République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة

فرنسـيس 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

ETUDE APD DE LA PENETRANTE AUTOROUTIERE DE TIZI OUZOU DU PK 23+000 AU PK 32+000

AVEC CONCEPTION D'UN ECHANGEUR

Présenté par :

BOUMENDJEL Ahmed

DOUDAH Abdellah

Encadré par :

MORSLI Rabah

PROMOTION 2020/2021

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Résumé

Le présent mémoire porte sur une étude avant-projet détaillée sur une section de 9 km du PK 23+000 au PK 32+000 du projet de la pénétrante autoroutière reliant la ville de Tizi Ouzou à l'autoroute est-ouest avec une conception d'un échangeur de type trompette. Ce tronçon de la pénétrante traverse la zone la plus accidentée du projet. Étant donné les caractéristiques du relief, il est nécessaire de réaliser grands terrassements et nombreux ouvrages d'art, notamment de longs viaducs et des ouvrages hydrauliques. Tandis que la route RN25 parcourt par le fond de la vallée juste à côté de l'oued, la pénétrante passe à une cote supérieure à mi-hauteur du versant ouest. L'étude concerne aussi une évaluation des impacts avec proposition des mesures.

Les logiciels de modélisation et de calcul utilisé dans le projet sont : AutoCAD 2022, CIVIL 3D 2022.InfraWorks, Global Mapper 20.1.

Abstract

This brief thesis relates to a detailed pre-project study on a 9 km section from PK 23 + 000 to PK 32 + 000 of the project of the penetrating motorway connecting the town of Tizi Ouzou to the east-west motorway with a design of 'a trumpet-type heat interchanger. This section of the penetrating crosses the most rugged area of the project. Given the characteristics of the relief, it is necessary to carry out large earthworks and numerous engineering structures, in particular long viaducts and hydraulic structures. While the RN25 road runs through the bottom of the valley just next to the river, the penetrating passes to a higher grade halfway up the western slope. The study also concerns an impact assessment with proposed measures.

The modeling and calculation software used in the project are: AutoCAD 2022, CIVIL 3D 2022.InfraWorks, Global Mapper 20.1.

ملخص

يتعلق هذا الملخص بدراسة تفصيلية قبل المشروع على مقطع 9 كيلومتر من PK 23 + 000 إلى PK 32 + 000 من مشروع الطريق السريع المخترق الذي يربط مدينة تيزي وزو بالطريق السريع شرق-غرب بتصميم مبادل الطرق. هذا القسم من المخترق يعبر أكثر المناطق وعورة في المشروع. نظرًا لخصائص الأرض الوعرة ، من الضروري تنفيذ أعمال حفر كبيرة والعديد من الهياكل الهندسية ، ولا سيما الجسور الطويلة والهياكل الهيدروليكية. بينما يمر طريق RN25 عبر قاع الوادي بجوار الوادي مباشرة ، يمر الطريق المخترق درجة أعلى في منتصفالجبال أعلى المنحدر الغربي. الدراسة تتعلق أيضا بتقييم الأثر على الطبيعة مع التدابير المقترحة.

برامج النمذجة والحساب المستخدمة في المشروع هي: AutoCAD 2022، CIVIL 3D 2022.InfraWorks، Global Mapper 20.

REMERCIEMENT

«Après le verbe aimer, vient le verbe aider, mais remercier est assurément le troisième plus beau verbe dans toutes les langues.»

Tout d'abord, nous tenons à remercier le bon Dieu, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous remercions nos parents pour leurs aides matérielle et morale durant toute la période de notre formation.

Nous voudrons tout d'abord adresser toute nos gratitudes à notre encadreur Monsieur MORSLI RABAH, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion. Et aussi de nous avoir fait confiance et accepté de diriger ce mémoire.

Nous remercions l'ingénieur BENOMRANE MOHAMED pour l'aide qu'il nous a porté.

Nous remercions aussi, les personnels de l'ADA de Tizi Ouzou. Spécialement : M^{elle} HOCINI, DJAMILA, ET BACHIRA, M^{R} MENSOUR qui nous ont porté soins dès le premier jour, ainsi que tous les responsables de l'ADA d'Alger.

Nous remercions chaleureusement tous les enseignants et le personnel de l'Ecole Nationale supérieure des Travaux Publics qui ont contribué à notre formation.

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

Nous aimerions aussi exprimer notre gratitude envers tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Merci à tous

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail
A la lumière de ma vie mes
Parents. J'espère qu'ils
Trouveront ici le fruit de leurs
Sacrifices pour moi
A mon frère, à mes soeurs, ainsi
Qu'à toute ma famille
A la mémoire de mon grands-
pères et Mon oncle
Que dieu les accueilles dans son
Vaste paradis
A mon binome Abdellah
A mes amis khaled, islam,
mohamed taki et amine.

....Ahmed

DEDICACE

Je tiens à remercier le bon Dieu, le clément et le miséricordieux de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail

Je dédie ce lapidaire travail à :

Mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère qui a été à mes côtés et m'a soutenu durant toute ma vie, et mon père qui s'est sacrifié afin de me voir devenir ce que je suis, que dieu le tout puissant les protège et les garde.

Mes frères : SAMIR ET HAMID.

Mes sœurs : AMEL, HAKIMA ET SABRINA.

Mes petites nièces : ISRAA, KENZA Et ANAYIS.

A toute la famille DOUDAH et ZIANE.

A mon binôme AHMED.

A mes amis : Omar,Fouzi,Elhadi,Adlane, Sidali ,Abdelhadi,Ali,Mohamed et Idir .

A toute la promotion ENSTP 2021.

A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

Vous avez toujours été présents pour les bons conseils. Votre affection et votre soutien m'ont été d'un grand secours au long de ma vie professionnelle et personnelle.

Veuillez trouver dans ce modeste travail ma reconnaissance pour tous vos efforts. Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.

ABDELLAH

SOMMAIRE

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUES: RONFORCCEMENT DES CHAUSSEES PAR GEOTEXTILE 1

I. INTRODUCTION 2

II. Les géotextiles : 2

III. Renforcement des chaussées a l'aide des géotextiles : 4

IV. Conclusion : 7

CHAPITRE I INTRODUCTION GENERALE 8

CHAPITRE II INTRODUCTION DU PROJET 10

II.1 INTRODUCTION SUR LE PROJET 11
II.1.1 Aperçu sur La Wilaya : 11
II.1.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE 11
II.1.3 Climat 12
II.1.4 Sismicité 12

II.2 PRESENTATION DU RESEAU ROUTIER DE LA WILAYA 13

II.3 Présentation du projet 13
II.3.1 Description de projet 14
II.3.2 Objectif et utilité du projet 14
II.3.3 Répartition administrative du projet : 14

CHAPITRE III GÉOMORPHOLOGIE ET GEOLOGIE 15

III.1 GÉOMORPHOLOGIE DU TRAJET 16

III.2 GEOLOGIE DE LA REGION 16

CHAPITRE IV ETUDE DE TRAFIC 17

IV.1 INTRODUCTION 18

IV.2 DIFFERENTS TYPES DE TRAFIC 18

IV.3 CALCUL DE CAPACITE 18
IV.3.1 Définition de la capacité 18
IV.3.2 Projection future du trafic 18
IV.3.3 Calcul de trafic effectif 19
IV.3.4 Débit de pointe horaire normal 19
IV.3.5 Débit horaire admissible 20
IV.3.6 Calcul du nombre de voies 21
IV.3.7 APPLICATION AU PROJET 21

SOMMAIRE

IV.4 CONCLUSION **22**

CHAPITRE V ETUDE GEOMETRIQUE **23**

V.1 INTRODUCTION **24**

V.2 TRACE EN PLAN **24**
V.2.1 Introduction 24
V.2.2 Règles à respecter dans le tracé en plans 24
V.2.3 LES ÉLEMNTS DE TRACÉ EN PLAN 24
V.2.4 Paramètres fondamentaux : 26
V.2.5 Calcul d'axe (voir le listing dans l'annexe A) 26

V.3 PROFIL EN LONG **31**
V.3.1 Introduction 31
V.3.2 Règles à respecter dans le tracé du profil en long 31
V.3.3 Normes géométriques adoptées 31
V.3.4 Raccordements en profil en long 32
V.3.5 DECLIVITES 32
V.3.6 Détermination pratique du profil en long (voir le listing dans l'annexe) 33

V.4 PROFIL EN TRAVERS **35**
V.4.1 Introduction : 35
V.4.2 Diffèrent type de profil en travers 35

V.5 CUBATURE **36**
V.5.1 Introduction 36
V.5.2 Application au projet 37

CHAPITRE VI ETUDE GEOTECHNIQUE **38**

VI.1 INTRDUCTION **39**

VI.2 OBJECTIFS PRINCIPAUX D'UNE ETUDE GEOTECHNIQUE **39**

VI.3 LES MOYENS DE RECONNAISSANCE **39**
VI.3.1 L'étude des archives et documents existants 39
VI.3.2 Les visites sur site 39
VI.3.3 Les essais in situ et Les essais au laboratoire 39

VI.4 CONDITION D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS **41**

VI.5 PROGRAMME GEOTECHNIQUE **41**
VI.5.1 Consistance des investigations géotechniques 41
VI.5.2 Lot route 43
VI.5.3 Lot Ouvrage 44
VI.5.4 Lot Recherche de matériaux 45
VI.5.5 CONCLUSION 46

VI.6 CAMPAGNE GEOTECHNIQUE **46**
VI.6.1 Exploration 46

SOMMAIRE

VI.6.2 Essais de laboratoire 48
VI.6.3 CONCLUSION 51

VI.7 Validité des résultats de la campagne géotechnique pour les exploiter dans le projet : 51

CHAPITRE VII DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE 52

VII.1 INTRODUCTION 53

VII.2 METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES 53
VII.2.1 Les données climatiques 53
VII.2.2 Le trafic 54
VII.2.3 Détermination de la portance du sol-support de chaussée 55
VII.2.4 Choix de dimensionnement et de matériaux 56
VII.2.5 Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support 57
VII.2.6 Calcul par le logiciel alizé III 58
VII.2.7 Comparaison des résultats 59

VII.3 METHODE DE CATALOGUE DES STRUCTURES ETABLIT PAR SETRA ET LCPC 59
VII.3.1 Détermination de la catégorie de la voie 59
VII.3.2 Détermination de la classe de trafic 59
VII.3.3 Calcul du nombre cumulé de poids lourds sur la voie la plus chargée : 59
VII.3.4 Détermination de la classe de plate-forme 60
VII.3.5 Classes de plate-forme prescrites 60
VII.3.6 Epaisseurs ces couches d'assise dans les structures : 60
VII.3.7 CHOIX DE STRUCTURE : 61

VII.4 CONCLUSION 62

CHAPITRE VIII ETUDE HYDRAULIQUE ET ASSAINISSEMENT 63

VIII.1 INTRODUCTION 64

VIII.2 HYDROLOGIE 64
VIII.2.2 Temps de concentration 66
VIII.2.3 Pluviométrie et intensités de précipitation 66
VIII.2.4 La période de retour 67
VIII.2.5 Le coefficient de ruissellement 67
VIII.2.6 Calcul des débits 68
VIII.2.7 Exemple de calcul 69

VIII.3 ASSAINISSEMENT 70
VIII.3.1 Le drainage transversal 71
VIII.3.2 Drainage longitudinal 74

CHAPITRE IX STABILITÉ DES TALUS 83

IX.1 Introduction 84

IX.2 La stabilité des talus 84

SOMMAIRE

IX.2.1 Déblai 84
IX.2.2 Remblais 86

IX.3 VERIFICATIONS DE LA STABILITÉ DES DÉBLAIS ET DES REMBLAIS 87
IX.3.1 Cas d'un Déblai 87
IX.3.2 Cas d'un Remblai 89

IX.4 Conclusion 90

CHAPITRE X OUVRAGES D'ART 91

X.1 INTRODUCTION 92

X.2 PRESENTATION DES OUVRAGES 92
X.2.1 Les ponts 92
X.2.2 Les passages inferieurs 92

X.3 Choix du type d'ouvrage 93

CHAPITRE XI CONCEPTION DE L'ECHANGEUR 95

XI.1 INTRODUCTION 96

XI.2 ANALYSE ET CHOIX DE L'ECHANGEUR 96

XI.3 CONCEPTION ROUTIERE 96
XI.3.1 Les bretelles : 96
XI.3.2 Le pont 98
L'ouvrage est un pont de portée égale à 40 mètres 98

CHAPITRE XII ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT 99

XII.1 INTRODUCTION 100

XII.2 CADRE JURIDIQUE 100

XII.3 OBJECTIFS 100

XII.4 ANALYSE DE L'ETAT INITIAL DU SITE 101
XII.4.1 Situation géographique 101
XII.4.2 Description de site et son environnement 101

XII.5 EVALUATION DES IMPACTS PREVISIBLES ET LES MESURES A PRENDRE POUR CHAQUE PHASE DU PROJET 103
XII.5.1 Impacts sonores 103
XII.5.2 Réduction de l'impact visuel et remise en état des lieux 104
XII.5.3 Impacts sur les biens de la population : 104
XII.5.4 Risque d'accidents 105
XII.5.5 Impacts sur la qualité de l'air et de l'eau 105
XII.5.6 Impacts sur le milieu naturel 106

SOMMAIRE

XII.6 Conclusion 107

CHAPITRE XIII SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS 108

XIII.1 INTRODUCTION 109

XIII.2 OBJECTIFS DE SIGNALISATION ROUTIERE 109

XIII.3 CRITERES A RESPECTER 109
XIII.3.1 Signalisation horizontale 109
XIII.3.2 Signalisation verticale 111
XIII.3.3 Signalisation des échangeurs 112

XIII.4 EQUIPEMENTS 113
XIII.4.1 Séparateurs doubles en béton adhérent (DBA) 113
XIII.4.2 Barrières de sécurité : 113

CHAPITRE XIV DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF 114

CHAPITRE XV CONCLUSION GENERALE 118

CONCLUSION 119

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU IV-1 COEFFICIENT D'EQUIVALENCE DES POIDS LOURDS (NORMES B40) 19
TABLEAU IV-2 : VALEURS DE COEFFICIENT K1 (NORMES B40) 20
TABLEAU IV-3 :VALEURS DE COEFFICIENT K2 (NORMES B40) 20
TABLEAU IV-4 VALEURS DE LA CAPACITE THEORIQUE (NORMES B40) 20
TABLEAU IV-5 TABLEAU RECAPITULATIF 22
TABLE V-1 VALEUR MINMALES DES RAYONS SU TRACE EN PLAN 25
TABLEAU V-2 CARACTERISTIQUES DU TRACE 26
TABLE V-3 COORDONNEES DES SOMMETS A CALCULER 27
TABLEAU V-4 VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DU PROFIL EN LONG 31
TABLEAU VI-1DIFFERENTS ESSAIS DE LABORATOIRE 40
TABLEAU VI-2 CONSISTANCE DES INVESTIGATION GEOTECHNIQUES 42
TABLEAU VI-3 INVESTIGATION GEOTECHNIQUE "DEBLAI" 43
TABLEAU VI-4 INVESTIGATION GEOTECHNIQUE "REMBLAI" 44
TABLEAU VI-5 INVESTIGATION GEOTECHNIQUE "LOT OUVRAGE D'ART" 44
TABLEAU VI-6 PROGRAMME GEOTECHNIQUE POUR CHAQUE GITE RETENUE 45
TABLEAU VI-7 PROGRAMME DE RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE (ESSAI IN SITU PARTIE 1) 46
TABLEAU VI-8 PROGRAMME DE RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE (ESSAI IN SITU PARTIE2) 47
TABLEAU VI-9 LES RESULTATS DE L'ESSAI CAROTTAGE PARTIE 1 47
TABLEAU VI-10 LES RESULTATS DES ESSAIS CAROTTAGE PARTIE2 48
TABLEAU VI-11: RESULTATS DE L'ESSAI PHYSIQUE AU LABORATOIRE 49
TABLEAU VI-12: RESULTATS DE L'ESSAI GRANULOMETRIE PAR TAMISAGE 50
DONC ON PREND UNE TEMPERATURE EQUIVALENTE EGALE A 20°C, COMME MONTRE DANS LE TABLEAU VII-1 : 53
TABLE VII-2 CHOIX DES TEMPERATURES EQUIVALENTES 54
TABLE VII-4 LES CLASSES DE PORTANCE DES SOLS 55
TABLE VII-6 CLASSE DE PORTANCE DE SOL SUPPORT 55
TABLE VII-7 SUR CLASSEMENT AVEC COUCHE DE FORME EN MATERIAU NON TRAITE 56
TABLEAU VII-8 COMPARAISON DES RESULTATS 59
TABLE VII-9 CONDITIONS DE SUR CLASSEMENT DE PORTANCE DES PF AVEC CDF NON TRAITEE (CAS DE PST N° 2 OU PLUS) 61
TABLEAU VIII-1 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES BASSINS VERSANTS 65
TABLEAU VIII-2 VALEUR DE COEFFICIENT A EN FONCTION DE T PERIODE DE RETOUR 67
TABLEAU VIII-4 COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT D'APRES LE GUIDE D'ASSAINISSEMENT ROUTIERE SETRA POUR T=10ANS 68
TABLEAU VIII-5 CALCUL DES DEBITS DE CRUE CINQUANTENNAUX ET CENTENNAUX 70
TABLEAU VIII-6 VERIFICATION HYDRAULIQUE "DALOT PK 28+177" 73
TABLEAU IX-1 ZONES DE DEBLAIS 84

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU IX-2 LA SECURITE DANS LA ZONE DE DEBLAI 85
TABLE VIII-3 ZONES DE REMBLAI 86
TABLEAU IX-4 PARAMETRES GEOTECHNIQUES 87
TABLEAU IX-5 RESULTAT D'ANALYSE POUR LA SECTION DE DEBLAI 87
TABLEAU IX-6 PARAMETRES GEOTECHNIQUES DE REMBLAI 89
TABLEAU IX-7 RESULTAT DES ANALYSES DE STABILITE 89
TABLEAU XI-1 PARAMETRE DE PROFIL EN LONG 97
TABLEAU XI-2 RECAPITULATIF DE CONFIGURATION DE L'ECHANGEUR 98
TABLEAU XII-1 ENVIRONNEMENT PHYSIQUE 101
TABLEAU XII-2 EVALUATION DES IMPACTS DE SONORES ET LES MESURES A PRENDS 104
TABLEAU XII-3 IMPACTS VISUEL ET REMISE EN ETAT 104
TABLEAU XII-4 IMPACTS PREVISIBLE SUR LE BIEN DE LA POPULATION 104
TABLEAU XII-5 IMPACTE PREVISIBLE "RISQUE D'ACCIDENT" 105
TABLEAU XII-6 IMPACTS SUR LA QUALITE DE L'AIR 105
TABLE XII-7 DIVERSITE FAUNISTIQUE DU PND (PLAN D'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE DE LA WILAYA DE TIZI-OUZOU) 106
TABLEAU XIII-1 CARACTERISTIQUES DES LIGNES 110

LISTE DES FIGURES

FIGURE 00-1:GEOTEXTILE TISSE. 2
FIGURE 0-2 : GEOTEXTILE TRICOTE 2
FIGURE 0-3:GEOTEXTILE NON TISSE. 3
FIGURE 0-4:FONCTION FILTRATION D'UN GEOTEXTILE. 3
FIGURE 0-6:FONCTION DRAINAGE D'UN GEOTEXTILE. 4
FIGURE 0-5:FONCTION RENFORCEMENT D'UN GEOTEXTILE. 4
FIGURE 0-7:FONCTION RENFORCEMENT D'UN GEOTEXTILE. 4
FIGURE 0-8:APPLICATIONS DES GEOTEXTILES DANS LES INFRASTRUCTURES LINEAIRES. 5
FIGURE 0-9:MISE EN PLACE DU GEOTEXTILE SUR LA COUCHE D'ACCROCHAGE. 6
FIGURE I.1:CARTE DE RESEAU ROUTIER DE LA WILAYA DE TIZI-OUZOU 11
FIGURE I.2:CARTE DE LA WILAYA DE TIZI-OUZOU 12
FIGURE II-3 CARTE DE ZONAGE SISMIQUE DU TERRITOIRE NATIONAL (RPA 99) 13
FIGURE II-4 REPARTITION ADMINISTRATIVE DU PROJET 14
FIGURE III-1 EXTRAIT DE CARTE GEOLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE 16
FIGURE V-1 DESCRIPTION DE LA METHODE GULDEN. 37
FIGURE VII-1: CARTE CLIMATIQUE DE L'ALGERIE 53
FIGURE VII-2 : DETERMINATION DE LA CLASSE DU TRAFIC 54
FIGURE VII-3:STRUCTURE D CHAUSSES (FASICULE3) 56
FIGURE VII-4: DEFORMATION DU SOL SUPPORT 57
LE CALCUL EST DONNE PAR LA FIGURE VII-5: 58
FIGURE VII-6: RESULTATS ECRAN-ALIZE III 58
FIGURE VII-7: VALEUR DES PARAMETRES DE CALCUL 59
FIGURE VII-8: DIF CAS DE POSSIBILITE DE PST (GUIDE GTR) 61
FIGURE VIII-1 DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS PAR GLOBALE MAPPER 64
FIGURE VIII-2 STATION 090506 TIZI GHENIF 66
FIGURE VIII-3 COURBE INTENSITE-DUREE-FREQUENCE 67
FIGURE VIII-4 DALOT 72
FIGURE VIII-5 DIMENSIONS DES BUSES 74
FIGURE VIII-6: DESCENTE D'EAU CAS DE DEBLAI ET REMBLAI 76
FIGURE V-II 7:DRAIN LONGITUDINAL 76
FIGURE VIII-8: FOSSE *DE* PIED DE REMBLAI 76
FIGURE VIII-9: FOSSE DE CRETE CAS DEBLAI 77
FIGURE VIII-10: FOSSE BERME DE DEBLAI 77
FIGURE V-II-11:FOSSEE POUR LE CAS DE DEBLAI 78
FIGURE VIII-12 FOSSE TRIANGULAIRE DE B=2M ET H=0.5 80
FIGURE VIII-13: FOSSE SYMETRIQUE TRIANGULAIRE 80
FIGURE VIII-14 FOSSE RECTANGULAIRE SYMETRIQUE 82
FIGURE IX-1 TYPES DE CHUTES DE PIERRES 85
FIGURE IX-2 DIMENSION EN METRE DES FOSSES TYPE RITCHIE. 85
FIGURE IX-3 REMBLAIS DANS UNE GRANDE PENTE 86
FIGURE IX-4 ANALYSE DE STABILITE POUR LA SITUATION SISMIQUE (FS=1.556) 88
FIGURE IX-5 ANALYSE DE STABILITE A COURT TERME (FS=1.88) 88

LISTE DES FIGURES

FIGURE IX-6 CALCUL DRAINE DU REMBLAI DU PK 28+300. (FS = 1729)..... 89
FIGURE IX-7 CALCUL SEISMIQUE DU REMBLAI DU PK 28+300. (FS = 1,372) 89
FIGURE X-1 LES ELEMENTS D'UN PONT CAISSON A HAUTEUR VARIABLE..... 93
FIGURE X-2 VIADUC 5..... 94
FIGURE X-3 VIADUC 3..... 94
FIGURE XI-1: VOIE DE DECELERATION..... 97
FIGURE XI-2: VOIE D'ACCELERATION..... 97
FIGURE XII-1 ZONE ARCHEOLOGIQUE AZRO N'TAMART (MODELE 3D INFRAWORKS)..... 103
FIGURE XII-2 RETABLISSEMENT D'UNE ROUTE 105
FIGURE XII-3 RETABLISSEMENT D'UN ECOULEMENT NATUREL 105
FIGURE XIII-1: SCHEMA DE DISPOSITION DES LIGNES..... 110
FIGURE XIII-2: LIMITATION DE VITESSE 111
FIGURE XIII-3: COUPE TRANSVERSALE D'UN SEPARATEUR EN BETON TYPE DBA(SOURCE :CIMBETON)..... 113
FIGURE XIII-4: COUPE TRANSVERSALE D'UN SEPARATEUR EN BETON TYPE GBA (SOURCE :CIMBETON) 113

Acronymes

- **APD :** avant-projet détaillé
- **BAU :** bande d'arrêt d'urgence
- **BDD :** bande dérasée droite.
- **BDG** : bande dérasée gauche**.**
- **BB :** béton bitumineux.
- **EME** : enrobé à module élevé.
- **C.B.R:** (Californian-bearing - ratio)
- **CDF :** couche de forme.
- **CS :** couche de surface.
- **BBMa :** béton bitumineux mince classe a.
- **GB :** grave bitume.
- **G.N.T :** grave non traité.
- **PST :** partie supérieure de terrassement.
- **ARi :** type d'arase.
- **SETRA :** Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements.
- **GTR :** guide de terrassement routier
- **IP :** indice de plasticité**.**
- **ICTAAL :** instruction sur les conditions technique d'aménagement des autoroutes deliaison.
- **LCPC :** Laboratoire Central des Ponts Chaussées.
- **PK :** point kilométrique.
- **TN :** Terrains Naturel.

- **TPC :** terrain plein central.
- **DBA :** Séparateurs doubles en béton adhérent.
- **GBA :** glissière en béton adhérent
- **T.M.J.A :** Trafic moyen journalier annuel.
- **PFi :** classe de plateforme.
- **TCi :** class de trafic.
- **D :** durée initiale de dimensionnement de chaussée.
- **TPLi :** la classe de trafic de poids lourd.
- **RN** : route nationale.
- **SPT** : Le standard pénétromètre.
- **CPT** : essai pressionmètre dynamique.
- **U.V.P *:*** Unité de véhicule particulier.
- **VBS :** bleu de méthylène bleu de méthylène.
- **VRNS :** voies de réseaux non structurants.
- **VRS :** voies de réseaux structurants.
- **PS :** passage supérieur.
- **PI :** passage inférieur

Symboles

- **PL :** poids lourds.
- **T_0 :** le trafic à l'arrivé pour origine (ou le trafic a horizon zéro).
- **TM JA :** le trafic à l'année horizon.
- **TMJA :** le trafic à l'année de référence.
- **n :** nombre d'année.
- **τ :** taux d'accroissement du trafic(%).
- **TCi** : trafic cumulé de poids lourds.
- **Teff :** trafic effectif a l'année d'horizon (U.V.P/J).
- **Z :** pourcentage de poids lourds (%).
- **P :** coefficient d'équivalence pour le poids lourd.
- **Q :** débit de pointe horaire, exprimé en (UVP/h).
- **1/n :** coefficient de pointe.
- **K1 :** coefficient lié à l'environnement.
- **K2 :** coefficient de réduction de la capacité.
- **N :** nombre de voies.
- **Q_{adm} :** débit admissible par voie.
- **Ɛz :** déformation verticale.
- **Ɛt :** déformation horizontale.
- **V_b :** vitesse de base (km/h).
- **R_m :** rayon minimal.
- **R_{nd} :** rayon non déversé.
- **R_{dn} :** rayon minimal au divers normal.
- **R_m** :rayon minimal associé a 7%.
- **d_{min} :** dévers minimal.
- **d_{max} :** dévers maximal.
- **$I_{max, min}$:** déclivité maximal, minimal.

- **L :** Longueur de raccordement.
- Δd: Variation des devers.
- **l :** largeur de la chaussée.
- **R_v :** rayon vertical (m).
- **T** : tangente.
- **G :** gisement.
- **wp:** Limite de plasticité.
- **wl :** Limite de liquidité.
- **Ip :** L'indice de plasticité.
- **A :** facteur d'agressivité globale du trafic.
- **C :** facteur de cumul.
- **p :** nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

- **Eeq :** épaisseur équivalent.
- **H_{max} :** altitude maximale (m).
- **H_{min} :** altitude minimale (m).
- **$l_{c.e}$:** longueur du thalweg (km).
- **I :** pente longitudinale du thalweg.
- **Tc :** temps de concentration.
- **L :** longueur du bassin (km).
- **I :** pente moyenne du BV (m/m).
- **H :** différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin (m).
- **Qa :** débit d'apport
- **Qs :** débit de saturation.
- **It :** intensité de la pluie, mm/h.
- **C :** coefficient de ruissellement.
- **K :** coefficient de conservation.
- **A :** superficie du bassin versant, Km^2.
- **a(t) :** coefficient de Montana.

- **b :** exposant climatique.
- **It :** Calcul de l'intensité du l'averse.
- **P_m :** périmètre mouillé.
- **S_m :** Surface mouillée.
- **Qps :** débit à pleine section.
- **Vps :** vitesse à pleine section.
- **Ve :** vitesse d'écoulement.
- **Rh :** Rayon hydraulique.
- **K_{st} :** coefficient de Maning Strickler.
- **J :** la pente de pose.
- **Qc :** débit rapporté par la chaussée.
- **QA :** débit rapporté par l'accotement.
- **Qt :** débit rapporté par le talus.
- **Ac :** Surface de la chaussée.
- **A_A :** Surface de l'accotement.
- **A_t :** Surface du talus.
- **Cc :** coefficient de ruissellement de la chaussée.
- **CA :** coefficient de ruissellement de l'accotement.
- **C t :** coefficient de ruissellement du talus.
- D_{max} : Dimension Maximal des grains.
- **K :** module de richesse.

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUES RONFORCCEMENT DES CHAUSSEES PAR GEOTEXTILE

I. INTRODUCTION

Les structures des chaussées routières doivent répondre aux conditions de viabilité à long terme face à la circulation relativement continue des véhicules. Sinon, des ornières s'apparaissent et se développent sur la surface en fonction du trafic jusqu'à ce qu'elles rendent la chaussée impossible à circuler.

Partout dans le monde, le maintien des chaussées en bon état est l'un des défis principaux auxquels font face les autorités routières. Par conséquent, il faut porter notre attention sur les techniques d'entretien et les méthodes de réhabilitation des chaussées permettant de prolonger la vie utile du corps de chaussée de façon économique et fiable du point de vue technique.

Une méthode utilisée avec succès à travers le monde depuis plus de trente ans consiste à entretenir les routes d'asphalte et de béton en utilisant des produits de couche intermédiaire entre les couches de revêtement de la chaussée. Il s'agit d'une méthode économique permettant d'augmenter de façon importante la durée des intervalles entre les entretiens et donc la durée de vie de la route.

Le présent travail de recherche s'intéresse à une application particulière des géotextiles qui est le renforcement de la structure de la chaussée.

II. Les géotextiles :

a. Définition :

Géotextile désigne un matériau bidimensionnel obtenu par assemblage de fibres synthétiques employé en contact avec le sol.

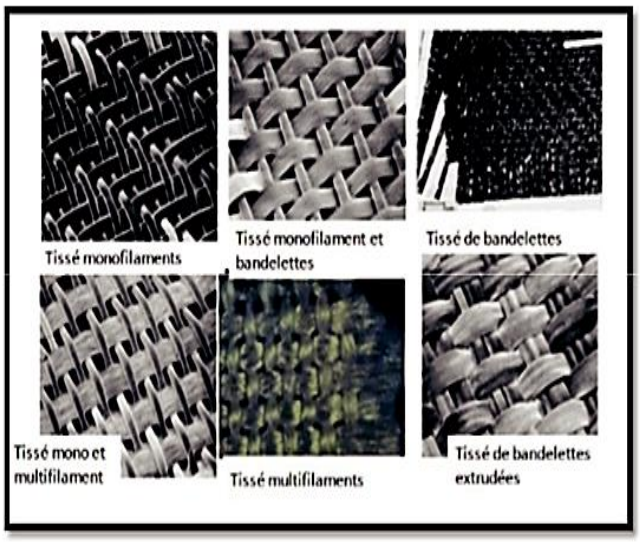


Figure 00-1:Géotextile tissé.

Il existe trois sortes de géotextile :

- **Les tissés :**

Ce sont des produits par entrelacement, habituellement à angle droit, de deux ou plusieurs faisceaux de fils, de filaments, de bandelettes ou d'autres éléments.

- **Les tricotés :**

Ils sont constitués de mailles successives disposées en colonnes et en rangées. Ils sont très déformables. Ces produits sont très peu utilisés en génie civil.

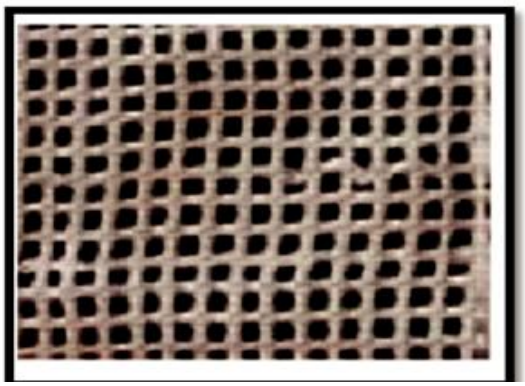


Figure 0-2 : Géotextile tricoté

- **Les non tissés :**

Fabriqués de filaments disposés de façon aléatoire dans un plan, liés entre eux chimiquement, thermiquement ou mécaniquement. On distingue donc plusieurs classes de non

tissés, suivant leur mode d'assemblage (les aiguilletés, les thermocollés…)

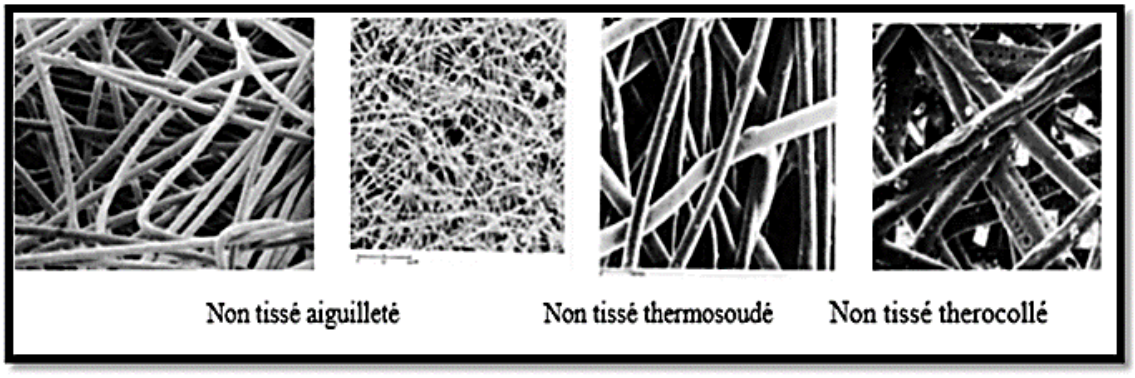


Figure 0-3:Géotextile non tissé.

b. Le but de l'utilisation des géotextiles :

- Augmenter la durée de vie de la chaussée vis-à-vis de la fatigue.
- Réduire le tassement différentiel et total.
- Réduire l'orniérage de surface.
- Supprimer ou limiter les remontées de fissures.
- Augmenter la résistance aux fissures dues au gel.
- Réduire les coûts de maintenance.
- Augmenter la capacité portante.
- Permettre pontage des vides.

c. Principales fonctions des géotextiles :

- **Filtration :**

Un géotextile jouant un rôle de filtre doit autoriser le passage d'eau perpendiculairement à son plan, mais pas celui des particules de sol.

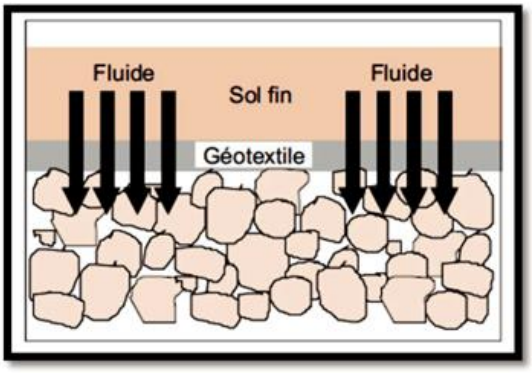


Figure 0-4:Fonction filtration d'un géotextile.

- **Drainage :**

On s'intéresse dans le cas de drainage à l'écoulement du fluide dans le plan de géotextile, c'est la transmissivité. Le géotextile occupe alors la fonction de drain ce qui permet de dissiper les pressions interstitielles. Cette fonction est souvent combinée à celle de la filtration.

Renforcement :

Le renforcement des chaussées peut multiplier par trois leur durée de vie en réduisant la fissuration liée à la fatigue, à la réflexion, aux changements de températures et aux tassements. Les fortes contraintes qui s'exercent sur la couche de roulement sont soulagées et redistribuées grâce au renforcement.

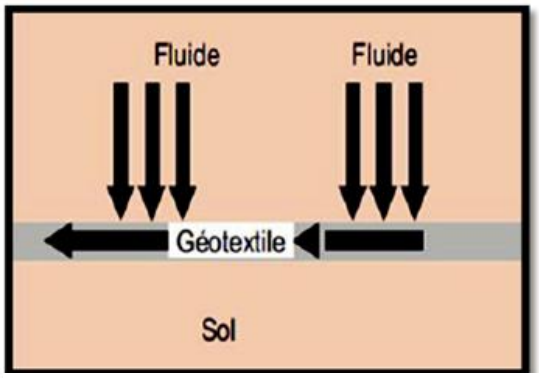


Figure 0-5:Fonction drainage d'un géotextile.

Cette action permet soit de réduire et homogénéiser la déformabilité notamment en répartissant la charge et en évitant les risques de poinçonnement, soit d'augmenter la résistance à la rupture.

Ceci permet :

- Une apparition retardée des fissures.
- Une croissance moins rapide des fissures.
- Une largeur moins importante des fissures.
- Un espacement plus important entre les fissures.
- Une déviation des fissures.

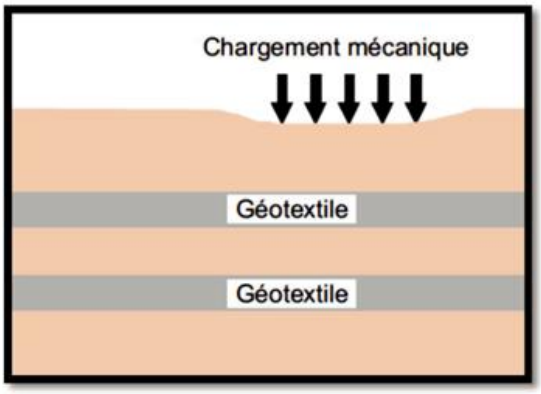


Figure 0-6:Fonction renforcement d'un géotextile.

Le renforcement fournit également un confinement latéral au sein de l'enrobé, ce qui améliore la résistance à la formation d'ornières et de bourrelets.

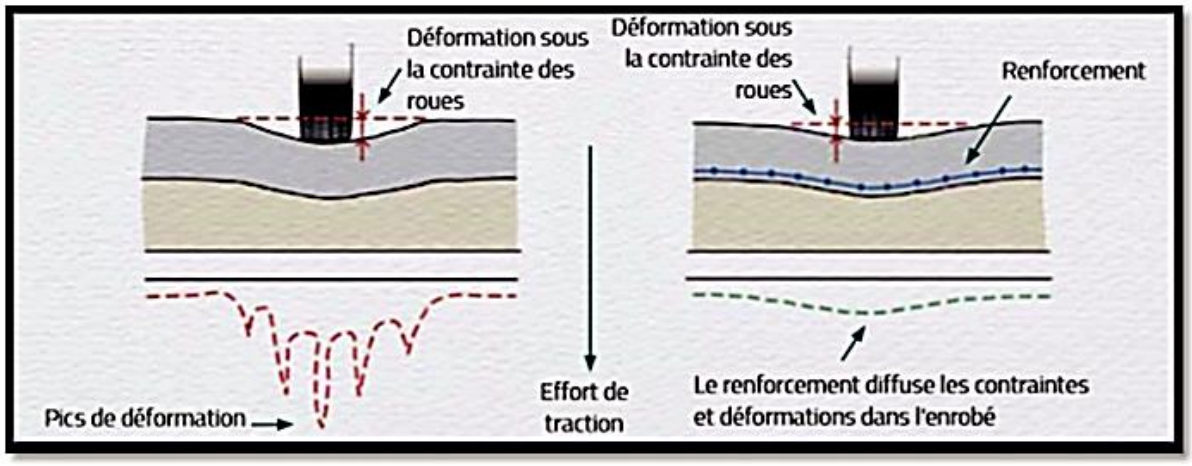


Figure 0-7:Fonction renforcement d'un géotextile.

III. Renforcement des chaussées a l'aide des géotextiles :

Les géotextiles trouvent une application dans de nombreux aménagements routiers et d'infrastructures linéaires. Ils interviennent dans ce type d'application très souvent en remplacement ou en optimisation technique et économique d'autres solutions. En prenant l'exemple d'une construction de route, les géotextiles sont présents dans les applications suivantes :

- En séparation, sous la couche de forme afin de préserver les caractéristiques de la couche de forme (❶).
- En base de remblais, pour permettre de construire sur des sols peu porteurs voire compressibles, ou encore sur des zones à risque karstique (❷).
- Dans des tranchées en tant qu'éléments filtrants entre les matériaux en place et les matériaux drainants de la tranchée (❸).
- Dans des pentes de talus pour éviter l'érosion avant la végétalisation du rampant (❹).
- Dans des merlons ou des remblais pour raidir les talus ou réaliser des murs de soutènement. Il est ainsi possible de réaliser des élargissements de voies, des merlons de protection, ou anti-bruit par exemple, en limitant les emprises au sol (❺).
- A l'intérieur des structures de chaussées enrobées pour ralentir la remontée des fissurations des couches inférieures (❻).

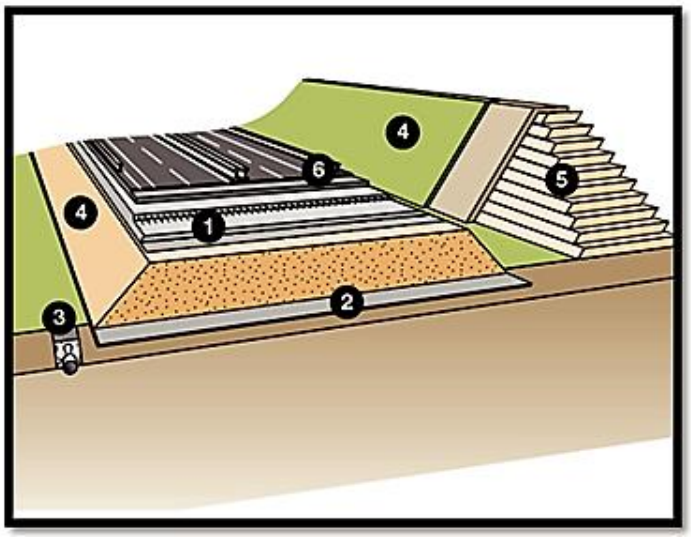


Figure 0-8:Applications des géotextiles dans les infrastructures linéaires.

Les géotextiles peuvent être utilisés pour limiter la propagation des fissures en scellant la couche d'asphalte lorsqu'ils sont utilisés dans le revêtement de la chaussée.

Le renforcement d'une chaussée se traduit par l'introduction d'un géotextile dans l'une des couches de la chaussée :

d. Dans les couches granulaires non liées :

Le renforcement à l'aide de géotextiles dans les couches granulaires non liées a pour but de :

- Augmenter la résistance aux déformations élastiques en augmentant les efforts horizontaux dans la structure.
- Augmenter la capacité portante de la chaussée en redistribuant le chargement sur une plus grande section du sol sous-jacent.

- Réduire par ailleurs la sollicitation du sol sous-jacent en réduisant les contraintes de cisaillement transmises au terrain naturel.
- Accroître la résistance à la déformation permanente du matériau en limitant les mouvements horizontaux des particules granulaires.

e. Dans la couche de roulement :

Le renforcement à l'aide de géotextiles dans la couche de roulement permet une :

- Réduction des efforts de traction dans l'asphalte par la sollicitation de contrainte de traction dans les armatures.
- Relaxation des contraintes entre les couches pour éviter le transfert des efforts de traction aux couches sous-jacentes.

Le géotextile de renforcement est généralement placé entre la couche de base et la couche de fondation, entre la couche de fondation et la couche de forme ou encore dans la couche de base elle-même.

f. Le géotextile imprégné de bitume :

Ce procédé consiste à répandre un film de liant bitumineux, puis un géotextile généralement non-tissé aiguilleté ou thermo soudé en polyéthylène ou polypropylène. Le géotextile sert de réservoir et le liant joue le rôle de membrane anti-fissures.

Le liant utilisé est de préférence un bitume polymère anhydre, il doit assurer l'accrochage des couches et saturer les vides du géotextile : il est dosé à 1kg/m². La porosité du géotextile doit permettre d'absorber une telle quantité de liant. Il doit avoir une faible compressibilité verticale, mais rester déformable en plan. La masse surfacique des géotextiles utilisés est de 150 à 200 g/m².

L'enrobé est ensuite répandu sur le géotextile, son réchauffage par l'enrobé chaud permettant au liant de terminer sa percolation et d'assurer ainsi ses fonctions.



Figure 0-9:Mise en place du géotextile sur la couche d'accrochage.

Un des avantages de cette technique est d'assurer une bonne imperméabilité du complexe géotextile imprégné plus couche de roulement même lorsque la fissure réapparaît en surface.

IV. Conclusion :

En conclusion, les flux routiers occupent une place majeure au sein des flux de transports. Pour réduire les coûts de construction, de réhabilitation ou de maintenance, les géotextiles présentent une alternative intéressante pour les entrepreneurs afin d'améliorer la résistance mécanique et/ou la durée de vie de l'ouvrage routier.

Ce produit peut devenir le moyen incontournable et efficace dans la réfection des chaussées, vu ces avantages en comparaison avec les méthodes de renforcement classiques.

CHAPITRE I INTRODUCTION GENERALE

A La fin de chaque cycle de formation, l'école nationale supérieure des travaux publics, prévoit dans son programme un projet de fin d'étude qui s'étale sur une durée de trois (03) mois environ.

L'objectif de ce travail, est d'étudier un projet réel afin de permettre de :

- Compléter les connaissances théoriques acquises durant les cycles de formation.
- S'intégrer au monde du travail.
- Connaître les missions et les responsabilités d'un ingénieur d'état en travaux publics.

De ce fait l'étudiant est appelé à fournir beaucoup d'efforts, faire des observations ; des remarques afin de présenter un travail parfait. C'est dans ce cadre que l'Algérienne Des Autoroutes (ADA) nous a proposé un projet de fin d'étude qui consiste à l'étude d'une partie de 9 km de la pénétrante de Tizi-Ouzou, du PK23+000 au PK32+000 avec la conception d'un échangeur, le terrain est accidenté et le relief est vallonné.

Cette pénétrante contribuera à l'amélioration de la communication de la ville avec l'intérieur et le reste du pays.

Les caractéristiques géométriques de cette dernière répondent à celle d'une liaison autoroutière avec une vitesse de référence de 110 Km/h et une déclivité maximale de 6%, cette autoroute est constituée de deux chaussées à 3 voies séparées par un terre-plein central, le tracée a été conçu pour garantir le plus haut degré de sécurité et le confort optimal pour les usagers, il s'agit d'une voie rapide d'accès limité et destiné au trafic de moyen et grand parcours.

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, les données nécessaires du projet (levé topographique, trafic, etc.) sont fournies par l'ADA.

L'essentielle de l'étude a porté sur les étapes suivantes :

- La conception d'un tracé en plan, profils en long et en travers de la route avec les logiciels CIVIL 3D et AUTOCAD.
- Le dimensionnement du corps de chaussée et vérification avec logiciel ALIZ É.
- L'assainissement de la route.
- Le Calcul des volumes des remblais et déblais.

CHAPITRE II INTRODUCTION DU PROJET

II.1 INTRODUCTION SUR LE PROJET

Dans le cadre d'aménagement et de modernisation des infrastructures routières en vue de les adapter aux besoins de développement économique et social, caractérisés par l'accroissement du parc automobile, et d'autre part l'extension des échanges commerciaux, il est primordial de dynamiser et de renforcer les infrastructures.

Le schéma directeur routier national a prévu une pénétrante nord-sud ,de la ville de Tizi-Ouzou (RN12) à la wilaya de Bouira (autoroute est-ouest) au niveau de djebahia, en suivant le cours de la RN25 qui représente le seul moyen de liaison entre eux, qui dans son état actuel traverse plusieurs agglomérations telles que Draa ben kheda, draa el mizane …..

II.1.1 Aperçu sur La Wilaya :

La wilaya de Tizi-Ouzou fait partie des grandes wilayas d'Algérie, elle s'étend sur une superficie de 3568 km^2.Elle est divisée administrativement en 21 daïras et 67 communes avec plus de1 527607 d'habitants, la densité atteint 382 habitants au km^2. Et un réseau routier de plus de 4850 km pour 367641 véhicules en circulation à l'année 2012.

La wilaya de Tizi-Ouzou dispose d'énormes ressources naturelles, pouvant faire d'elle l'un des pôles économiques et touristiques les plus importants du pays.

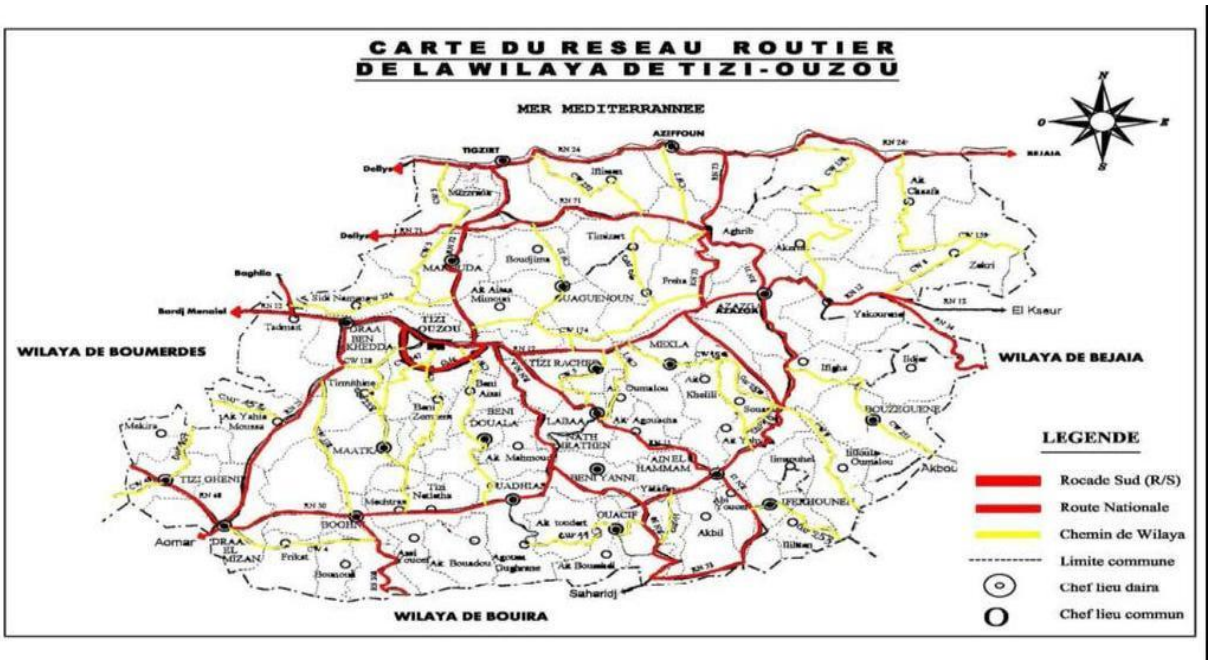


Figure I.10:carte de réseau routier de la wilaya de Tizi-Ouzou

II.1.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE

La wilaya de TIZI OUZOU est une ville située au nord de l'Algérie elle est limitée au nord par la Mer Méditerranée, au sud par la Wilaya de BOUIRA, à l'est par la Wilaya de BEJAÏA, et à l'ouest par la Wilaya de BOUMERDES



Figure I.11:carte de la wilaya de Tizi-Ouzou

II.1.3 Climat

TIZI-OUZOU se situe dans la zone du climat méditerranéen. En raison des massifs montagneux qui entourent la ville, il neige chaque année en hiver entre décembre pour les hautes altitudes 600m ou plus et février pour les basses altitudes. En été, la chaleur peut être suffocante car l'air marin se heurte au relief montagneux qui l'empêche d'atteindre la ville.

Les tableaux II-1 nous montre que la région d'étude reçoit annuellement plus de 600mm de pluies. On remarque que les pluies sont mal réparties dans l'espace et dans le temps. Certaines stations enregistrent plus de 1000 mm/an d'autres moins,

Tableau II-1 répartitions annuelles depuis 2015 jusqu'à 2020 (source : infoclimat.fr)

Année	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Précipitation (mm)	707.0	687.0	689.0	926.1	733.7	659.6

II.1.4 Sismicité

La grande partie du territoire de la wilaya de Tizi-Ouzou se trouve sur un axe d'une activité sismique moyennement vulnérable, tandis que la partie centrale de la wilaya représente une très grande vulnérabilité selon le règlement parasismique Algérien RPA99/version 2003. Le document technique réglementaire suscité, divise le territoire algérien en cinq (05) zones de sismicité croissante, soit :

Zone 0 : Sismicité négligeable

Zone I : Sismicité faible

Zone II-a et II-b : Sismicité moyenne

Zone III : Sismicité élevée

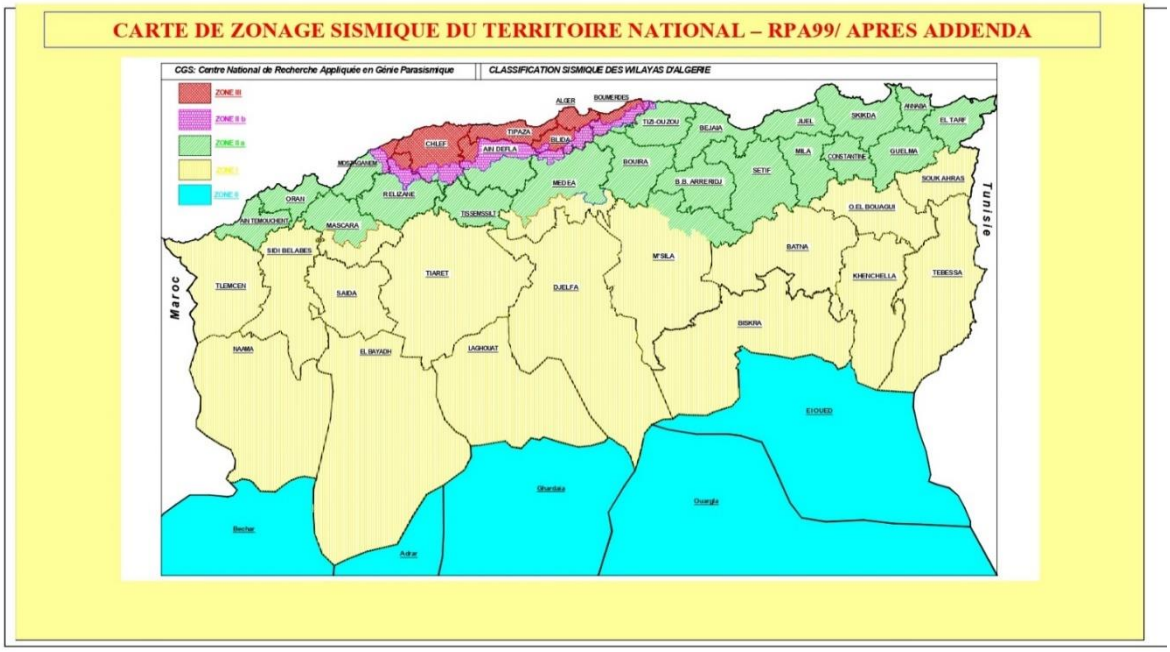


Figure II-3 Carte de zonage sismique du territoire national (RPA 99)

II.2 PRESENTATION DU RESEAU ROUTIER DE LA WILAYA

Le réseau routier dans la wilaya de TIZI-OUZOU est l'un des plus importants dans le pays. Une grande partie de ce réseau reste sous-dimensionnée et ne répond pas aux normes de revêtement, de largeur et de géométrie du tracé. Et compte tenu de la morphologie du relief, ce réseau subit de fortes dégradations notamment en hiver avec de fortes érosions. Le réseau routier de la Wilaya est d'un linéaire total de 4805 Km et d'une densité de 1,436 Km/Km^2, qui est l'une des densités les plus importantes à l'échelle nationale.

Ce réseau est composé de :

Routes Nationales :	Chemins de Wilaya	Chemins Communaux
605 Km	652 Km	3.548 Km

II.3 Présentation du projet

La pénétrante de Tizi-Ouzou, d'une distance de 48 km, prend naissance au niveau de l'échangeur du nouveau stade sur la RN12 au nord -ouest de la ville de Tizi-Ouzou (près de la ville de Draa ben khedda) jusqu'à l'autoroute Est -Ouest au niveau de Djebbahia dans la wilaya de Bouira.

La partie la plus longue de ce projet est implantée sur le territoire de la wilaya de Tizi Ouzou, elle débute au niveau de l'échangeur sur la RN12 correspondant au PK0+000 jusqu'à l'entrée du portail du tunnel de Draa el Mizan correspondant au PK36+000 et la seconde partie est sur le territoire de la wilaya de Bouira allant du PK36+000 jusqu'à l'échangeur de Djebbahia PK 48+000.

II.3.1 Description de projet

Le travail consiste à étudier un tronçon de 9Km de la pénétrante Tizi-Ouzou, en respectant le couloir établi et approuvé par la direction des travaux publics de Tizi-Ouzou. Véhiculant un trafic journalier important estimé à l'ordre de 8000 véhicules/Jour/sens avec un pourcentage de 35% en poids lourd.

Le tronçon est situé au PK 23+000 jusqu'au PK 32 +000, entre le PK27+000 à PK 28+000 le tracé passe par une zone à relief accidenté, après le terrain le terrain devient moins accidenté, bien que le relief devienne assez vallonné, le début de tracé passe par la ville de tafoughelt jusqu'à la ville de Draa-El-Mizan (il passe juste à côté du Barrage de Draa-El-Mizan), avec conception d'un échangeur au PK 23+000.

II.3.2 Objectif et utilité du projet

Une fois la pénétrante est achevée, il présentera plusieurs avantages tels que :

- Offrir un nouvel axe de développement et d'échange entre les deux Wilayas, Bouira et Tizi-Ouzou, et réduire ainsi considérablement les coûts de transport.
- Dynamiser l'activité économique régionale en reliant la willaya de Tizi-Ouzou à l'autoroute Est-Ouest avec un temps de parcours ne dépassant pas les 30mn.
- Soulager la RN12, principal axe de Tizi-Ouzou, en offrant un raccourci vers l'intérieur du pays et en augmentant son niveau de service.
- Permettre un gain de temps pour les usagers de l'actuelle RN25.

II.3.3 Répartition administrative du projet :

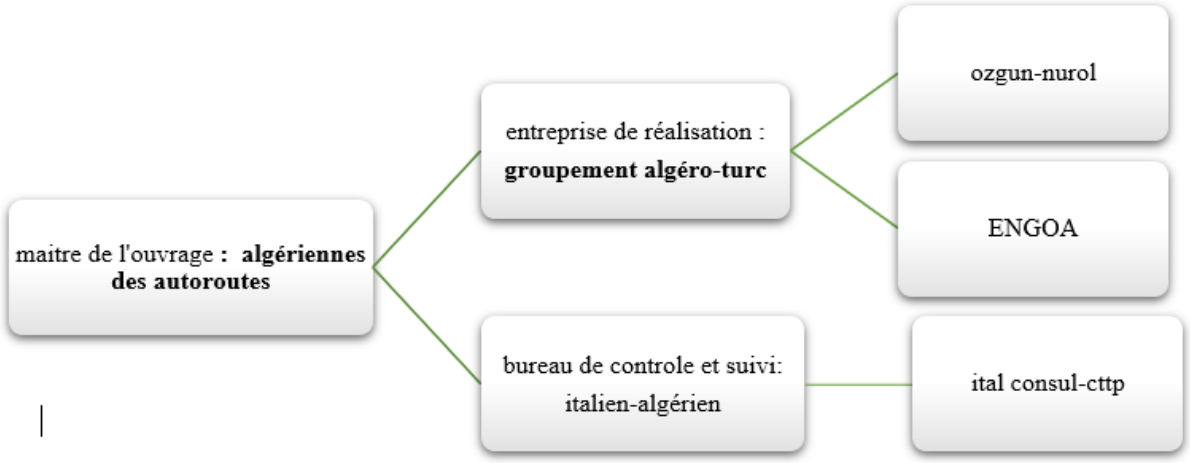


Figure II-4 Répartition administrative du projet

CHAPITRE III GÉOMORPHOLOGIE ET GEOLOGIE

III.1 GÉOMORPHOLOGIE DU TRAJET

Le projet de réalisation de la pénétrante reliant Tizi-Ouzou à l'autoroute est-ouest au niveau de Djebahia est situé dans le domaine interne du Tell. Cette zone appelée aussi socle kabyle ou Kabylide, est composée principalement de massifs cristallophylliens métamorphiques (gneiss, marbres, amphibolites, micaschistes et schistes) et d'un ensemble sédimentaire paléozoïque peu métamorphique.La partie Nord-Ouest est caractérisée par un relief très contrasté dominé par les hautes montagnes : Djebel Bouzegza (1032 m), Bordja (857 m) et Djebel Ahmed (740m).

Le tracé traverse une montagne formée des unités méta clastiques constituant la tranche tectonique de Kabylie. Ce passage est réalisé sur les flancs de la vallée coupant la montagne en direction N-S.

III.2 GEOLOGIE DE LA REGION

Géologie régionale :

Sur le plan géologique, la zone d'étude appartient au massif de la grande Kabylie, elle entoure les chaînes montagneuses du Djurdjura et des Bibans ; les terrains sédimentaires y prédominent ; ils sont d'âges Eocène, Miocène et Quaternaire, représentés par :

- Les dépôts néogènes qui sont représentés par les formations Miocènes et Eocènes d'argile marneuses, grès de Beni-Khalfon et Dra-El Mizane ;
- Les Argiles et les Quartzites Numidiens ;
- Les Argiles Helvétiennes du Miocène ;
- Marnes, Grés et calcaires à Numm-Aturicus de l'Eocène ;

  Les formations Quaternaires occupent généralement le fond des vallées. Elles sont représentées par des alluvions généralement anciennes très rarement actuelles ou marécageuses, des poudings, des grès et sables.

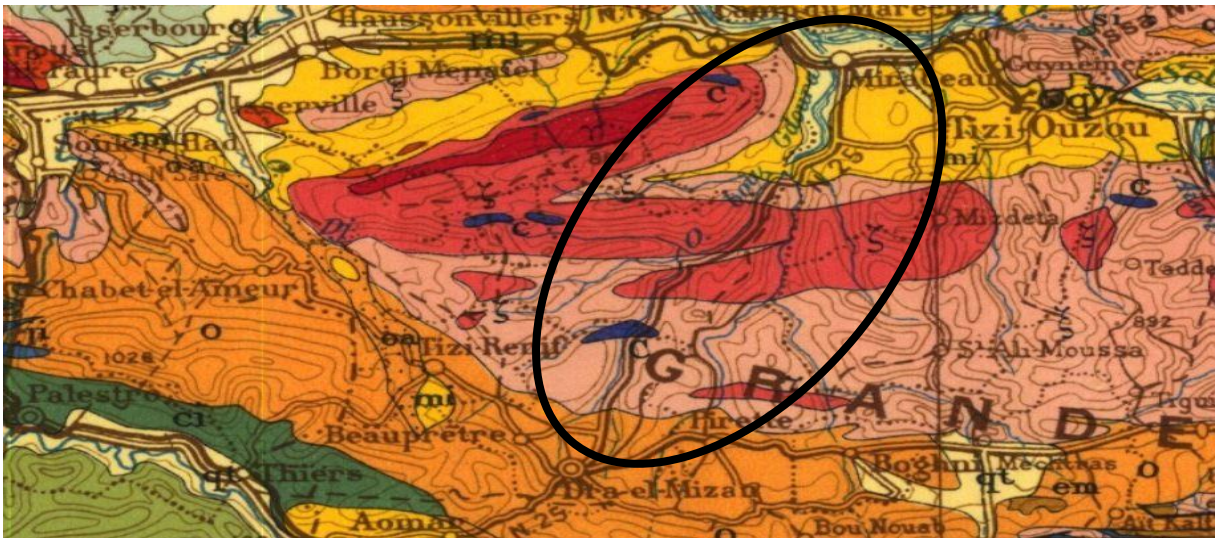


Figure III-1 Extrait de Carte géologique de la zone d'étude

CHAPITRE IV ETUDE DE TRAFIC

IV.1 INTRODUCTION

L'étude de trafic est un moyen important pour obtenir le trafic principal qui traverse un pays ou une région. C'est une partie importante des études de transports, et une méthode de base pour la conception du réseau routier. Ce concept repose en partie sur « la stratégie, la planification », basée sur la prévision du trafic routier, ce qui est important pour :

- Apprécier la valeur économique des projets.
- Estimer les coûts d'entretiens.
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

IV.2 DIFFERENTS TYPES DE TRAFIC

On distingue plusieurs types de trafics :

- Trafic normal ;
- Trafic dévié ;
- Trafic induit ;

D'après le comptage et l'enquête, le trafic est normal et dévié.

- **Le trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.
- **Le trafic dévié :** C'est le trafic attire vers la nouvelle route aménagée et empruntant, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.
- **Le trafic induit :** C'est le trafic qui résulte de : des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectue, et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancienne route ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.

IV.3 CALCUL DE CAPACITE

IV.3.1 Définition de la capacité

La capacité est le nombre des véhicules qui peuvent raisonnablement passer dans une direction de la route (ou deux directions) avec les caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminée, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

IV.3.2 Projection future du trafic

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

$$T_{JMAh} = T_{JMA} (1+\tau)^{n}$$

Avec :

- **TJMAh** : le trafic à l'année horizon.
- **TJMA** : le trafic à l'année de référence.
- **n** : nombre d'année.
- **τ** : taux d'accroissement du trafic (%).

IV.3.3 Calcul de trafic effectif

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (uvp), en fonction du type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (uvp). Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$T_{eff} = [(1-z) + p.z]\, T_{JMAh}$$

Avec :

- T_{eff} : trafic effectif à l'année horizon en (uvp).
- **Z** : pourcentage de poids lourd.
- **P** : coefficient d'équivalence pour les poids lourds.

Tableau IV-1 Coefficient d'équivalence des poids lourds (normes B40)

Classe d'Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite	3-6	6-12	16-24

IV.3.4 Débit de pointe horaire normal

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

$$Q = (1/n).\, T_{eff}$$

Avec :

- **Q** : débit de pointe horaire
- **1/n** : Coefficient de pointe en général 0.12
- **Teff** : trafic effectif

IV.3.5 Débit horaire admissible

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

Avec :

$$Q_{adm} = K1.K2.C_{th}$$

- **K1** : coefficient lié à l'environnement.
- **K2 :** coefficient de réduction de capacité.
- **Cth** : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Tableau IV-2 : Valeurs de coefficient K1 (normes B40)

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau IV-3 :Valeurs de coefficient K2 (normes B40)

Catégorie / Environnement	1	2	3	4	5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	**1.00**
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	**0.98**
E3	**0.91**	**0.95**	**0.97**	**0.96**	**0.96**

Tableau IV-4 Valeurs de la capacité théorique (normes B40)

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3,5 m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3,5 m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h

IV.3.6 Calcul du nombre de voies

IV.3.6.1 Cas d'une chaussée bidirectionnelle

On compare **Q** à **Qadm** et on opte pour le profil qui correspond la valeur de **Qadm** la plus proche à **Q**.

$$\mathbf{Qadm} \geq \mathbf{Q}.$$

IV.3.6.2 Cas d'une chaussée unidirectionnelle

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

$$\mathbf{S.Q/Qadm}$$

Avec :

Qadm : débit admissible par voie.

S : coefficient de dissymétrie, en général égale à 2/3.

IV.3.7 APPLICATION AU PROJET

Les données de trafic :

D'après les données du trafic qui nous ont été fournis par le maitre de l'ouvrage L'ADA :

- Le trafic à l'année 2012 $TJMA_{2012}$= 8000v/j (trafic dévié de la RN25).
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté i = 4 %.
- La vitesse de base sur le tracé Vb=110km/h.
- Le pourcentage de poids lourds Z=35%.
- L'année de mise en service sera en 2021.
- Le trafic à l'année de mise en service $TJMA_{2021}$= 11387 v/j.
- La durée de vie estimée de 20 ans.
- P=8 (route à bonnes caractéristiques & E3).
- K1=0.95 (environnement E3) ; K2=0.91 (environnement E3, catégorie C1).

Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2021) :

Pour le trafic prévisible en utilisant la formule suivante :

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

TJMA2021 = 8000× (1 + 0,04)^{9} = **11387 v/j.**

TJMA2O41 = 11387× (1 + 0,04)^{20} = 24951 v/j.

$TJMA_{2021}$= 11387 v/j.

$TJMA_{2O41}$=24951 v/j.

Calcul du trafic effectif :

Teff = [(1 – Z) + Z.P] ×TJMAh.

Teff2041= [(1 - 0.35) + 8×0.35] ×24951= **86081 uvp/j.**

$T_{eff2O41}$=86081 uvp/j.

Débit de pointe horaire normal :

Q_n = (1/n) × Teff n

Q2041 = 0.12×86081= 10330uvp/h

Q_{2041}=10330 uvp/h.

Calcul de débit admissible :

Qadm= K1. K2. Cth

Cth=2400 uvp/h d'après le B40.

Qadm=0.95×0.91×2400 = 2075 uvp/h

Q_{adm}=2075 uvp/h

Le nombre des voies :

N=S.Q/Qadm Avec : S=2/3

N = (2/3) × (10330/2075) = 3.31

N=3 voies/sens

IV.4 CONCLUSION

La route sera de type unidirectionnel à chaussée séparée de 2x3 voies

Tableau IV-5 Tableau récapitulatif

TJMA2O12 (v/j)	TJMA2O21 (v/j)	TJMA2O41 (v/j)	Teff2O41 (uvp/j)	Q2O41 (uvp/h)	N nombre devoies (par sens)
8000	11387	24951	86081	10330	3

CHAPITRE V ETUDE GEOMETRIQUE

V.1 INTRODUCTION

La route peut également assurer la connexion et la continuité du transports entre d'autres moyens de communication (maritime, aérien et ferroviaire)

La surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont :

- Tracé de son axe en situation ou en plan ;
- Tracé de cet axe en élévation ou profil en long ;
- Profil en travers.

V.2 TRACE EN PLAN

V.2.1 Introduction

Projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématise par des courbes de niveau. Les caractéristiques des éléments qui composent le tracé en plan doivent garantir le respect des conditions suivantes : Le confort et la stabilité sont directement donnés dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

Ce chapitre présente l'opération d'élaboration de tracé en plan du projet étudié.

V.2.2 Règles à respecter dans le tracé en plans

Les normes utilisées dans le projet sont résumées dans **l'ICTAAL 2015**

(Instructions sur les **C**onditions **T**echniques d'**A**ménagement des **A**utoroutes de **L**iaison**)**, 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 du nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques.

V.2.3 LES ÉLEMNTS 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

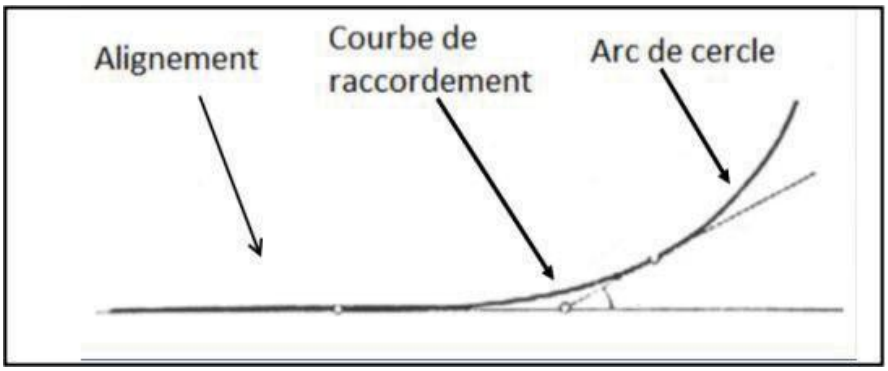


Figure IV.1 Eléments du tracé en plan

V.2.3.1Alignement

La longueur maximale Lmax est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

L_{min}=5 V (m/s)

L_{max}=60 V (m/s)

Lmin = 5 × (110/3.6) = 152.77m

Lmax = 60 × (110/3.6) = 1834 m

V.2.3.2 Arcs de cercle

- **Valeur des rayons :**

Les caractéristiques du tracé en plan telles que définies dans l'ICTAAL 2015 sont les suivantes :

Table V-1 Valeur minmales des rayons su trace en plan

Catégories	L2	L1
Rayon minimal R_m	400	**600**
Rayon minimal au dévers normal R_{dn}	**650**	**1000**

V.2.3.3 Les courbes de raccordement

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

V.2.4 Paramètres fondamentaux :

Dans le présent projet, la route à aménager sera adaptée pour une vitesse de référence de 110km/h qui correspond à la catégorie L2 selon la norme établie par l'ICTAAL 2015 « **I**nstruction sur les **C**onditions **T**echniques d'**A**ménagement des **A**utoroutes de **L**iaison ».

Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées de la norme ICTAAL 2015 :

Tableau V-2 Caractéristiques du tracé

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse de référence (km/h)	**V**r	**110**
Longueur minimal (m)	**L**min	**160**
Devers maximal (%)	**D**max	**7**
Devers minimal (%)	**D**min	**2.5**
Rayon minimal (m)	**R**m	**400**
Rayon divers normal (m)	**Rnd**	**650**

V.2.5 Calcul d'axe (voir le listing dans l'annexe A)

Le calcul de l'axe consiste à déterminer tous les points de l'axe en exprimant des coordonnées ou des directions dans un système de coordonnées fixe. Ce calcul est effectué à partir d'un point fixe avec des coordonnées connues, et les étapes suivantes doivent être suivies **:**

- Calcul des gisements.
- Calcul des angles entre les alignements.
- Calcul de la tangente T.
- Calcul de la corde polaire SL
- Calcul de l'angle polaire τ
- Vérification de non-chevauchement,
- Calcul de l'arc en cercle,

- Calcul des coordonnées de points particuliers,
- Calcul de kilométrage des points particuliers.

V.2.5.1Détermination pratique de tracé en plan

Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détailler au moins un calcul d'une liaison de l'axe à l'aide du **Manuel de Projet de Routes**.

Table V-3 Coordonnées des sommets à calculer

V_B=110Km/h	X (m)	Y (m)	R (m)
P0	574551.763	4046888.814	**500**
P1	574094.145	4046125.994	
P2	**572325.146**	**4046281.225**	

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

- **Calcul du paramètre A** :

  On sait que $\mathbf{A^2 = L \times R}$

- **Détermination de L :**

  On a **R=500<1,5 Rdn(=975m)**

Alors la longueur du clothoïde est supérieure ou égale à la plus grande des deux valeurs

14|Dd| et R/9

Telle que :

Dd est la différence des pentes transversales (en %} des éléments du tracé raccordés.

R=500m donne 1 = 5.2%

L= Max $\begin{cases} L1 = 14\ |\Delta\delta| = |\delta 1 - \delta 0| \\ L2 = R/9 \end{cases}$

Avec : $\delta 0$ Représente la pente transversale initiale $\delta 0 = -2.5\%$

L= Max $\begin{cases} L1 = 14|5.2+2.5| = 108\text{m} \\ L2 = 500/9 = 55.555\text{m} \end{cases}$

Donc on prend : LS=108 m

⟹ Le paramètre A = $\sqrt{L \times R}$ = 232.379 m

On a : $\frac{R}{3} \leq A \leq R$

Donc : 166.67 m ≤ 268.328 m ≤ 500 m

Condition de confort optique vérifié.

- **Calcul de la distance**
  - Distance P_0P_1

$\Delta X_{p0}^{p1} = X_{p1} - X_{p0}$ = 574094.145-574551.763= **-457.61 m**

$\Delta Y_{p0}^{p1} = Y_{p1} - Y_{p0}$ 4046125.99 − 4046888.81= **-762.82 m**

$P_0P_1 = \sqrt{\Delta X_{p0}^{p1\,2} + \Delta Y_{p0}^{p1\,2}} = \sqrt{(-457.61)^2 + (-762.82)^2}$= **889.56 m**

  - Distance P_1P_2

$\Delta X_{p1}^{p2} = X_{p2} - X_{p1}$ = 572325.147-574094.145 = **-1769 m**

ΔY_{p1}^{p2}= Y_{p2}-Y_{p1} = 4046281.23-4046125.99 = **155.23 m**

$P_1P_2=\sqrt{\Delta X_{p1}^{p2\,2} + \Delta Y_{p1}^{p2\,2}}=\sqrt{(-1769)^2 + (155.23\ )^2}$= **1775.80 m**

- **Calcul des Gissements**
  - Gisment P_0P_1

G_{p0}^{p1} = 200 + $\tan^{-1}(\frac{\Delta X_{p0}^{p1}}{\Delta Y_{p0}^{p1}})$ = 200 + $\tan^{-1}(\frac{-457.61}{-762.82})$ = 234.4 gr

  - Gisement P_1P_2

G_{p1}^{p2} = 200 + $\tan^{-1}(\frac{\Delta X_{p1}^{p2}}{\Delta Y_{p1}^{p2}})$ = 200 + $\tan^{-1}(\frac{-1769}{-155.23})$ = 305.57 gr

- **Calcul de l'angle γ :**

γ = | G_{p0}^{p1}-G_{p0}^{p1} | = |234.4-305.57| = 71.17 gr

- **Calcul de l'angle τ :**

$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{108}{2\times500} \times \frac{200}{\pi}$ = 6.88 gr

- **Calcul de la tangente T :**

T = XM + (R + ΔR) × tan $(\frac{\gamma}{2})$

Xm: Abscisse du centre de cercle . Xm = $\frac{L}{2} = \frac{108}{2}$ = 54 m

ΔR: Ripage. $\Delta R = \frac{L^2}{24\times R} = \frac{108^2}{24\times500} = 0.972$ **m**

T = 54 + (500 + 0.972) × tan $(\frac{64.06}{2})$ = **367.41 m**

- **Calcul de la distance P_0K_{A1} :**

$\mathbf{P_0K_{A1}} = P_0P_1 - T = 889.56 - 367.41 = 522.15\ \boldsymbol{m}$.

- **Calcul de la corde SL :**

$\mathbf{SL} = \sqrt{XKE^2 + YKE^2}$

Tel que :

XKE = L = 108 ($\boldsymbol{m}$) ; La longueur de clothoïde.

YKE $= \frac{\boldsymbol{L^2}}{\boldsymbol{6\times R}} = \frac{\mathbf{108^2}}{\mathbf{6\times 500}} = \mathbf{3.88}\ (\boldsymbol{m})$

$\mathbf{SL} = \sqrt{108^2 + 3.88^2} = 108.07 = 108\ m$

- **Calcul de l'angle polaire σ :**

$\sigma = \tan{-1}(\frac{YKE}{XKE}) = \tan^{-1}\left(\frac{3.88}{108}\right) = 2.06\ gr$

- **Vérification de non chevauchement :**

$\tau = 6.88\ \boldsymbol{gr}$; $\frac{\boldsymbol{\gamma}}{\mathbf{2}} = \frac{\mathbf{71.17}}{\mathbf{2}} = \mathbf{35.59}\ \boldsymbol{gr}$

$\tau < \frac{\boldsymbol{\gamma}}{\mathbf{2}}$ condtions de non chevauchemnt verifié.

- **Calcul du α :**

$\alpha = \gamma - 2\tau = 71.17 - 2 \times 6.88 = 57.41$ gr .

- **Calcul de la longueur d'arc :**

KE1KE2 $= \frac{\pi R\alpha}{200} = \frac{\pi\times 500\times 57.41}{200} = 450.98\ m$

V.3 PROFIL EN LONG

V.3.1 Introduction

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive. Il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne. Le profil en long est toujours composé de droites raccordées par des cercles. On rapporte dans ce chapitre les conditions et les normes à respecter pour l'élaboration du profil en long.

V.3.2 Règles à respecter dans le tracé du profil en long

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long,
- 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.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.

V.3.3 Normes géométriques adoptées

D'après le règlement de la norme **ICTAAL 2015,** on définit les paramètres suivants :

Tableau V-4 valeurs limites des paramètres du profil en long

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse de base (Km/h)	**VB**	110
Déclivité maximale (%)	**Imax**	6
Déclivité minimale (%)	**Imin**	0.5
Rayon minimal en angle Saillant (m)	**Rm**	6000
Rayon minimal en angle Rentrant (m)	**Rm**	3000

V.3.4 Raccordements en profil en long

Le changement des déclivités constitue des points particuliers au niveau du profil en long. A cet effet, 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 deux types de raccordement :

V.3.4.1 Raccordements concaves (angle saillant)

La conception doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

Le rayon minimal en angle saillant : **6000 m**.

V.3.4.2Raccordements convexes (angle rentrant)

Le rayon minimal en angle rentrant : **3000 m**.

V.3.5 DECLIVITES

V.3.5.1Déclivité minimum

Dans les zones où le terrain est plat, la pente d'une route ne doit être au-dessus de 0,5% et de préférences 1% si possible afin d'assurer un écoulement aussi rapide des eaux des pluies le long de la route au bord de la chaussé.

V.3.5.2Déclivité maximum

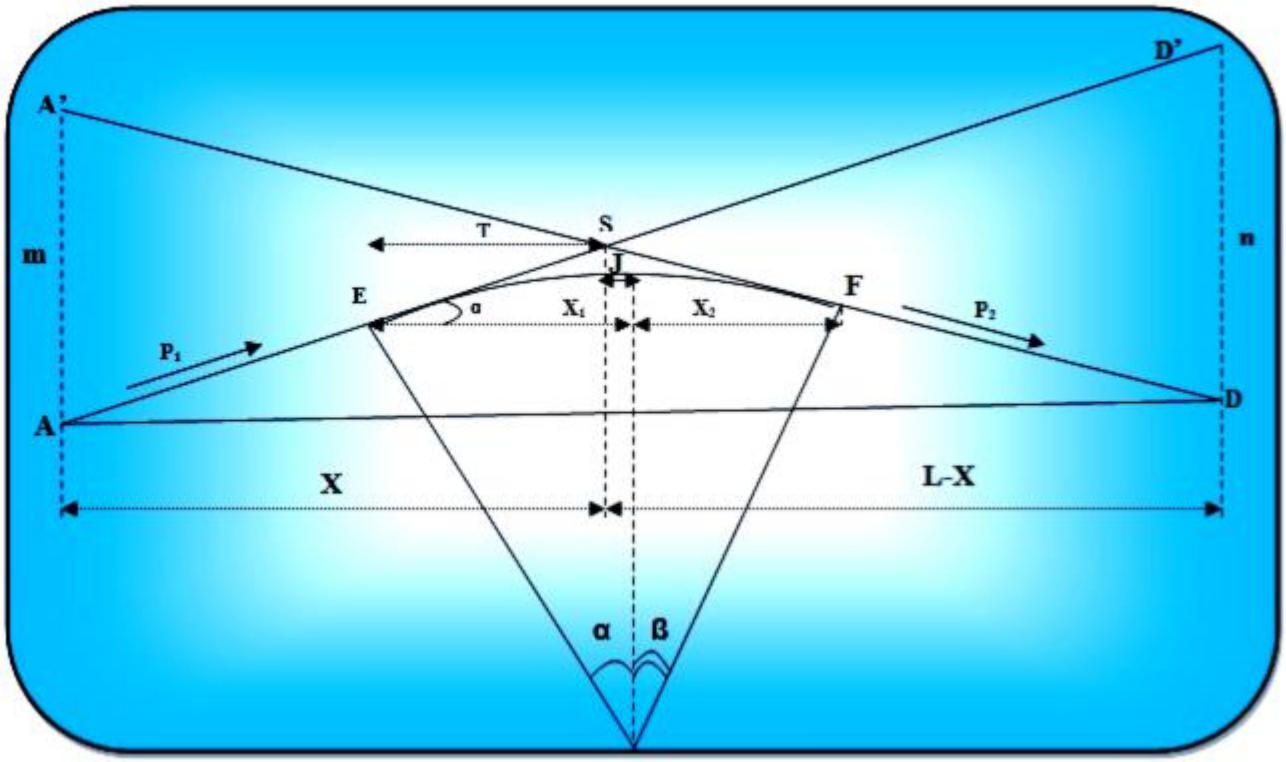
La déclivité maximale dépend de :

- Condition d'adhérence.
- Vitesse minimum de PL
- Condition économique

Elle doit être inférieure à une valeur maximale associée au nouveau de service « selon l'ICTTAL 2015, environnement E3, catégorie L2 déclivité maximale

$$I_{max} = 6\ \%.$$

V.3.6 Détermination pratique du profil en long (voir le listing dans l'annexe)



Détermination de la position du point de rencontre (s) :

$$Z_{A'} = Z_A + L.P_2 \quad , \quad m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_{D'} = Z_D + L.P_1 \quad , \quad n = Z_{D'} - Z_D$$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc :

$$\frac{m}{n} = \frac{x}{l-x} \rightarrow x = \frac{mL}{m+n}$$

Coordoones de point S :

$$\begin{cases} X_S = X_A + X \\ Z_S = Z_A + X.P1 \end{cases}$$

XA=000.00m XB=610.810m P1=1.21%

ZA=253.794 m ZB=252.312m P2=-2.71%

R=7000m **L=610.81m**

ZA'=ZB+LP2=252.312+610.81*0.0271=268.865m

ZB'=ZA+LP1=253.794+610.81*0.0121=261.18m

V.3.6.1Calcul de la tangente :

- T=(R/2)×(P1-P2)
- T=(7000/2)×(0.0121+0.0271) **=137.2 m**

V.3.6.2Calcul des coordonnées de sommet (s) :

M=Za'-Za=15.071m

N=Zb'-Zb=8.868m

$$Xs = \frac{mL}{m+n} = \frac{15.071 * 610.81}{15.071 + 8.868} = 384.54m$$

Zs=Za+P1*Xs=253.794+0.0121*384.54=**258.447m**

V.3.6.3Calcul des coordonnées des points de tangentes :

Point E :

X_E=Xs-T=384.54-137.2=**247.34m**

Z_E=Zs-T*P1=258.447-137.2*0.0121=**256.787m**

Point F :

X_F=Xs+T=384.54+137.2=**521.74m**

Z_F=Zs-T*P2=258.447-137.2*0.0271=**254.729m**

V.3.6.4Calcul de la longueur de raccordement

L=2×T =2×137.2=**274.4 m**

V.3.6.5Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J) :

XJ/E=R×P1=**84.7 m**

XJ/F=R×P2=**189.7m**

Vérification: XJ/C+XJ/D=2T ⟶ 84.7+189.7=2*137.2 ⟶ 274.4=274.4

$Z_{J/E}=Z_E+X_{J/E}\times P1-(X_{j/F}{}^2/2R)$=256.787+84.7*0.0121-(189.7^2/2*7000)=**255.24m**

Ou $Z_{J/F}=Z_F+X_{J/F}\times P2-(X_{j/F}{}^2/2R)$=254.729+189.7*0.0271-(189.7^2/2*7000)=**255.24m**

Xj=Xs+ XJ/E =384.54+84.7=**472.24m.**

V.4 PROFIL EN TRAVERS

V.4.1 Introduction :

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

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

Les profils en travers permettent de calculer les paramètres suivants :

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

V.4.2 Diffèrent type de profil en travers

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

- **Profil en travers type du projet :**

  Apres l'adaptation du projet à la norme ICTAAL, les éléments du profil en travers type du projet seront comme suit :

  - Deux chaussées de trois (03) voies de **3.5 m** de largeur pour chacune
  - Un terre-plein central de **3 m** comprenant :
    - Bande dérasée gauche de **1 m**.
    - Bande médiane de **2 m**.
  - Accotement de 4 m comprenant :
    - Une Bande d'Arrêt d'Urgence de **3 m** (Pl >2000).
    - Une berme **1m**.
  - Pente de talus :
    - Remblais : **2V/3H**
    - Déblais : **2V/3H**
  - Pente de la chaussée **2.5%**
  - Pente maximale (pour R=Rm=400m) **7%**
  - Pente de terre-plein central
    - Bande dérasé gauche BDG **2.5%**
    - **B**erme extérieure **8%**

  La largeur totale de la plateforme de route et égale à **32m**.

V.5 CUBATURE

V.5.1 Introduction

Les cubatures de terrassement 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

V.5.1.1 Méthode de calcule des cubatures (méthode de GULDEN)

Dans cette méthode, les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée. Pour obtenir les volumes et les surfaces, ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné. Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée. Si on utilise la méthode de Gulden, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens.

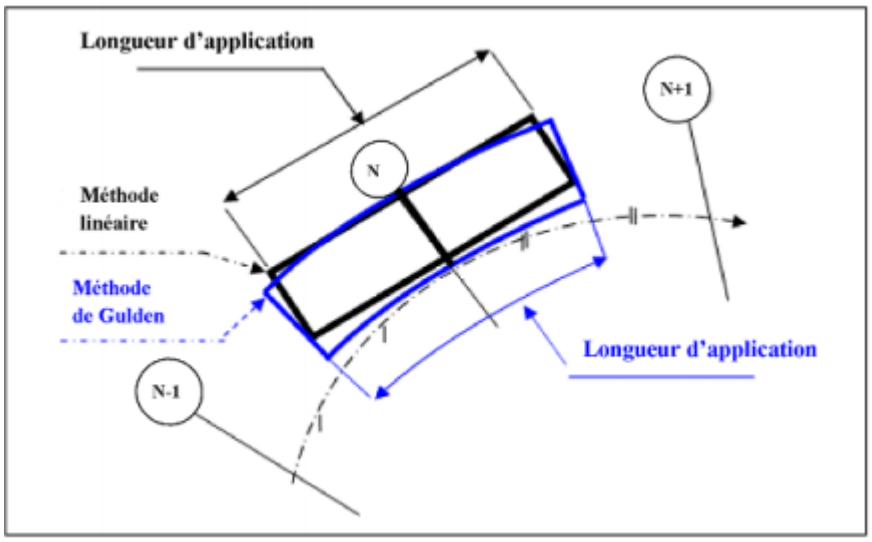


Figure V-1 Description de la méthode Gulden.

V.5.2 Application au projet

Le calcul est effectué à l'aide du logiciel **CIVIL 3D 2019** et les résultats obtenus sont joints en annexes. Ce que l'on peut retenir de ces résultats c'est que :

- Le volume des déblais : Vd = 5,334,705.31 m^3
- Le volume des remblais : Vr = 1,064,217.21 m^3

CHAPITRE VI ETUDE GEOTECHNIQUE

VI.1 INTRDUCTION

La qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation, pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes ces charges pendant toute sa durée de vie.

L'exécution de chaque projet routier doit être précédée par une reconnaissance des terrains traversés. Dans cette étape de l'étude, on s'intéresse aux caractéristiques physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de la chaussée.

Pour cela, une campagne de puits doit être faite pour déterminer les caractéristiques de ce sol.

VI.2 OBJECTIFS PRINCIPAUX D'UNE ETUDE GEOTECHNIQUE

- Au stade des études, de bien définir le projet : optimisation du mouvement des terres, dimensionnement du corps de chaussée, choix des matériaux, etc.
- Au stade de l'exécution, de réaliser les travaux avec le minimum d'aléas possibles : choix des moyens et des matériels adaptés à la nature des sols rencontrés, assurer la sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais, choix de méthode d'exécution.

VI.3 LES MOYENS DE RECONNAISSANCE

- L'étude des archives et documents existants
- Les visites sur site.
- Les essais insitu et Les essais au laboratoire.

VI.3.1 L'étude des archives et documents existants

Les cartes géologiques et géotechniques de la région apportent une compréhension sommaire pour avoir une première idée sur la nature de terrains traversés.

VI.3.2 Les visites sur site

Les visites permettent à comprendre d'une manière détaillée les différents aspects à étudier, de vérifier les informations des documents cités.

Une visite de site se prépare c'est à dire au préalable lire les carte, APS et études antérieures, relever les points sensibles du projet.

VI.3.3 Les essais in situ et Les essais au laboratoire

VI.3.3.1 Diffèrent essais (in situ)

- Les Forages.
- Les méthodes géophysiques.
  - Prospection sismique.

- Prospection électrique.

➢ Les essais de pénétration.

- Pénétromètre dynamique

VI.3.3.2 Les forages

C'est le seul moyen précis pour reconnaitre l'épaisseur et la nature des couches de sols en présence. On y prélève généralement des échantillons de sols remaniés ou intacts pour le besoin d'essai de laboratoire. Les forages permettent aussi de reconnaitre le niveau des nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à l'aide de tubes piézométriques.

VI.3.3.3 Les essais de pénétration

Le principe consiste à enfoncer dans le sol un train de tiges muni d'une pointe de pénétration, les différents types sont :

- La pénétration statique
- Le pénétromètre dynamique
- La standard pénétration test ou SPT

3.3.4. Les essais de laboratoire

Tableau VI-1Différents essais de laboratoire

Les essais	objectifs
• **Analyse granulométrique.**	Classification des sols
• **Limites d'Atterberg.**	Séparation des états de sol(liquide ,plastique,)
• **Essai proctor**	Déterminer la teneur en eau optimal
• **Teneur en eau et densité**	Déterminations Les paramètres mécanique Pour étude stabilisation des Remblais et déblais
• **Valeur au Blue**	Mesurer la capacité des éléments fins
• **Essais CBR**	évaluer la portance du sol
• **Essai de compression.**	Etude tassement des sols
• **Essai odomètre**	évaluer l'amplitude de tassement des ouvrages ainsi que son évolution dans le temps
• **Essai de cisaillement a la boite**	obtenir les paramètres (C ; $\varphi\varphi$) pour traiter les problèmes d'instabilités

• **Essai micro-deval**	apprécier la résistance à l'usure

VI.4 CONDITION D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS

Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension Ø> 80mm.
- Matériaux plastique IP >20% ou organique.
- Matériaux gélifs.
- On évite les sols à forte teneur en argile.

Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface sur laquelle ils seront exécutés. Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

VI.5 PROGRAMME GEOTECHNIQUE

VI.5.1 Consistance des investigations géotechniques

Le programme géotechnique consiste à l'exécution des investigations suivantes

- Investigations in situ (puits, sondages carottés, essais pénétrométriques et pressiométrique, avec installation des piézomètres …)

- Prélèvements des échantillons intacts et remaniées.
- Réalisation des essais de laboratoire (essais d'identifications, essais mécaniques) sur chaque couche de terrain.

Il doit permettre de

- Définition de la classe de portance de la plate-forme.
- Préciser les conditions hydrogéologiques du site (niveau de la nappe).
- Déterminer les conditions de stabilité et les pentes des déblais/remblais à adopter.
- Classer les matériaux rencontrés et leurs conditions de réemploi en remblais et en couche de Forme/réglage en sens de la classification GTR.
- La définition d'un système de fondation adéquat des ouvrages d'arts en fonction des éléments géotechniques obtenus.

Le programme d'investigation géotechnique de la pénétrante est scindé en trois lots

- Lot route
- Lot ouvrages

- Lot Recherche de matériaux

❖ **Légendes des essais in situ**

- PR : puit de reconnaissance avec prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.
- SC : sondage carotté et prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.
- PZ : essai piézométrique
- SPT : essai au pénétromètre dynamique jusqu'au refus
- PSM : Pressiomètre (une (01) mesure tout les deux (02) m)

❖ **Essais au laboratoire**

- E1 : Essais d'identification (Gh,IP et Wnat)
- E2 : Proctor modifié
- E3 : CBR
- E4 : Résistance à la compression simple
- E5 : Analyses chimiques (PH, Sulfates, Chlorures et Carbonates)
- E6 : Densité apparente.
- E7 : cisaillement rectiligne.
- E8 : odomètre

Essais	Lot **Route**	Lot ouvrage d'art	Lot Recherche de matériaux
Essais in-situ	Puits de reconnaissance	Sondages carottés et essais SPT -essais pressiométriques - essais pénétrométrique piézomètrd	- Sondage carottés - Puits de reconnaissance
Essais en laboratoire	Essais physique sur Sol/roche Essais mécaniques sur Sol/roche Essais chimiques sur sol	Essais physique sur Sol/roche Essais mécaniques sur Sol/roche Essais chimiques sur sol	Essais physique sur Sol/roche Essais mécaniques sur Sol/roche Essais chimiques sur sol /Roche

Le tableau VI-2 résume les essais réalisés dans chaque

Tableau VI-2 Consistance des investigation géotechniques

VI.5.2 Lot route

Des sondages sont préconisés pour chaque remblai et déblai donc il s'agit de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et mécaniques en place afin de vérifier

- La capacité du sol en place à supporter des grands remblais ;
- La stabilité des talus des grands déblais ;
- La possibilité de réutilisation des matériaux en remblai ;
- La capacité portante du sol pour le dimensionnement du corps de chaussée.

VI.5.2.1 SECTIONS EN DEBLAIS

Tableau VI-3 investigation géotechnique "Déblai"

PK	Hauteur Moy (m)	Essais géotechniques			
		Essais in situ	Prof. (m)	Essais au laboratoire	nbr
23+125	28	• 01 PR	6	• E1, E2 , E3 , E4, E5	02X5
		• 01 SC, 01 PZ	30	• E1, E6, E7	04X3
23+510	18	• 01 PR	6	• E1, E2 , E3 , E4, E5	02X5
		• 01 SC, 01 PZ	20	• E1, E6, E7	03X3
24+060	30	• 01 PR	6	• E1, E2 , E3 , E4, E5	02X5
		• 01 SC, 01 PZ	30	• E1, E6, E7	04X3
24+580	38	• 01 PR	6	• E1, E2 , E3 , E4, E5	02X5
		• 01 SC, 01 PZ	40	• E1, E6, E7	04X3
26+150	22	• 01 PR	6	• E1, E2 , E3 , E4, E5	02X5
		• 01 SC, 01 PZ	25	• E1, E6, E7	02X3
26+480	20	• 01 PR	6	• E1, E2 , E3 , E4, E5	02X5
		• 01 SC, 01 PZ	30	E1, E6, E7	04X3
27+660	40	• 01 PR	6	• E1, E2 , E3 , E4, E5	02X5
		• 01 SC, 01 PZ	40	• E1, E6, E7	04X3
28+825	12	• 01 PR	6	• E1, E2 , E3 , E4, E5	02X5
		• 01 SC, 01 PZ	15	• E1, E6, E7	03X3
29+430	8	• 01 PR	6	• E1, E2 , E3 , E4, E5	02X5
30+270	14	• 01 SC, 01 PZ	10	• E1, E6, E7	03X3
30+270	14	• 01 PR	6	• E1, E2 , E3 , E4, E5	02X5
		• 01 SC, 01 PZ	15	E1, E6, E7	03X3

32+000	4	• 01 PR	6	• E1, E2 , E3 , E4, E5	02X5

VI.5.2.2 SECTIONS EN REMBLAI

Tableau VI-4 investigation géotechnique "Remblai"

PK	Hauteur moy (m)	Essais géotechniques			
		Essais in situ	Prof.	Essais au laboratoire	Nbr.
23+300	9	• 01 PR, 01 SPT, 01 PZ	6	• E1, E6, E7, E8	02X4
27+330	7	• 01 PR, 01 SPT, 01 PZ	6	• E1, E6, E7, E8	02X4
28+130	20	• 01 PR, 01 SPT, 01 PZ	6	• E1, E6, E7, E8	02X4
29+550	3	• 01 PR, 01 SPT, 01 PZ	6	• E1, E6, E7, E8	02X4
29+815	4	• 01 PR, 01 SPT, 01 PZ	6	• E1, E6, E7, E8	02X4
30+600	7	• 01 PR, 01 SPT, 01 PZ	6	• E1, E6, E7, E8	02X4
31+080	8	• 01 PR, 01 SPT, 01 PZ	6	• E1, E6, E7, E8	02X4
31+220	10	• 01 PR, 01 SPT, 01 PZ	6	• E1, E6, E7, E8	02X4
31+525	11	• 01 PR, 01 SPT, 01 PZ	6	• E1, E6, E7, E8	02X4

VI.5.3 Lot Ouvrage

Tableau VI-5 investigation géotechnique "lot ouvrage d'art"

Ouvrage d'art	PK	Long. (m)	Essais géotechniques			
			Essais in situ	Prof.	Essais au laboratoire	Nbr.
Viaduc 1	**23+650 Au 23+950**	**300**	• 03 SC, 03 SPT, 01 PSM	**15**	• E1, E5, E6, E7, E8	5x09
Passage inferieur (cc)	**24+080**		• 01 SC, 01 SPT, 01 PSM		• E1, E6, E7, E8	4x03
Viaduc 2	**24+170 Au 24+417**	**230**	• 04 SC, 04 SPT, 01 PSM	**15**	• E1, E5, E6, E7, E8	5x12

Viaduc 3	**24+720 Au 25+975**	**1250**	• 10 SC, 10 SPT, 01 PSM	**15**	• E1, E5, E6, E7, E8	5x30
Viaduc 4	**26+700 au 27+030**	**330**	• 04 SC, 04 SPT, 01 PSM	**15**	• E1, E5, E6, E7, E8	5x12
Viaduc 5	28+980 au 29+350	**350**	• 04 SC, 04 SPT, 01 PSM	**15**	• E1, E5, E6, E7, E8	5x12
Passage inferieur	**29+700**		• 01 SC, 01 SPT, 01 PSM		• E1, E6, E7, E8	4x03
Passage inferieur (c.c)	**31+400**		• 01 SC, 01 SPT, 01 PSM		• E1, E6, E7, E8	4x03

VI.5.4 Lot Recherche de matériaux

Le projet à l'étude nécessite beaucoup de terrassement, y compris le remblayage, et en phase de travail, les matériaux qui seront utilisés doivent répondre aux spécifications et normes de construction des routes et autoroutes, à savoir la propreté, la stabilité,la dureté… etc.

Le laboratoire en charge de l'exécution du programme géotechnique prendre en charge aussi la recherche et la prospection des gites a matériaux avoisinants le projet sur un rayon moyen de 50 kms

Pour le besoin des essais d'identification et des essais mécanique, des puits de reconnaissances et des carottes seront forées et échantillonnées pour chaque gite retenue

Les essais aux laboratoires préconisés :

- Essais d'identification (Granulométrie, sédimentométrie, Limites d'Atterberg, teneur en eau naturelle, densité apparente et valeur au bleu) ;
- Essais mécaniques (Proctor modifié, CBR, Cisaillement rectiligne et essai de résistance à la compression simple) ;
- Essais chimiques (PH, Sulfates, Chlorures et Carbonates).

Tableau VI-6 programme géotechnique pour chaque gite retenue

Essai géotechnique		
Essais in situ	Profondeur	**Essais au laboratoire**
• Puit de reconnqissqnce et prelevement d'un échantillon paraffiné par couche	6	Essais d'identification (Gh,IP, Vb et Wnat). Proctor modifié. CBR. Analyses chimiques (PH, Sulfates,

		Chlorures et Carbonates).
• Sondage .carrottées et prelevements des echantillons paraffinés Par couche	15	Essais d'identification (Gh,IP, et Wnat). Densité apparente. Cisaillement rectiligne. Résistance à la compression simple.

VI.5.5 CONCLUSION

Ce programme peut changer d'emplacement, S'il y a des obstacles sur le site.
Ce programme d'investigation n'a pas été réalisé, mais on a les données géotechniques de l'entreprise pour faire une adaptation avec la compagne géotechnique.
Notre programme géotechnique a pour objectif :

- ✓ Connaitre l'état des surfaces et les caractéristiques géotechniques intrinsèques de chaque unité géologique.
- ✓ Compréhension et description des conditions lithologiques Et la géo mécanique des sols et roches rencontrés,

Les investigations in situ et de laboratoire doivent conduire à la reconnaissance et à la détermination de class et portance de sol support, types de fondation et types de sols rencontré au droit des ouvrage d'art et la détermination des pentes de terrassement et leur stabilité.

VI.6 CAMPAGNE GEOTECHNIQUE

VI.6.1 Exploration

Pour lot route et ouvrage d'art, 68 sondages de recherche de sol au total sont achevés par l'entrepreneur l'association ÖZGÜN-NUROL. Des essais pressiométriques et SPT in-situ sont effectués simultanément avec les sondages de recherche achevés.

Tableau VI-7 programme de reconnaissance géotechnique (essai in situ partie 1)

BH NO	KM	TYPE	Profondeur(m)	Elévation(m)	Pressionmetre	SPT
SC117	23+117	Déblai	35.00	299		X
SC119	23+380	Route	25.00	271	X	X
SC181	23+385	Remblai	20.00	235		X
SC41	23+892	Via13	46.50	250	X	X
SC-V14-C1	24+333	Déblai	15.00	247	X	X
SC-V14-P1	24+357	Via14	30.00	242	X	X
SC44	24+480	Via14	20.00	259		X

SC125	24+597	Déblai	20.00	292		
SC47	25+105	Via15	19.50	-	X	X
SC48	25+253	*	20.00	-	X	X
SC50	26+768	Via16	20.40	261	X	X
SC51	26+916	Via16	20.00	244	X	X

Tableau VI-8 programme de reconnaissance géotechnique (essai in situ partie2)

RECONNAISANCE	TYPE	PK	PROFONDEUR(m)	TRONÇON
SC 16	SONDAGE CAROTTÉ	27+960	45,00	DÉBLAI
P 66	PUITS	28+200	2,70	DÉBLAI
SCP 150	SONDAGE CAROTTÉ	28+610	20,00	REMBLAI
SCP 15(6)	SONDAGE CAROTTÉ ET PRESSIOMETRE	29+600	35,00	VIADUC V17
SCP 139	SONDAGE CAROTTÉ ET PRESSIOMETRE	30+120	30,00	REMBLAI
P 68	PUITS	30+200	3,20	DÉBLAI
P 69	PUITS	30+600	0,60	DÉBLAI
P 70	PUITS	30+980	3,20	REMBLAI
SCP 141	SONDAGE CAROTTÉ ET PRESSIOMETRE	31+500	30,00	REMBLAI

VI.6.1.1 Résultat des essais insitu :

Tableau VI-9 les résultats de l'essai carottage partie 1

Sondage n° :	Profondeur	Module pressiométrique	Pression limite :	E/Pl(bars)	Observation
Sondage n° : SCP-119	20	E= 1242,40 bars	PL = 61,77 bars	20.11	Sol très compacté
SCP V13 P1	30	E = 202,27 bars	PL = 38,25 bars	5.28	Sol médiocre
Sondage n° : SC-V15-P02	13	E= 1351,71 bars	PL = 64,58 bars	20.93	Sol très compacté
Sondage n° : SC-V16-C2	22.3	E = 1113.2 bars	PL = 51.00 bars	21.82	Sol très compacté
Sondage n° : SC-16 (2)	22	E = 201,54 bars	PL = 51.3 bars	3.9	Sol médiocre

Tableau VI-10 les résultats des essais carottage partie2

Sondage	PK	Prof. (m)	Ep (bars)	Pl (bars)	Ep/Pl	OBS
SCP-16(2)	27+680	2,00	12,71	2,61	4,87	Sol mediocre
SCP-16(2)	27+680	4,00	16,46	2,08	7,91	Sol précompacter
SCP-15(2)	29+240	5,00	175,35	14,79	11,86	Sol très compacter
SCP-15(2)	29+240	20,00	159,74	22,24	7,18	Sol précompacter
SCP-15(5)	29+430	5,50	319,58	16,75	19,08	Sol très compacter
SCP-15(6)	29+590	5,00	269,44	20,65	13,05	Sol très compacter
SCP-139	30+115	5,00	220,84	30,87	7,15	Sol précompacter
SCP-139	30+115	15,00	1533,38	46,08	33,28	Sol trés compacter
SCP-141	31+490	5,00	231,93	26,91	8,62	Sol précompacter
SCP-53(2)	32+720	5,00	718,93	44,16	16,28	Sol très compacter

VI.6.1.2 Interprétation des essais pressiométriques

La pression limite de notre sol et inférieure à 45 bars en générale pour les couches superficiel et semi profond et le rapport de module pressiométrique avec la pression limite (E/Pl) et presque inferieure a 20 pour la couche de faible profondeur donc notre sol se considère de pré compacter de faible capacité portante.

VI.6.2 Essais de laboratoire

Tous les échantillons prélevés dans les sondages et les puits de reconnaissance durant la campagne de reconnaissance, ont été transportés au niveau du laboratoire. Les essais ont été exécutés sur des échantillons intacts ou remaniés, ont subi des analyses pour une identification Physico-chimique, et la détermination des caractéristiques mécaniques du sol étudié.

VI.6.2.1 Résultats des essais au laboratoire

Les résultats des essais de laboratoire pour les échantillons prélevés des sondages carottés et des puits de reconnaissance (Analyse granulométrique, Limites d'ATTERBERG, Détermination de la teneur en eau, Masses volumiques)

- **Essais physiques**

- **Légende :**

W : teneur en eau

γh : Densité humide.

γd : Densité sèche.

Sr : Degré de saturation

γs **:** masse volumique de sol

Tableau VI-11: Résultats de l'essai physique au laboratoire

Sondage	Profondeur (m)	W (%)	γd (t/m3)	γh (t/m3)	SR (%)	γs (t/m3)
SC-14	00,50-01,20	11,12	1,90	2,11	74,65	2,45
	14,40-14,75	19,67	1,75	2,10	100,00	
SC-15	0,75-1,00	13,09	2,22	1,96	98,54	
	5,20-5,50	5,95	2,18	2,06	55,05	2,55
SC-16	03.00-03.45	12,36	1,82	2,05	71,82	
	09.00-09.30	13,91	2	2,28	100,00	
SC-53	02.50 - 02.80	20,47	1,69	2,04	95,49	2,37
	17.50 - 17.70	11,59	2,01	2,24	96,46	2,4
SC-54	02.00 - 02.30	26,38	1,54	1,95	96,99	
	13.36 - 13.70	15,14	1,91	2,2	100,00	
SC-55	03.00 - 03.45	5,12				
	08.40 - 08.70	12,65	1,9	2,14	84,92	
SC-16(2)	2,55-2,82	16,66	1,85	2,16	100,00	2,25
	13,68-14,00	11,28	1,96	2,18	84,91	
SC-150	2,60-3,00	11,16	1,97	2,20	85,68	
	14,20-14,60	15,38	1,88	2,17	99,51	
SC-139	2,70-3,00	17,05	1,88	2,20	100	
	6,60-6,80	20,86	1,54	1,86	76,69	
SC-141	10,70-11,05	23,01	1,59	1,96	91,46	
	19,00-19,35	24,28	1,61	2,01	99,61	
SC-144	4,22-4,42	21,35	1,83	2,22		
SC-145	2,58-2,85	10,74	2,27	2,52		
SC-147	5,40-5,75	13,12	1,83	2,07	77,59	
	32,00-34,00	1,08	2,50	2,53	47,70	
SC-149	2,55-2,85	36,34	1,58	2,16	100	
	25,80-26,00	7,29	2,19	2,19	91,97	

- **Granulométrie par tamisage**

- **Légende :**

% < 2 mm : Pourcentage des passants inférieur à 2 mm ;

% < 80 µ Pourcentage des passants inférieur à 80 µ.

- **Limite d'Atterberge :**

- **Légende :**

WL : Limite de liquidité ;

WP : Limite de plasticité ;

IP : Indice de plasticité

Tableau VI-12: Résultats de l'essai Granulométrie par tamisage

Sondage	Prof. (m)	Limites d'Atterberg			Granulométries			VBS	Class GTR	OBS
		WL (%)	WP (%)	IP (%)	< 2 mm (%)	< 80µ (%)	< 2 µm			
SC-14	00,50-01,20	33	11	22	75	47,4		0,86	A2	Sol argileuse peu plastique
SC-15	0,75-1,00	41	18	23	74,09	44,39		1,11	A2	Sol argileuse peu plastique
	5,20-5,50	33	17	16	56,58	34,34		0,53	B5	Sol argileuse peu plastique
SC-16	03.00-03.45	38	21	17	76,72	52,89			A2	Sol argileuse peu plastique
SC-53	02.50- 02.80	42	18	24	89,97	51,38		3,12	A 2	Sol argileuse moy plastique
	17.50- 17.70	33	19	14	97,3	53,14		2,97	A 2	Sol argileuse peu plastique
SC-54	02.00- 02.30	52	23	29	99,24	70,92		4,00	A 3	Sol argileuse tres plastique

Sondage	Prof. (m)	Limites d'Atterberg			Granulométrique				
		WL (%)	WP (%)	IP (%)	< 2 mm(%)	< 80µ (%)	Vbs	Class	Nature
SC-45	09.33- 09.61	45	13	32	99,55	65,03			Sol moy plastique
	13.36 - 13.70	46	19	27	99,15	58,3	2,75	A3	Sol moy plastique
SC-55	03.00 - 03.45	45	14	31	93,82	79,9	2,91	A3	Sol argileuse moy plastique
	08.40 - 08.70	34	12	22	98,05	56,81	3,00	A2	Sol argileuse peu plastique
SC-150	2,60-3,00	35	13	22	52,01	32,02		B6	Sol argileuse peu plastique
SC-139	2,70-3,00	44	20	24	99,96	92,66		A2	Sol argileuse moy plastique
SCP-144	4,22-4,42	29	14	15	72,19		8,00		Sol argileuse peu plastique
	8,30-8,55	27,6	14	13,6	62,55		8,00		Sol argileuse peu plastique
SC-147	5,40-5,75	33,00	15,00	18	81,80	61,60		A2	Sol argileuse peu plastique

VI.6.3 CONCLUSION

Les essais géotechniques nous ont permis de connaitre les caractéristiques intrinsèques pour la classification GTR, en effet nous avons obtenu des sols entre Ai et Bi, la classification de casa - grande nous a donné des sols généralement varient entre peu a moyennement plastique et parfois très plastique, l'état hydrique est entre moyen et faible humide.

VI.7 Validité des résultats de la campagne géotechnique pour les exploiter dans le projet :

Apres avoir consulté la compagne géotechnique réalisée par l'entreprise et fait une comparaison avec nôtre programme proposer, on peut constater que les résultats de programme réel de projet sont applicables pour le présent.

CHAPITRE VII
DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

VII.1 INTRODUCTION

Le dimensionnement du corps de chaussée s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction des paramètres fondamentaux suivants :

- Le trafic.
- L'environnement de la route (le climat essentiellement).
- Le sol support.

VII.2 METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES

Les données de bases pour le dimensionnement de chaussée sont :

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

VII.2.1 Les données climatiques

La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site D'après le catalogue, le site de projet est classé en zone I.

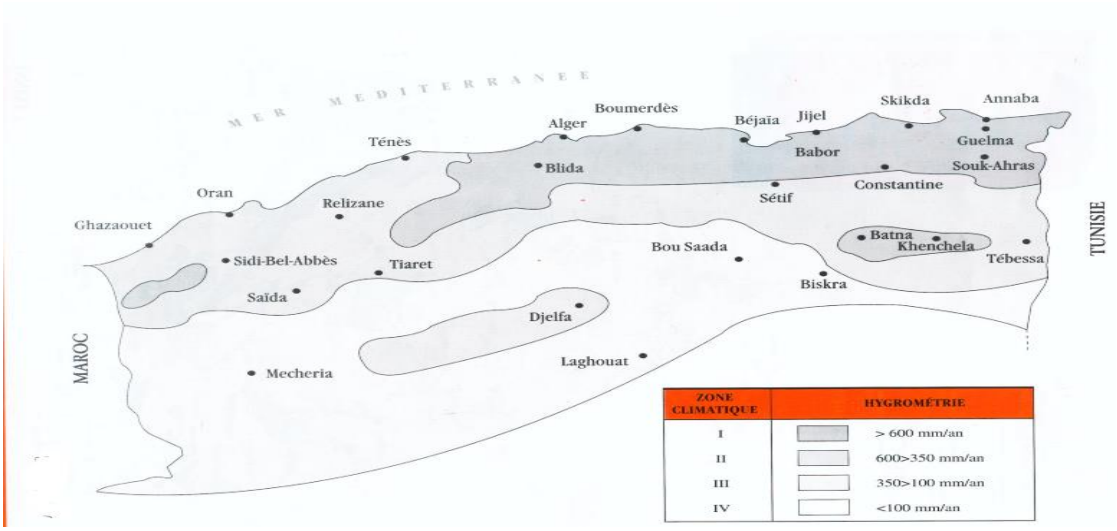


Figure VII-1: carte climatique de l'algerie

Donc on prend une température équivalente égale à 20°C, comme montré dans le tableau VII-1 :

Table VII-2 Choix des températures équivalentes

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

VII.2.2 Le trafic

VII.2.2.1 Détermination du type de réseau principal

Les réseaux routiers dans la méthode du catalogue des structures sont scindés en deux classes en fonction de l'importance du trafic ;

- Réseau principal 1
-Réseau principal 2.

D'après le catalogue on a la classification suivante :

TJMA2021=11387(V/j/sens)>1500(V/j)

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

VII.2.2.2 Détermination de la classe de trafic (TPLi)

TPLi est déterminé à partir du trafic de poids lourds PL par jour par sens sur la voie la plus chargée de l'année de mise en service.

On a un TJMA à l'année mise en service :

TJMA2021 = 11387 v / j.

On adopte une valeur de 80 % du trafic PL empruntant la voie lente de droite.

TPL_{2021}= 11387* 0.35 =3986 PL/j

$TPL_{2021surVPC}$ = 3986 x 0,80 = 3190 PL/j/sens sur VPC

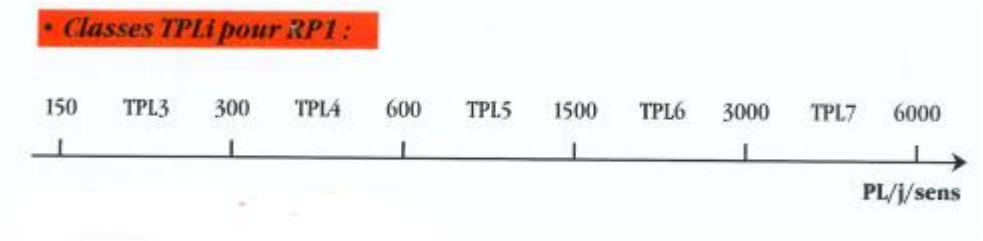


Figure VII-2 : Détermination de la classe du trafic

Donc d'après le catalogue, le trafic poids lourd est classé en **TPL7**

VII.2.2.3 Le trafic cumulé du poids lourd (TCi)

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

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

Avec :

i : taux d'accroissement géométrique (i=0.04%).

N : durée de vie considérer (n=20ans)

Donc :

$$TCi = 3190 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20}-1}{0.04} = \mathbf{34.7 \times 10^6}$$

VII.2.2.4 Le trafic cumulé équivalent (TCEi)

Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalent de 13 tonnes sur la durée de vie considérée. TCEi = TCi× A

A : coefficient d'agressivité du poids lourd par rapport à l'essieu de référence de13 tonnes, en fonction du réseau principal RPi.

A=0.6 (Tableau 11-page 17-fascicule02 du catalogue)

Donc : **$TCEi_{2041}$ = $34.7\times10^6\times0,6 = 20.82\times10^6$ ESS-13t**

VII.2.3 Détermination de la portance du sol-support de chaussée

VII.2.3.1 Présentation des classes de portance des sols

Le tableau VII-3 regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0. Cette classification sera également utilisée pour les sols-supports de chaussée.

Table VII-4 les classes de portance des sols

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

VII.2.3.2 Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement

Les valeurs des modules indiquées sur le tableau VII-5, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante : E (MPA) = 5.CBR.

Table VII-6 classe de portance de sol support

Classe sol support	S3	S2	S1	S0
CBR	25-50	50-125	125-200	>200

E (MPA) = 5 × 5.5 = **27.5 (MPA)**

25<27.5≤50 ⇨ la classe de portance de sol support est de classe **S3**.

VII.2.3.3 Sur classement des sols support de chaussée

Le cas de sol de faible portance (S3 en RP1) est rencontré, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptables, la portance visée pour le projet est S1.

Le tableau donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser

Table VII-7 Sur classement avec couche de forme en matériau non traité

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de couche de forme	Classe de portance visée (Sj)
S3	Matériaux non traités	70 cm (en 2couches)	S1

VII.2.4 Choix de dimensionnement et de matériaux

Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique I, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement moyen (4%), portance de sol (S3) et une classe de trafic (TPL7) ,Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds). On utilise des matériaux traités au Bitume (MTB) et nous adopterons une structure GB/GB, le catalogue Algérien (fascicule 3) propose la structure suivante.

- Couche de roulement : BB « béton bitumineux » =8 cm.
- Couche de base : GB «grave bitume » =12cm.
- Couche de fondation : GB « grave bitume » =13 cm.
- Couche de forme : TUF «Tout venant des oueds» =70cm

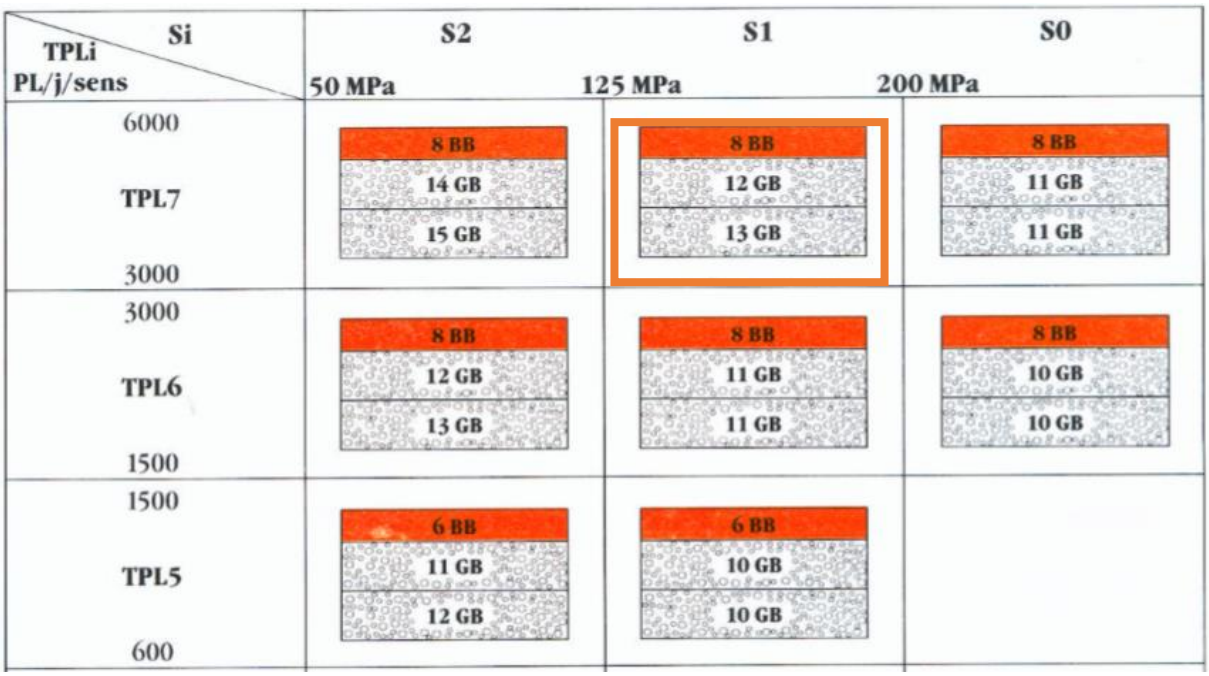


Figure VII-3:structure d chausses (fasicule3)

VII.2.5 Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support

Il faudra vérifier que εt et εz calculées à l'aide de logiciel Alizé, sont inférieurs aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement à εt_{adm} et εz_{adm}.

εt: étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

εz: (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.

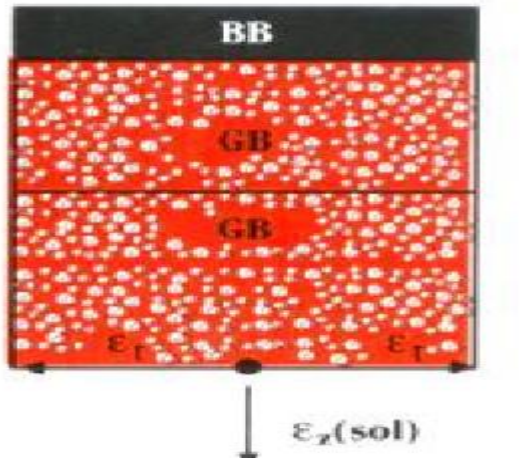


Figure VII-4: déformation du sol support

VII.2.5.1 Calcul de la déformation admissible (εz, adm) du sol support

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

$$\boldsymbol{\varepsilon_z}, adm = 22 \times 10^{-3} \times (TCEi)^{-0.235}$$

Application numérique :

$$\boldsymbol{\varepsilon_z}, adm = 22 \times 10^{-3} \times (20.82 \times 10^{6})^{-0.235} = 4.2 \times 10^{-4}$$

Donc :

$$\boldsymbol{\varepsilon_z, adm = 4.2 \times 10^{-4} = 420 \mu def}$$

VII.2.5.2 Calcul de la déformation admissible de traction εt, adm

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

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10°c, 25Hz) \times kne \times k\theta \times kr \times kc$$

δ: La dispersion / $\delta = \sqrt{Sn^2 + (\frac{c}{b} Sh)^2}$

SN: dispersion sur la loi de fatigue.

Sh : dispersion sur les épaisseurs.

C: coefficient égal à 0.02.

t : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté (r%)

Alors d'après le tableau 13 page18 du Catalogue de dimensionnement des Chaussées Neuves et les tableaux ci-dessus on résume les paramètres suivants :

θeq = température équivalente (θeq = 20 c°) => E (20°,10HZ)=7000 MPa.

- Classe de trafic (TPL7).

- Risque adopté pour le réseau RP1et la classe du trafic TPL5 (r%=2).

- C: coefficient égal 0.02

- t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté donc(t = -2.054).

$\delta = \sqrt{0.45^2 + (-0.02 \times 6.84 \times 3)^2}$=0.61

Donc :

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10°c, 25Hz) \times \left(\frac{\text{TCEi}}{10^6}\right)^{\text{b}} \times \sqrt{\frac{E(10°c)}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-\text{tb}\delta} \times kc$$

$$\varepsilon_{t,adm} = 100 \times 10^6 \times \left(\frac{20.82 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{7000}} \times 10^{-2.054 \times 0.146 \times 0.61} \times 1.3$$

$$\boldsymbol{\varepsilon_{t,adm} = 0.73 \times 10^{-4} = 73\mu def}$$

VII.2.6 Calcul par le logiciel alizé III

ALIZE III est un logiciel de dimensionnement du corps de chaussée, il met en œuvre la méthode rationnelle du dimensionnement d'une structure de chaussée. Il a été développé par le LCPC et le SETRA.

Le calcul est donné par la figure VII-5:

épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.080	4000.0	0.350	0.000	40.4	0.328	25.0	0.660
	collé		0.080	15.3	0.257	69.2	0.569
0.120	7000.0	0.350	0.080	15.3	0.417	31.2	0.569
	collé		0.200	-18.0	-0.084	34.5	0.199
0.130	7000.0	0.350	0.200	-18.0	-0.084	34.5	0.199
	collé		0.330	-71.2	-0.692	66.8	0.024
0.350	125.0	0.250	0.330	-71.2	-0.003	198.4	0.024
	collé		0.680	-52.7	-0.005	106.1	0.011
0.350	125.0	0.250	0.680	-52.7	-0.005	106.1	0.011
	collé		1.030	-73.7	-0.010	85.7	0.006
infini	27.5	0.250	1.030	-73.7	-0.001	218.3	0.006

Figure VII-6: Résultats écran-Alize III

VII.2.7 Comparaison des résultats

Tableau VII-8 comparaison des résultats

Déformation admissible calculée	Déformation calculée par ALIZE	interprétation
$\varepsilon_{z,adm} = 4.2 \times 10^{-4} = 420\mu def$	$\varepsilon_z = 2.18 \times 10^{-4} = 218.3\mu def$	vérifier √
$\varepsilon_{t,adm} = 0.73 \times 10^{-4} = 73\mu def$	$\varepsilon_t = 0.71 \times 10^{-4} = 71.2\mu def$	Vérifier √

VII.3 METHODE DE CATALOGUE DES STRUCTURES ETABLIT PAR SETRA ET LCPC

VII.3.1 Détermination de la catégorie de la voie

Notre projet est une autoroute de liaisons donc c'est une voie de réseau structurante notés VRS avec une durée de vie de 30 ans

Classe de trafic		TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8
Durée de dimensionnement initiale	VRS				30 ans			
	VRNS				20 ans			
Risque (%)	Chaussées souples et bitumineuses	30	18	10	5	2	1	1
	Assises traitées et chaussées béton	12,5	10	7,5	5	2,5	1	1
	Fondation des structures mixtes	50	35	20	10	3	2	1

Figure VII-7: Valeur des paramètres de calcul

VII.3.2 Détermination de la classe de trafic

La donnée de trafic prise en compte est une classe de trafic poids lourds cumulé.

La définition du poids lourd est la suivante : Véhicule de plus de 35 kN de poids total autorisé en charge (PTAC).

Pour la répartition de trafic c'est une chaussée unidirectionnelle à 3 voies : 80% du trafic poids lourd sur la voie de droite et 20% sur la voie médiane.

VII.3.3 Calcul du nombre cumulé de poids lourds sur la voie la plus chargée :

Le calcul du nombre de poids lourds cumulé TCi_{30} se fait à l'aide de la relation suivante :

$TCi_{20/30}$= 365xTxC avec

T : trafic poids lourd MJA a l'année de mise en service sur la voie la plus chargée

$C = d + t \times d \times \frac{d-1}{2}$ Avec

d : durée de dimensionnement initiale de la chaussée

t : taux de croissance linéaire annuelle du trafic lourd/100

Soit T_{2021} le trafic poids lourd par jour en 2021 sur la voie la plus chargée.

d =30ans ; t=0,35

Dans le cas d'une VRS avec une chaussée unidirectionnelle à 3 voies, 80% du trafic lourd circule sur la voie de droite, on a donc :

T2021= 0,8 x 11387 x 0,35 = 3190 PL/jour/sens

Soit NPL1 nombre de poids lourds cumulé entre 2021 et 2051

NPL1 = 365×3190× [d + t × d × (d-1)/2]

= 365 ×3190 × [30 + 0,35×30 × (30-1)/2]

= 212 202 788 PL

Tableau VII-1 Bornes supérieures des classes de trafic cumulé pour les VRS de guide sétra (exprimées en millions de PL)

VRS	$TC1_{30}$	$TC2_{30}$	$TC3_{30}$	$TC4_{30}$	$TC5_{30}$	$TC6_{30}$	$TC7_{30}$	$TC8_{30}$
	0,5	1	3	6	14	38	94	

Donc :

Le trafic est de classe de **$TC8_{30}$**

VII.3.4 Détermination de la classe de plate-forme

Tableau VII-2:Classe de portance de la plate-forme support(guide sétra)

Classe de portance	PF1	PF2	PF3	PF4
Module (MPa)	20	50	120	200

Pour notre cas :

E=5*CBR=5*5.5=27.5MPA donc notre sol est de classe PF1

VII.3.5 Classes de plate-forme prescrites

La réalisation de plates-formes PF1 n'est plus autorisée sur le réseau routier national.

Le niveau de portance minimal à obtenir à long terme est modulé en fonction du type de route et du trafic selon les indications du tableau suivant :

Tableau VII-3:Classes de plate-forme minimales de support de

Classe de trafic	VRS	VRNS
TC7 et TC8	≥ PF3	≥ PF3
TC6	≥ PF3	≥PF2
≤ TC5	≥PF2	≥PF2

Donc La portance minimale pour un trafic de TC8 **est de PF3 ou plus.**

VII.3.6 Epaisseurs ces couches d'assise dans les structures :

D’après la classification de guide GTR, la classe de notre sol varie entre Ai et de Bi

(Sol sensible à l'eau de faible portance qui augmente après la mise en place d'une couche de forme) donc d'après le guide on peut déterminer la classe de PST et la classe de l'arase : on se situe en PST3 et AR2 (existence de dispositif de drainage).

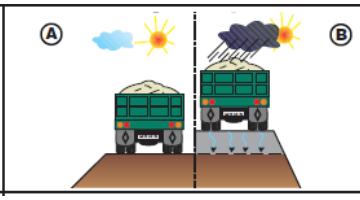
P.S.T. n°3		**Sols** Mêmes matériaux que dans le cas de PST 2. **Contexte** PST en matériaux sensibles à l'eau, de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme Ⓐ mais pouvant chuter à long terme sous l'action de l'infiltration des eaux pluviales Ⓑ.	AR1	En l'absence de mesures de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arase, même situation que celle décrite dans le cas PST 2
			AR2	Classement en AR2 si des dispositions constructives de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arase permettent d'évacuer les eaux et d'éviter leur infiltration dans la PST.

Figure VII-8: dif cas de possibilité de PST (guide GTR)

On admettre un sur classement avec un matériau non traité selon le document de stéra comme suivant :

Table VII-9 Conditions de sur classement de portance des PF avec CDF non traitée (cas de PST n° 2 ou plus)

Matériau de la couche de forme	Classe de l'arase	Epaisseur de matériau de couche de forme (en m)	Plate-forme obtenue
B31, C1B31, C2B31, D21, D31, R21, R41,	AR1	0,80 **	PF3
R61, C1B11*, C2B11*, R11*, R42*, R62*	AR2	0,50	PF3

Donc l'épaisseur de couche de forme est de **50cm** avec les matériaux de classe indiqués dans le tableau, soit un matériau de GNT.

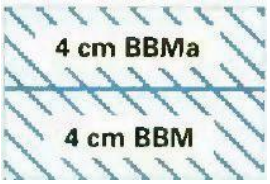
VII.3.7 CHOIX DE STRUCTURE :

- Couche de surface (CS) :

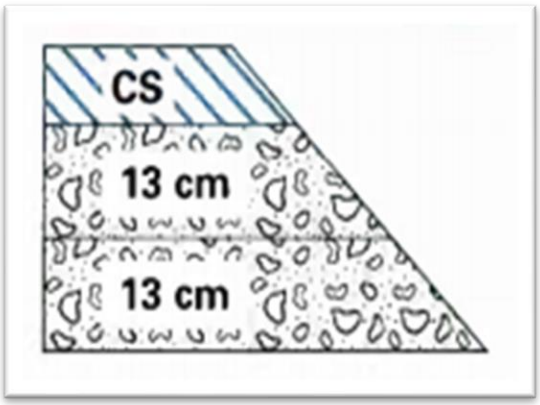
On recommande la combinaison suivante :

BBMa : béton bitumineux mince classe A.

BBM : béton bitumineux mince.



- Couche de surface
- Couche de base (EME classe2)
- **Couche de fondation (EME classe2)**



Résumé : l'application des deux méthodes nous donne les résultats suivants

METHODE	STRUCTURE
Catalogue des structures.	**8BB+12GB+13GB+70TUF**
Catalogue de sétra/lcpc	**4BBMA+4BBM+13EME(2)+13EME(2)+50GNT**

VII.4 CONCLUSION

La méthode du catalogue est une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue et aussi sur l'expérience des autres pays.

SETRA-LCPC est la méthode la plus résistante à l'orniérage, la moins épaisse et la plus économique aux matériaux. Alors on propose de l'appliquer pour les raisons suivantes :

- trafic de poids lourd très importants (35%).

- Un meilleur comportement à l'agressivité des charges.

- Augmentation de la longévité (durée de vie) de la route.

- La réduction des couts de l'entretien.

La compétence de l'entreprise de réalisation (entreprise étrangère).

Donc la structure retenue est :

4BBMA+4BBM+13EME(2) +13EME(2) +50GNT

CHAPITRE VIII ETUDE HYDRAULIQUE ET ASSAINISSEMENT

VIII.1 INTRODUCTION

L'évacuation des eaux pluviales est l'une des préoccupations fondamentales dans le domainedes routes, car la présence d'eau au niveau de la chaussée cause plusieurs inconvénients telles que : inondation, glissement de terrain, érosion, instabilité des talus et dégradation de chaussée.

L'Assainissement est l'ensemble des dispositions pris pour évacuer l'eau loin de la route.

VIII.2 HYDROLOGIE

L'Étude Hydrologique constitue le processus d'obtention des débits de crue pour les différents éléments de drainage projetés.

Pour cette étude, on souligne l'importance des bassins versants, la pluviométrie et les caractéristiques du terrain.

VIII.2.1.1 Etude des bassins versants

Le bassin versant est un secteur géographique limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux, où la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale d'une façon naturelle une canalisation en un point considérer.

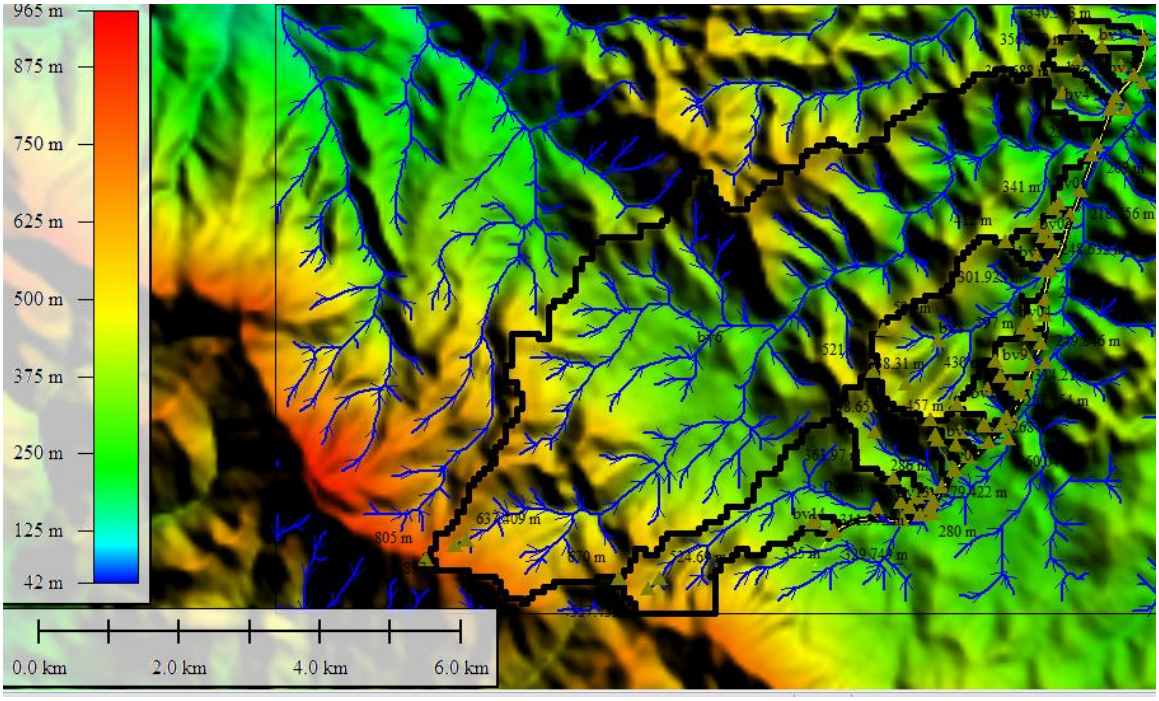


Figure VIII-1 Délimitation des bassins versants par Globale Mapper

VIII.2.1.2 La pente moyenne du thalweg

La pente du thalweg est exprimée par le rapport suivant :

Avec :

$$I = (H_{max} - H_{min}) / l_{c.e}$$

- Hmax : altitude maximale (m).
- Hmin : altitude minimale (m).
- l : longueur du thalweg (km).

Tableau VIII-1 Caractéristiques principales des bassins versants

n° BV	PK	A (km²)	P (km)	L (m)	Hmax	Hmin	Hmax-Hmin (m)	Hmoy	I (m/m)
1	23+271	0.2851	2.661	565	340.5	260	80.5	300.25	0.14
2	23+860	0.1896	2.158	225.6	294.8	230	64.8	262.4	0.29
3	24+195	0.4707	4.031	759.5	356.16	252	104.16	304.08	0.14
4	24+405	0.536	3.935	825.8	349.89	244	105.89	296.95	0.13
5	24+977	29.827	37.595	12672	694.8	209	485.8	451.9	0.04
6	25+630	0.2298	2.442	368	310	218	92	264	0.25
7	26+207	0.1255	1.623	311	314	263	51	288.5	0.16
8	26+421	0.0515	1.244	176	309	270	39	289.5	0.22
9	26+850	0.2495	2.649	323	302	248	54	275	0.17
10	26+869	3.469	10.847	2227	398.65	250	148.65	324.325	0.07
11	27+321	0.1	1.432	240	394.63	307	87.63	350.815	0.37
12	27+920	0.058	1.12	194.4	372	312.5	59.5	342.25	0.31
13	28+177	0.293	2.386	171.7	314.2	273	41.2	293.6	0.24
14	28+535	0.11	1.719	200	360	297	63	328.5	0.32
15	29+068	0.419	3.408	507.4	330.1	262	68.1	296.05	0.13
16	29+527	0.3047	2.924	454	360.4	284	76.4	322.2	0.17
17	29+892	0.078	1.38	250	354.6	298.6	56	326.6	0.22
18	30+167	0.1128	1.83	483.7	407.15	305.6	101.55	356.375	0.21
19	30+465	1.413	8.313	1760	414.9	286	128.9	350.45	0.07
20	30+710	0.0289	0.8275	161.7	300	282	18	291	0.11
21	30+829	0.139	2.317	239	312	280	32	296	0.13
22	31+162	0.035	1.271	198.4	320.9	289	31.9	304.95	0.16
23	31+230	0.0557	1.154	258	337.84	292.4	45.44	315.12	0.18
24	31+510	3.939	14.428	4006.5	557.6	292	265.6	424.8	0.07

VIII.2.2 Temps de concentration

Les temps de concentration sont fonction de la superficie et de la pente des bassins versants.

- Formule de « VENTURA » pour les bassins inférieur à 5 km²

$$tc = 0.127\sqrt{\frac{A}{I}}$$

- Formule de « GIANDOTTI » pour les bassins de superficie supérieure à 25 km²

$$tc = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

Avec :

tc : Temps de concentration en heures

A : Superficie du bassin versant en km^2

L : Longueur du thalweg du bassin versant en km

H : Hauteur moyenne du bassin versant par rapport à l'exutoire (en m)

I : Pente moyenne du thalweg principal du bassin versant en m/m

VIII.2.3 Pluviométrie et intensités de précipitation

Pour le calcul des intensités de précipitation pour les différentes périodes de retour étudiées, on a obtenu les courbes IDF (intensité – durée – fréquence) des stations pluviométriques proches à la pénétrante autoroutière reliant la ville de Tizi-Ouzou à l'autoroute est-ouest. Les données ont été fournies par l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) du Ministère des Ressources en Eau.

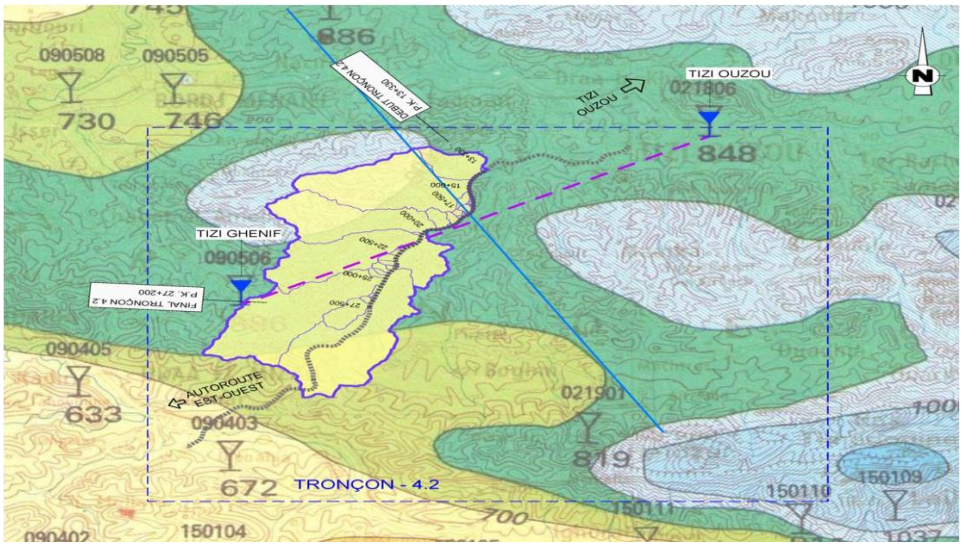


Figure VIII-2 station 090506 Tizi Ghenif

Dans ce tronçon est la de la suivante station pluviométrique :

- Courbe IDF de la station 090506 Tizi Ghenif

$$I(t,T) = \frac{a(T)}{t^b} \qquad \textbf{;b: 0,59}$$

Tableau VIII-2 Valeur de coefficient a en fonction de T periode de retour

T	2	5	10	20	50	100
a(T)	19.5	26.3	30.8	35.2	40.8	45

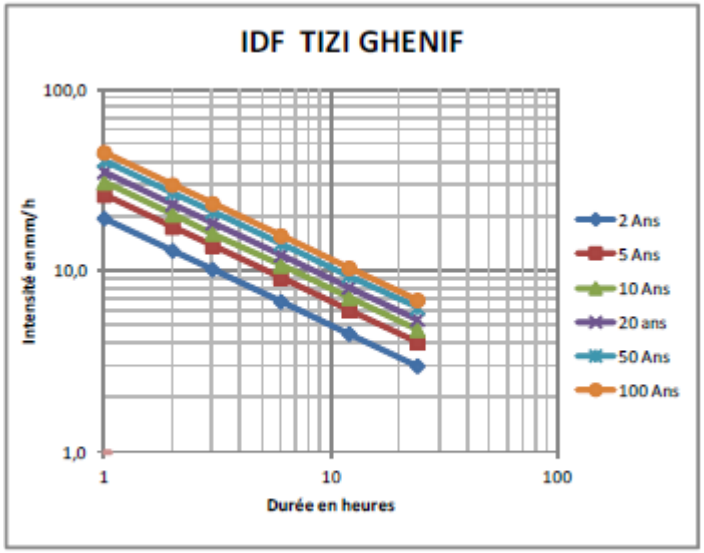


Figure VIII-3 courbe Intensité-Durée-Fréquence

VIII.2.4 La période de retour

Nous allons adopter une période de retour de 100 ans selon les recommandations du guide technique de l'assainissement routier de **SETRA** (**S**ervice d'**E**tudes sur les **T**ransports, les **R**oute**s** et leurs **A**ménagements)

VIII.2.5 Le coefficient de ruissellement

La méthode du SETRA établit le coefficient de ruissellement pur une période de retour T=10 ans selon les caractéristiques du terrain : couverture végétale, pente et géologie. En fonction de ces caractéristiques les valeurs du coefficient de ruissellement sont recueillis dabs le tableau VIII-3.

Tableau VIII-4 Coefficient de ruissellement d'après le guide d'assainissement routière SETRA pour T=10ans

Couverture végétale	Morphologie	Pente	Terrain Sable grossier	Terrain limoneux	Terrain argileux
Bois	**Presque plat**	0-5	0.1	0.3	0.4
	Ondulé	5-10	0.25	0.35	0.5
	Montagne	10-30	0.3	0.5	0.6
Pâturage	**Presque plat**	0-5	0.1	0.3	0.4
	Ondulé	5-10	0.15	0.36	0.55
	Montagne	10-30	0.22	0.42	0.6
Culture	**Presque plat**	0-5	0.3	0.5	0.6
	Ondulé	5-10	0.4	0.6	0.7
	Montagne	10-30	0.52	0.72	0.82

VIII.2.5.1 Variabilité du coefficient de ruissellement

La variabilité du coefficient de ruissellement est fonction de la rétention initiale Po du BV :

- *Pour $C_{10} < 0{,}8$ on a* $P_0 = \left(1 - \frac{C_{10}}{0.8}\right) \times P_{10}$

P0 en mm et P10= hauteur de la pluie journalière décennale en mm

La précipitation quotidienne maximale (Pd) est estimée comme la pluie correspondant à une intensité pour une durée de 24 h selon la courbe IDF.

- *Si C(10) ≥ 0,8, on admettra généralement :*

$$P0 = 0 \text{ et } CT = C10$$

Coefficient de ruissellement* CT pour une période de retour* T > 10 ans

$$C_T = \left(1 - \frac{P_0}{P_T}\right) \times 0.8$$

P(T) = pluie journalière de période de retour T

VIII.2.6 Calcul des débits

Selon l'ensemble des données obtenues antérieurement, on peut procéder au calcul des débits de crue. Pour ce calcul, la méthode utilisée celui de la Méthode Rationnelle, qui est largement utilisée et internationalement acceptée. Pour le calcul des débits de référence selon la Méthode Rationnelle, la formule utilisée est la suivante :

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3.6}$$

Q: Débit pointe (m3/s)

C: Coefficient de ruissellement

A: Superficie du bassin (km²)

I : Intensité de pluie (mm/h) pour la période de retour considérée, correspondante à une durée effective de la pluie égale au temps de concentration du bassin.

VIII.2.7 Exemple de calcul

Prenant le bassin versant n° 10 dont l'exutoire est au pk 26+869m

A=3.469 km² ; I= 7%

- Le temps de concentration Tc :
  A= 3.469 km² inferieur a 5 km² on utilise la formule de "VENTURA"

$$\text{tc} = 0.127 \times \sqrt{\frac{3.469}{0.07}} = 0.916\ h$$

- Coefficient de ruissellement :
  - (1) Couverture : pâturage
  - (2) 5 < pente = 7 % < 10 ➔ ondulé.
  - (3) terrain argileux.

  D'âpres (1), (2) et (3) ➔ C_{10} =0.55. ; P_{10} =24× I(t_c=24;T=10)=113.35
  P_{100} =24× I(t_c=24;T=100)=165.615

$$P_0 = \left(1 - \frac{C_{10}}{0.8}\right) \times P_{10} = \left(1 - \frac{0.55}{0.8}\right) \times 113.35 = 35.42$$

$$C_{100} = \left(1 - \frac{P_0}{P_{100}}\right) \times 0.8 = \left(1 - \frac{35.42}{165.615}\right) \times 0.8 = 0.63$$

- Calcul de l'intensité horaire moyenne (Tc, 100 ans):

$$I(t, T = 100) = \frac{a}{t^b} = \frac{45}{0.916^{0.59}} = 47.39\ mm/h$$

- Calcul du de débit maximal dans les bassins Q100
  Formule rationnelle :

$$Q_{100} = \frac{C_{100} \times I \times A}{3.6} = \frac{0.63 \times 47.39 \times 3.469}{3.6} = 28.77\ m^3$$

Tableau VIII-5 Calcul des débits de crue cinquantennaux et centennaux

BV	PK	t_c (h)	C (T=10) %	P_0 (mm)	T=50 ans→Pd=150.157 mm			T=100ans→Pd=165.615 mm		
					C %	I (mm/h)	Q (m^3/s)	C %	I (mm/h)	Q (m^3/s)
1	23+271	0.180	0.56	34.0	0.619	112.34	5.51	0.636	123.90	6.24
2	23+860	0.103	0.56	34.0	0.619	155.82	5.08	0.636	171.86	5.75
3	24+19	0.235	0.56	34.0	0.619	95.81	7.75	0.636	105.67	8.78
4	24+405	0.260	0.56	34.0	0.619	90.40	8.33	0.636	99.70	9.44
5	24+977	2.402	0.57	32.6	0.626	24.32	126.25	0.643	26.83	142.85
6	25+630	0.122	0.57	32.6	0.626	141.32	5.65	0.643	155.87	6.39
7	26+207	0.111	0.55	35.4	0.611	149.17	3.18	0.629	164.52	3.61
8	26+421	0.061	0.55	35.4	0.611	212.01	1.85	0.629	233.84	2.10
9	26+850	0.155	0.55	35.4	0.611	122.49	5.19	0.629	135.10	5.89
10	26+869	0.916	0.55	35.4	0.611	42.98	25.32	0.629	47.40	28.73
11	27+321	0.066	0.6	28.3	0.649	201.99	3.64	0.663	222.78	4.10
12	27+920	0.055	0.6	28.3	0.649	225.17	2.35	0.663	248.35	2.65
13	28+177	0.140	0.6	28.3	0.649	129.97	6.87	0.663	143.35	7.74
14	28+535	0.075	0.71	12.8	0.732	188.02	4.21	0.738	207.37	4.68
15	29+068	0.224	0.6	28.3	0.649	98.52	7.44	0.663	108.67	8.39
16	29+527	0.171	0.6	28.3	0.649	115.70	6.36	0.663	127.61	7.16
17	29+892	0.075	0.6	28.3	0.649	188.17	2.65	0.663	207.55	2.98
18	30+167	0.093	0.6	28.3	0.649	165.57	3.37	0.663	182.62	3.79
19	30+465	0.558	0.65	21.3	0.687	57.57	15.52	0.697	63.50	17.38
20	30+710	0.065	0.7	14.2	0.725	205.20	1.19	0.732	226.33	1.33
21	30+829	0.129	0.7	14.2	0.725	136.33	3.81	0.732	150.37	4.25
22	31+162	0.059	0.7	14.2	0.725	216.15	1.52	0.732	238.40	1.70
23	31+230	0.071	0.65	21.3	0.687	193.60	2.06	0.697	213.53	2.30
24	31+510	0.979	0.65	21.3	0.687	41.32	31.05	0.697	45.59	34.77

VIII.3 ASSAINISSEMENT

Dans cette étude on va établir un système opérationnel d'évacuation des eaux pour assurer la stabilité de l'infrastructure. Ce système doit assurer le captage des eaux zénithales et celles des nappes phréatiques, l'assainissement des plates formes routières comprend :

- Les ouvrages de collecte longitudinale.
- Les ouvrages transversaux.

VIII.3.1 Le drainage transversal

Ils permettent le transit, d'un côté à l'autre de la plateforme routière, des écoulements des eaux des bassins versants. Ils peuvent être constitués de :

- **Buses**
- **Dalots**
- **Ponts et viaducs**

La typologie d'ouvrages proposée pour des faibles débits est la suivante :

Le choix des buses de diamètre minimum 1500 mm est pour faciliter l'entretient des ouvrages et essentiellement de tenir compte de la longueur des ouvrages sous la plateforme autoroutière et de la probabilité du sol de la zone. Alors il est recommandé de ne pas utiliser des buses de diamètre inférieur à 1500 mm.

Quand le débit est supérieur à la capacité du double dalot 4x3m, il faudra prévoir un pont ou viaduc.

Il est possible que, par suite des caractéristiques orographiques ou autres contraintes, un viaduc au lieu d'un dalot ou buse soit proposé dans le cas de bassins de faible débit.

VIII.3.1.1 Débit de saturation

Les dimensions retenues pour ces ouvrages sont celles qui répondent à la condition suivante :

$$\mathbf{Q_{100} < Q_S}$$

- Q100 : Débit de crue centennal (débit d'apport) en m³/s.
- Qs : Débit de saturation de l'ouvrage en m³/s.

DÉBIT (m3/s)	Q<4,25	4,25<Q<5,5	5,5<Q<9,5	9,5<Q<14	14<Q<28	28<Q<35	35<Q<42,5
Type	Buse	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot
DIMENSIONS (m)	1,5ϕ	1,5x1,5	2x2	3x2	4x3	2x(3x2)	2x(4x3)

Le débit de saturation est donné par la formule de Manning- Strickler :

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

Avec :

n : Coefficient de rugosité de Manning, dépend de la nature des parois internes de l'ouvrage : On utilise

n=0,017 pour les ouvrages en béton.

i : Pente de l'ouvrage.

Sm : Section mouillée (en m^2)

Rh : Rayon hydraulique, Rh= Sm/Pm (section mouillée/périmètre mouillé), (en m)

VIII.3.1.2 Condition à respecter

- L'ouvrage doit pouvoir évacuer le débit de crue correspondante.
- La vitesse de l'écoulement ne doit pas excéder $4m/s$ pour les ouvrages en béton et exceptionnellement 5 m/s.
- La pente des ouvrages doit être limitée (Pente minimale I = 0,2 %) pour assurer une vitesse minimale de 0.75m/s pour éviter l'accumulation des débris.
- Le degré de remplissage maximum des tuyaux et dalots est égal à 75 % pour la période de retour considérée.
- Pour les dalots le tirant d'air sera au minimum de 50 cm pour la période de retour considérée.
- Vérification les conditions d'auto curage :

✓ 1ère condition : pour Rq×0.1…. il faut Vécoulement>0.6 m/s

✓ 2ème condition : pour Rq×0.01…. il faut Vécoulement>0.3 m/s

VIII.3.1.3 Application au projet

➢ Dimensionnement des dalots :

Ouvrages de sections rectangulaires ou carrées, disposés sous le tracé, identifiés par la largeur (B) et la hauteur (H). Dans la présente projet, les dalots sont en béton.

- La hauteur de remplissage Hr = 0.75h
- n = 0.017.
- I= 1%.

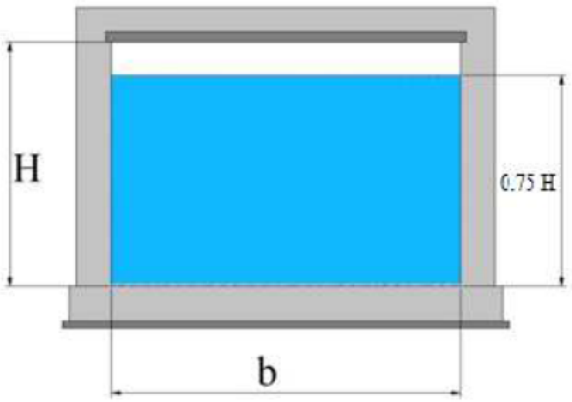


Figure VIII-4 Dalot

On cherche la hauteur d'eau H pour Q100=Q

En appliquant la formule de manning-strikler telle que :

$$R_h = \frac{Sm}{Pm} = \frac{B \times H}{2H + B}$$

$$Q = \frac{1}{n} \times {R_h}^{2/3} \times \sqrt{i} \times S_m = \frac{1}{n} \times \frac{BH}{2H+B}^{2/3} \times \sqrt{i} \times BH = \frac{1}{n} \times BH^{5/3} \times \frac{1}{2H+B}^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{i}$$

$$\Rightarrow H = \left(\frac{Q \times n}{\sqrt{i}}\right)^{\frac{3}{5}} \frac{(2H+B)^{2/5}}{B}$$

Pour la résolution de cette équation on fait plusieurs itérations sur la valeur

APPLICATION AU PROJET

Prenant le bassin versant n° 13 PK 28+177

Q100=7.74 m^3/s

Ouvrage prévu : Dalot 2x2 (B=2m)

Après le calcul itératif, les valeurs retenues pour cette section (dalot) sont :
H = 1.04 m ; B = 2 m.

- **Calcul le débit pleine-section Qs pour le dalot 2x2 pour un taux de remplissage de 75% (en prend Hr= 0.75H)**

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

$$R_h = \frac{Sm}{Pm} = \frac{B \times 0.75H}{2 \times 0.75H + B} = \frac{2 \times 0.75 \times 2}{2 \times 0.75 \times 2 + 2} = 0.6\ m$$

$Qs = \frac{1}{0.017} \times 0.6^{2/3} \times \sqrt{0.01} \times 3$ =12.55 m^3/s

Qs > 7.74= Q_{100} **Verifié.**

$$Vps = \frac{Qs}{Sm} = \frac{12.55}{3} = 4.18\ m/s$$

Tableau VIII-6 vérification Hydraulique "Dalot pk 28+177"

PK	Ouvrage	H (m)	B (m)	Q100 (m^3/s)	V< 4 (m/s)	Qs (m^3/s)	Vs m/s
28+177	Dalot 2x2	1.04	2	7.74	3.74	12.55	4.18

- **Vérification de la condition pour assurer un écoulement fluvial :**

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{Qs}{g \times B^2}} = \sqrt[3]{\frac{12.55}{9.81 \times 2^2}} = 0.68\ m < H = 1.04\ m \Longrightarrow la\ condition\ est\ verifiée$$

- **Vérification les conditions d'auto curage :**
  1. Pour Q100/Qps= Rq=0.1 il faut V écoulement> 0.6

     Rq = 0.1 ➔ Rv = 0.64 = V/VPS➔ **V = Rv × Vps = 0.64 × 4.18 = 2.68 m/s.**

     V = 2.68 m/s > 0.6 m/s ➔ la condition est vérifiée.

  2. Pour Q100 /Qps= Rq=0.01 il faut V écoulement> 0.3 m/s

Rq = 0.01 ➔ Rv = 0.32 = V/VPS➔ V = Rv × Vps = 0.32 × 4.18 = 1.34 m/s.

V = 1.34 m/s > 0.3 m/s ➔ la condition est vérifiée.

➢ **Dimensionnement des buses :**

Caractéristique de bassin versant PK31+254
- Surface = 0.056 km2,
- Débit Q=2.3 m3/s,
- Pente I = 0,01,
- Coefficient de rugosité Manning n =0.017.

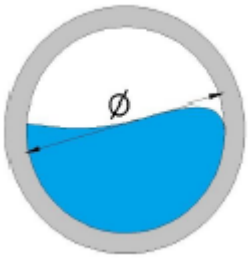


Figure VIII-5 Dimensions des Buses

$$\phi = 2 \times \left(\frac{2 \times 2^{2/3} \times Q}{80 \times \pi \times \sqrt{i}} \right)^{3/8}$$

AN : $\phi = 2 \times \left(\frac{2 \times 2^{2/3} \times 2.3}{80 \times \pi \times \sqrt{0.01}} \right)^{3/8} = 1.12\ m$

On prend le diamètre $\phi = 1.5\ m$

Toutes les dimensions et les vérifications des ouvrages hydrauliques transversaux pour chaque basin versant sont incluses dans **L'ANNEXE C**

VIII.3.2 Drainage longitudinal

Le drainage longitudinal a pour objet d'évacuer le ruissellement superficiel de la chaussée et des terrains qui se déversent vers cette dernière, en le dirigeant vers le lit naturel ou ouvrage de déversement transversal le plus proche.

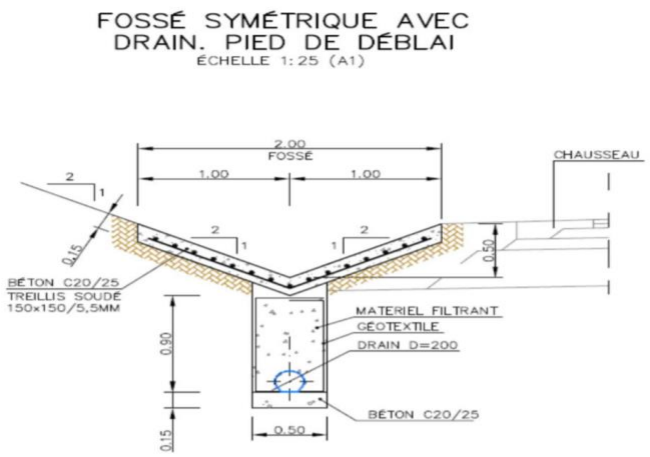
VIII.3.2.1 Hypothèses de calcul

- La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement de la plateforme est égale à 10 ans.
- La justification de calcul se fait pour les cas la plus défavorables soit pour le déblai ou bien remblai.
- Les bassins versants sont de petites superficies (inferieurs à 5 km²).

VIII.3.2.2 Description des éléments de drainage longitudinal

✓ **Zone de déblais**

Dans les zones en déblais, le dispositif de drainage longitudinal consiste en un fossé symétrique en parallèle avec l'accotement. Le fossé symétrique sera relié à son extrémité en aval aux fossés de pied talus pour diriger l'eau provenant de la chaussée vers le milieu naturel.



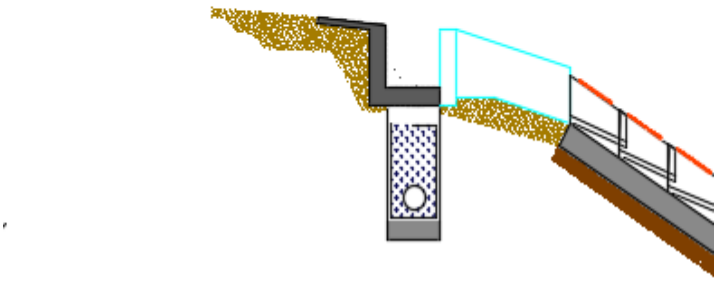
Le fossé symétrique aura une largeur totale de 2 mètres, une hauteur de 0,50 mètres et talus **2H/1V**

- ✓ **Zone de remblai**

Pour les remblais, les eaux sont collectées par des caniveaux latéraux en U pour récolter l'eau de la chaussée

Le caniveau aura 50cm de base et 50 cm de hauteur.

DESCENTE D'EAU EN TALUS DE REMBLAI



- ✓ **Descentes d'eau en tuiles préfabriquées :**

Les descentes d'eau seront disposées sur les talus des déblais et des remblais. Elles sont composées par tuiles préfabriquées en béton.



Figure VIII-6: descente d'eau cas de déblai et remblai

- ✓ **Terre-plein central**

Le drainage longitudinal sous le terre-plein central se place dans les tronçons en alignement courbe avec un rayon inférieur à 650 mètres, le caniveau permet de drainer les eaux superficielles de la chaussée lorsqu'elle est déversée vers l'intérieur (en courbe) et de les évacuer vers les fosses extérieurs de pied de remblai.

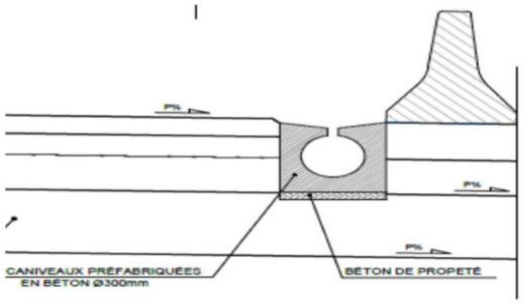


Figure V-II 7:Drain longitudinal

- ✓ **Fossé de pied de talus de remblais :**

Ils sont aménagés à 1,0 m à l'extérieur du pied de talus de la plate-forme en section trapézoïdale. Comme que le projet est localisé dans une zone très accidentée avec des pentes importantes, les fossés seront tous bétonnés parce que l'orographie de la zone est très montagneuse et les sols sont marneux très érodables.

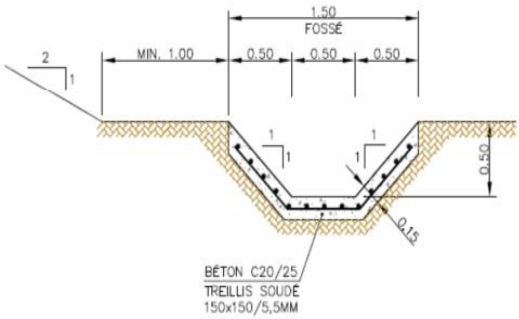


Figure VIII-8: fossé *de* pied de remblai

✓ **Fossé de crête de déblai**

Un fossé de crête en section trapézoïdale sera situé à 1 m à l'extérieur du sommet de déblai. Ils permettent d'évacuer les eaux interceptées vers les fossés de pied de remblai ou les cours d'eau naturels. Les fossés seront bétonnés, avec une hauteur de 60 cm, 1.60 cm de largeur.

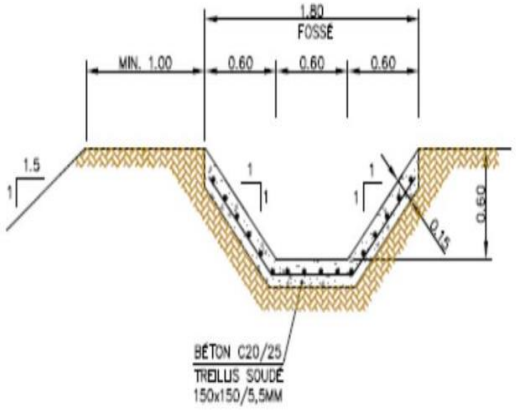


Figure VIII-9: fossé de crête cas déblai

✓ **Bermes**

Les déblais auront des bermes tous les 8 mètres. Les bermes seront engazonnées, en formant un fossé au côté Intérieur de la berme. Le fossé sera bétonné en 1 mètre et aura une profondeur de 25 cm.

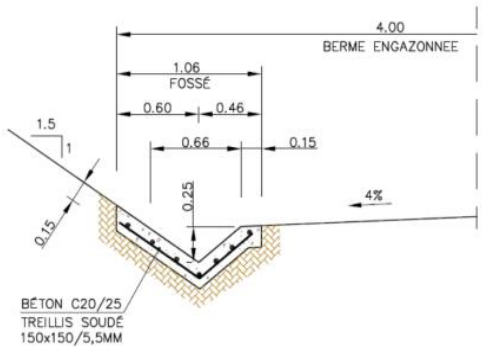


Figure VIII-10: fossé berme de déblai

VIII.3.2.3 Dimensionnement des fosses

Dans notre projet le débit d'apport est rapporté par la chaussée, de l'accotement et du talus.

La surface de bassin versant : on considère la présence des trois éléments (chaussée, accotement, talus), la section de 100m on calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total.

Donc : $Qa = Qc + QA + Qt$

Avec :

- $Qc = k \times Cc \times It \times Ac$ avec Qc : débit rapporté par la chaussée.
- $QA = k \times Ca \times It \times Aa$ avec QA : débit rapporté par l'accotement.
- $Qt = k \times Ct \times It \times At$ avec Qt : débit rapporté par le talus.

✓ **Cas de déblai**

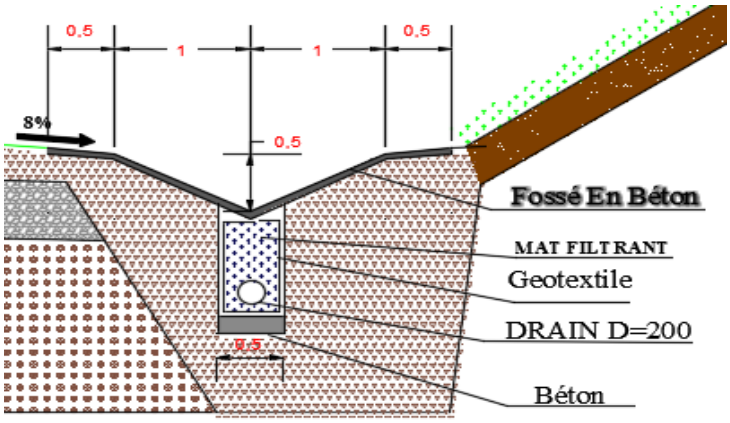


Figure V-II-11:Fossée pour le cas de déblai

- La section mouillée :

$Sm = b \times h/2$

- Le périmètre mouillé :

$$Pm = 2\sqrt{\left(H^2 + \frac{B^2}{4}\right)}$$

- Le Rayon hydraulique :

$$Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{b \times \frac{h}{2}}{2\sqrt{\left(H^2 + \frac{B^2}{4}\right)}}$$

On a :

$$Qs = Ks.Rh^{\frac{2}{3}}.I^{\frac{1}{2}}.Sm$$

Avec :

Kst: Coefficient de Manning Strickler (m3/s).

I : Pente longitudinale.

K : Coefficient de concentration.

C : Coefficient de ruissellement.

Le débit de saturation de chaque type de fossé est rapporté dans le tableau *V-II-VIII-1*:

Tableau V-II-VIII-2: tableau des itérations pour déterminer la hauteur H

B(m)	H(m)	Sm (m^2)	Pm(m)	Rh(m)	Ks	I	Qs(m^3/s)
0.5	0.5	0.125	1.118	0.112	58.82	0.05	0.382
0.7	0.5	0.175	1.221	0.143	58.82	0.05	0.631
0.9	0.5	0.225	1.345	0.167	58.82	0.05	0.898
1.3	0.5	0.325	1.640	0.198	58.82	0.05	1.453
1.5	0.5	0.375	1.803	0.208	58.82	0.05	1.732
1.7	0.5	0.425	1.972	0.215	58.82	0.05	2.009
2	0.5	0.5	2.236	0.224	58.82	0.05	2.423

- **Calcul de surface :**

➢ Surface de la chaussée : Ac = 14,5×605=8772.5m^2

➢ Surface de la berme : A_A =1×605= 605m^2

➢ Surface du talus : At = 10×605=6050m^2

- **Calcul des débits d'apport (Qa) :**

➢ **Pour la chaussée :**

a. Calcul du temps de concentration Tc :

Ac=0.0087725km^2 ; p=2.5% ; C=1

$$\text{Tc} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.0087725}{0.025}} = 0.075h$$

b. Calcul de l'intensité horaire moyenne (Tc, 10 ans):

$$I(t, T = 10) = \frac{a}{t^b} = \frac{30.8}{0.075^{0.59}} = 142\ mm/h$$

c. Calcul du débit maximal Qc :

$$Q_C = \frac{C \times I \times A}{3.6} = \frac{1 \times 142 \times 0.0087725}{3.6} = 0.346\ m^3/s$$

Pour la berme :

a. Calcule le temps de concentration Tc :

Ac=0.000605km^2 ;p=8% ;C=0.5

$$\text{Tc} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.000605}{0.08}} = \mathbf{0.011}\boldsymbol{h}$$

b. Calcul de l'intensité horaire moyenne (Tc, 10 ans):

$$I(t, T = 10) = \frac{a}{t^b} = \frac{30.8}{0.011^{0.59}} = \mathbf{440}\ \boldsymbol{mm/h}$$

c. Calcul du débit maximal Qb :

$$Q_b = \frac{C \times I \times A}{3.6} = \frac{0.5 \times 440 \times 0.000605}{3.6} = \mathbf{0.037}\ \boldsymbol{m^3/s}$$

- **Pour le talus :**

a. Calcul dutemps de concentration Tc :

Ac=0.006050km^2 ;p=66.67% ;C=0.7

$$\text{Tc} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.006050}{0.667}} = \mathbf{0.012}\boldsymbol{h}$$

b. Calcul de l'intensité horaire moyenne (Tc, 10 ans):

$$I(t, T = 10) = \frac{a}{t^b} = \frac{30.8}{0.012^{0.59}} = \mathbf{419}\ \boldsymbol{mm/h}$$

c. Calcul du débit maximal Qt :

$$Q_t = \frac{C \times I \times A}{3.6} = \frac{0.7 \times 419 \times 0.006050}{3.6} = \mathbf{0.493}\ \boldsymbol{m^3/s}$$

Donc le débit d'apport total est :

Qa= (Qa)c+ (Qa)b+(Qa)t=0.346+0.037+0.493=0.876m^3/s

Donc le type de fossé adopté pour notre projet est :

Fossé triangulaire de B=2m et H=0.5

Figure VIII-12 Fossé triangulaire de B=2m et H=0.5

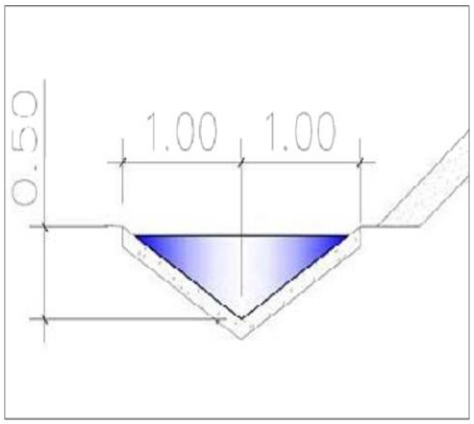


Figure VIII-13: fossé symétrique triangulaire

✓ **Cas remblai :**

La section mouillée :

Sm = b × h

Le périmètre mouillé :

$$Pm = B + 2 * H$$

Le Rayon hydraulique :

$$Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{\text{b} \times \text{h}}{B + 2h}$$

On a:

$$Qs = Ks.Rh^{\frac{2}{3}}.I^{\frac{1}{2}}.Sm$$

Le débit de saturation de chaque type de fossé est rapporté dans le tableau suivant :

B	H	SM	Pm	Rh	Ks	I	Qs
0,2	0,2	0,04	0,600	0,067	58,82	0,05	0,087
0,3	0,3	0,09	0,900	0,100	58,82	0,05	0,255
0,4	0,4	0,16	1,200	0,133	58,82	0,05	0,549
0,5	0,5	0,25	1,500	0,167	58,82	0,05	0,996

- **Calcul de surface :**

➢ Surface de la chaussée : Ac = 14,5×435=6307m^2

➢ Surface de la berme : AA =0.5×435= 217.5m^2

- **Calcul des débits d'apport (Qa):**

➢ **Pour la chaussée :**

a. Calcule le temps de concentration Tc :

Ac=0.006307km^2 ; p=2.5% ; C=1

$$\text{Tc} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.006307}{0.025}} = \mathbf{0.064h}$$

b. Calcul de l'intensité horaire moyenne (Tc, 10 ans):

$$I(t, T = 10) = \frac{a}{t^b} = \frac{30.8}{0.064^{0.59}} = \mathbf{155.92\ mm/h}$$

c. Calcul du de débit maximal QC :

$$Q_C = \frac{C \times I \times A}{3.6} = \frac{1 \times 155.92 \times 0.006307}{3.6} = \mathbf{0.273\ m^3/s}$$

- **Pour la berme:**

a. Calcule le temps de concentration Tc :

Ab=0.000435km^2 ; p=8% ;C=0.5

$$\text{Tc} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.000435}{0.08}} = \mathbf{0.01h}$$

b. Calcul de l'intensité horaire moyenne (Tc, 10 ans):

$$I(t, T = 10) = \frac{a}{t^b} = \frac{30.8}{0.01^{0.59}} = \mathbf{467\ mm/h}$$

c. Calcul du de débit maximal Qb :

$$Q_b = \frac{C \times I \times A}{3.6} = \frac{0.5 \times 467 \times 0.000435}{3.6} = \mathbf{0.028\ m^3/s}$$

Donc le débit d'apport total est :

Qa= (Qa)c+ (Qa)b+=0.273+0.028=0.301m^3/s

Donc le type de fossé adopté pour notre projet est :

Fossé rectangulaire de B=0.5m et H=0.5

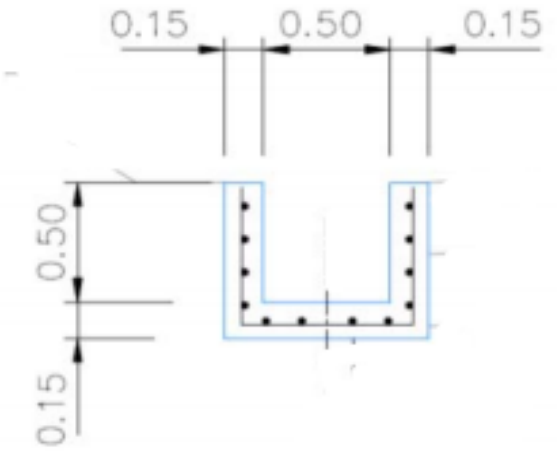


Figure VIII-14 fossé rectangulaire symétrique

CHAPITRE IX STABILITÉ DES TALUS

IX.1 Introduction

Les glissements de terrain se produisent dans des circonstances très variées. Ils affectent des ouvrages construits par l'homme ou des pentes naturelles. En géotechnique routière, on vérifie la stabilité des talus, dans le cas où les risques de glissement de sol existent. Ce que peut révéler une analyse de stabilité des talus.

IX.2 La stabilité des talus

Quelle que soit leur inclinaison, tous les talus tendent à se déplacer vers le bas, afin que les forces qui régissent leur stabilité soient en équilibre. Pour vérifier la stabilité, on doit analyser Les forces en présence :

- La force motrice : le poids du sol déstabilisant.
- La force stabilisatrice : la somme des forces de résistance au glissement du sol selon un plan de glissement défini.

IX.2.1 Déblai

Les contraintes topographiques et géotechniques d'implantation du tracé du projet dans les zones de relief dénivelé induisent la nécessité d'exécution de terrassements de moyenne à grande magnitude.

Le tableau IX-1 montre les principales zones de déblais le long du tracé :

Tableau IX-1 zones de déblais

Localisation	Hauteur max (m)
23+125	65
23+510	32
24+060	50
24+600	48
26+375	105
27+200	40
27+600	84
28+825	52
29+600	28
30+200	15
32+000	9

La géométrie des talus en déblais choisie est basée sur la géométrie de la plateforme routière, le type de structure d'assise retenu et le type de drainage. Tout en assurant la stabilité de l'ouvrage en respectant le coefficient global de sécurité F :

- $Fs \geq 1.5$ pour la stabilité à court terme.
- $Fs \geq 1.3$ pour la stabilité à long terme.
- $Fs \geq 1$ pour la stabilité sous la sollicitation sismique.

- Les pentes de talus en déblai sont :3H:2V

Tableau IX-2 La sécurité dans la zone de déblai

Les cas	Solution Proposée
La stabilisation des talus	□ Disposer des fossés de crête de talus. □ Disposer des tuyaux de descente en béton. □ La surface des talus sera traitée avec des plantations.
Cas des déblais effectués dans des terrains rocheux	□ Le traitement avec des boulons d'ancrage
Instabilités locales avec détachement des blocs	□ La projection de béton. □ Le boulonnage local. □ La disposition de grillage antichute.
Infiltration des eaux dans la zone de déblai	□ Disposer des fossés revêtus dans les bermes.

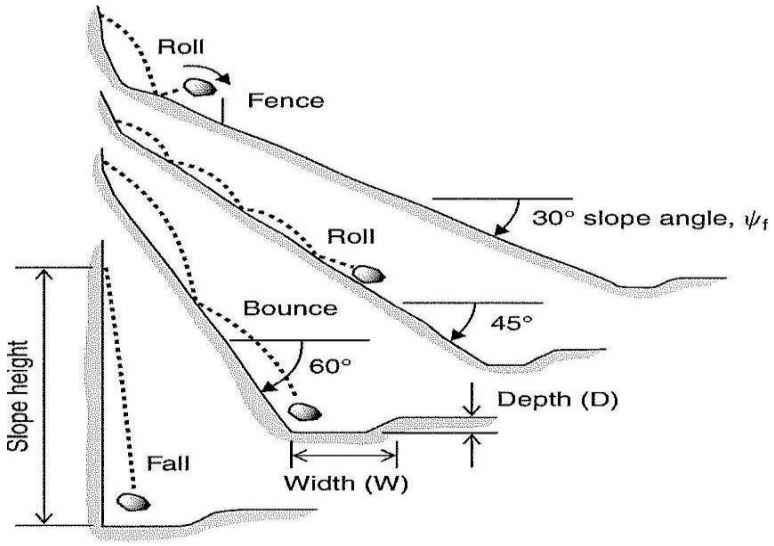


Figure IX-1 Types de chutes de pierres

Un fossé type Ritchie est prévue au pied de talus avec le but d'éviter la chute des pierres sur la chaussée. Le tableau VIII-2 montre les dimensions de ces fossés.

H : hauteur de talus. B: ampleur de la base. D : profondeur

H	FOSSE TYPE	B	D
⩽10	RITCHIE C	0.75	1.5
>10	RITCHIE A,B	2.00	2.00

Figure IX-2 Dimension en mètre des fossés type Ritchie.

IX.2.2 Remblais

Les principaux remblais occurrents au niveau du tracé présentent des hauteurs maximales entre 6 et 8.6 m. Une importante partie des matériaux résultant des excavations des déblais pourra être utilisée dans la construction des remblais. Les zones de remblai sont mentionnées dans le tableau VIII-3 :

Table VIII-3 Zones de remblai

Localisation	Hauteur max (m)
23+325	13
26+000	33
27+380	45
28+125	43
29+495	10
29+900	5
31+710	13

- **Pentes de talus :** en remblai 3H/2V, 2H/1V.

Si le terrain d'assiette est en grande pente comme notre cas, il y a lieu de créer des redans pour permettre l'accrochage des remblais.

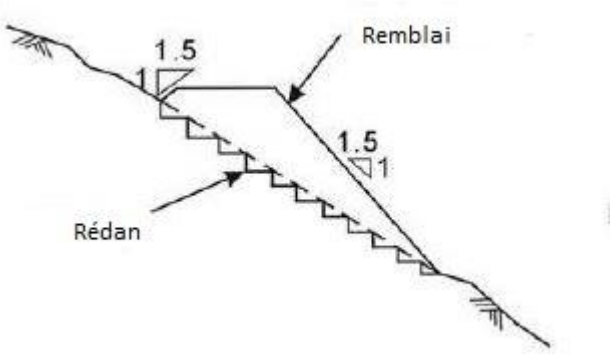


Figure IX-3 Remblais dans une grande pente

Pour exécution des remblais, il faut toujours déblayer tout le terrain susceptible s'interférer avec la liaison entre le sol et le remblai, comme tous types de racines, souches d'arbres et débris ou la terre végétale sur une épaisseur suffisante.

IX.3 VERIFICATIONS DE LA STABILITÉ DES DÉBLAIS ET DES REMBLAIS

La vérification consiste à calculer le facteur de sécurité global pour les différentes positions des centres des cercles de rupture, en comparant la valeur obtenue avec le minimum :

Fs= Tr/Ts (facteur de sécurité global) dans laquelle :
Tr : résistance au cisaillement le long du cercle critique
Ts : force totale de cisaillement agissante le long du cercle critique.

L'intensité de l'action sismique a été déterminée en faisant référence aux Normes parasismiques Algériennes (Règles Parasismiques Ouvrages d'Art - R.P.O.A.)

IX.3.1 Cas d'un Déblai

- Position : 24+600
- Hauteur Totale : 45 m.
- Pente proposée : **3H/2V**, Risberme : 4 m, Hauteur : 10 m.
- Sismicité : zone « II-a » avec Kh=0.1; Kv=0.03

Cette section repose sur des unités méta clastiques et calcschistes d'Age précambrien, les paramètres Mohr Coulomb de la masse de rocher sont obtenus en utilisant le programme Rocklab en se basant sur les données de terrain et de laboratoires.

Tableau IX-4 Paramètres géotechniques

Formation Géologique	γ_h KN/m^3	C (kPa)	φ (Degré)	C' (kPa)	φ' (Degré)
Remblai de route	19	-	-	10	35
Pmd-1*	19	150	0	10	33
Pmd-2**	20	-	0	225	35
Pmc*	20	200	-	15	35

* : unités décomposées.
** :unités rocheuse
Les analyse de stabilité sont effectuées en utilisant le programme Rockscience Slide V.6

Tableau IX-5 résultat d'analyse pour la section de déblai

Analyse de stabilité à long terme	1.515	Stable
Analyse de stabilité à court terme	1.88	Stable
Analyse de stabilité pour la situation Sismique	1.556/1.604	Stable

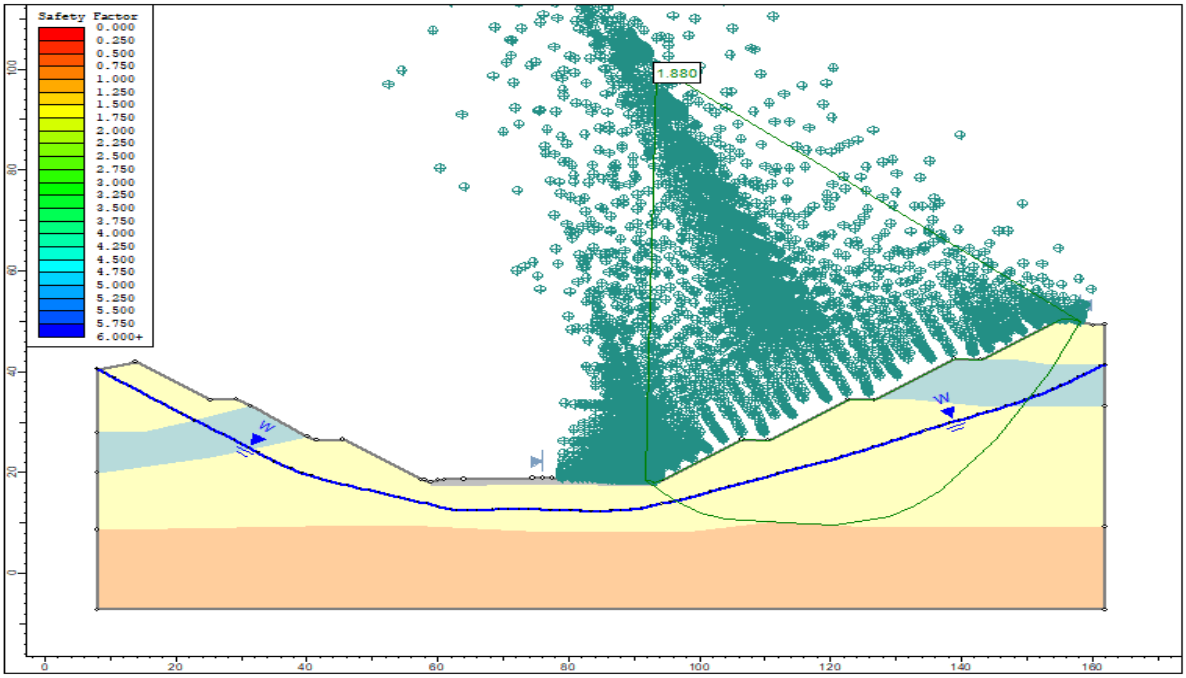


Figure IX-5 Analyse de stabilité à court terme (Fs=1.88)

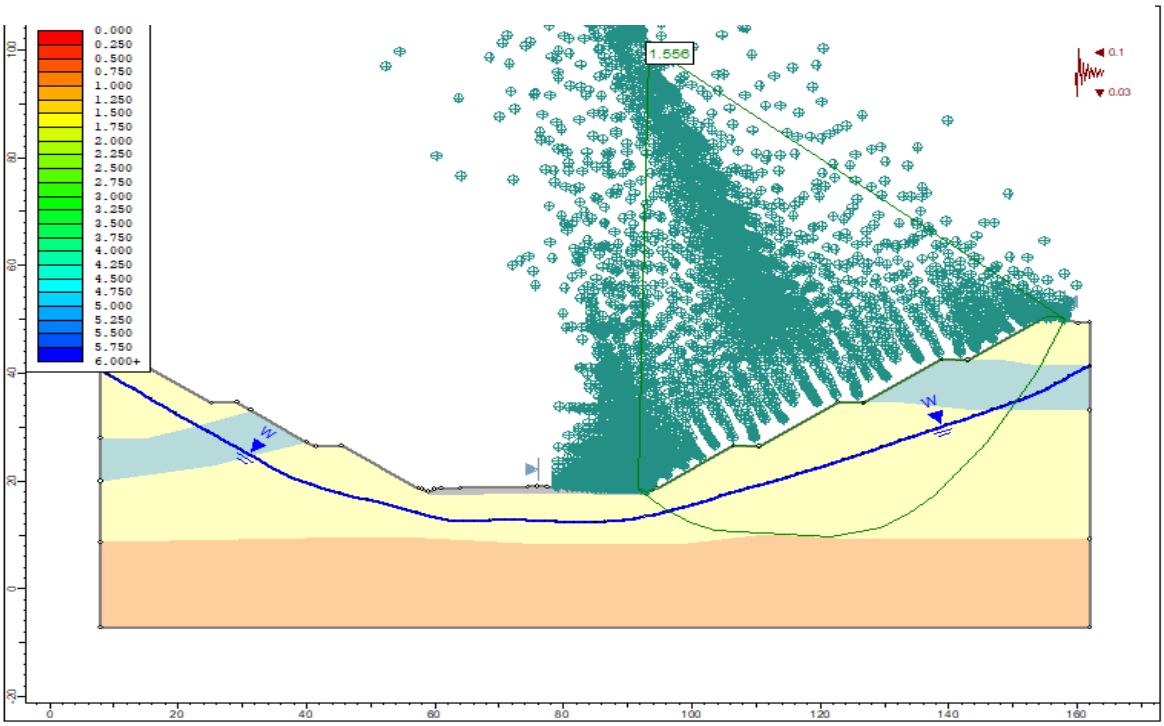


Figure IX-4 Analyse de stabilité pour la situation sismique (Fs=1.556)

IX.3.2 Cas d'un Remblai

- Position : 28+300
- Hauteur Totale : 38 m.
- Sismicité : zone « II-a », Kh=0.1; Kv=+-0.03.

Le remblai est exécuté sur les schistes, Remblai de 38 mètres de hauteur avec une pente 3H :2V avec une berme de 4 mètres chaque 10 mètres de hauteur, le remblai repose sur une couche superficielle de 10 mètres d'argile rougeâtre (Qce) sur les schistes (PR-SCH).

Comme il a été fait pour les déblais, on a considéré aussi en ce cas la présence du caniveau en béton et une couche de terrain végétale, pour lesquels ils ont été introduit les paramètres du tableau VIII-6:

Tableau IX-6 paramètres géotechniques de remblai

Formation Géologique	γ_h KN/m3	C' (kPa)	φ' (Degré)
Remblai de route	19	5	33
Q_{CE}	21.7	10	25
PR-SCH	21	1125	-

Le calcul de stabilité a été réalisé avec le logiciel Slide 6.0 de Roc science.(plus de détail: voir ANNEXE: stabilité)

Tableau IX-7 résultat des analyses de stabilité

Drainé (long terme)	1.729	Stable
Pour la situation sismique	1.386/1.372	stable

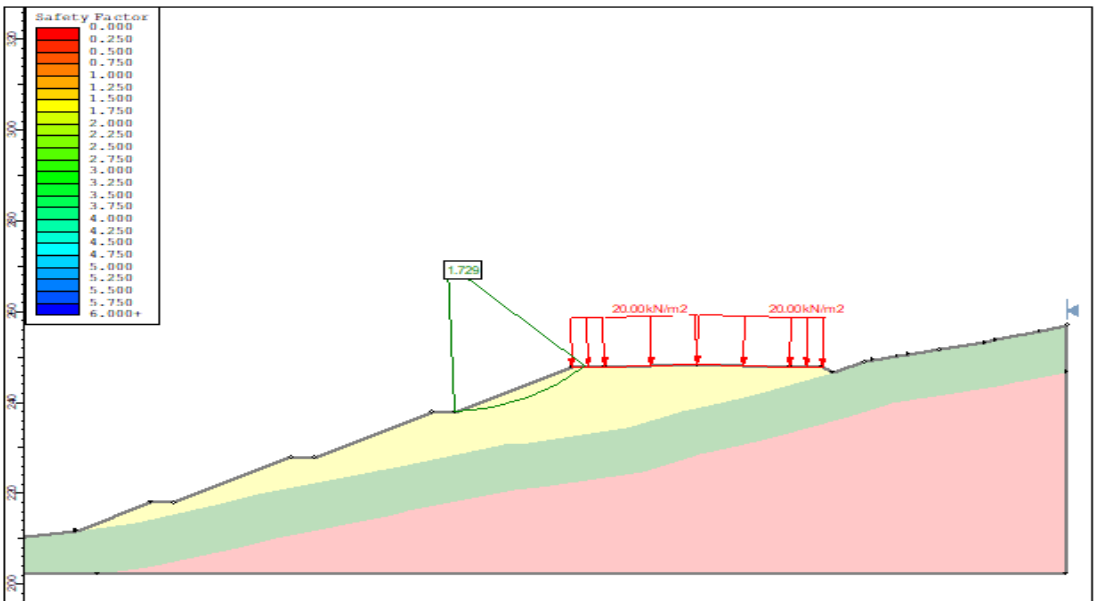


Figure IX-7 Calcul séismique du remblai du PK 28+300. (FS = 1,372)

IX.4 Conclusion

A l'issue des analyses de stabilité effectuées pour la section PK 28+300 (Remblai) et la section PK 24+600 (Déblai), les zones sont en sécurité à long terme, à court terme et en situation sismique.

Les bermes des talus permettent de réduire les efforts du terrain au pied du talus et constituent une protection pour les chutes de pierre dans la chaussée. Prévoir les travaux d'entretien futures pour les fossés des talus dans le cas d'accumulation.

Le drainage des eaux de surface et des eaux souterraines est recommandé. La surface de la pente doit être couverte d'un sol végétal et la surface doit être protégée par la plantation.

CHAPITRE X OUVRAGES D'ART

X.1 INTRODUCTION

Un ouvrage d'art permet le franchissement d'un oued ou un site très accidenté, il permet aussi la réalisation des passages supérieurs ou inférieurs sur une route, voies ferrées pour le rétablissement des voies des communications.

Un ouvrage d'art est constitué d'un tablier reposant sur deux culées avec ou sans appuis intermédiaires (les piles).

Dans le présent chapitre on s'intéresse à la conception des ouvrages d'art pour le présent projet. Il concerne notamment la conception des ouvrages suivants :

- Ponts.
- Passages inférieurs (PI).

X.2 PRESENTATION DES OUVRAGES

X.2.1 Les ponts

Tableau X-1 les caracteristiques des ponts

Viaducs	PK	Largeur	Obstacles franchi
Viaduc 1	23+650- 23+950	300m	Franchissement d'une zone très accidenté avec un thalweg
Viaduc 2	24+170- 24+410	240m	Franchissement d'un thalweg.
Viaduc 3	24+720- 25+975	1250m	Franchissement d'oued dhous et la route d'ichoukrene
Viaduc 4	26+700- 27+030	330m	Franchissement d'une zone très accidenté avec un thalweg
Viaduc 5	28+980-29+350	350m	Franchissement d'une zone très accidenté avec un thalweg

X.2.2 Les passages inferieurs

Tableau X-2 les passages inferieurs

Passages	Type du passage	Position	Route rétablit
Passage 01	Inférieur	PK24+080	La route de Tafoughalt
Passage 02	Inférieur	PK29+760	Une route rurale
Passage 03	Inférieur	PK31+400	La route d'azrou
Passage 04	Supérieur	PK23+300	Brettelle de l'échangeur

X.3 Choix du type d'ouvrage

Le choix de type d'ouvrage à utiliser doit répondre à plusieurs facteurs. Les 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.
- La position possible des appuis.

Plusieurs types sont envisagés, alors on procédera par élimination des ouvrages qui ne Ne répondent pas à la condition imposée.

Après avoir examiné les types d'ouvrages possibles, nous avons opté pour la variante en pont caisson pour les raisons suivantes.

- L'entretien n'est demandé qu'au bout d'un certain temps.
- Sa structure de pont donne une belle forme esthétique.
- La portée de ce type de pont est plus grande.
- Rapidité de construction dans le cas des ouvrages à voussoirs préfabriqués.
- L'effet de torsion est nettement plus faible que celle d'un caisson.

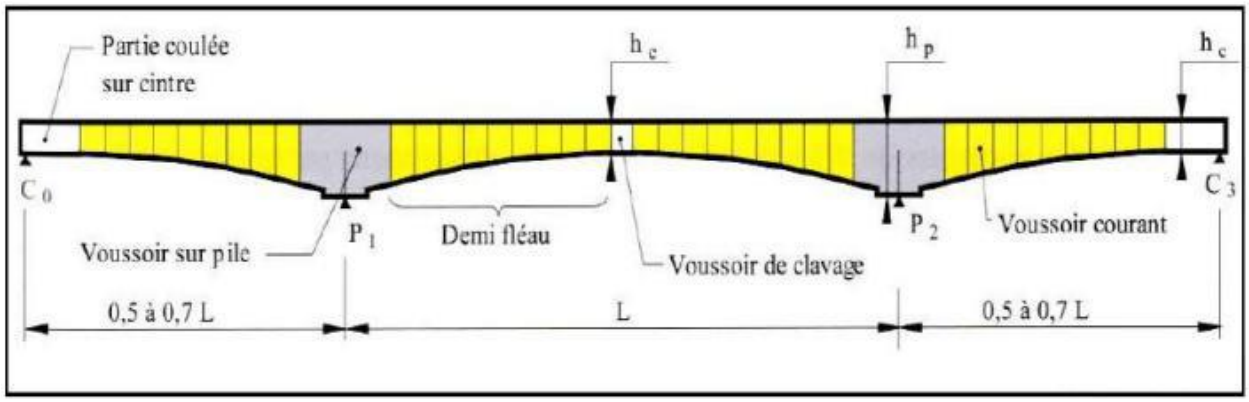


Figure X-1 Les éléments d'un pont caisson à hauteur variable



Figure X-2 Viaduc 5



Figure X-3 Viaduc 3

CHAPITRE XI CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

XI.1 INTRODUCTION

L'échangeur est un ouvrage à croisement étagé « niveaux différents » ou un carrefour dénivelé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent. Il a pour rôle d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions en même temps. 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 urbaines classiques

• Mixte : quand il assure en plus des raccordements de deux autoroutes

XI.2 ANALYSE ET CHOIX DE L'ECHANGEUR

L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre la RN25 et la pénétrante d'où l'échangeur est de type : **trompette.**

Il sera de type diffuseur avec des bretelles d'accès et de sortie et un passage inférieur.

XI.3 CONCEPTION ROUTIERE

XI.3.1 Les bretelles :

XI.3.1.1 Tracé en plan :

Valeur limite sur la bretelle à une voie circulable pour une vitesse <=**70km/h**.

R_{dn} = 300 m ET R_m=40m

- **Voie de décélération et d'accélération :**

Le raccordement d'une bretelle de la pénétrante avec la RN25 est réalisé en entrée par une voie de décélération, et en sortie par une voie d'insertion.

Dans le présent cas les voies d'accélération et de décélération sont intégrées dans la bande d'arrêt d'urgence de la rocade sud.

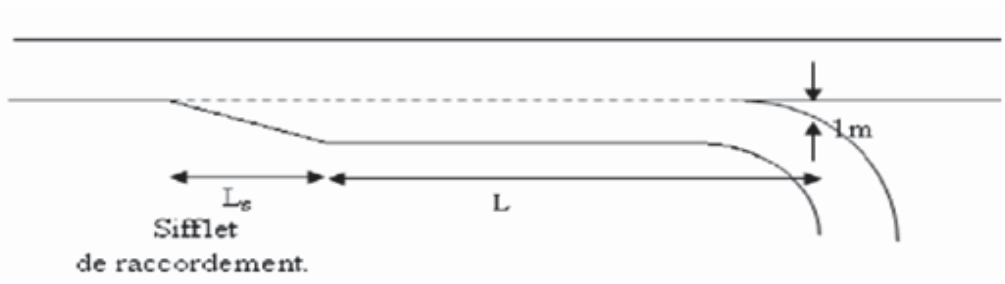


Figure XI-1: voie de décélération

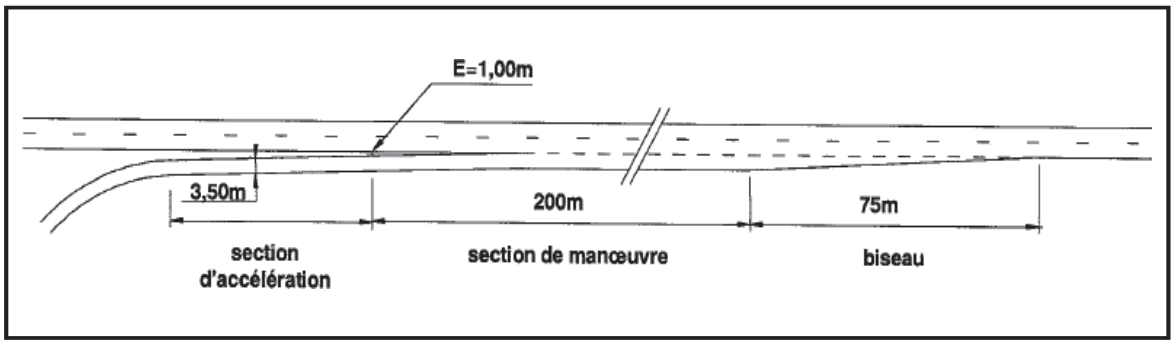


Figure XI-2: voie d'accélération

- **Pente transversale**

Au sein d'une bretelle circulable à 70 km/h ou moins.
Le dévers varie linéairement selon 1/R, entre 2,5 % pour le rayon Rdn (300 m) et 7% pour 125 m, puis reste de 7% en deçà de 125 m,

XI.3.1.2 Profil en long :

Les valeurs limites des paramètres du profil en long sont les suivantes :

Tableau XI-1 paramètre de profil en long

	Rmin en angle saillante	Rmin en angle rentrante	Déclivité max
Bretelle à une voie circulable à V<=70km/h	1500m	800m	6%

XI.3.1.3 Profil en traves :

D'après la norme ICTAAL échangeur 2013, on a opté les profils types suivants :

Berme	BDG	Une voie	BDD
1	0.5	0.5	1

Dans une courbe de rayon R inférieur à 100 m, une sur largeur de 50/R par voie est à introduire à l'intérieur de la courbe. Son introduction s'effectue linéairement le long de la clothoïde.

Tableau XI-2 récapitulatif de configuration de l'échangeur

Bretelles	1	2	3	4
Nombre de Voie	1	1	1	1
Rayon	160	50	70	80
Largeur de chassé	3.5	3.5+1	3.50+0.72	3.5+0.625
Surlageur eventuelle (m)	0	1	0.72	0.625
Pente transversal %	3.94	7	7	7

XI.3.2 Le pont

L'ouvrage est un pont de portée égale à 40 mètres

Les listings d'axe et les paramètres de profil en long pour chaque brettelle sont dans l'**ANNEXE A**

CHAPITRE XII ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XII.1 INTRODUCTION

L'objet d'une étude d'impact sur l'environnement est d'identifier, d'évaluer et de mesurer les effets directs et indirects à court, moyen et long terme d'un projet et de proposer les mesures adéquates pour limiter les effets négatifs du projet.

Les étapes d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet routier peuvent se résumées en :

- Analyse de l'état initial du site et de son environnement naturel, socio-économique et humain.
- Identification et évaluation des effets directs ou indirects du projet sur l'environnement aussi bien pendant la phase du chantier que pendant la phase d'exploitation.

XII.2 CADRE JURIDIQUE

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n°90-78 du 31 Aout 1990, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- 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.

XII.3 OBJECTIFS

Les préoccupations relatives à l'environnement peuvent être en grande partie regroupéesautour 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.

XII.4 ANALYSE DE L'ETAT INITIAL DU SITE

XII.4.1 Situation géographique

Située au Nord de l'Algérie à 100 Km de la capitale elle est délimitée :

À l'ouest par la wilaya de Boumerdès ; au sud par la wilaya de Bouira ; à l'est par la wilaya de Béjaïa ; au nord par la mer Méditerranée
On peut y accéder par voie routière, et par voie ferroviaire
Elle est divisée administrativement en 67 communes et 21 daïras

XII.4.2 Description de site et son environnement

XII.4.2.1 Environnent physique

La chaîne côtière comprend approximativement le territoire situé de la rive droite du Sebaou jusqu'à la mer, soit la totalité des communes relevant des dairates de Tigzirt, Makouda, Ouaguenoun, Azeffoun et Azazga, ainsi que la commune de Sidi Namane rattachée à la Daïra de Draâ Ben Khedda (21 communes au total)

- **Climat et hydrographie**

Lors de la dernière décennie, la pluviométrie annuelle moyenne de la Wilaya a varié entre 500 et 800 mm. Les étés sont très chauds, les hivers sont doux et pluvieux, l'ensoleillement est très élevé.

Le réseau hydrographique renferme deux (02) grands bassins versants à savoir le bassin de l'Oued-Sebaou et le bassin côtier.

Tableau XII-1 Environnement physique

Climat	Climat méditerrané, Les étés sont très chauds, les hivers sont doux et pluvieux, l'ensoleillement est très élevé
Température	Tmax(°c)=35 Tmin(°c)= 6 (Source : Info climat 2001-2015 normal, records 2001-2015)
Pluviométrie	la pluviométrie annuelle moyenne de la Wilaya a varié entre 500 et 800 mm
Sismologie	La région étudiée est classée dans la zone sismique II-a, sismicité moyenne

XII.4.2.2 Environnement biologique

- **Faune Et Flore : (source asal 2006)**

La végétation, principalement méditerranéenne, prend les formes du maquis et de la forêt. Celle du parc du Djurdjura se compose en majorité d'une combinaison, variable selon l'altitude, de chêne vert et de cèdre de l'Atlas.

La faune est variée. Les massifs kabyles abritent de nombreux mammifères sauvages parmi lesquels le macaque berbère (ou singe magot), espèce endémique d'Afrique du Nord, la mangouste, le chacal doré, la genette, le porc-épic, le sanglier, le chat sauvage, la hyène rayée, la belette, le renard roux, le lièvre brun et le hérisson…etc

XII.4.2.3 Environnement socioculturel

- **Population et Habitat : (http://wilaya-tiziouzou.dz)**

Globalement, la population de la wilaya de Tizi-Ouzou comptait 936.948 habitants au RGPH de 1987, elle enregistre 1108.709 habitants au RGPH de 1998 et atteint 1.127.166 habitants au dernier RGPH 2008.

La répartition de la population à travers la wilaya est très disparate.

La densité de la population par commune varie de 37 Hab /Km2 enregistrée dans la Commune de ZEKRI à 1320 Hab /Km2 dans la Commune de Tizi-Ouzou dont le chef lieu compte 92.153 habitants.

- **Agriculture :**

La wilaya de Tizi-Ouzou est caractérisée par :

Un territoire montagneux à plus de 80% de sa superficie

Une population fortement rurale :656 583 hab. soit 56% de la population totale

Un potentiel foncier agricole limité :98 842 ha de SAU(surface Agricole utile) soit 38 % de la SAT

Un nombre d'exploitations agricoles élevé : 66 650 avec la typologie suivante :

• 77 % ne dépassant pas 2 ha de SAU
• 06 % seulement ont 5 ha et plus
• Dominance du secteur privé : 97 % des exploitations et détient 92% de la SAU
• La SAU moyenne par exploitation est de : 1,5 ha

En raison de son caractère montagneux la SAU est dominée par l'arboriculture (Oliviers et figuiers principalement) à concurrence de 45 552 hectares soit 46% de son espace total. Les

autres spéculations sont représentées par les cultures fourragères (30 %), le maraîchage (7%) les légumes secs (0,8%) et la viticulture (1,2%).

- **Patrimoine culturel**

Un important site archéologique contenant des gravures et des peintures rupestres datant de la période protohistorique au lieudit Azrou n'Tamart, situé dans la région de Draâ El-Mizan.



Figure XII-1 zone archéologique AZRO N'TAMART (modèle 3D InfraWorks)

XII.5 EVALUATION DES IMPACTS PREVISIBLES ET LES MESURES A PRENDRE POUR CHAQUE PHASE DU PROJET

XII.5.1 Impacts sonores

XII.5.1.1 Le bruit

La construction d'une route au voisinage d'habitation a des conséquences sur la santé humaine suite à la gêne due au bruit pouvant se manifester de plusieurs façons :

- Perte de sommeil.
- La fatigue
- Baisse de l'acuité auditive.

Dans le projet (PK 23+000 au 32+000) la population est peu présente sauf le petit village de MAAMAR et quelques habitations dans la zone située du PK 30+500 au PK 32+000.

Tableau XII-2 évaluation des impacts de sonores et les mesures a prends

Localisation		Impacts	Mesures
Ville de MAAMAR	Pk 24+600 Au 26+200	La nuisance générée ❖ La circulation des véhicules ❖ Les travaux de terrassement. ❖ Les engins et les camions de transport. ❖ Les matériaux et équipements de construction.	✓ Installation des Murs pour l'isolation sonore et des butte anti bruit. ✓ Les travaux de nuit ne seront Effectués qu'en cas d'urgence (Rétablissement de routes ou de réseaux). ✓ La circulation des engins doit être limitée à l'intérieur des emprises du projet et des pistes d'accès, dans des horaires bien définis.
Petit village	PK 30+500 au 32+000		

XII.5.2 Réduction de l'impact visuel et remise en état des lieux

Tableau XII-3 impacts visuel et remise en état

Impacts	Mesures
❖ Réduction de l'impact visuel et remise en état des lieux ❖ Elimination de la vegetation Terrestrial ❖ Debasement	✓ Remise en état initial de site ✓ Réutiliser les sols forestiers décapés. ✓ Restaurer le couvert végétal dans l'emprise immédiatement après la construction.

XII.5.3 Impacts sur les biens de la population :

Tableau XII-4 impacts prévisible sur le bien de la population

Impacts	measures
❖ Coupure des routes, des pistes, des terrains agricoles et abattage d'arbre ❖ Les rétablissements de l'écoulement naturel.	✓ Réalisation des passages inférieur ou supérieur. ✓ Implanter des ouvrages hydrauliques.

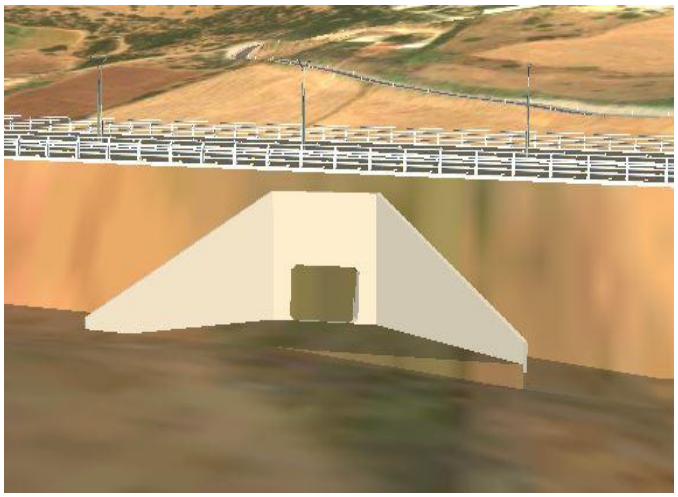


Figure XII-3 rétablissement d'un écoulement naturel



Figure XII-2 rétablissement d'une route

XII.5.4 Risque d'accidents

Tableau XII-5 impacte prévisible "Risque d'accident"

Impacts	Mesure
❖ La présence des engins représente un danger pour les travailleurs et les résidents qui vivent près des voies d'accès au chantier	✓ Des signalisations claires des chantiers. ✓ Signalisation lumineuse de chantier la nuit. ✓ Pistes d'accès seront mises en place afin de limiter les risques d'accidents.

XII.5.5 Impacts sur la qualité de l'air et de l'eau

XII.5.5.1 Impacts sur la qualité de l'air

Tableau XII-6 impacts sur la qualité de l'air

Impacts	Mesures
❖ Une dispersion accidentelle de produits chimiques gazeux. ❖ Gaz d'échappement des engins. ❖ En raison de l'émission de poussière Transport de matériel par camion	✓ Les mesures de prévention consistent à réduire les émissions à la source par le choix de technologies de moteur peu polluantes, ou par l'épuration des gaz d'échappement, ✓ Les ouvriers des carrières seront munis de bavettes de protection jusqu'au lieu de déchargements. ✓ Bâchage de camions : Durant le transport de matériaux. Des mesures particulières (arrosage des pistes d'accès) sont à envisager.

XII.5.5.2 Impacts sur les eaux superficielles et les eaux souterraines

Impacts	Mesures
❖ Les eaux des oueds peuvent être altérées temporairement par les travaux (diversement des eaux de chantier, une contamination possible de l'eau suite à un diversement accidentel d'hydrocarbures) ❖ Mise en suspension et transport des particules fines liées au terrassement. ❖ Le déversement accidentel ou la fuite de produits pétroliers ou autres provenant de la machinerie peux contribuer à détériorer la qualité des eaux de surface ou des eaux souterraines.	✓ Etanchéification de fossé et de la plateforme. ✓ Intercepter les eaux de ruissellement et chargées de sédiments par des dispositifs pour capter les sédiments. ✓ Interdire le ravitaillement et l'entretien de la machinerie près des cours d'eau. ✓ Construction des bassins de traitements des eaux de chaussée. ✓ Prévoir des mesures d'intervention en cas de contamination accidentelle pendant la construction

XII.5.6 Impacts sur le milieu naturel

Table XII-7 Diversité faunistique du PND (Plan d'Aménagement du Territoire de la wilaya de Tizi-Ouzou)

Catégorie	Exemples
Mammifères	Porc épic, singe magot, genette, lièvre, chacal, Hérisson d'Afrique du Nord, lérot, chat sauvage, belette
Avifaune (oiseaux sédentaires ou migratoires)	Sitelle Kabyle, milan royal, hibou de moyen duc, poule sultane, chardonneret, rouge George, mouette rieuse, pic vert, vautour moine, coucou geai, canard
Reptiles	Tortue grecque, varan du désert, col vert, salamandre terrestre
Mollusques Batraciens	Grenouille verte, reinette, crapaud de Mauritanie, crapaud commun
Insectes	Insecte brindille

XII.5.6.1 Impacts sur la faune et la flore

Impact	Mésures
❖ Faune et Flore : Implantation d'une infrastructure étrangère dans une zone de colonisation faunistique. ❖ Terres végétale enlevée lors des travaux de terrassements	✓ La pose des barrières pour la faune le long des passages des forêts. ✓ Création des passages pour les animaux. ✓ Eviter au maximum les zones riches en végétation. ✓ Restaurer le couvert végétal dans l'emprise immédiatement après la construction. ✓ Réutiliser les sols forestiers décapés.

XII.6 Conclusion

Ce projet renforce le réseau routier sur le plan socio-économique national et régional, comme il sera une source de soulagement du réseau routier existant, Comme tout projet similaire, en cours de construction et d'exploitation, des effets négatifs et irréversibles sur l'environnement causeront des dommages sur les fonctions naturelles et urbaines et le cadre de vie des riverains.

La présente étude a permis de caractériser les milieux naturel et humain dans la zone des travaux projetés, de cerner les impacts du projet et de déterminer des mesures visant à Réduire les impacts du projet sur ces milieux.

CHAPITRE XIII SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS

XIII.1 INTRODUCTION

La signalisation est une partie intégrante du paysage routier. C'est un outil de communication essentiel pour l'usager de la route.

Bien signaler, c'est assurer l'écoulement du trafic dans les meilleures conditions de circulation, de gestion du trafic et de sécurité routière. On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

XIII.2 OBJECTIFS DE SIGNALISATION ROUTIERE

La signalisation routière a pour rôle :

- De rendre plus sure et plus facile la circulation routière.
- De rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- D'indiquer et de rappeler les diverses prescriptions particulières.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

XIII.3 CRITERES A RESPECTER

- Homogénéité entre la géométrie de la route et la signalisation.
- Respecter les règles d'implantation.
- Cohérence entre les signalisations verticales et horizontales.
- Eviter la multiplication des signaux et des super signaux, car surabondance nuit à l'efficacité.

XIII.3.1 Signalisation horizontale

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Le marquage de la chaussée est réalisé par plusieurs catégories de marques.

- Couleur des marques de chaussée :

Les couleurs utilisées pour les marquages sur la chaussée est le blanc et le jaune, dont le jaune est pour T4 et de la délimitation du TPC, et le blanc pour d'autres marquages.

- Largeur des lignes :

Les largeurs des lignes sont définies par rapport à une unité U.

Tableau XIII-1 Les valeurs de U

U = 7,5 cm	Sur autoroutes et voies rapides urbaines.
U = 6 cm	Sur les routes et voies urbaines.
U = 5 cm	Sur les autres routes.

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un **U= 7.5cm**

➢ Lignes longitudinales :

Tableau XIII-1 caractéristiques des lignes

Modulation	Désignation des marques	Largeur	Longueur du trait (m)	Intervalle entre 2 traits successifs
Continue	Délimitation de terre-plein central (TPC)	3U		
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U	3	10
T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5U	3	3.5
	Ligne de rive de chaussée	3U		
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U	3	1.33
T'3	Ligne de rive aux approches dans les bretelles de	3U	20	6
T4	Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence.	3U	39	13

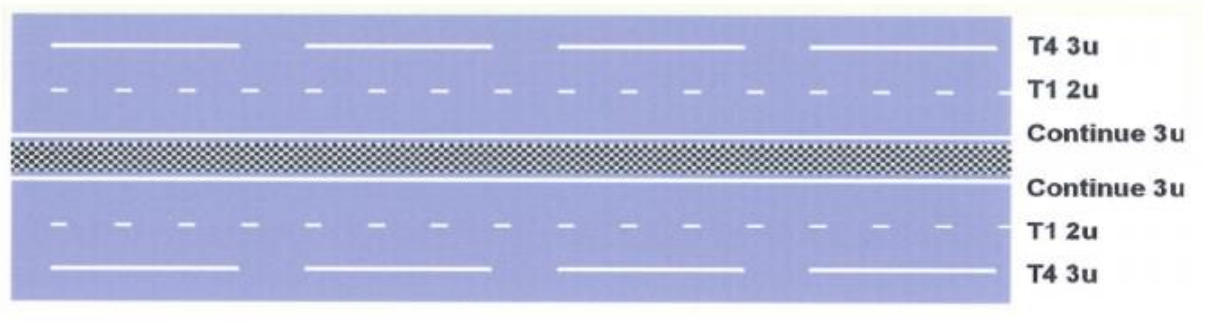


Figure XIII-1: schéma de disposition des lignes

XIII.3.2 Signalisation verticale

Elle se fait à l'aide des panneaux qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, et leur forme.

- Signalisation d'interdiction ou de restriction

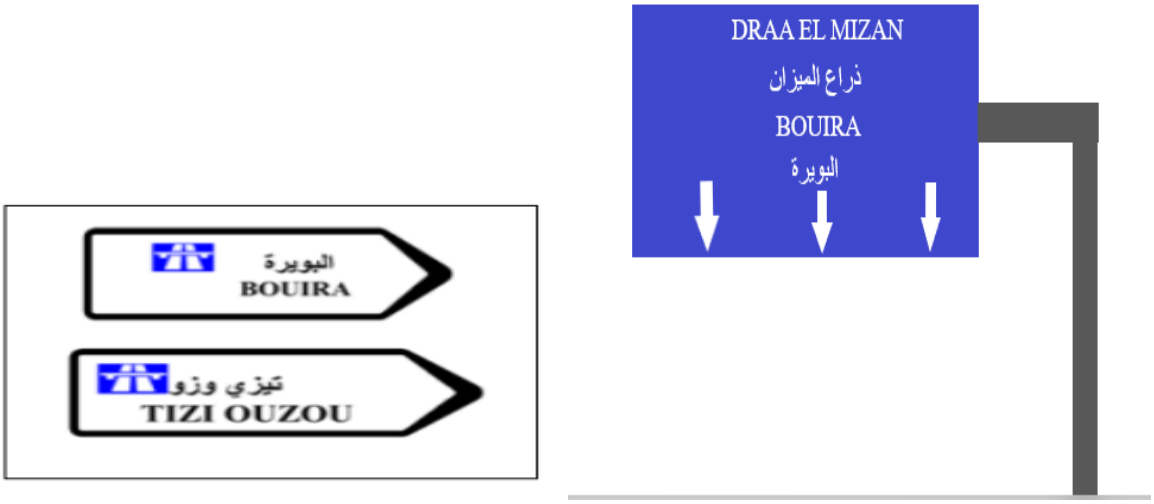


Figure XIII-2: limitation de vitesse

- Signalisation d'indication

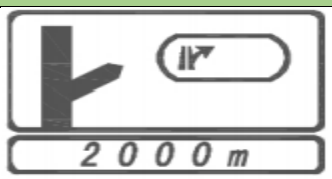
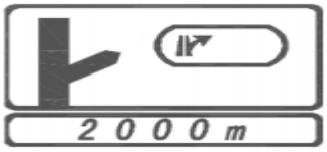
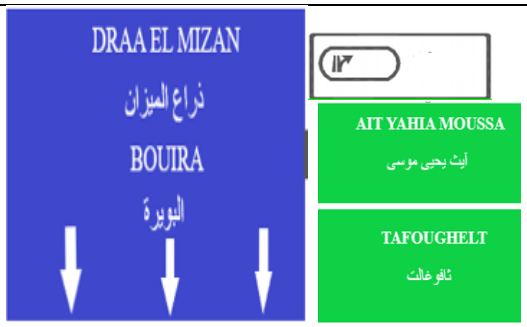
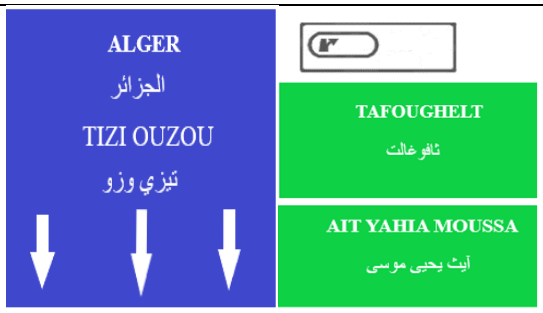


Signalisation de direction :



XIII.3.3 Signalisation des échangeurs

	Distance d'implantation	But
Avertissement D(a)50	2000 m	pour attirer l'attention des usagers
Pré signalisation D(a)40	1000m	pour marquer le début de la manœuvre de sortie et notamment inciter les usagers à gagner la voie de droite
Signalisation avancée D30	Au point S=1.5m	pour marquer la fin de la manœuvre de sortie sur la chaussée émettrice.

	A droite	A gauche
Avertissement D50		
Pré-signalisation D40		
Pré-signalisation D40		

XIII.4 EQUIPEMENTS

XIII.4.1 Séparateurs doubles en béton adhérent (DBA)

Le séparateur en béton type DBA, coulé en place, est constitués d'un muret en béton de profil symétrique, de 80 cm de hauteur et 60 cm de largeur à la base, faiblement armé à leur partie supérieure par deux barres filantes.

Leur poids est d'environ 700 kg par mètre linéaire. Ce dispositif sera mis en œuvre au niveau du TPC en plein parcours.

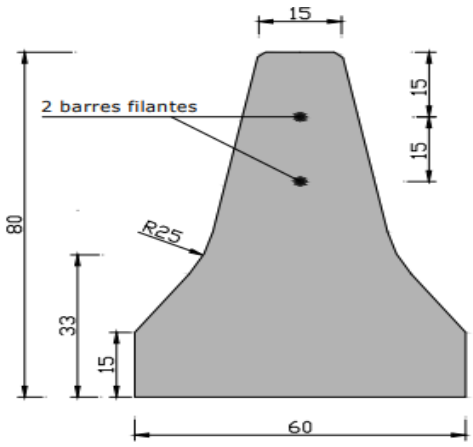


Figure XIII-3: coupe transversale d'un séparateur en béton type DBA(source :cimbéton)

XIII.4.2 Barrières de sécurité :

On prévoit des séparateurs en béton de type GBA (glissière en béton adhérent) sur les accotements de la route et des glissières de sécurité métalliques à droite de la chaussée pour chaque bretelle et aussi au niveau des viaducs.

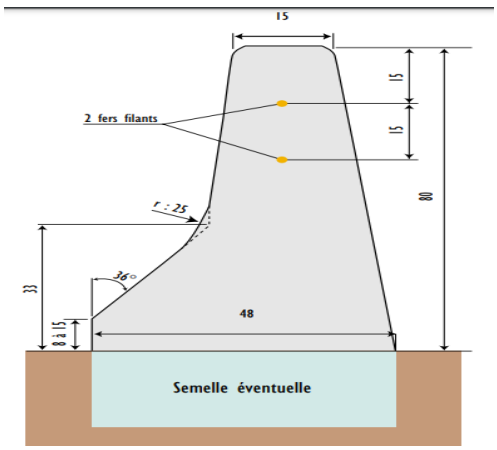


Figure XIII-4: coupe transversale d'un séparateur en béton type GBA (source :cimbéton)

CHAPITRE XIV DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF

N°	Désignations des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire HT (DA)	Montant HT (DA)
1	**Acquisition des terrains**	M2	342899.9	1500	514349850
	Total	**514 349 850**			
2	**Installation de chantier**	%	3%*(1+3+4)	239160078.2	239160078.2
	Total	**239 160 078.20**			
3	**Terrassement**				
	Décapage de terre végétale (20cm)	M2	979714	150	146957100
	Déblais en sol inutilisable mise en dépôt	M3	5334705.31	800	4267764248
	Remblais en provenance d'emprunts	M3	1064217.21	1000	1064217210
	Total terrassement	**5 478 938 558**			
4	**Chaussée**				
	GC-017 Fourniture et mise en œuvre de **BBM**	T	30672.5	9000	276052500
	GC-018 Fourniture et mise en œuvre de **BBMa**	T	27095	9500	257402500
	'GC-026 Fourniture et mise en œuvre de **EME2**	T	36501	6100	222656100
	GC-178 Fourniture et mise en œuvre de **TVC** (pour la berme)	T	5409.25	800	4327400
	GC-054 Fourniture et mise en œuvre de **GNT_0_40**	T	135060.8	9000	1215547200
	couche d'accrochage 0,3kg/m2	T	65.06	7500	487950
	couche d'imprégnation 1,2kg/m2	T	248.95	9000	2240550
	Total chaussée	**1 978 714 200**			

5	**Assainissement**				
	Fossé en béton	ML	27000	3000	81000000
	Buse 1500	ML	160	35000	5600000
	Tète de Buse	ML	8	30000	240000
	Dalot en béton de 350kg/m3	ML	480	30000	14400000
	TOTAL ASSINISEMENT	**101 240 000**			
6	**Signalisation**				
	Ligne continué	%	5%(1+4)	124653202.5	124653202.5
	TOTAL SIGNALISATION	**124 653 202.5**			
7	**Séparateur de sécurité**	ML	27000	7000	189000000
	TOTAL	**189 000 000**			
8	**Impact sur l'environnement**				
	Plantation des arbres et Restauration du couvert végétal dans l'emprise.	M^2	315 000	500	157 500 000
	Réalisation de 3 passages inférieur.	N	3	5 000 000	15 000 000.00
	Construction des bassins de traitements des eaux de chaussée.	N	2	2 000 000	4 000 000.00
	Pose des barrières le long des passages des forêts.	Km	0.7	3 000 000	2 100 000.00
	Création des passages pour les animaux	N	5	1 500 000	7 500 000.00
	Installation des Murs et des butte anti bruit à coté de petite ville de cité MAAMAR.	M	700	150 000	105 000 000.00

	TOTAL	**298 600 000.00**			
9	**Contrôle de Bureau d'étude**	%	2%(1+3+4)	159440052.2	159440000.2
	TOTAL	**159 440 052.20**			
10	**Ouvrages D'ART**	ML	2440	1400000	3416000000
	TOTAL				
11	**Echangeur trompette**		1		3400000000
	TOTAL	**3 400 000 000**			
	TOTAL HT	**15 900 095 000**			
	TVA 19%	**3 021 018 000**			
	TOTAL GENERAL TTC	**18 921 113 000**			

CHAPITRE XV CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION

Ce projet est intitulé « Etude APD d'un tronçon de la pénétrante autoroutière de Tizi Ouzou du PK 23+000 au PK 32+000 avec conception d'un échangeur ». La pénétrante relie l'autoroute est-ouest à la wilaya de TIZI OUZOU, elle est considérée comme une solution stratégique qui contribue au développement de l'économie de la région et du pays.

Le projet rentre dans le cadre du programme de la relance économique qui a pour objet le développement durable du pays, en s'intéressant à l'amélioration et l'aménagement d'infrastructures de qualité, qui permettent d'offrir les meilleurs services pour les utilisateurs des autoroutes, et qui répondent à l'offre et à la demande en matière de transport.

Pour étudier ce tronçon qui passe par une zone montagneuse, nous avons procédé à plusieurs études détaillées dont les suivantes : géométrique, géotechnique, hydraulique, stabilité des talus et insertion du projet dans l'environnement et ses impacts. Les études sont soumises aux normes suivantes : ICTAAL, le guide d'assainissement routier SETRA.

Nous nous sommes retrouvés confrontés à plusieurs contraintes pouvant survenir au cours de l'étude de route. Nous avons essayé de trouver par tous les moyens la meilleure solution pour tous ses problèmes techniques.

De plus, cette expérience était une occasion à nous afin d'approfondir nos connaissances et de mieux maitriser les logiciels informatiques utilisés tels que AutoCAD, CIVIL 3D, Global mapper, SLIDE v6 et Infra Works.

A la fin de cette étude, nous pouvons dire que ce projet nous a permis d'enrichir et de compléter notre formation en touchant une multitude de branches du domaine des Travaux Publics, qu'un ingénieur qualifié doit connaît

ANNEXES

Annexe A:

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Axe en plan: AXE_PENETRANTE_TO
Description:
Plage d'abscisse : Début: 22+921.31, Fin: 35+220.95

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			22+921.31	577202.0858	4053326.3962
DR1	ANG=201.8558 (g)	14.030			
			22+935.34	577201.6769	4053312.3722
CLO2	A=223.159				
	R=600.000	83.000			
			23+018.34	577201.1711	4053229.3914
ARC3	XC=577800.6907				
	YC=4053253.3947				
	R=600.000	71.267			
			23+089.61	577208.2395	4053158.5181
CLO4	A=223.159				
	R=600.000	83.000			
			23+172.61	577225.1244	4053077.2717
CLO5	A=223.495				
	R=675.000	74.000			
			23+246.61	577240.5259	4053004.9023
ARC6	XC=576575.6188				
	YC=4052888.6117				
	R=675.000	594.745			
			23+841.35	577088.4104	4052449.6700
CLO7	A=236.696				
	R=675.000	83.000			
			23+924.35	577031.9078	4052388.8905
DR8	ANG=248.9841 (g)	29.997			
			23+954.35	577011.0378	4052367.3435
ARC9	XC=577706.6567				
	YC=4051693.5797				

Annexe A:

	R=968.423	398.501			
			24+352.85	576799.6135	4052032.8672
DR10	ANG=222.7875 (g)	1794.206			
			26+147.06	576171.0126	4050352.3809
ARC11	XC=577294.9550				
	YC=4049931.9602				
	R=1200.000	119.140			
			26+266.20	576134.8753	4050238.9050
DR12	ANG=216.4669 (g)	99.976			
			26+366.17	576109.3028	4050142.2553
ARC13	XC=575045.8964				
	YC=4050423.6214				
	R=1100.000	263.903			
			26+630.07	576011.9886	4049897.6309
DR14	ANG=231.7402 (g)	118.302			
			26+748.38	575955.4200	4049793.7308
ARC15	XC=576875.4258				
	YC=4049292.8321				
	R=1047.526	451.254			
			27+199.63	575830.3063	4049363.7922
DR16	ANG=204.3158 (g)	88.138			
			27+287.77	575824.3358	4049275.8567
CLO17	A=216.333				
	R=650.000	72.000			
			27+359.77	575820.7858	4049203.9541
ARC18	XC=576470.7358				
	YC=4049195.8892				
	R=650.000	64.208			
			27+423.97	575823.1589	4049139.8164
CLO19	A=216.333				
	R=650.000	72.000			
			27+495.97	575832.0125	4049068.3728
CLO20	A=233.666				
	R=700.000	78.000			

Annexe A:

			27+573.97	575841.5955	4048990.9745
ARC21	XC=575144.1851				
	YC=4048930.8184				
	R=700.000	357.264			
			27+931.24	575782.1043	4048642.6186
CLO22	A=233.666				
	R=700.000	78.000			
			28+009.24	575747.3779	4048572.7874
DR23	ANG=230.5608 (g)	43.669			
			28+052.91	575727.2108	4048534.0545
CLO24	A=212.368				
	R=1100.000	41.000			
			28+093.91	575708.5026	4048497.5723
ARC25	XC=576693.4699				
	YC=4048007.8381				
	R=1100.000	294.019			
			28+387.93	575614.1306	4048220.0333
CLO26	A=212.368				
	R=1100.000	41.000			
			28+428.93	575606.7221	4048179.7088
CLO27	A=268.328				
	R=800.000	90.000			
			28+518.93	575589.3531	4048091.4136
ARC28	XC=574810.7376				
	YC=4048275.1470				
	R=800.000	277.201			
			28+796.13	575480.6800	4047837.9089
CLO29	A=268.328				
	R=800.000	90.000			
			28+886.13	575428.7069	4047764.4479
DR30	ANG=240.3926 (g)	578.081			
			29+464.21	575086.0414	4047298.8750
CLO31	A=216.333				
	R=650.000	72.000			

Annexe A:

			29+536.21	575042.3052	4047241.6935
ARC32	XC=574540.9419				
	YC=4047655.3778				
	R=650.000	239.201			
			29+775.41	574859.9144	4047089.0241
CLO33	A=216.333				
	R=650.000	72.000			
			29+847.41	574795.9270	4047056.0362
CLO34	A=216.333				
	R=650.000	72.000			
			29+919.41	574731.9396	4047023.0483
ARC35	XC=575050.9122				
	YC=4046456.6946				
	R=650.000	300.391			
			30+219.80	574512.8829	4046821.4198
CLO36	A=216.333				
	R=650.000	72.000			
			30+291.80	574474.7153	4046760.3802
DR37	ANG=234.3996 (g)	372.427			
			30+664.23	574283.1261	4046441.0133
CLO38	A=232.379				
	R=500.000	108.000			
			30+772.23	574224.3006	4046350.5066
ARC39	XC=573825.7595				
	YC=4046652.4419				
	R=500.000	450.987			
			31+223.21	573835.9955	4046152.5467
CLO40	A=232.379				
	R=500.000	108.000			
			31+331.21	573728.1948	4046158.1066
DR41	ANG=305.5721 (g)	236.299			
			31+567.51	573492.8002	4046178.7626
CLO42	A=273.167				
	R=820.000	91.000			

Annexe A:

			31+658.51	573402.0294	4046185.0386
ARC43	XC=573375.7622				
	YC=4045365.4594				
	R=820.000	1452.888			
			33+111.40	572567.4416	4045227.5544
CLO44	A=273.167				
	R=820.000	91.000			
			33+202.40	572586.0503	4045138.4901
DR45	ANG=185.7099 (g)	2018.549			
			35+220.95	573035.3538	4043170.5810

Axe en plan: bretelle 02
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+211.31

Elem	**Caractéristiques**	**Longueur**	**Abscisse**	**X**	**Y**
			0+000.00	577234.8721	4052693.5697
DR1	ANG=23.3238 (g)	39.266			
			0+039.27	577248.9381	4052730.2295
CLO2	A=45.277				
	R=50.000	41.000			
			0+080.27	577268.5495	4052765.8867
ARC3	XC=577304.2226				
	YC=4052730.8520				
	R=50.000	94.773			
			0+175.04	577348.8064	4052753.4858
CLO4	A=38.730				
	R=50.000	30.000			
			0+205.04	577356.7673	4052724.6857
DR5	ANG=189.1925 (g)	6.267			
			0+211.31	577357.8261	4052718.5091

Annexe A:

Axe en plan: bretelle 04
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+246.56

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	577365.3076	4052772.3330
DR1	ANG=394.4312 (g)	19.487			
			0+019.49	577363.6052	4052791.7453
CLO2	A=45.277				
	R=50.000	41.000			
			0+060.49	577354.5678	4052831.4236
ARC3	XC=577310.6282				
	YC=4052807.5632				
	R=50.000	11.800			
			0+072.29	577347.7710	4052841.0358
CLO4	A=31.623				
	R=50.000	20.000			
			0+092.29	577332.5525	4052853.9578
DR5	ANG=340.5734 (g)	13.610			
			0+105.90	577321.6140	4052862.0566
CLO6	A=48.990				
	R=80.000	30.000			
			0+135.90	577298.7008	4052881.3485
ARC7	XC=577357.4551				
	YC=4052935.6433				
	R=80.000	18.678			
			0+154.58	577287.7331	4052896.4153
CLO8	A=48.990				
	R=80.000	30.000			
			0+184.58	577276.4153	4052924.1479
DR9	ANG=379.3104 (g)	61.981			
			0+246.56	577256.6246	4052982.8848

Annexe A:

Axe en plan: bretele 01
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 1+186.78

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	577653.0697	4052634.6277
DR1	ANG=306.2617 (g)	24.354			
			0+024.35	577628.8335	4052637.0193
ARC2	XC=577619.3494				
	YC=4052540.9073				
	R=96.579	77.383			
			0+101.74	577556.9192	4052614.5953
DR3	ANG=255.2533 (g)	13.561			
			0+115.30	577546.5721	4052605.8290
ARC4	XC=577420.5335				
	YC=4052754.5956				
	R=194.980	200.483			
			0+315.78	577358.2109	4052569.8442
DR5	ANG=320.7121 (g)	22.594			
			0+338.38	577336.8022	4052577.0660
ARC6	XC=577348.2993				
	YC=4052611.1483				
	R=35.969	69.159			
			0+407.53	577320.2692	4052633.6894
DR7	ANG=43.1171 (g)	45.793			
			0+453.33	577348.9668	4052669.3752
ARC8	XC=577298.8285				
	YC=4052709.6952				
	R=64.339	46.525			
			0+499.85	577363.1004	4052712.6430
DR9	ANG=397.0822 (g)	57.188			
			0+557.04	577360.4802	4052769.7707
ARC10	XC=577320.1351				

Annexe A:

	YC=4052767.9203				
	R=40.388	61.049			
			0+618.09	577320.6759	4052808.3042
DR11	ANG=300.8525 (g)	136.210			
			0+754.30	577184.4782	4052810.1281
CLO12	A=53.572				
	R=70.000	41.000			
			0+795.30	577143.8853	4052814.6500
ARC13	XC=577164.9892				
	YC=4052881.3930				
	R=70.000	291.403			
			1+086.70	577232.9287	4052898.2521
CLO14	A=53.572				
	R=70.000	41.000			
			1+127.70	577234.8854	4052857.4550
DR15	ANG=203.1591 (g)	59.077			
			1+186.78	577231.9550	4052798.4507

Axe en plan: bretelle 03
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+287.69

Elem	**Caractéristiques**	**Longueur**	**Abscisse**	**X**	**Y**
			0+000.00	577195.6044	4053158.3851
DR1	ANG=192.4972 (g)	18.877			
			0+018.88	577197.8241	4053139.6386
CLO2	A=69.282				
	R=160.000	30.000			
			0+048.88	577200.4180	4053109.7627
ARC3	XC=577040.4645				
	YC=4053105.9066				
	R=160.000	88.811			
			0+137.69	577178.4353	4053024.8877
CLO4	A=89.443				

Annexe A:

	R=160.000	50.000			
			0+187.69	577148.8027	4052984.6821
CLO5	A=114.018				
	R=130.000	100.000			
			0+287.69	577096.1021	4052900.4687

Annexe A:

Profil : Abscisse Sommets et Raccordements

Profil en long : AXE_PENETRANTE_TO
Description:
Plage d'abscisse : Début: 23+000.00, Fin: 32+000.00
LONGUEUR DE L'AXE : 9000.000m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			23+000.00	250.358
D1	PENTE= -1.60%	243.083		
			23+243.08	246.460
PAR1	S= 23+375.00 Z=244.345			
	R= 7000.000	263.834		
			23+506.92	247.202
D2	PENTE= 2.17%	133.879		
			23+640.80	250.102
PAR2	S= 23+669.52 Z=250.724			
	R= 6000.000	57.450		
			23+698.25	251.071
D3	PENTE= 1.21%	383.114		
			24+081.36	255.699
PAR3	S= 24+147.76 Z=256.502			
	R= 7000.000	132.800		
			24+214.16	256.044

Annexe A:

D4	PENTE= -0.69%	428.273		
			24+642.43	253.094
PAR4	S= 24+692.96 Z=252.746			
	R= 8500.000	101.060		
			24+743.49	252.998
D5	PENTE= 0.50%	1271.329		
			26+014.82	259.355
PAR5	S= 26+076.93 Z=259.665			
	R= 4000.000	124.214		
			26+139.04	261.905
D6	PENTE= 3.61%	365.102		
			26+504.14	275.068
PAR6	S= 26+559.51 Z=277.064			
	R= 8000.000	110.739		
			26+614.88	278.294
D7	PENTE= 2.22%	872.154		
			27+487.03	297.665
PAR7	S= 27+728.07 Z=303.019			
	R= 9000.000	482.077		
			27+969.11	295.462
D8	PENTE= -3.14%	555.102		
			28+524.21	278.058
PAR8	S= 28+598.29 Z=275.735			

Annexe A:

	R= 4000.000	148.150		
			28+672.36	276.156
D9	PENTE= 0.57%	249.460		
			28+921.82	277.574
PAR9	S= 28+950.51 Z=277.737			
	R= 5000.000	57.380		
			28+979.20	278.230
D10	PENTE= 1.72%	944.506		
			29+923.71	294.438
PAR10	S= 30+068.54 Z=296.923			
	R= 8000.000	289.677		
			30+213.38	294.164
D11	PENTE= -1.90%	542.487		
			30+755.87	283.831
PAR11	S= 30+863.27 Z=281.785			
	R= 5000.000	214.798		
			30+970.67	284.353
D12	PENTE= 2.39%	509.466		
			31+480.13	296.534
PAR12	S= 31+507.97 Z=297.200			
	R= 20000.000	55.679		
			31+535.81	297.943
D13	PENTE= 2.67%	464.188		

Annexe A:

			32+000.00	310.334

Profil en long : bretelle 02
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+211.31
LONGUEUR DE L'AXE : 211.310m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	252.029
D1	PENTE= -0.50%	38.814		
			0+038.81	251.835
PAR1	S= 0+053.81 Z=251.760			
	R= 2000.000	30.000		
			0+068.81	251.910
D2	PENTE= 1.00%	93.846		
			0+162.66	252.848
D3	PENTE= -2.48%	48.645		
			0+211.31	251.640

Annexe A:

Profil en long : bretelle 04
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 0+246.55
LONGUEUR DE L'AXE : 246.550m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	248.987
D1	PENTE= -1.31%	246.547		
			0+246.55	245.760

Profil en long : bretelle 01
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 1+186.78
LONGUEUR DE L'AXE : 1186.780m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+662.13	252.859
D1	PENTE= 0.98%	74.871		
			0+737.00	253.596
D2	PENTE= -1.18%	259.314		
			0+996.31	250.530
PAR2	S= 1+026.31 Z=250.176			
	R= 4164.079	60.000		
			1+056.31	249.389

Annexe A:

D3	PENTE= -2.62%	130.468		
			1+186.78	245.967

Profil en long : bretelle 03
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+003.31, Fin: 0+287.69
LONGUEUR DE L'AXE : 284.380m

Elément	**Caractéristiques des éléments**	**Longueur**	**Abscisse**	**Z**
			0+048.36	250.875
PAR0	S= 0+073.36 Z=250.750			
	R= 10061.376	50.000		
			0+098.36	250.500
D1	PENTE= -1.00%	189.326		
			0+287.69	248.613

Annexe B:

TABLEAUX DE POSITIONS DES SONDAGES

Tableau 1: programme de reconnaissance géotechnique (essai in situ partie 1)

BH NO	KM	TYPE	Profondeur(m)	Elévation(m)	Pressionmetre	SPT
SC117	23+117	Déblai	35.00	299		X
SC39	23+306	Route	15.00	249		X
SC119	23+380	Route	25.00	271	X	X
SC181	23+385	Remblai	20.00	235		X
SC121	23+536	Déblai	35.00	290		X
SC41	23+892	Via13	46.50	250	X	X
SC-V14-C1	24+333	Déblai	15.00	247	X	X
SC-V14-P1	24+357	Via14	30.00	242	X	X
SC-V14-P2	24+380	Via14	30.60	241	X	X
SC-V14-C02	24+600	Deblai	30.00	253	X	
SC-V15-C1	24+696	Via15	20.00	268	X	
SC-V15-P3	25+096	Via15	25.10	213	X	
SP-V15-P8	25+885	Via15	20.00	237	X	
SC-V15-C2	25+970	Via15	20.40	272		
SC19	26+019	*	44.00	-		X
SC52	27+004	Via16	19.90	269	X	X
SC-V16-C2	27+036	Via16	26.00	282	X	

Tableau 2:programme de reconnaissance géotechnique (essai in situ partie2)

RECONNAISANCE	TYPE	X	Y	PK	PROFONDEUR (m)	TRONÇON
SC 16	SONDAGE CAROTTÉ	575.880	4.048.879	27+960	45,00	DÉBLAI
SCP 16(3)	SONDAGE CAROTTÉ ETPRESSIO	575.709	4.048.458	28+420	15,50	REMBLAI
SCP 15(2)	SONDAGE CAROTTÉ ETPRESSIO	575.370	4.047.706	29+240	20,50	VIADUC V17
SCP 139	SONDAGE CAROTTÉ ETPRESSIO	574.815	4.047.066	30+120	30,00	REMBLAI
P 68	PUIT	574.738	4.047.027	30+200	3,20	DÉBLAI
SCP 141	SONDAGE CAROTTÉ ETPRESSIO	573.847	4.046.135	31+500	30,00	REMBLAI
P 72	PUIT	573.546	4.046.173	31+800	3,00	REMBLAI
P 73	PUIT	573.212	4.046.167	32+180	3,20	REMBLAI

Annexe B:

RESULTATS DES ESSAIS SPT ET CPT

Tableau 3: les résultats de l'essai carottage partie 1

Sondage n° :	Profondeur	Module pressiométrique	Pression limite :	Pression de fluage :
Sondage N°: SC-13	20	E = 694,17 bars	PL = 46,40 bars	Pf = 46,40 bars
Sondage n° : SCP-119	20	E = 1242,40 bars	PL = 61,77 bars	Pf = 35,31 bars
Sondage n° : SCP V14 P2	30	E = 401,81 bars	PL = 52,08 bars	Pf = 48,19 bars
Sondage n° : SC-V15-P02	13	E = 1351,71 bars	PL = 64,58 bars	Pf = 43,62 bars
Sondage N°: SC-41	20	E = 674,07 bars	PL = 33,19 bars	Pf = 12,56 bars
Sondage N°: SCP-V15-C1	15	E = 528,57 bars	PL = 55,69 bars	Pf = 27,67 bars
Sondage n° : SC-45	18.5	E = 338,43 bars	PL = 43,20	Pf = 17,23 bars
Sondage n° : SC-V15-P03	14.8	E = 1092,47 bars	PL = 59,29 bars	Pf = 33,13 bars
Sondage N°: SC-47	18	E = 1799,34 bars	PL = 50,46 bars	Pf = 50,46 bars
Sondage n° : SC-V15-P04	25	E = 1156,43 bars	PL = 46,94 bars	Pf = 41,99 bars
Sondage n° : SC-V15-P05	19.7	E = 991,55 bars	PL = 46,55 bars	Pf = 41,62 bars
Sondage n° : SC-V15-P06	25	E = 1744,03 bars	PL = 56,17 bars	Pf = 37,13 bars
Sondage n° : SC-V16-C1	22	E = 389.46 bars	PL = 50.97 bars	Pf = 50.97 bars
Sondage n° : SC-V16-P1	22	E = 990.17 bars	PL = 51.24 bars	Pf = 51.24 bars
Sondage n° : SC-50	18	E = 593,86 bars	PL = 46,92 bars	Pf = 18,93 bars
Sondage n° : SC-V16-P3	18	E = 2028.2 bars	PL = 51.17 bars	Pf = 51.17 bars
Sondage n° : SC-51	18	E = 544,16 bars	PL = 53,20 bars	Pf = 31,28 bars
Sondage n° : SC-V16-P8	22.6	E = 1201.97 bars	PL = 51.22 bars	Pf = 51.22 bars
Sondage n° : SC-V16-C2	22.3	E = 1113.2 bars	PL = 51.00 bars	Pf = 51.00 bars
SC-B16	40	E = 1252,55 bars	PL = 59,80 bars	Pf = 38,60 bars
Sondage n° : SC-16 (2)	22	E = 201,54 bars	PL = 51.3 bars	Pf = 51.30bars

Annexe B:

Tableau 4: les résultats des essais de carottage partie2

Sondage	PK	Unité géologiques	Prof. (m)	Ep (bars)	Pl (bars)	Ep/Pl
SCP-16(2)	27+680	QCE	2,00	12,71	2,61	4,87
SCP-16(2)	27+680	QCE	4,00	16,46	2,08	7,91
SCP-16(2)	27+680	QCE	6,50	43,35	5,74	7,55
SCP-16(2)	27+680	QCE	10,00	93,94	12,31	7,63
SCP-16(2)	27+680	PR-SCH	14,80	201,54	23,71	8,50
SCP-16(3)	28+420	QCE	10,00	705,49	55,43	12,73
SCP-16(3)	28+420	PR-SCH	15,00	655,73	51,62	12,70
SCP-15(2)	29+240	QCE	5,00	175,35	14,79	11,86
SCP-15(2)	29+240	QCE	10,00	164,42	20,27	8,11
SCP-138	29+830	PR-SCH	10,00	336,28	48,03	7,00
SCP-138	29+830	PR-SCH	15,00	1270,03	45,09	28,17
SCP-139	30+115	QCE	5,00	220,84	30,87	7,15
SCP-139	30+115	T1M	10,00	1088,36	65,05	16,73
SCP-139	30+115	T1M	15,00	1533,38	46,08	33,28
SCP-140	30+740	QA	5,00	374,16	42,16	8,87
SCP-140	30+740	PR-SCH	10,00	1336,55	53,45	25,01
SCP-140	30+740	PR-SCH	15,00	1000,33	56,54	17,69
SCP-141	31+490	T1CG	5,00	231,93	26,91	8,62
SCP-141	31+490	T1CG	10,00	693,19	52,57	13,19
SCP-141	31+490	T1CG	15,00	753,61	59,51	12,66
SCP-141	31+490	T1CG	20,00	883,25	46,47	19,01
SCP-141	31+490	T1CG	25,00	902,04	66,38	13,59
SCP-141	31+490	T1CG	30,00	306,48	49,55	6,19
SCP-53(2)	32+720	T1CG	5,00	718,93	44,16	16,28
SCP-53(2)	32+720	T1CG	10,00	713,92	48,32	14,77
SCP-53(2)	32+720	T1CG	15,00	317,82	33,29	9,55
SCP-53(2)	32+720	T1CG	20,00	657,38	41,39	15,88
SCP-53(2)	32+720	T1CG	25,00	414,51	47,03	8,81
SCP-53(2)	32+720	T1CG	30,00	415,76	47,25	8,80
SCP-53(2)	32+720	T1CG	35,00	444,33	47,30	9,39

PR-SCH : *Schistes et phyllades du proterozoique superieur*

T1CG : *Gres, Calcaires et marnes. Olygocene-miocene inferieur*

QA*: Graviers, sable et Limons. Quaternaire*

T1m : *Argiles marneuses et argiles sableuses. Oligocene - Miocene*

QCE : *Argiles rougeâtres caillouteuses et graveleuses. Quaternaire*

Annexe B:

Tableau 5:Résultats de l'essai physique au laboratoire

Sondage	Profondeur (m)	W (%)	γd (t/m3)	γh (t/m3)	SR (%)	γs (t/m3)
SC-14	00,50-01,20	11,12	1,90	2,11	74,65	2,45
	29,50-29,73					2,51
SC-15	0,75-1,00	13,09	2,22	1,96	98,54	
SC-16	03.00-03.45	12,36	1,82	2,05	71,82	
	09.00-09.30	13,91	2	2,28	100,00	
SC-18	03,00-03,45	9,04				
	06,00-06,34	10,32				
SC-53	02.50 - 02.80	20,47	1,69	2,04	95,49	2,37
	17.50 - 17.70	11,59	2,01	2,24	96,46	2,4
SC-54	02.00 - 02.30	26,38	1,54	1,95	96,99	
	13.36 - 13.70	15,14	1,91	2,2	100,00	
SC-55	03.00 - 03.45	5,12				
	08.40 - 08.70	12,65	1,9	2,14	84,92	
SC-141	10,70-11,05	23,01	1,59	1,96	91,46	
	19,00-19,35	24,28	1,61	2,01	99,61	
SC-144	4,22-4,42	21,35	1,83	2,22		
SC-145	2,58-2,85	10,74	2,27	2,52		
SC-147	5,40-5,75	13,12	1,83	2,07	77,59	
	32,00-34,00	1,08	2,50	2,53	47,70	
SC-149	2,55-2,85	36,34	1,58	2,16	100	
	25,80-26,00	7,29	2,19	2,19	91,97	

Tableau 6: Résultats de l'essai Granulométrie par tamisage

Sondage	Prof. (m)	Limites d'Atterberg			Granulométries			VBS	Classificatio GTR
		W_L (%)	W_P (%)	I_P (%)	< 2 mm (%)	< 80µ (%)	< 2 µm		
SC-14	00,50-01,20	33	11	22	75	47,4		0,86	A2
	14,40-14,75	N.M			76,9	36,67		0,46	A1
SC-15	0,75-1,00	41	18	23	74,09	44,39		1,11	A2
	5,20-5,50	33	17	16	56,58	34,34		0,53	B5
	11,00-11,24	41	14	27	72,54	40,41		1,34	A3
	18,00-18,45	31	15	16	73,68	51,69		1,25	A2
SC-15 (5)	03.20 - 03.50	29	18	11	77,61	56,94		1,10	A1
SC-53	02.50 - 02.80	42	18	24	89,97	51,38		3,12	A2
SC-54	02.00 - 02.30	52	23	29	99,24	70,92		4,00	A3

Annexe B:

Tableau 7: Résultats de l'essai Granulométrie par tamisage

Sondage	Prof. (m)	Unité	Limites d'Atterberg			Granulométries			VBS
			W_L (%)	W_P (%)	I_P (%)	< 2 mm (%)	< 80µ (%)	< 2 µm	
SC-55	03.00 - 03.45	$T1_{Malt}$	45	14	31	93,82	79,9		2,91
	08.40 - 08.70	$T1_M$	34	12	22	98,05	56,81		3,00
SC-150	2,60-3,00	Q_{CE}	35	13	22	52,01	32,02	14,29	
	17,90-18,23	Q_{CE}				84,14	48,04		
SC-139	2,70-3,00	Q_{CE}	44	20	24	99,96	92,66	44,89	
	6,60-6,80	$T1_{Malt}$	46	16	30	100	94,88	47,00	
SC-140	3,00-3,45	Q_A	NM	NM		48,02	27,53		
	6,00-6,23	Q_A	33	14	19	40,06	19,69		
SCP-141	10,70-11,05	$T1_{CG}$	41	26	15	99,60	58,65	21,12	3,50
	19,00-19,35	$T1_{CG}$	51	34	17	98,63	64,71	28,25	3,25
SCP-144	4,22-4,42	$T1_{CG}$	29	14	15	72,19			8,00
	8,30-8,55	$T1_{CG}$	27,6	14	13,6	62,55			8,00
SCP-145	2,58-2,85	$T1_{CG}$	34,2	14,3	20	66,33			
	12,50-12,84	$T1_{CG}$							6,00
SC-147	5,40-5,75	$T1_{CG}$	33,00	15,00	18	81,80	61,60	27,38	

Sondage	Prof. (m)	Limites d'Atterberg			Granulométries			VBS	Classificatio GTR
		W_L (%)	W_P (%)	I_P (%)	< 2 mm (%)	< 80µ (%)	< 2 µm		
SC-14	00,50-01,20	33	11	22	75	47,4		0,86	A2
	29,50-29,73								
SC-15	0,75-1,00	41	18	23	74,09	44,39		1,11	A2
	5,20-5,50	33	17	16	56,58	34,34		0,53	B5
SC-16	03.00-03.45	38	21	17	76,72	52,89			A2
	09.00-09.30	NM			86,17	61,74			A
SC-18	03,00-03,45				99,7	32,93			B
	06,00-06,34				99,8	59,67			A
SC-53	02.50 - 02.80	42	18	24	89,97	51,38		3,12	A2
	17.50 - 17.70	33	19	14	97,3	53,14		2,97	A2
SC-54	02.00 - 02.30	52	23	29	99,24	70,92		4,00	A3

Sondage	Prof. (m)	Unité	Limites d'Atterberg			Granulométries			VBS
			W_L (%)	W_P (%)	I_P (%)	< 2 mm (%)	< 80µ (%)	< 2 µm	
SC-55	03.00 - 03.45	$T1_{Malt}$	45	14	31	93,82	79,9		2,91
	08.40 - 08.70	$T1_M$	34	12	22	98,05	56,81		3,00
	21,10 - 21,40	$T1_M$	42	12	30	99,56	84,18		

Annexe B:

	6,00-6,35	Q_{CE}	28	14	14				
SC-150	2,60-3,00	Q_{CE}	35	13	22	52,01	32,02	14,29	
	17,90-18,23	Q_{CE}				84,14	48,04		
SC-139	2,70-3,00	Q_{CE}	44	20	24	99,96	92,66	44,89	
	6,60-6,80	$T1_{Malt}$	46	16	30	100	94,88	47,00	
SC-140	3,00-3,45	Q_A	NM	NM		48,02	27,53		
	6,00-6,23	Q_A	33	14	19	40,06	19,69		
SCP-141	10,70-11,05	$T1_{CG}$	41	26	15	99,60	58,65	21,12	3,50
	12,45-13,00	$T1_{CG}$	53	27	26	98,78	56,74	20,65	4,48
	14,30-14,50	$T1_{CG}$	NM	NM		MAT DUR	MAT DUR	MAT DUR	
	19,00-19,35	$T1_{CG}$	51	34	17	98,63	64,71	28,25	3,25
SCP-144	4,22-4,42	$T1_{CG}$	29	14	15	72,19			8,00
	8,30-8,55	$T1_{CG}$	27,6	14	13,6	62,55			8,00
SCP-145	2,58-2,85	$T1_{CG}$	34,2	14,3	20	66,33			
	12,50-12,84	$T1_{CG}$							6,00
SC-147	5,40-5,75	$T1_{CG}$	33,00	15,00	18	81,80	61,60	27,38	

Tableau 8: résultats des essais physiques

Sondage	Profondeur (m)	W (%)	γ_d (t/m3)	γ_h (t/m3)	SR (%)	γ_s (t/m3)
SC-14	00,50-01,20	11,12	1,90	2,11	74,65	2,45
	29,50-29,73					2,51
SC-15	0,75-1,00	13,09	2,22	1,96	98,54	
	5,20-5,50	5,95	2,18	2,06	55,05	2,55
SC-16	03.00-03.45	12,36	1,82	2,05	71,82	
	09.00-09.30	13,91	2	2,28	100,00	
SC-18	03,00-03,45	9,04				
	06,00-06,34	10,32				
SC-53	02.50 - 02.80	20,47	1,69	2,04	95,49	2,37
	17.50 - 17.70	11,59	2,01	2,24	96,46	2,4
SC-54	02.00 - 02.30	26,38	1,54	1,95	96,99	
	13.36 - 13.70	15,14	1,91	2,2	100,00	
SC-55	03.00 - 03.45	5,12				
	08.40 - 08.70	12,65	1,9	2,14	84,92	
SC-150	2,60-3,00	11,16	1,97	2,20	85,68	
	14,20-14,60	15,38	1,88	2,17	99,51	
SC-139	2,70-3,00	17,05	1,88	2,20	100	
	6,60-6,80	20,86	1,54	1,86	76,69	
SC-141	10,70-11,05	23,01	1,59	1,96	91,46	
	19,00-19,35	24,28	1,61	2,01	99,61	
SC-144	4,22-4,42	21,35	1,83	2,22		
	8,30-8,55	20,25	1,98	2,38		

Annexe B:

SC-145	2,58-2,85	10,74	2,27	2,52		
	12,50-12,84	7,78	2,00	2,16		
SC-147	5,40-5,75	13,12	1,83	2,07	77,59	
	32,00-34,00	1,08	2,50	2,53	47,70	
SC-149	2,55-2,85	36,34	1,58	2,16	100	
	25,80-26,00	7,29	2,19	2,19	91,97	

Tableau 9: résultats des essais de cisaillement

Sondage	Prof. (m)	Unité	ESSAIS DE CISAILLEMENT A LA BOUTE				RCS sols
			Type CU		Type CD		
			Cu (bars)	Φ (°)	Cu (bars)	Φ (°)	Rc (bars)
SC-14	14,40-14,75	PR-SCH	0,45	55			0,3
	29,50-29,73	PR-SCH					7,7
SC-15	5,20-5,50	Q_{CE}					0,79
SC-53	02.50 - 02.80	$T1_{Malt}$					
	13.45 - 13.65	$T1_{M}$					2,5
SC-54	13.36 - 13.70	$T1_{M}$					3

Sondage	Prof. (m)	Unité	ESSAIS DE CISAILLEMENT A LA BOUTE				RCS sols
			Type CU		Type CD		
			Cu (bars)	Φ (°)	Cu (bars)	Φ (°)	Rc (bars)
SC-150	2,60-3,00	Q_{CE}			0,18	16	1,10
	5,40-5,70	Q_{CE}			0,07	25	
SCP-141	10,70-11,05	$T1_{CG}$					
SC-147	9,50-9,80	$T1_{CG}$					
	25,80-29,30	$T1_{CG}$					

Tableau 10: résultats des essais odomètre

Son dage	Prof. (m)	Essai Œdométrique			Pression de Gonflement			Gonflement libre		
		Cc (%)	Pc (bars)	Cg (%)	Pg (bars)	e_0	e_f	Pg (bars)	e_o	e_f
SC-53	02.50 - 02.80	14,87	0,64	6,08						
SC-54	02.00 - 02.30	10,54	0,77	5,94						
SC-150	2,60-3,00	12,96	2,40	2,08						
	5,40-5,70	13,29	1,89	2,82						
	8,05-8,40	16,61	4,21	3,24						
	11,20-11,60	15,28	2,74	1,83						

Annexe B:

ANNEXE GEOLOGIQUE





Figure 1:SCHIEST ET SYSTEME DE DESCONTINUIT2

pk24+000

Annexe B:



Figure 3:calschist a stratifiacation PK24+700



Figure 2:zone de faille normal



Figure 5:systeme de discontinuité



Figure 4:Systeme de discontinuité observé dans la marne

Annexe B:

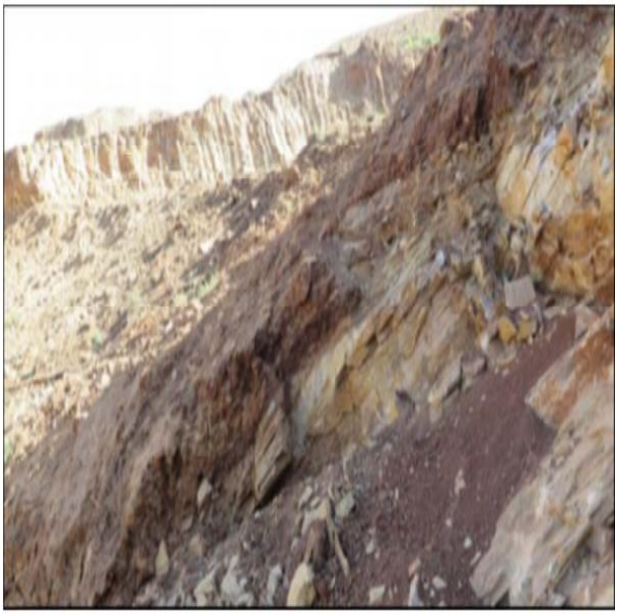


Figure 7:glissement circulaire dans les unités de marne



Figure 6:Schistes cassés en blocs anguleux selon la foliation sur Pk 27+900.

EXPLORATION DES SONDAGES

Annexe B:



Figure 9:SONDAGE SC39



Figure 8: SONDAGE SC41



Figure 11:Sondage SC 122(PK24)



Figure 10::SONDAGE SVP15C2(PK26+)

Annexe B:

Exploration de système d’assainissement



Figure 12:buse D1200



Figure 13: fossé symétrique triangulaire



Figure 14: descend d’eau en talus de remblai



Figure 15: descend d’eau en talus de débla

Annexe C:

ASSAINISSEMNT ET HYDROLOGIE

Tableau 1 choix des ouvrages

BV	PK	Q_{100} (m^3/s)	Ouvrage choisi
1	23+271	6.24	Dalot 2x2
2	23+860	5.75	Viaduc1
3	24+195	8.78	Viaduc2
4	24+405	9.44	Viaduc2
5	24+977	142.85	Viaduc3
6	25+630	6.39	Viaduc3
7	26+207	3.61	Dalot 1.5x1.5
8	26+421	2.10	Buse ϕ1500
9	26+850	5.89	Viaduc4
10	26+869	28.73	Viaduc4
11	27+321	4.10	Dalot 1.5x1.5
12	27+920	2.65	Dalot 1.5x1.5
13	28+177	7.74	Dalot 2x2
14	28+535	4.68	Dalot 1.5x1.5
15	29+068	8.39	Viaduc5
16	29+527	7.16	Dalot 2x2
17	29+892	2.98	Dalot 1.5x1.5
18	30+167	3.79	Dalot 1.5x1.5
19	30+495	17.38	Dalot 3x3
20	30+710	1.33	Buse ϕ1500
21	30+829	4.25	Dalot 1.5x1.5
22	31+162	1.70	Buse ϕ1500
23	31+230	2.30	Buse ϕ1500
24	31.510	34.77	Dalot 2x(3x3)

Annexe C:

Table 2 caracteristiques des ouvrages Hydrauliques

BV	PK	Q_{100} (m^3/s)	Ouvrage choisi	B (m)	H/D (m)	Hauteur d'eau (m)	Sm (m^2)	Pm (m)	Rh (m)	Pente i %	V (m/s)	Qs (m^3/s)
1	23+271	6.24	Dalot 2x2	2	2	0.88	1.76	3.76	0.47	0.01	3.55	12.55
7	26+207	3.61	Dalot 1.5x1.5	1.5	1.5	0.78	1.17	3.06	0.38	0.01	3.08	5.83
8	26+421	2.10	Buse ϕ1500	-	1.5	1.09	0.74	-	0.45	0.01	2.84	2.66
11	27+321	4.10	Dalot 1.5x1.5	1.5	1.5	0.86	1.2855	3.214	0.40	0.01	3.18	5.83
12	27+920	2.65	Dalot 1.5x1.5	1.5	1.5	0.62	0.93	2.74	0.34	0.01	2.84	5.83
13	28+177	7.74	Dalot 2x2	2	2	1.04	2.07	4.07	0.51	0.01	3.74	12.55
14	28+535	4.68	Dalot 1.5x1.5	1.5	1.5	0.95	1.425	3.4	0.42	0.01	3.28	5.83
16	29+527	7.16	Dalot 2x2	2	2	0.98	1.95	3.95	0.49	0.01	3.67	12.55
17	29+892	2.98	Dalot 1.5x1.5	1.5	1.5	0.68	1.0125	2.85	0.36	0.01	2.34	5.83
18	30+167	3.79	Dalot 1.5x1.5	1.5	1.5	0.81	1.215	3.12	0.39	0.01	3.12	5.83
19	30+465	17.38	Dalot 3x3	3	3	1.64	4.92	6.28	0.78	0.005	3.53	26.17
20	30+710	1.33	Buse ϕ1500	-	1.5	1	0.66	-	0.45	0.01	2.03	2.66
21	30+829	4.25	Dalot 1.5x1.5	1.5	1.5	0.88	1.32	3.26	0.40	0.01	3.22	5.83
22	31+162	1.70	Buse ϕ1500	-	1.5	1.05	0.7	-	0.45	0.01	2.43	2.66
23	31+230	2.30	Buse ϕ1500	-	1.5	1.12	0.76	-	0.45	0.01	3.04	2.66
24	31.510	34.77	Dalot 2x(3x3)	3	3	1.64	4.92	6.28	0.78	0.005	3.51	52.34

Annexe C:

Table 3 verification des ouvrages hydrauliques

BV	Q_{100} (m^3/s)	Ouvrage choisi	Hc (m)	H (m)	V (m/s)	Qs (m^3/s)	Vérifcation					
							Qs> Q100	Hc<H	Q/Qs=0.1 V> 0.6 m/s		Q/Qs=0.01 V> 0.3 m/s	
									V(m/s)		V(m/s)	
1	6.24	Dalot 2x2	0.68	0.88	3.55	12.55	vérifié	vérifié	2.68	vérifié	1.34	vérifié
7	3.61	Dalot 1.5x1.5	0.64	0.78	3.08	5.83	vérifié	vérifié	2.21	vérifié	1.11	vérifié
8	2.10	Buse ϕ1500	0.43	1.09	2.84	2.66	vérifié	vérifié	2.22	vérifié	1.11	vérifié
11	4.10	Dalot 1.5x1.5	0.64	0.86	3.18	5.83	vérifié	vérifié	2.21	vérifié	1.11	vérifié
12	2.65	Dalot 1.5x1.5	0.64	0.62	2.84	5.83	vérifié	vérifié	2.21	vérifié	1.11	vérifié
13	7.74	Dalot 2x2	0.68	1.04	3.74	12.55	vérifié	vérifié	2.68	vérifié	1.34	vérifié
14	4.68	Dalot 1.5x1.5	0.64	0.95	3.28	5.83	vérifié	vérifié	2.21	vérifié	1.11	vérifié
16	7.16	Dalot 2x2	0.68	0.98	3.67	12.55	vérifié	vérifié	2.68	vérifié	1.34	vérifié
17	2.98	Dalot 1.5x1.5	0.64	0.68	2.34	5.83	vérifié	vérifié	2.21	vérifié	1.11	vérifié
18	3.79	Dalot 1.5x1.5	0.64	0.81	3.12	5.83	vérifié	vérifié	2.21	vérifié	1.11	vérifié
19	17.38	Dalot 3x3	0.67	1.64	3.53	26.17	vérifié	vérifié	2.48	vérifié	1.24	vérifié
20	1.33	Buse ϕ1500	0.43	1	2.03	2.66	vérifié	vérifié	2.22	vérifié	1.11	vérifié
21	4.25	Dalot 1.5x1.5	0.64	0.88	3.22	5.83	vérifié	vérifié	2.21	vérifié	1.11	vérifié
22	1.70	Buse ϕ1500	0.43	1.05	2.43	2.66	vérifié	vérifié	2.22	vérifié	1.11	vérifié

Annexe C:

23	2.30	Buse ϕ1500	0.43	1.12	3.04	2.66	vérifié	vérifié	2.22	vérifié	1.11	vérifié
24	34.77	Dalot 2x(3x3)	0.67	1.64	3.51	52.34	vérifié	vérifié	2.48	vérifié	1.24	vérifié

Exploration de système d'assainissement



Figure 1 buse D1500

Annexe C:



Figure 2 fossée symétrique triangulaire



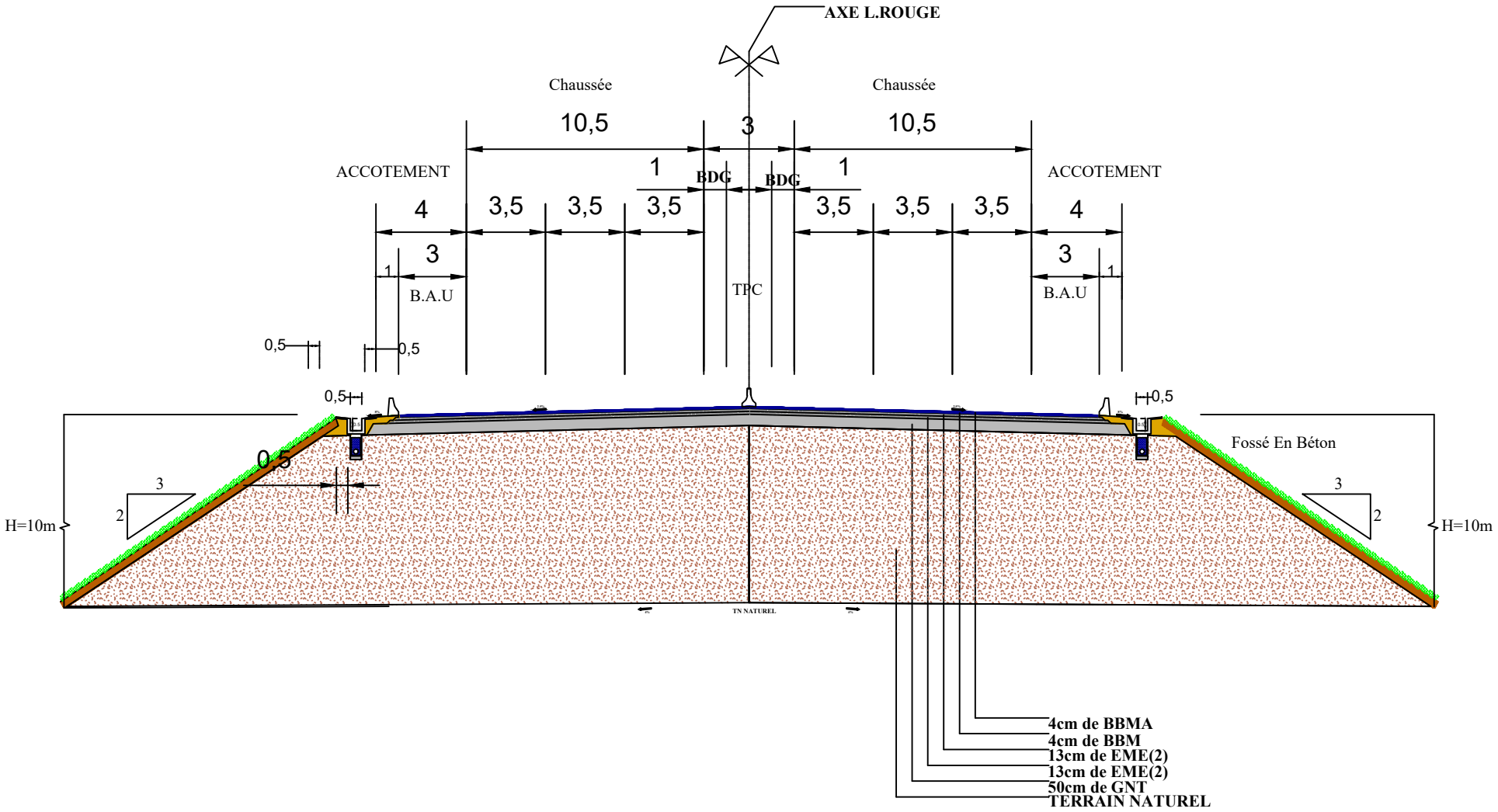
Figure 3 descend d'eau en talus de remblai

Annexe C:

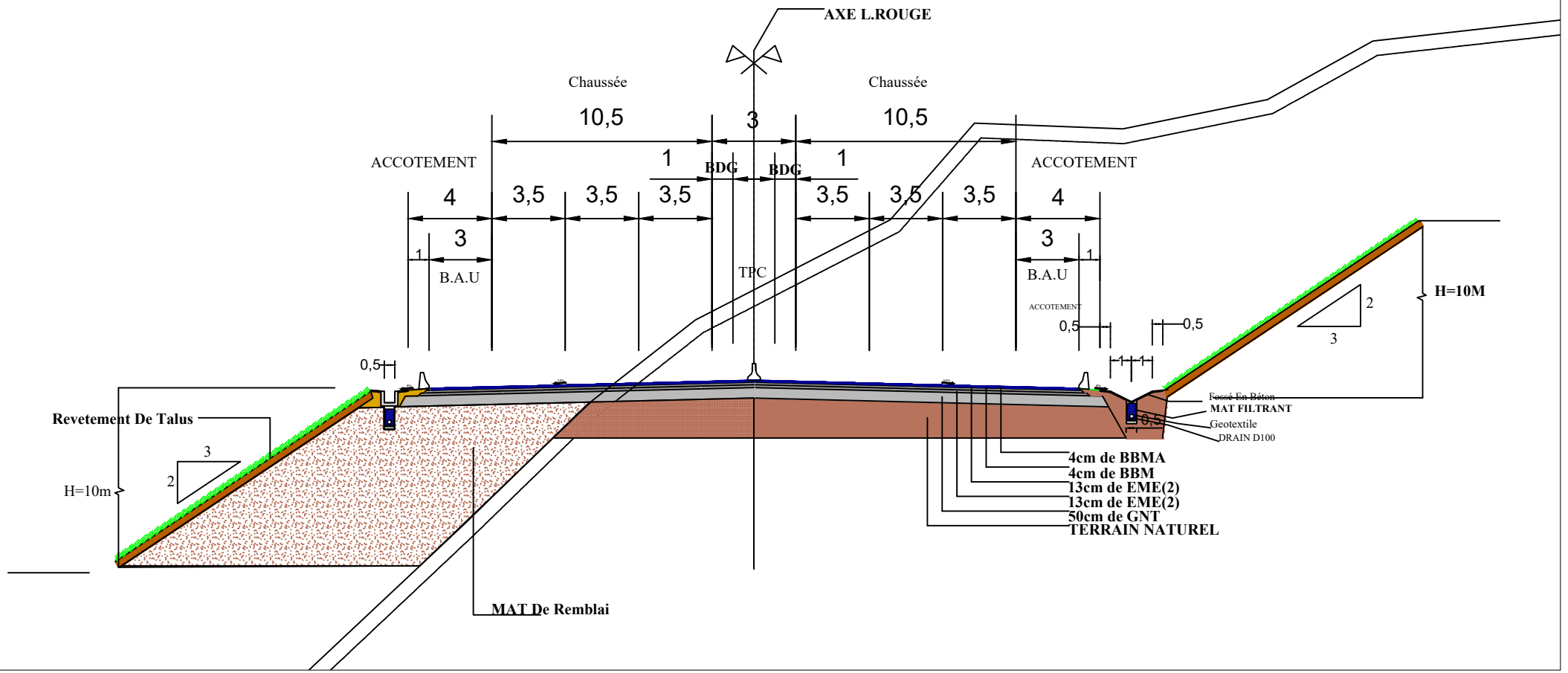


Figure 4 descend d'eau en talus de déblai

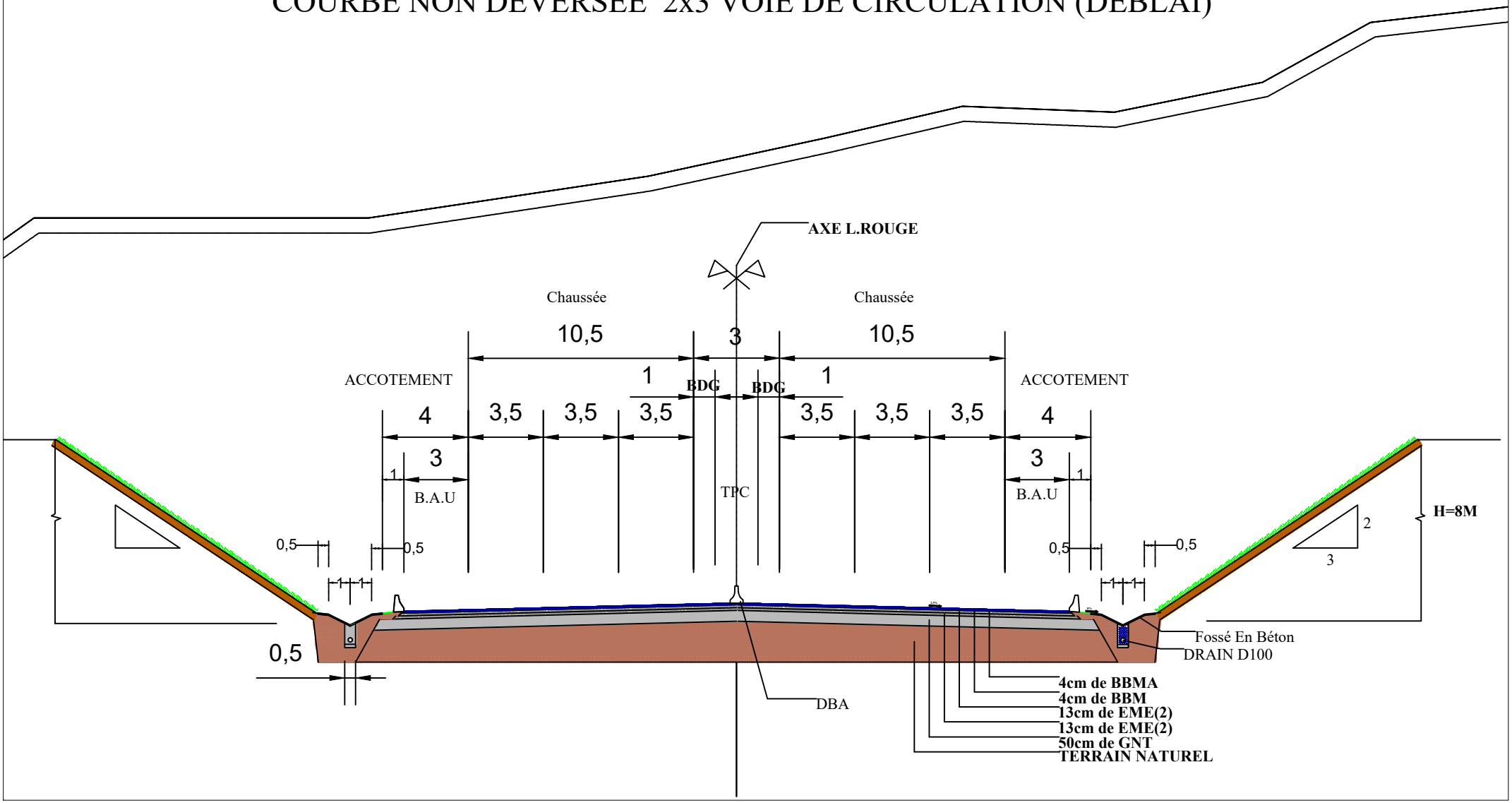
PROFIL EN TRAVERS TYPE SECTION COURANTE EN DROITE ET COURBE NON DEVERSEE 2x3 VOIE DE CIRCULATION (REMBLAI)



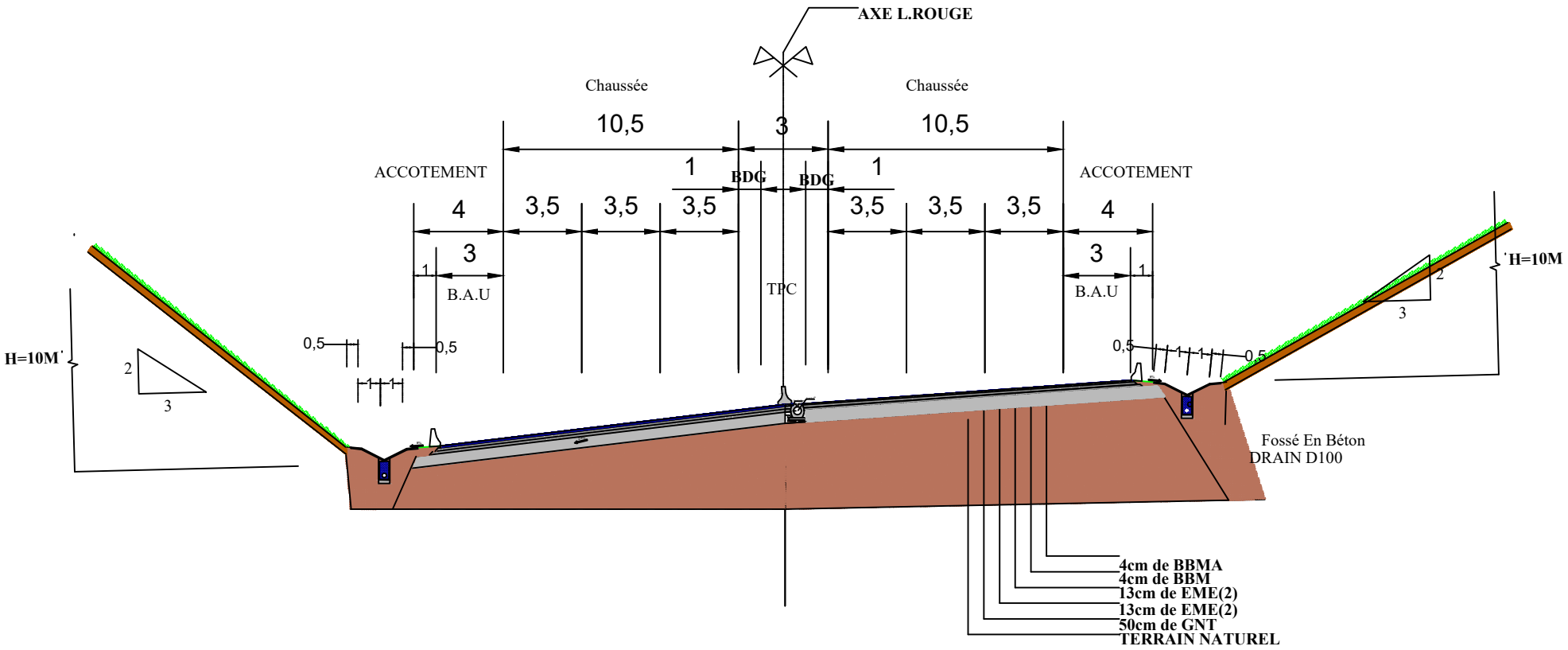
PROFIL EN TRAVERS TYPE SECTION COURANTE EN DROITE ET COURBE NON DEVERSEE 2x3 VOIE DE CIRCULATION (DEBLAI/REMBLAI)



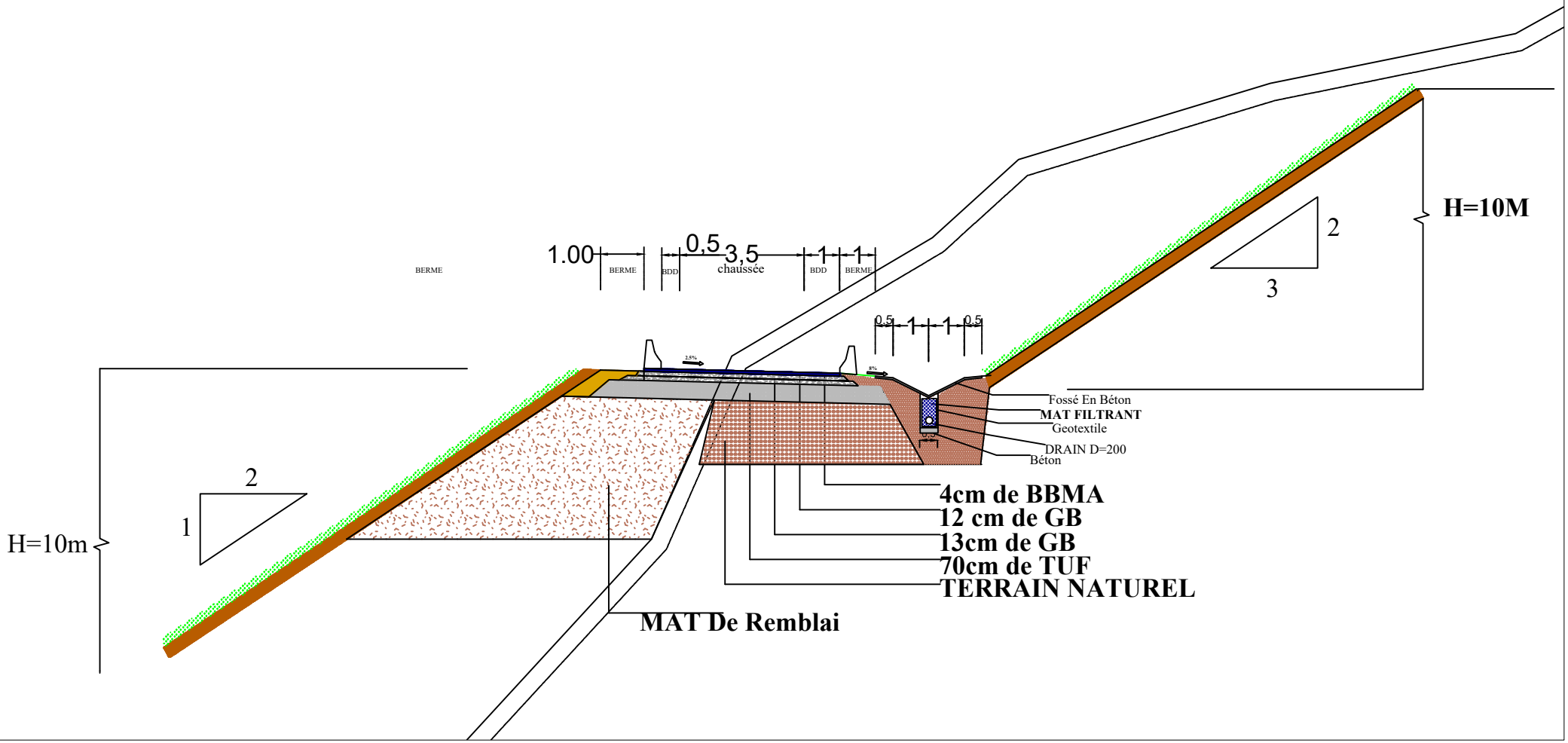
PROFIL EN TRAVERS TYPE SECTION COURANTE EN DROITE ET COURBE NON DEVERSEE 2x3 VOIE DE CIRCULATION (DEBLAI)



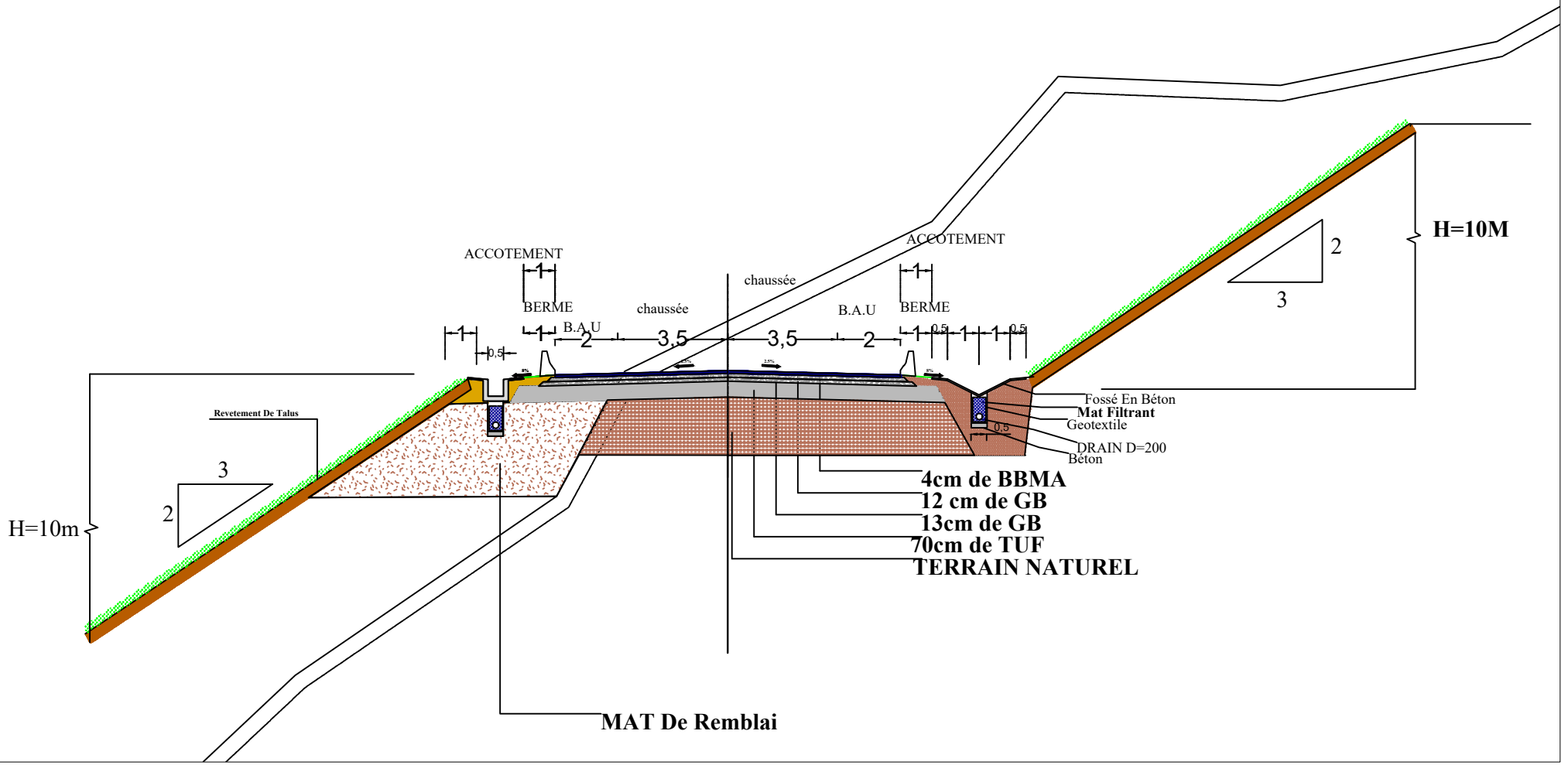
PROFIL EN TRAVERS TYPE SECTION EN COURBE DEVERSEE 2x3 VOIE DE CIRCULATION



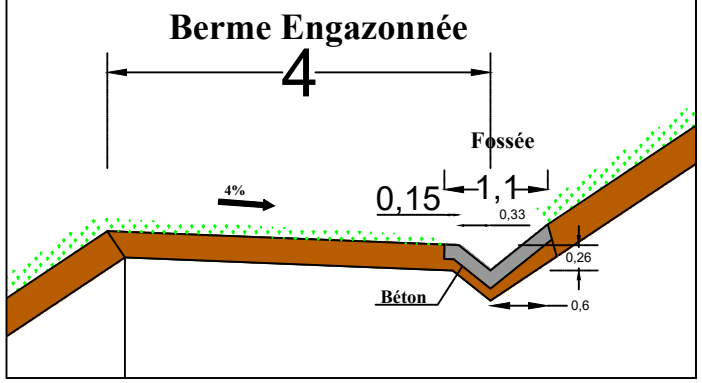
PROFIL EN TRAVERS EN DROITE BRETELLE UNIIDIRECTIONNELLE A UNE VOIE



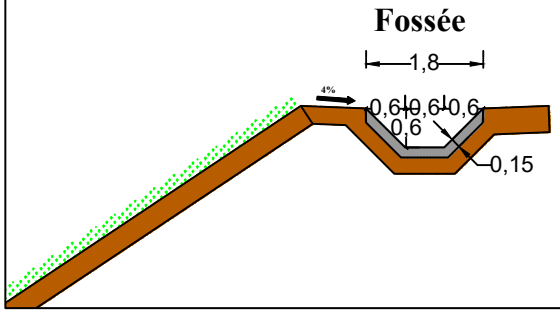
PROFIL EN TRAVERS EN DROITE BRETELLE
TYPE BIDIRECTIONNELLE



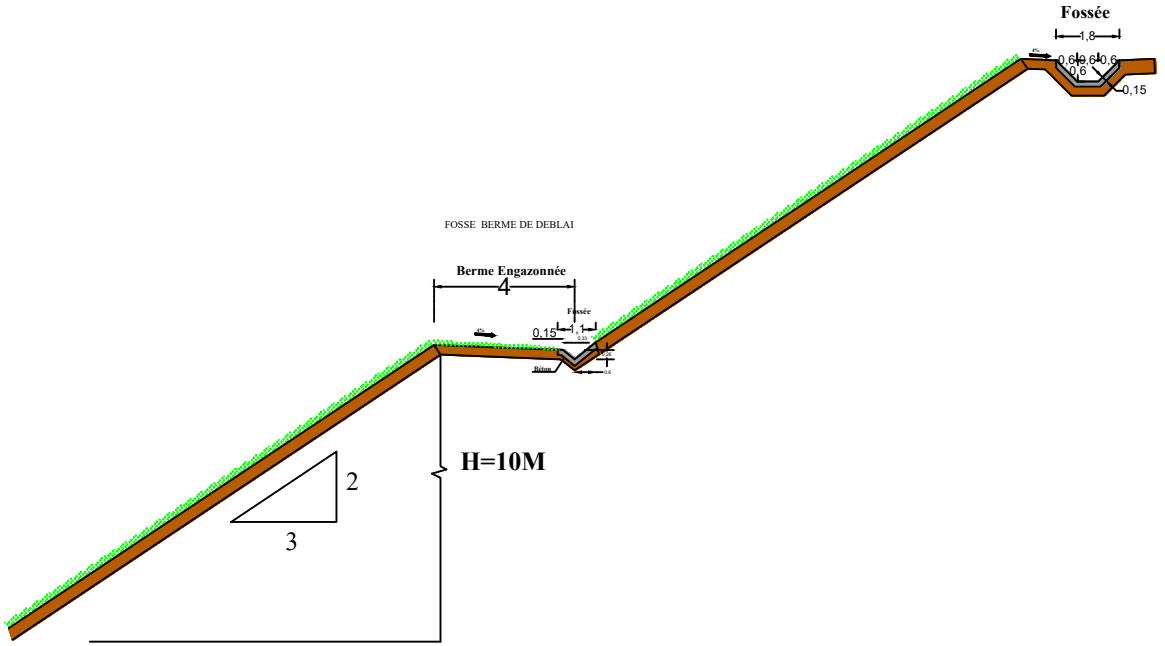
FOSSE BERME DE DEBLAI



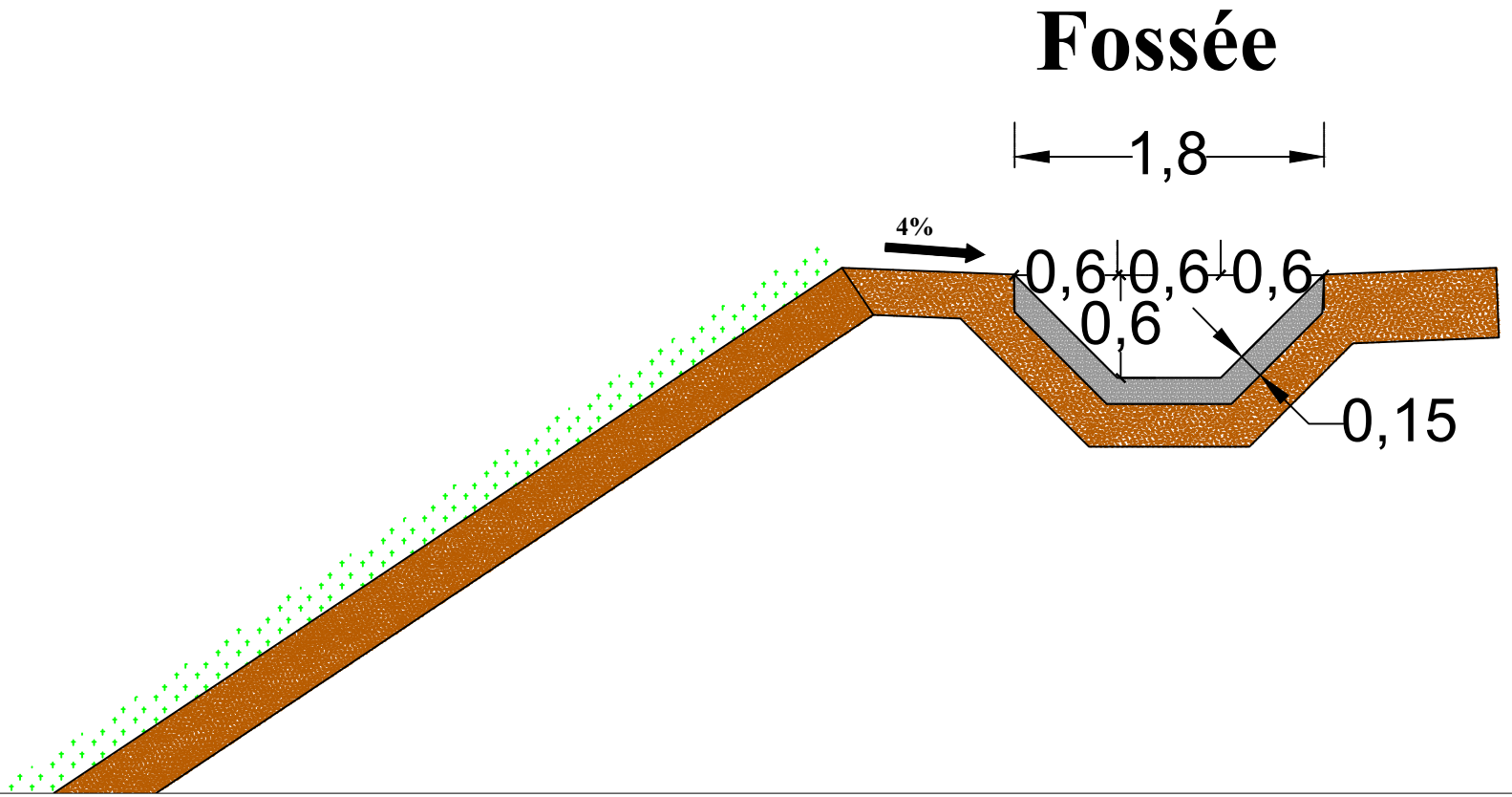
FOSSEE CRETE DE DEBLAI



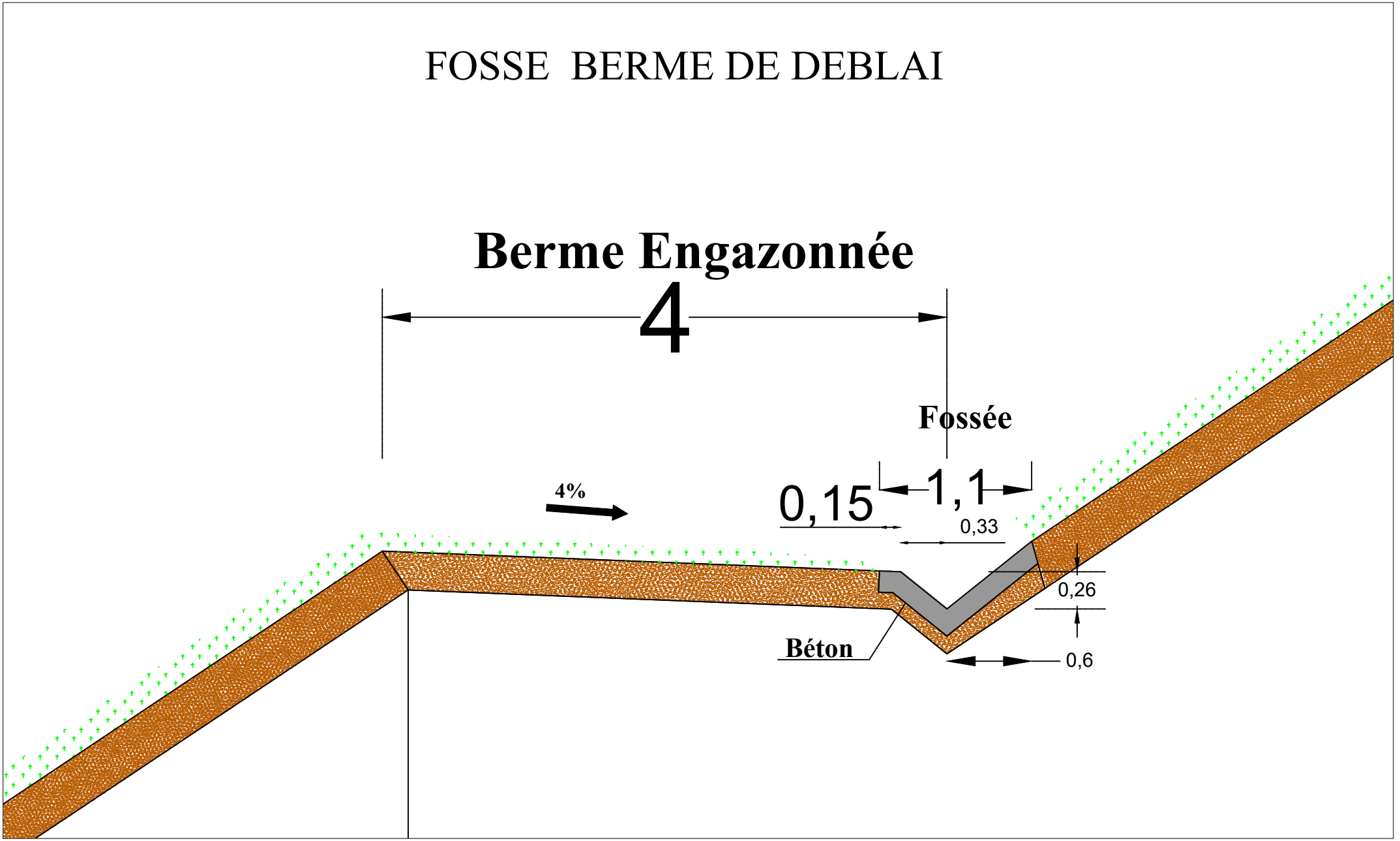
FOSSEE CRETE DE DEBLAI



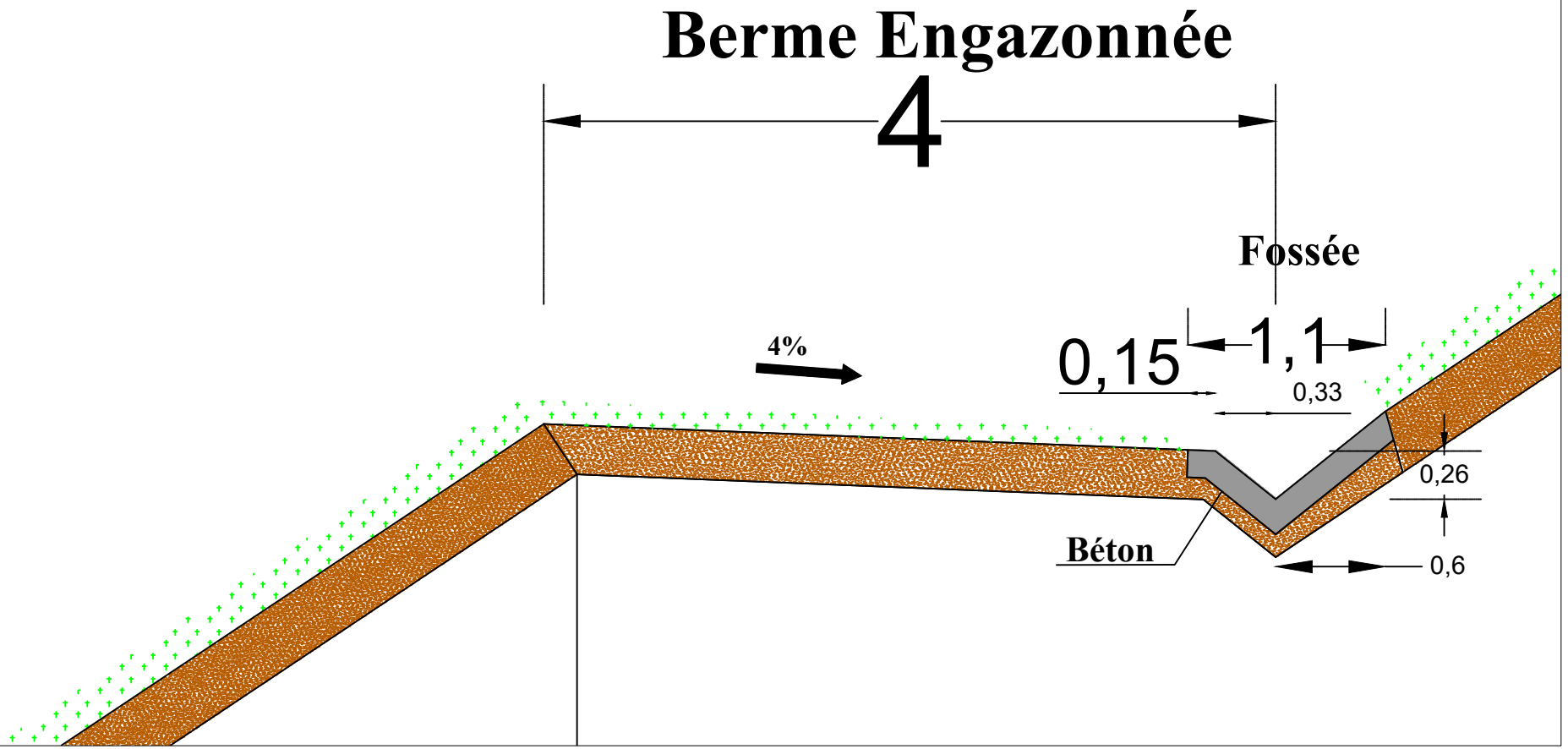
FOSSEE CRETE DE DEBLAI



FOSSE BERME DE DEBLAI



FOSSE BERME DE DEBLAI



BIBLIOGRAPHIE

[1] ICTAAL : Instruction sur les Conditions techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison[2015].

[2] B40 : normes techniques d'aménagement des routes, 1977 directions des études générales et durèglement technique (MTP).

[3] Manuel de projet de routes ; KALLI.F et GOUMETTRE.A, 2011

[4] LCPC : Laboratoire Central des Ponts Chaussées.

[5] GTR : guide des terrassements routiers 2000.

[6] Catalogue des structures types de chaussées neuves SETRA _ LCPC [1998]

[7] Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP fascicule 1, 2,3).

[8] Guide technique de l'assainissement routier SETRA

[9] Conception des échangeurs autoroutiers SETRA 2013

SITE INTERNET

- **Civilmania.com**
- **civilengineersforum.com**
- **Wikipedia.com**
- **wilaya-tiziouzou.dz**

LOGICIELS UTILISÉS

- Auto CAD 2022
- Civil 3D 2022
- Global mapper
- SLIDE V.6
- Alisé