26	/	1.5×1.5

A(Km²) : surface de bassin versant.

L(Km) : la longueur du talweg principale.

C : Coefficient de ruissellement

p (%) : pente de bassin versant.

It (mm/h) : intensité de pluie

Tc(h) : temps de concentration

Ø(mm) : Diamètre de la Buse

b×H (m×m) : les dimensions du dalot

Qa (m³/s) : le débit d'apports.

SIGNALISATION VERTICAL

AB4



AB



SI7



B1



B6d



B2b



B5c





MUSOIR

c11a1



B14



B14



R-402



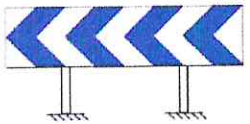
B29



B21a1



TB2



A1a



A16



M8f



M8e



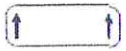
CEDEZ LE PASSAGE M9C



M3a



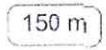
M2



M8d



150 m M1



CE2c



CE15a



C28



C28



C208



C207



CE23



CE16



CE18



CE2b

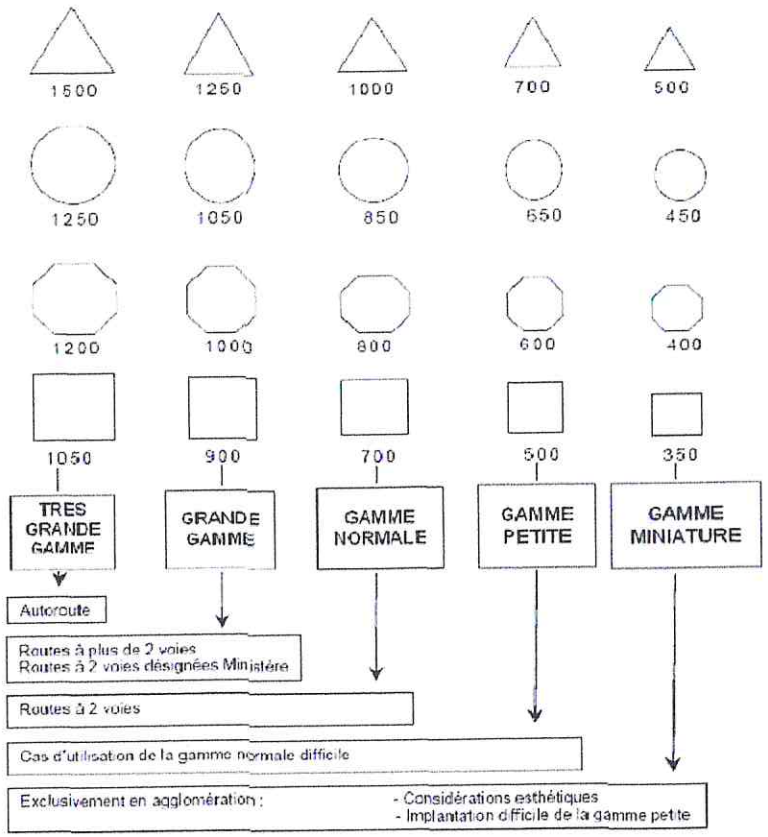


C1a



DIMENSIONS DES PANNEAUX SELON LA VOIRIE

(En mm)



Listing de la géométrie de l'axe en plan

Client:YAICHE - KEFAIFI **Prepared by: YAICHE - KEFAIFI**

Client Preparer

Client Company Your Company Name

Address ENSTP *123 Main Street*

Date: 17/06/2021 02:53:39

Axe en plan: AXE PRINCIPAL
Description: /
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 14471.24

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	437785.8968	4012177.9871
DR1	ANG=186.0361 (g)	575.347			
			0575.35	437911.0864	4011616.4252
CLO2	A=300.000				
	R=900.000	100.000			
			0675.35	437934.6457	4011519.2541
ARC3	XC=438800.8529				
	YC=4011763.5596				
	R=900.000	759.553			
			1434.90	438407.8054	4010953.9216
CLO4	A=300.000				
	R=900.000	100.000			
			1534.90	438499.3081	4010913.6162
DR5	ANG=125.2352 (g)	366.497			

			1901.40	438837.3867	4010772.1141
ARC6	XC=438374.0742				
	YC=4009665.1626				
	R=1200.000	230.902			
			2132.30	439040.5220	4010663.0841
DR7	ANG=137.4849 (g)	56.394			
			2188.69	439087.4194	4010631.7643
CLO8	A=424.264				
	R=900.000	100.000			
			2388.69	439257.6447	4010526.9813
ARC9	XC=439671.4092				
	YC=4011326.2303				
	R=900.000	38.312			
			2427.01	439292.0325	4010510.0972
CLO10	A=424.264				
	R=900.000	100.000			
			2627.01	439479.0348	4010439.4839
DR11	ANG=120.6278 (g)	8.580			
			2635.59	439487.1683	4010436.7522
CLO12	A=300.000				
	R=900.000	100.000			
			2735.59	439581.3459	4010403.1689
ARC13	XC=439247.8719				
	YC=4009567.2293				

	R=900.000	233.957			
			2969.54	439785.0069	4010289.3691
CLO14	A=300.000				
	R=900.000	100.000			
			3069.54	439862.9690	4010226.7658
DR15	ANG=144.2504 (g)	45.418			
			3114.96	439897.8502	4010197.6777
CLO16	A=300.000				
	R=900.000	100.000			
			3214.96	439975.8123	4010135.0744
ARC17	XC=440512.9474				
	YC=4010857.2143				
	R=900.000	593.919			
			3808.88	440531.2904	4009957.4012
CLO18	A=300.000				
	R=900.000	100.000			
			3908.88	440631.1119	4009963.1393
DR19	ANG=95.1656 (g)	878.388			
			4787.27	441506.9689	4010029.7784
ARC20	XC=441886.2950				
	YC=4005044.1880				
	R=5000.000	1845.768			
			6633.04	443331.4548	4009830.7852
DR21	ANG=118.6667 (g)	201.789			

			6834.83	443524.6314	4009772.4617
ARC22	XC=443091.0834				
	YC=4008336.4826				
	R=1500.000	413.999			
			7248.82	443899.5399	4009599.9691
DR23	ANG=136.2374 (g)	560.225			
			7809.05	444371.4310	4009298.0241
ARC24	XC=445449.3730				
	YC=4010982.6728				
	R=2000.000	916.908			
			8725.96	445228.3040	4008994.9282
DR25	ANG=107.0513 (g)	576.356			
			9302.31	445801.1287	4008931.2209
DR26	ANG=103.7509 (g)	73.174			
			9375.49	445874.1760	4008926.9120
ARC27	XC=445950.7267				
	YC=4010224.6562				
	R=1300.000	1093.409			
			10468.90	446866.9881	4009302.4497
DR28	ANG=50.2059 (g)	271.987			
			10740.88	447059.9328	4009494.1505
ARC29	XC=447764.7493				
	YC=4008784.7609				
	R=1000.000	1496.053			

			12236.94	448419.5273	4009540.5821
DR30	ANG=145.4476 (g)	1211.795			
			13448.73	449335.4280	4008747.1252
ARC31	XC=450186.6394				
	YC=4009729.6928				
	R=1300.000	471.274			
			13920.01	449739.1994	4008509.1202
DR32	ANG=122.3689 (g)	551.228			
			14471.24	450256.7484	4008319.3960

Listing de la géométrie de PROFIL EN LONG

Client: YAICHE- KEFAIFI **Prepared by: YAICHE- KEFAIFI**

Client Preparer

Client Company Your Company Name

Address 1 123 Main Street

Date: 17/06/2021 02:49:31

Profil en long : AXE PRINCIPAL - Profil en long - 1
Description : /
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 14471.24
LONGUEUR DE L'AXE : 14471.240m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0000.00	400.000
D1	PENTE= -2.64%	249.738		
			0249.74	393.410
PAR1	S= 0435.83 Z=388.500			
	R= 10000.000	372.180		
			0621.92	390.516
D2	PENTE= 1.08%	332.906		
			0954.82	394.121
PAR2	S= 1266.74 Z=397.500			
	R= 12500.000	623.834		
			1578.66	385.312

D3	PENTE= -3.91%	42.405		
			1621.06	383.655
PAR3	S= 1740.19 Z=379.000			
	R= 5000.000	238.245		
			1859.31	380.021
D4	PENTE= 0.86%	155.170		
			2014.48	381.352
PAR4	S= 2381.68 Z=384.500			
	R= 19000.000	734.406		
			2748.89	373.455
D5	PENTE= -3.01%	1014.514		
			3763.40	342.939
PAR5	S= 4014.04 Z=335.400			
	R= 12500.000	501.273		
			4264.67	337.912
D6	PENTE= 1.00%	288.040		
			4552.71	340.799
PAR6	S= 4752.37 Z=342.800			
	R= 10000.000	399.313		
			4952.03	352.774
D7	PENTE= 5.00%	196.840		

			5148.87	362.607
PAR7	S= 5607.16 Z=385.500			
	R= 13000.000	916.583		
			6065.45	376.081
D8	PENTE= -2.06%	1885.064		
			7950.51	337.338
PAR8	S= 8331.89 Z=329.500			
	R= 25000.000	762.750		
			8713.26	333.298
D9	PENTE= 1.00%	1160.328		
			9873.59	344.852
PAR9	S= 9998.97 Z=346.100			
	R= 10000.000	*250.759*		
			10124.35	350.492
D10	PENTE= 3.50%	283.100		
			10407.45	360.410
PAR10	S= 10838.17 Z=375.500			
	R= 12500.000	861.439		
			11268.89	360.907
D11	PENTE= -3.39%	888.238		
			12157.13	330.812

PAR11	S= 12405.39 Z=322.400			
	R= 6000.000	496.523		
			12653.65	334.533
D12	PENTE= 4.89%	347.654		
			13001.30	351.524
PAR12	S= 13195.20 Z=361.000			
	R= 17000.000	387.800		
			13389.10	366.053
D13	PENTE= 2.61%	1082.131		
			14471.24	394.254

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Client:
Client
Client Company
Address 1
Date: 20/06/2021 02:57:50

Prepared by:
Preparer
Your Company Name
123 Main Street

Axe en plan: Axe - BRETELLE1

Description:
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 1113.66

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	437754.1906	4012372.8778
DR1	ANG=388.8335 (g)	75.000			
			0075.00	437741.1028	4012446.7270
DR2	ANG=385.8616 (g)	122.812			
			0197.81	437714.0516	4012566.5227
CLO3	A=99.995				
	R=300.000	33.330			
			0231.14	437707.3144	4012599.1600
ARC4	XC=438003.1638				
	YC=4012648.8901				
	R=300.000	515.763			
			0746.90	437997.7275	4012948.8409
CLO5	A=99.995				
	R=300.000	33.330			
			0780.23	438031.0470	4012948.2107
DR6	ANG=102.3827 (g)	82.188			
			0862.42	438113.1774	4012945.1352
DR7	ANG=105.0699 (g)	23.681			
			0886.10	438136.7830	4012943.2514
DR8	ANG=106.6221 (g)	36.217			
			0922.32	438172.8045	4012939.4908
DR9	ANG=106.8222 (g)	49.970			

			0972.29	438222.4878	4012934.1462
DR10	ANG=107.7857 (g)	35.694			
			1007.99	438257.9155	4012929.7917
DR11	ANG=108.4726 (g)	30.670			
			1038.66	438288.3147	4012925.7219
DR12	ANG=105.5006 (g)	75.000			
			1113.66	438363.0350	4012919.2497

Axe en plan: Axe - BRETELLE2

Description:
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0962.52

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	438343.6684	4012946.0566
DR1	ANG=311.4445 (g)	75.000			
			0075.00	438269.8771	4012959.4669
DR2	ANG=307.9114 (g)	44.181			
			0119.18	438226.0367	4012964.9432
DR3	ANG=306.7378 (g)	86.897			
			0206.08	438139.6259	4012974.1231
DR4	ANG=305.0699 (g)	18.074			
			0224.15	438121.6091	4012975.5609
DR5	ANG=305.0699 (g)	2.522			
			0226.67	438119.0950	4012975.7615
ARC6	XC=438138.9834				
	YC=4013224.9692				
	R=250.000	40.764			
			0267.44	438078.9036	4012982.2957
DR7	ANG=315.4504 (g)	118.154			
			0385.59	437964.2118	4013010.6904
CLO8	A=97.980				
	R=240.000	40.000			
			0425.59	437925.1441	4013019.2185
ARC9	XC=437887.0592				
	YC=4012782.2596				
	R=240.000	448.538			

			0874.13	437649.3657	4012749.0657
CLO10	A=97.980				
	R=240.000	40.000			
			0914.13	437657.0869	4012709.8306
DR11	ANG=185.8616 (g)	48.389			
			0962.52	437667.7453	4012662.6302

Axe en plan: Axe - BRETELLE4

Description:
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0966.88

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	437122.5376	4013116.4091
DR1	ANG=120.8149 (g)	74.960			
			0074.96	437193.5269	4013092.3344
DR2	ANG=122.3234 (g)	133.704			
			0208.66	437319.0945	4013046.4055
CLO3	A=212.132				
	R=450.000	100.000			
			0308.66	437411.6223	4013008.6213
ARC4	XC=437211.1339				
	YC=4012605.7511				
	R=450.000	349.125			
			0657.79	437636.3846	4012752.9308
CLO5	A=212.132				
	R=450.000	100.000			
			0757.79	437661.9934	4012656.3222
DR6	ANG=185.8616 (g)	134.089			
			0891.88	437691.5286	4012525.5262
DR7	ANG=182.8896 (g)	75.000			
			0966.88	437711.4445	4012453.2189

Axe en plan: BRETELLE3

Description:
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 1437.07

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y

			0000.00	437670.3791	4012728.1461
DR1	ANG=385.8616 (g)	192.206			
			0192.21	437628.0430	4012915.6313
CLO2	A=99.995				
	R=300.000	33.330			
			0225.54	437620.1019	4012947.9968
ARC3	XC=437331.5901				
	YC=4012865.7719				
	R=300.000	366.739			
			0592.27	437352.7820	4013165.0225
CLO4	A=99.995				
	R=300.000	33.330			
			0625.60	437319.4755	4013166.1442
DR5	ANG=300.9644 (g)	288.971			
			0914.58	437030.5372	4013170.5215
DR6	ANG=301.5972 (g)	5.450			
			0920.03	437025.0889	4013170.6582
ARC7	XC=437031.3603				
	YC=4013420.5796				
	R=250.000	29.760			
			0949.79	436995.4532	4013173.1716
DR8	ANG=309.1754 (g)	21.362			
			0971.15	436974.3129	4013176.2398
DR9	ANG=306.5607 (g)	29.923			
			1001.07	436944.5484	4013179.3181
DR10	ANG=305.0860 (g)	45.144			
			1046.21	436899.5483	4013182.9209
DR11	ANG=302.8345 (g)	42.491			
			1088.71	436857.0989	4013184.8122
DR12	ANG=299.8414 (g)	37.409			
			1126.12	436819.6896	4013184.7189
DR13	ANG=294.6676 (g)	75.226			
			1201.34	436744.7278	4013178.4253
DR14	ANG=295.3675 (g)	22.630			
			1223.97	436722.1579	4013176.7800
DR15	ANG=293.9607 (g)	33.079			
			1257.05	436689.2278	4013173.6467
DR16	ANG=292.4824 (g)	20.788			

			1277.84	436668.5846	4013171.1977
DR17	ANG=291.4066 (g)	23.908			
			1301.75	436644.8937	4013167.9802
DR18	ANG=289.5701 (g)	18.042			
			1319.79	436627.0932	4013165.0375
DR19	ANG=289.1311 (g)	27.253			
			1347.04	436600.2367	4013160.4072
DR20	ANG=287.6189 (g)	15.027			
			1362.07	436585.4934	4013157.5032
DR21	ANG=282.6615 (g)	75.000			
			1437.07	436513.2578	4013137.3284

Rapport de terrassement

Rapport de matériau

Projet : C:\Users\merouan\AppData\Local\Temp\JDID_1_5937_5f8794ac.sv$

Axe : AXE PRINCIPAL

Groupe de tabulations : Groupe de tabulations - 1

Abscisse curviligne de départ : 0+000.000

Abscisse curviligne de fin : 14+471.235

	Type de surface	Surface	Vol.Inc	Vol.Cum
		m2	m3	m3
Abscisse: 0+000,000				
	Roulement	2,35	0	0
	Base	3,53	0	0
	Fondation	3,53	0	0
	Forme	15,03	0	0
Abscisse: 0+200,000				
	Roulement	2,35	470,4	470,4
	Base	3,53	705,6	705,6
	Fondation	3,53	705,6	705,6
	Forme	15,03	2980,31	2980,31
Abscisse: 0+400,000				
	Roulement	2,03	438,4	908,8
	Base	0	0	705,6
	Fondation	0	0	705,6
	Forme	0	0	2980,31
Abscisse: 0+600,000				
	Roulement	2,03	406,4	1315,2
	Base	0	0	705,6
	Fondation	0	0	705,6
	Forme	0,00	0	2980,31
Abscisse: 0+800,000				
	Roulement	2,35	438,4	1753,6
	Base	3,53	352,8	1058,4
	Fondation	3,53	352,8	1058,4
	Forme	15,03	1515,12	4495,43

Abscisse: 1+000,000				
	Roulement	2,35	470,4	2224
	Base	3,53	705,6	1764
	Fondation	3,53	705,6	1764
	Forme	15,03	3020,69	7516,12
Abscisse: 1+200,000				
	Roulement	2,35	470,4	2694,4
	Base	3,53	705,6	2469,6
	Fondation	3,53	705,6	2469,6
	Forme	15,03	3020,69	10536,81
Abscisse: 1+400,000				
	Roulement	2,35	470,4	3164,8
	Base	3,53	705,6	3175,2
	Fondation	3,53	705,6	3175,2
	Forme	15,1	3020,69	13557,5
Abscisse: 1+600,000				
	Roulement	2,35	470,4	3635,2
	Base	3,53	705,6	3880,8
	Fondation	3,53	705,6	3880,8
	Forme	15,03	3013,42	16570,92
Abscisse: 1+800,000				
	Roulement	2,35	470,4	4105,6
	Base	3,53	705,6	4586,4
	Fondation	3,53	705,6	4586,4
	Forme	15,03	3006,35	19577,27
Abscisse: 2+000,000				
	Roulement	2,03	438,4	4544
	Base	0	0	4586,4
	Fondation	0	0	4586,4
	Forme	0	0	19577,27
Abscisse: 2+200,000				
	Roulement	2,35	438,4	4982,4
	Base	3,53	352,8	4939,2
	Fondation	3,53	352,8	4939,2
	Forme	15,03	1507,97	21085,24
Abscisse: 2+400,000				
	Roulement	2,35	470,4	5452,8
	Base	3,53	705,6	5644,8

	Fondation	3,53	705,6	5644,8
	Forme	15,1	3013,45	24098,69
Abscisse: 2+600,000				
	Roulement	2,35	470,4	5923,2
	Base	3,53	705,6	6350,4
	Fondation	3,53	705,6	6350,4
	Forme	15,03	3013,46	27112,15
Abscisse: 2+800,000				
	Roulement	2,03	438,4	6361,6
	Base	0	0	6350,4
	Fondation	0	0	6350,4
	Forme	0	0	27112,15
Abscisse: 3+000,000				
	Roulement	2,03	406,4	6768
	Base	0	0	6350,4
	Fondation	0	0	6350,4
	Forme	0	0	27112,15
Abscisse: 3+200,000				
	Roulement	2,35	438,4	7206,4
	Base	3,53	352,8	6703,2
	Fondation	3,53	352,8	6703,2
	Forme	15,03	1513,69	28625,84
Abscisse: 3+400,000				
	Roulement	2,35	470,4	7676,8
	Base	3,53	705,6	7408,8
	Fondation	3,53	705,6	7408,8
	Forme	15,03	3019,34	31645,18
Abscisse: 3+600,000				
	Roulement	2,35	470,4	8147,2
	Base	3,53	705,6	8114,4
	Fondation	3,53	705,6	8114,4
	Forme	15,03	3020,69	34665,87
Abscisse: 3+800,000				
	Roulement	2,35	470,4	8617,6
	Base	3,53	705,6	8820
	Fondation	3,53	705,6	8820
	Forme	15,03	3020,69	37686,56
Abscisse: 4+000,000				

	Roulement	2,35	470,4	9088
	Base	3,53	705,6	9525,6
	Fondation	3,53	705,6	9525,6
	Forme	15,03	3013,4	40699,96
Abscisse: 4+200,000				
	Roulement	2,35	470,4	9558,4
	Base	3,53	705,6	10231,2
	Fondation	3,53	705,6	10231,2
	Forme	15,03	3006,35	43706,31
Abscisse: 4+400,000				
	Roulement	2,35	470,4	10028,8
	Base	3,53	705,6	10936,8
	Fondation	3,53	705,6	10936,8
	Forme	15,03	3006,35	46712,66
Abscisse: 4+600,000				
	Roulement	2,35	470,4	10499,2
	Base	3,53	705,6	11642,4
	Fondation	3,53	705,6	11642,4
	Forme	15,03	3006,35	49719,01
Abscisse: 4+800,000				
	Roulement	2,35	470,4	10969,6
	Base	3,53	705,6	12348
	Fondation	3,53	705,6	12348
	Forme	15,03	3006,35	52725,36
Abscisse: 5+000,000				
	Roulement	2,35	470,4	11440
	Base	3,53	705,6	13053,6
	Fondation	3,53	705,6	13053,6
	Forme	15,03	3006,35	55731,71
Abscisse: 5+200,000				
	Roulement	2,35	470,4	11910,4
	Base	3,53	705,6	13759,2
	Fondation	3,53	705,6	13759,2
	Forme	15,03	3006,35	58738,06
Abscisse: 5+400,000				
	Roulement	2,35	470,4	12380,8
	Base	3,53	705,6	14464,8
	Fondation	3,53	705,6	14464,8
	Forme	15,03	3006,35	61744,41

Abscisse: 5+600,000				
	Roulement	2,35	470,4	12851,2
	Base	3,53	705,6	15170,4
	Fondation	3,53	705,6	15170,4
	Forme	15,03	3006,35	64750,76
Abscisse: 5+800,000				
	Roulement	2,03	438,4	13289,6
	Base	0	0	15170,4
	Fondation	0	0	15170,4
	Forme	0	0	64750,76
Abscisse: 6+000,000				
	Roulement	2,35	438,4	13728
	Base	3,53	352,8	15523,2
	Fondation	3,53	352,8	15523,2
	Forme	15,03	1507,98	66258,74
Abscisse: 6+200,000				
	Roulement	2,35	470,4	14198,4
	Base	3,53	705,6	16228,8
	Fondation	3,53	705,6	16228,8
	Forme	15,03	3006,35	69265,09
Abscisse: 6+400,000				
	Roulement	2,35	470,4	14668,8
	Base	3,53	705,6	16934,4
	Fondation	3,53	705,6	16934,4
	Forme	15,03	3006,35	72271,44
Abscisse: 6+600,000				
	Roulement	2,35	470,4	15139,2
	Base	3,53	705,6	17640
	Fondation	3,53	705,6	17640
	Forme	15,03	3006,35	75277,79
Abscisse: 6+800,000				
	Roulement	2,35	470,4	15609,6
	Base	3,53	705,6	18345,6
	Fondation	3,53	705,6	18345,6
	Forme	15,03	3006,53	78284,32
Abscisse: 7+000,000				
	Roulement	2,35	470,4	16080
	Base	3,53	705,6	19051,2

	Fondation	3,53	705,6	19051,2
	Forme	15,03	3013,6	81297,92
Abscisse: 7+200,000				
	Roulement	2,35	470,4	16550,4
	Base	3,53	705,6	19756,8
	Fondation	3,53	705,6	19756,8
	Forme	15,03	3020,52	84318,44
Abscisse: 7+400,000				
	Roulement	2,35	470,4	17020,8
	Base	3,53	705,6	20462,4
	Fondation	3,53	705,6	20462,4
	Forme	15,03	3013,46	87331,9
Abscisse: 7+600,000				
	Roulement	2,35	470,4	17491,2
	Base	3,53	705,6	21168
	Fondation	3,53	705,6	21168
	Forme	15,03	3006,69	90338,59
Abscisse: 7+800,000				
	Roulement	2,35	470,4	17961,6
	Base	3,53	705,6	21873,6
	Fondation	3,53	705,6	21873,6
	Forme	15,03	3011,01	93349,6
Abscisse: 8+000,000				
	Roulement	2,35	470,4	18432
	Base	3,53	705,6	22579,2
	Fondation	3,53	705,6	22579,2
	Forme	15,03	3017,42	96367,02
Abscisse: 8+200,000				
	Roulement	2,35	470,4	18902,4
	Base	3,53	705,6	23284,8
	Fondation	3,53	705,6	23284,8
	Forme	15,03	3019,62	99386,64
Abscisse: 8+400,000				
	Roulement	2,35	470,4	19372,8
	Base	3,53	705,6	23990,4
	Fondation	3,53	705,6	23990,4
	Forme	15,03	3019,62	102406,3
Abscisse: 8+600,000				

	Roulement	2,35	470,4	19843,2
	Base	3,53	705,6	24696
	Fondation	3,53	705,6	24696
	Forme	15,03	3019,62	105425,9
Abscisse: 8+800,000				
	Roulement	2,35	470,4	20313,6
	Base	3,53	705,6	25401,6
	Fondation	3,53	705,6	25401,6
	Forme	15,03	3013,33	108439,2
Abscisse: 9+000,000				
	Roulement	2,35	470,4	20784
	Base	3,53	705,6	26107,2
	Fondation	3,53	705,6	26107,2
	Forme	15,03	3006,96	111446,2
Abscisse: 9+200,000				
	Roulement	2,35	470,4	21254,4
	Base	3,53	705,6	26812,8
	Fondation	3,53	705,6	26812,8
	Forme	15,03	3006,71	114452,9
Abscisse: 9+400,000				
	Roulement	2,35	470,4	21724,8
	Base	3,53	705,6	27518,4
	Fondation	3,53	705,6	27518,4
	Forme	15,03	3013,51	117466,4
Abscisse: 9+600,000				
	Roulement	2,35	470,4	22195,2
	Base	3,53	705,6	28224
	Fondation	3,53	705,6	28224
	Forme	15,03	3020,56	120487
Abscisse: 9+800,000				
	Roulement	2,35	470,4	22665,6
	Base	3,53	705,6	28929,6
	Fondation	3,53	705,6	28929,6
	Forme	15,03	3020,56	123507,5
Abscisse: 10+000,000				
	Roulement	2,35	470,4	23136
	Base	3,53	705,6	29635,2
	Fondation	3,53	705,6	29635,2
	Forme	15,03	3020,56	126528,1

Abscisse: 10+200,000				
	Roulement	2,03	438,4	23574,4
	Base	0	0	29635,2
	Fondation	0	0	29635,2
	Forme	0	0	126528,1
Abscisse: 10+400,000				
	Roulement	2,35	438,4	24012,8
	Base	3,53	352,8	29988
	Fondation	3,53	352,8	29988
	Forme	15,03	1515,08	128043,2
Abscisse: 10+600,000				
	Roulement	2,35	470,4	24483,2
	Base	3,53	705,6	30693,6
	Fondation	3,53	705,6	30693,6
	Forme	15,03	3013,39	131056,5
Abscisse: 10+800,000				
	Roulement	2,35	470,4	24953,6
	Base	3,53	705,6	31399,2
	Fondation	3,53	705,6	31399,2
	Forme	15,03	3013,4	134069,9
Abscisse: 11+000,000				
	Roulement	2,35	470,4	25424
	Base	3,53	705,6	32104,8
	Fondation	3,53	705,6	32104,8
	Forme	15,03	3020,66	137090,6
Abscisse: 11+200,000				
	Roulement	2,35	470,4	25894,4
	Base	3,53	705,6	32810,4
	Fondation	3,53	705,6	32810,4
	Forme	15,03	3020,66	140111,3
Abscisse: 11+400,000				
	Roulement	2,03	438,4	26332,8
	Base	0	0	32810,4
	Fondation	0	0	32810,4
	Forme	0	0	140111,3
Abscisse: 11+600,000				
	Roulement	2,03	406,4	26739,2
	Base	0	0	32810,4

	Fondation	0	0	32810,4
	Forme	0	0	140111,3
Abscisse: 11+800,000				
	Roulement	2,35	438,4	27177,6
	Base	3,53	352,8	33163,2
	Fondation	3,53	352,8	33163,2
	Forme	15,03	1515,13	141626,4
Abscisse: 12+000,000				
	Roulement	2,35	470,4	27648
	Base	3,53	705,6	33868,8
	Fondation	3,53	705,6	33868,8
	Forme	15,03	3020,66	144647,1
Abscisse: 12+200,000				
	Roulement	2,35	470,4	28118,4
	Base	3,53	705,6	34574,4
	Fondation	3,53	705,6	34574,4
	Forme	15,03	3020,66	147667,7
Abscisse: 12+400,000				
	Roulement	2,35	470,4	28588,8
	Base	3,53	705,6	35280
	Fondation	3,53	705,6	35280
	Forme	15,03	3013,38	150681,1
Abscisse: 12+600,000				
	Roulement	2,03	438,4	29027,2
	Base	0	0	35280
	Fondation	0	0	35280
	Forme	0	0	150681,1
Abscisse: 12+800,000				
	Roulement	2,35	438,4	29465,6
	Base	3,53	352,8	35632,8
	Fondation	3,53	352,8	35632,8
	Forme	15,03	1507,97	152189,1
Abscisse: 13+000,000				
	Roulement	2,35	470,4	29936
	Base	3,53	705,6	36338,4
	Fondation	3,53	705,6	36338,4
	Forme	15,03	3006,35	155195,4
Abscisse: 13+200,000				

	Roulement	2,35	470,4	30406,4
	Base	3,53	705,6	37044
	Fondation	3,53	705,6	37044
	Forme	15,03	3006,35	158201,8
Abscisse: 13+400,000				
	Roulement	2,35	470,4	30876,8
	Base	3,53	705,6	37749,6
	Fondation	3,53	705,6	37749,6
	Forme	15,03	3006,35	161208,1
Abscisse : 13+600,000				
	Roulement	2,35	470,4	31347,2
	Base	3,53	705,6	38455,2
	Fondation	3,53	705,6	38455,2
	Forme	15,03	3013,43	164221,5
Abscisse : 13+800,000				
	Roulement	2,35	470,4	31817,6
	Base	3,53	705,6	39160,8
	Fondation	3,53	705,6	39160,8
	Forme	15,03	3020,56	167242,1
Abscisse : 14+000,000				
	Roulement	2,35	470,4	32288
	Base	3,53	705,6	39866,4
	Fondation	3,53	705,6	39866,4
	Forme	15,03	3011,61	170253,7
Abscisse : 14+200,000				
	Roulement	2,35	470,4	32758,4
	Base	3,53	705,6	40572
	Fondation	3,53	705,6	40572
	Forme	15,03	2996,97	173250,7
Abscisse : 14+400,000				
	Roulement	2,35	470,4	33228,8
	Base	3,53	705,6	41277,6
	Fondation	3,53	705,6	41277,6
	Forme	15,03	2985,43	176236,1
Abscisse : 14+471,235				
	Roulement	2,35	167,55	33396,35
	Base	3,53	251,32	41528,92
	Fondation	3,53	251,32	41528,92
	Forme	15,03	1060,55	177296,7

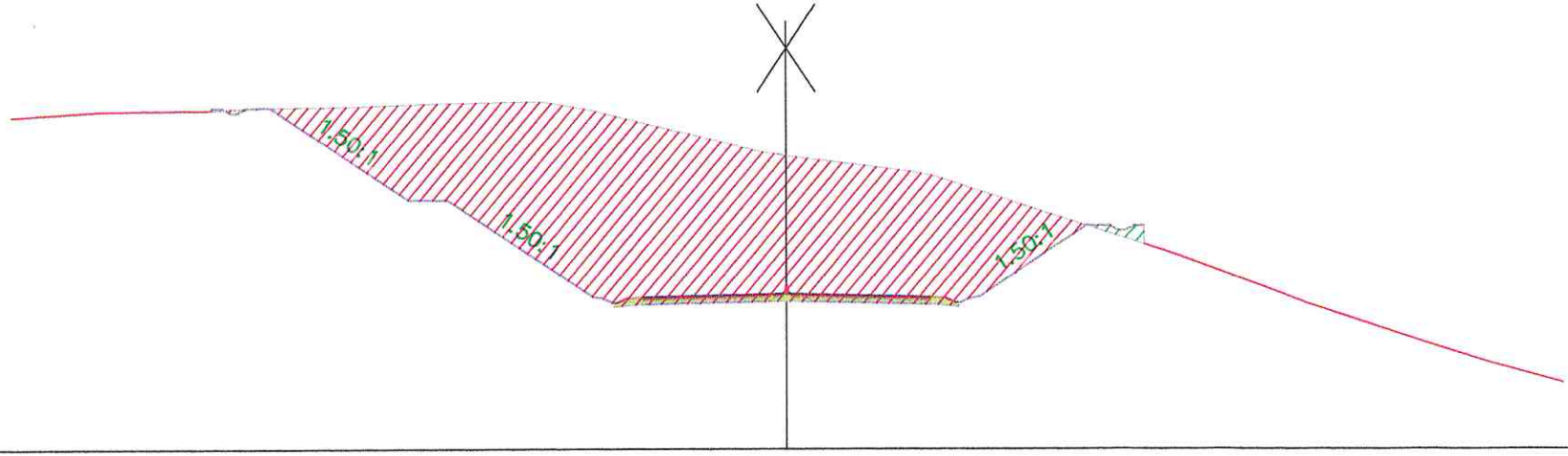
Rapport sur les volumes

Projet: C:\Users\merouan\AppData\Local\Temp\PFE_1_16086_1bcd6b7c.sv$
Axe: AXE PRINCIPAL
Groupe de tabulations: Groupe de tabulations - 1
Abscisse curviligne de départ: 0+000.000
Abscisse curviligne de fin: 14+471.235

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol. déblai Cum. (m3)	Vol. réutilisable Cum. (Cu.m.)	Vol. remblai Cum. (m3)	Vol. Net Cum. (m3)
0+000.000	202.03	0.00	0.00	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+200.000	2.65	20468.49	20468.49	53.74	5540.89	20468.49	20468.49	5540.89	14927.60
0+400.000	0.00	265.19	265.19	0.00	5373.96	20733.67	20733.67	10914.85	9818.82
0+600.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20733.67	20733.67	10914.85	9818.82
0+800.000	1103.58	108208.34	108208.34	12.84	1294.35	128942.01	128942.01	12209.20	116732.81
1+000.000	120.40	119847.99	119847.99	1.62	1459.49	248790.00	248790.00	13668.70	235121.31
1+200.000	1106.55	120051.46	120051.46	3.83	560.12	368841.47	368841.47	14228.81	354612.66
1+400.000	249.61	132700.80	132700.80	1.06	505.28	501542.27	501542.27	14734.09	486808.17
1+600.000	6.80	25499.05	25499.05	915.48	92313.40	527041.32	527041.32	107047.50	419993.82
1+800.000	1016.74	102354.61	102354.61	4.90	92038.23	629395.93	629395.93	199085.72	430310.21
2+000.000	0.00	102090.77	102090.77	0.00	484.02	731486.70	731486.70	199569.74	531916.97
2+200.000	574.59	57814.43	57814.43	3.43	337.63	789301.13	789301.13	199907.37	589393.76
2+400.000	1316.61	186801.64	186801.64	2.32	586.38	976102.77	976102.77	200493.75	775609.02
2+600.000	293.10	158688.77	158688.77	0.23	260.27	1134791.54	1134791.54	200754.02	934037.51
2+800.000	0.00	29415.84	29415.84	0.00	22.28	1164207.38	1164207.38	200776.30	963431.08
3+000.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1164207.38	1164207.38	200776.30	963431.08
3+200.000	1391.39	139138.81	139138.81	4.71	470.60	1303346.19	1303346.19	201246.90	1102099.29
3+400.000	25.20	139178.73	139178.73	27.98	3323.72	1442524.91	1442524.91	204570.62	1237954.29
3+600.000	1007.07	100421.32	100421.32	6.25	3478.19	1542946.23	1542946.23	208048.81	1334897.43
3+800.000	397.71	137322.71	137322.71	0.75	721.64	1680268.95	1680268.95	208770.45	1471498.50
4+000.000	13.05	40967.64	40967.64	433.44	43490.58	1721236.59	1721236.59	252261.03	1468975.56
4+200.000	362.52	37557.54	37557.54	6.80	44024.50	1758794.13	1758794.13	296285.53	1462508.60
4+400.000	335.54	69806.05	69806.05	0.88	768.20	1828600.17	1828600.17	297053.72	1531546.45
4+600.000	1.67	33721.05	33721.05	260.45	26133.18	1862321.23	1862321.23	323186.90	1539134.33
4+800.000	2.34	401.18	401.18	937.07	119752.11	1862722.40	1862722.40	442939.01	1419783.39
5+000.000	1.47	382.19	382.19	177.26	111381.07	1863104.59	1863104.59	554320.08	1308784.51
5+200.000	77.69	7934.09	7934.09	6.71	18387.22	1871038.68	1871038.68	572707.30	1298331.38
5+400.000	136.80	21518.70	21518.70	45.06	5158.75	1892557.37	1892557.37	577866.05	1314691.33
5+600.000	1237.23	137864.78	137864.78	5.31	5019.26	2030422.16	2030422.16	582885.31	1447536.85
5+800.000	0.00	124132.81	124132.81	0.00	528.78	2154554.97	2154554.97	583414.09	1571140.89
6+000.000	546.29	54743.27	54743.27	4.12	410.50	2209298.25	2209298.25	583824.58	1625473.66
6+200.000	742.88	129188.62	129188.62	3.23	731.09	2338486.87	2338486.87	584555.67	1753931.19
6+400.000	118.52	86332.69	86332.69	9.83	1300.24	2424819.55	2424819.55	585855.92	1838963.64
6+600.000	1294.30	141855.91	141855.91	5.18	1494.55	2566675.46	2566675.46	587350.46	1979325.00
6+800.000	531.98	182628.68	182628.68	1.84	702.12	2749304.14	2749304.14	588052.59	2161251.55
7+000.000	2.75	53585.09	53585.09	306.96	30695.05	2802889.24	2802889.24	618747.63	2184141.60
7+200.000	2.58	541.70	541.70	978.37	128164.16	2803430.94	2803430.94	746911.79	2056519.15
7+400.000	2.28	487.16	487.16	684.07	166194.04	2803918.10	2803918.10	913105.83	1890812.27
7+600.000	1.94	422.17	422.17	410.72	109479.01	2804340.27	2804340.27	1022584.85	1781755.43
7+800.000	2.34	427.97	427.97	250.96	66167.63	2804768.24	2804768.24	1088752.47	1716015.77
8+000.000	2.33	466.73	466.73	218.08	46934.50	2805234.97	2805234.97	1135686.98	1669548.00
8+200.000	2.60	492.06	492.06	28.31	24655.92	2805727.04	2805727.04	1160342.89	1645384.14
8+400.000	2.94	552.77	552.77	73.91	10236.94	2806279.81	2806279.81	1170579.83	1635699.97

8+600.000	3.56	649.34	649.34	70.81	14463.81	2806929.15	2806929.15	1185043.64	1621885.51
8+800.000	6.15	967.61	967.61	21.79	9256.92	2807896.76	2807896.76	1194300.56	1613596.20
9+000.000	86.15	9230.13	9230.13	0.24	2203.38	2817126.89	2817126.89	1196503.94	1620622.95
9+200.000	2.38	8853.65	8853.65	112.80	11304.13	2825980.54	2825980.54	1207808.07	1618172.47
9+400.000	4.09	643.74	643.74	39.43	15239.03	2826624.28	2826624.28	1223047.10	1603577.18
9+600.000	26.67	3053.43	3053.43	0.40	4009.11	2829677.71	2829677.71	1227056.20	1602621.51
9+800.000	337.63	36337.30	36337.30	0.14	54.96	2866015.01	2866015.01	1227111.16	1638903.85
10+000.000	646.06	98248.25	98248.25	0.15	29.68	2964263.26	2964263.26	1227140.84	1737122.42
10+200.000	0.00	64561.28	64561.28	0.00	15.02	3028824.54	3028824.54	1227155.86	1801668.68
10+400.000	285.02	28426.89	28426.89	0.02	1.91	3057251.43	3057251.43	1227157.77	1830093.66
10+600.000	618.18	90074.65	90074.65	3.81	385.42	3147326.07	3147326.07	1227543.19	1919782.88
10+800.000	2087.84	270955.94	270955.94	8.46	1208.33	3418282.01	3418282.01	1228751.52	2189530.49
11+000.000	91.45	218445.09	218445.09	28.94	3643.64	3636727.10	3636727.10	1232395.15	2404331.94
11+200.000	17.67	11088.51	11088.51	63.08	9073.77	3647815.61	3647815.61	1241468.92	2406346.69
11+400.000	0.00	1797.58	1797.58	0.00	6224.25	3649613.19	3649613.19	1247693.18	2401920.01
11+600.000	3.71	380.89	380.89	228.88	22689.23	3649994.08	3649994.08	1270382.41	2379611.67
11+800.000	34.50	3890.05	3890.05	43.60	26993.45	3653884.13	3653884.13	1297375.86	2356508.27
12+000.000	203.73	24088.72	24088.72	2.47	4545.33	3677972.85	3677972.85	1301921.19	2376051.66
12+200.000	2.74	20857.02	20857.02	82.32	8465.25	3698829.87	3698829.87	1310386.44	2388443.43
12+400.000	10.96	1373.82	1373.82	16.62	9890.36	3700203.69	3700203.69	1320276.81	2379926.88
12+600.000	0.00	1095.88	1095.88	0.00	1662.40	3701299.57	3701299.57	1321939.20	2379360.37
12+800.000	4.02	402.31	402.31	771.82	77182.17	3701701.88	3701701.88	1399121.37	2302580.51
13+000.000	2.40	642.60	642.60	175.66	94747.97	3702344.48	3702344.48	1493869.35	2208475.13
13+200.000	420.86	42326.15	42326.15	1.14	17679.47	3744670.63	3744670.63	1511548.82	2233121.82
13+400.000	336.45	75730.44	75730.44	0.43	156.76	3820401.08	3820401.08	1511705.57	2308695.51
13+600.000	17.66	35364.55	35364.55	19.29	1986.57	3855765.62	3855765.62	1513692.14	2342073.48
13+800.000	3.04	2049.11	2049.11	237.98	25793.70	3857814.74	3857814.74	1539485.84	2318328.90
14+000.000	3.96	697.94	697.94	239.95	47850.44	3858512.68	3858512.68	1587336.27	2271176.41
14+200.000	2.68	664.00	664.00	109.86	34981.04	3859176.68	3859176.68	1622317.31	2236859.37
14+400.000	3.47	614.22	614.22	154.00	26386.47	3859790.90	3859790.90	1648703.78	2211087.13
14+471.235	4.58	286.64	286.64	158.08	11115.41	3860077.54	3860077.54	1659819.19	2200258.35

PROFILE EN TRAVERS EN DEBLAIS



PL : AXE PRINCIPAL

PT : AXE PRINCIPAL – 18+00.00

PK : 1800.00m

Ech H : 1/600
Ech V : 1/600

PC : 364.0

Distances	-80.00	-70.20	-67.88	-66.56	-59.77	-55.45	-45.04	-36.38	-33.51	-25.29	-20.64	-11.46	-9.39	-2.38	0.24	12.23	15.05	15.81	31.56	36.46	38.98	40.59	46.61	49.70	54.00	56.72	65.84	72.68	75.97	86.66
Altitudes TN	398.27	398.86	398.88	398.89	398.97	399.19	399.31	399.60	399.67	399.80	399.01	396.76	396.25	394.54	394.13	392.65	392.17	391.92	386.80	385.28	384.42	383.87	381.71	380.52	378.86	377.98	374.93	372.82	371.92	370.86
Distances					-59.34	-53.34		-39.00	-35.00		-20.00			-1.50	0.00		15.00	18.00	30.99	33.48	34.99	36.99								
Altitudes Projet					399.18	399.21		389.65	389.65		378.65			379.91	379.18		379.58	379.85	386.98	386.93	386.92	386.92								
Distances					-59.34	-53.34		-39.00	-35.00		-20.00	-15.00		-1.50	0.00		15.00	18.00	30.99	33.48	34.99	36.99								
Altitudes Assise					399.18	399.21		389.65	389.65		378.65	378.86		379.18	379.18		378.86	379.85	386.98	386.93	386.92	386.92								

Volume total au niveau de l'abscisse curviligne 1800.000	
Zone de déblai	1016.74
Zone de remblai	4.90
Vol déblai	102355
Vol remblai	92038
Vol déblai cumulé	629396
Vol remblai cumulé	199086
Vol net	430310.21

ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
ETUDE EN PHASE APD DE LA 4EME ROCADE SUR 15 KM AVEC CONCEPTION D'UN ECHANGEUR WILAYA D'AIN DEFLA	YAICHE KEFAIFI	BENCHOHRA KARA	1:1250	1	2020/2021

PROFIL EN TRAVERS EN REMBLAIS

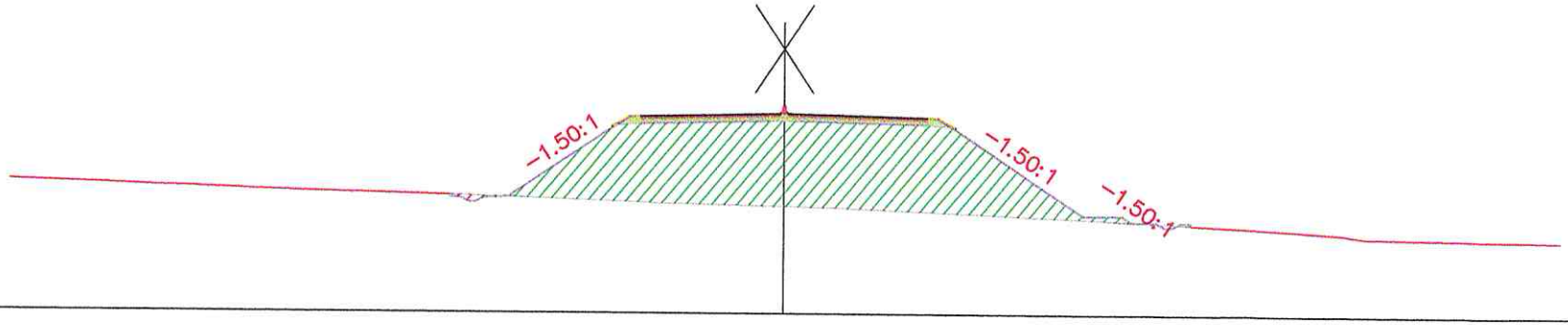
PL : AXE PRINCIPAL

PT : AXE PRINCIPAL – 76+00.00

PK : 7600.00m

Ech H : 1/600
Ech V : 1/600

PC : 324.0



Distances	-78.98	-69.72	-65.39	-61.54	-59.66	-56.33	-54.78	-47.54	-46.00	-37.65	-30.68	-29.44	-25.93	-13.73	-10.18	0.00	5.44	8.84	10.45	23.84	30.94	32.61	38.01	39.25	41.12	53.27	57.56	60.11	62.26	69.94	71.71	74.08	80.00
Altitudes TN	337.45	337.15	336.98	336.86	336.80	336.69	336.64	336.40	336.37	336.18	335.97	335.93	335.83	335.36	335.28	335.02	334.93	334.77	334.70	334.15	333.87	333.78	333.49	333.42	333.32	332.73	332.41	332.08	332.02	331.93	331.91	331.89	331.79
Distances											-34.53	-33.53	-32.53	-31.03	-28.53	-17.80	-16.00	-15.00	-1.50	0.00	1.50	15.00	16.00	17.80	31.00	35.00	35.94	38.44	39.44	41.94				
Altitudes Projet											335.87	335.85	335.85	335.85	335.90	343.33	344.28	344.28	344.59	344.64	344.59	344.25	344.23	343.03	334.23	334.23	333.66	333.65	333.65	333.57				
Distances											-34.53	-33.53	-32.53	-31.03	-28.53	-17.32	-15.00		-1.50	0.00	1.50	15.00	17.32		31.00	35.00	35.94	38.44	39.44	41.94				
Altitudes Assise											335.87	335.85	335.85	335.85	335.90	343.37	343.56		343.86	343.86	343.86	343.53	343.35		334.23	334.23	333.66	333.65	333.65	333.57				

Volume total au niveau de l'abscisse curviligne 7600.000

Zone de déblai	1.94
Zone de remblai	410.72
Vol déblai	422
Vol remblai	109479
Vol déblai cumulé	2600575
Vol remblai cumulé	1021610
Vol net	1578964.91

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

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
ETUDE EN PHASE APD DE LA 4EME ROCADE SUR 15 KM AVEC CONCEPTION D'UN ECHANGEURE WILAYA D'AIN DEFLA	YAICHE KEFAIFI	BENCHOHRA KARA	1:1250	2	2020/2021

PROFIL EN TRAVERS MIXTE

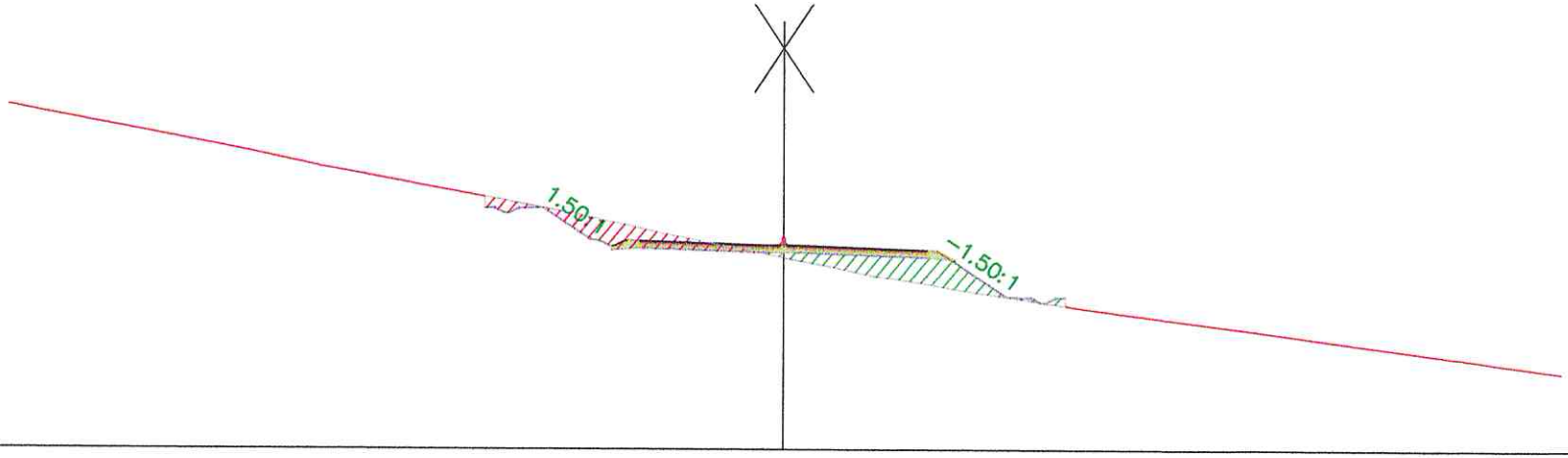
PL : AXE PRINCIPAL

PT : AXE PRINCIPAL – 118+00.00

PK : 11800.00m

Ech H : 1/600
Ech V : 1/600

PC : 322.0



| | | |