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 : Matériaux et Structures.

Thème

Etude en APD D'un Tronçon de la Pénétrante Autoroutière Reliant La Wilaya De BATNA a L'Autoroute Est-Ouest Sur 10.000 KM Du PK00+000 Au PK10+000 Avec La Conception D'un Echangeur Au PK 02+475.

Présenté par :

BENAYACHE Sif-Eddine

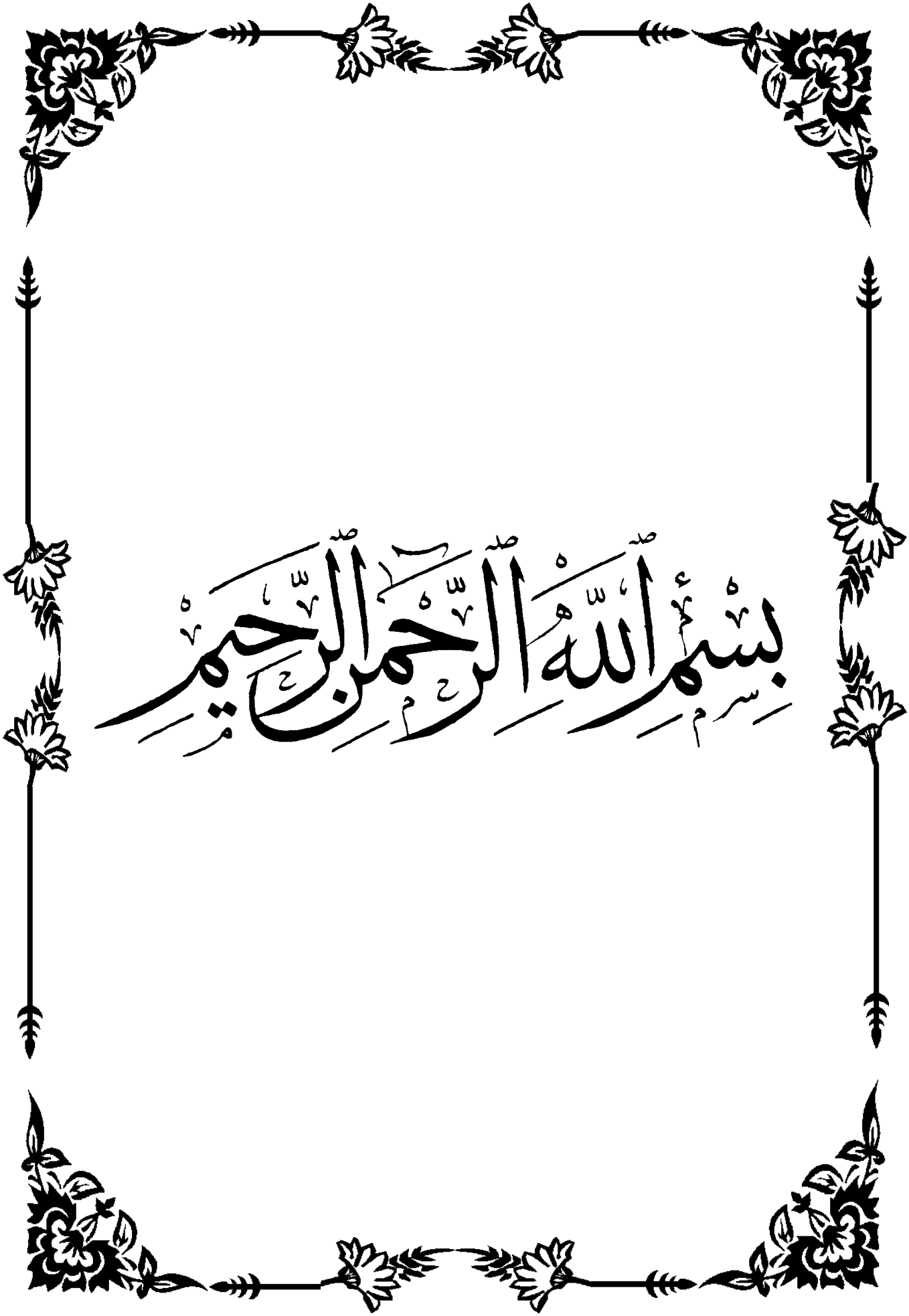
MESBAHI Youva

Encadré par :

Mr : A. GUENAIZI

Promotion 2022/2023

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba


بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

*En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Mr : **GUENAIZI ABDELHAK** pour ses appréciations compétentes, ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.*

*Nous remercions vivement nos familles **BENAYACHE** et **MESBAHI** pour leur aide matérielle et morale durant toute la période de préparation.*

Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers tous les Enseignants de l'ENSTP qui ont contribué à notre formation et à l'élaboration de ce présent travail.

*Un Grand Remerciant a MM **BOUREBIA AMINA** et MM **BOUREBIA MAHDIA** et MM **MAKOUDI Imen** et Mr **Mustapha ZOUGGARI** pour leur encouragement et soutiens le long de notre formation au sein de l'école.*

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail. Et de l'enrichir par leurs propositions.

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

BENAYACHE – MESBAHI

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À ma très chère mère Khedidja

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier

Comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me

Guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force

Pour affronter les différents obstacles.

À mon très cher père Allaoua

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.

Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

À mon très cher frère Salah Eddine

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager

À mes sœurs et ma belle-sœur

À mes oncles : Ahmed, Chaaben qu'Allah leur fasse miséricorde, Nouar, Djamel Dar lakbira, Yahia le Gérant, Abderezzak, Yacine l'promoteur,

À Mes Cousins : Hassan, Hocine, Rabah, Merouane l'Patron Li hazna, Amine, Sofiane, Samir, Zahreddine, Abdelyakine, Sid Ahmed, Mohamed, Abdel Hay.

À mes neveux **:** Mohamed Ridha et Youcef

À mes ami (e)s de l'Enstp.

Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.

À mon cher binôme Youva

Pour son entente et son sympathie.

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

Sans oublier tous mes enseignants de l'ENSTP sans exception.

Merci !

Ben Ayache Sif-Eddine

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À ma très chère mère Ferroudja

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier

Comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me

Guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force

Pour affronter les différents obstacles.

À mon très cher père Ahmed

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.

Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

À ma sœur

À ma tante : Saliha et son mari

À mes cousines **:** Elise Aline Yanel

À mes ami (e)s de l'Enstp.

Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.

À mon cher binôme Sif-Eddine

Pour son entente et son sympathie.

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

Sans oublier tous mes enseignants de l'ENSTP sans exception.

Merci !

Mesbahi Youva

RESUME :

Ce travail a pour but de faire l'étude d'un tronçon de la pénétrante autoroutière reliant la wilaya de BATNA a l'autoroute Est-Ouest sur 10.000 Km du PK00+000 au PK10+000 avec la conception d'un échangeur au PK 02+475.

L'étude de ce projet commence par la conception structurale (composée de l'étude du trafic et dimensionnement de la Chaussée), suivi par la conception de la géométrie de la route (Tracé en plan, profil en long et profil en travers). Ensuite l'étude de la partie géotechnique, l'étude d'assainissement, on a passé au choix de type de l'échangeur et prévoir la signalisation

Notre travail a été conclu par une étude d'impact sur l'environnement conforme au cadre juridique algérien Et on a calculé le devis estimatif et quantitatif.

Mots clés: Bassin versant, vitesse de base, déblai, remblai, corps chaussé

Summary:

The aim of this work is to study a section of the penetrating motorway linking the BATNA wilaya to the East-West motorway over 10,000 km from the PK00+000 to the PK10+000 with the design of an interchange at the PK 02+475.

The study of this project begins with the structural design (consisting of the study of the traffic and the dimensioning of the Causeway), followed by the design of the road geometry (Layout, long profile and cross profile). Then the study of the geotechnical part, the remediation study, we went to the choice of type of the interchange and provide the signalling

Our work was concluded by an environmental impact study in accordance with the Algerian legal framework And the estimated and quantitative estimate was calculated.

Keywords : Watershed, Base Speed, excavation, embankment,, pavement body

الملخص:

الهدف من هذا العمل هو دراسة جزء من الطريق السريع المخترق الذي يربط ولاية باتنة بالطريق السريع شرق غرب على بعد 10 كيلومتر من PK00 + 000 إلى PK10 + 000 مع تصميم مبادل في PK 02 + 475.

تبدأ دراسة هذا المشروع بالتصميم الهيكلي (الذي يتألف من دراسة حركة المرور وتحديد أبعاد الطريق)، يليه تصميم هندسة الطرق (التخطيط، المقطع الطولي، المقطع العرضي). ثم دراسة الجزء الجيوتقني، دراسة الصرف الصحي للطريق، ثم قمنا باختيار نوع المبادل وتوفير اللافتات.

واختُتم عملنا بدراسة عن الأثر البيئي وفقاً للإطار القانوني الجزائري واستخراج التقدير الكمي للمشروع

الكلمات المفتاحية: متجمعات المياه، السرعة الأساسية، الحفر، الردم

Liste des abréviations :

- RN : route nationale
- PK : Point kilométrique
- LTPE : laboratoire des travaux publics Est
- NF P : normes françaises pour bâtiments et génie civile
- RHm : rayon horizontal minimal absolu
- RHn : rayon horizontal normal
- Rhd : rayon au devers minimal
- Rhnd : rayon minimal non-déversé
- VB : vitesse de base
- BV : bassin versant
- Rh : rayon hydraulique
- Ø : pour les diamètres
- OA : ouvrage d'art
- Bb : béton bitumineux
- Gb : Grave bitume
- Gnt : Grave non-traitée
- A.N.R.H : agence nationale des ressources hydraulique
- ICTAAL : instruction sur les conditions technique d'aménagement des autoroutes de liaisons
- BAU : Bande d'arrêt d'urgence
- BDG : Bande dérasé de gauche
- TJMA : Trafic journalier moyen annuel
- TPC : Terre-plein central
- Teffectif : Trafic effectif

Liste des figures

Figure II.1. Projet de liaison dans le réseau autoroutier 2025 ……..7

Figure II.2. Localisation de notre projet……. 8

Figure II.3. Carte de localisation de la wilaya Batna ……... 9

Figure II.4. Wilayas limitrophes de la wilaya de Batna…… 9

Figure II.5. La carte pluviométrique de Batna …….. 10

Figure II.6 Les bassins versant par Global Mapper . ……12

Figure II.7 Zonage sismique de l'Algerie…… 12

Figure IV.1. Géometrie de la clothoide …….. 24

Figure IV.2. Raccordement circulaire entre alignements …… 24

Figure V.1. Schéma d'une parabole …….. 30

Figure VI.1. Les differents types de profil en travers …….. 33

Figure VI.2. Eléments constructifs du profil en travers …….. 34

Figure VII.1. Présentation des valeurs VBS…….. 39

Figure VII.2. Clasification du matériau selon GTR…….. 40

Figure VIII.1. Démarche du catalogue…….. .44

Figure VIII.2. Structure de corps de chausée par la méthode CBR…….. 46

Figure VIII.3. La carte climatique de l'Algérie…..…….. 47

Figure VIII.4. La température équivalente ……..…… 47

Figure VIII.5. Types de structures ……..……. 49

Figure VIII.6. Classe de trafic poids lourd……. 49

Figure VIII.7. Epaisseur du matériau de couche de forme ……. 50

Figure VIII.8. structures propopsées par le falsicule 3…….. 51

Figure VIII.9. Vérification de la structure …….. 54

Figure VIII.10. Vérification de la structure 2…….. 55

Figure IX.1. Bassins versants delimités par le logiciel Global Mapper…… 61

Figure IX.2 Bassins versants délimités par logiciel Global Mapper (la suite)……62

Figure IX.2. Dalot. ……65

Figure IX.3. Caractéristiques d'un fossé…… 70

Figure IX.4. Dimensions d'un fossé standard…….. 70

Figure XI.1. Dispostif de sortie de l'autoroute…… 79

Figure XI.2. Dispositif d'entrée de l'autoroute…… 80

Figure XI.3. Vue en plan de l'échangeur …… 80

Figure XII.1. Les lignes longitudinales …… 86

Figure XII.2. Les lignes transversales…….. 86

Figure XII.4. Meme nombre de voies…… 87

Figure XII.5. Schémas de marquage avec hachures…… 87

Figure XII.6. Fléches de sélection …… 87

Figure XII.7. Fléches de rabattement…….. ……...88

Liste des tableaux

Tableau III.1 Le coefficient d'équivalence……..16

Tableau III.2 Les valeurs de K1…….16

Tableau III.3 Les valeurs de K2…….17

Tableau III.4 Les valeurs de la capacité théoriqu.……17

Tableau III.5 Résultat de calcul du nombre de voies……19

Tableau IV.1 Valeurs minimales des rayons de tracé en plan.……23

Tableau IV.2 Les données de l`axe à calculer…….25

Tableau V.1 Valeurs limites des paramétres du profil au long ……29

Tableau V.2 Les données à l'axe calculé…….30

Tableau VI.1 Profil en travers type du notre projet.……36

Tableau VII.1 Résultats des essais au laboratoire du puit …….40

Tableau VII.2 Condition d'utilisation des matériaux.…….41

Tableau VII.3 Les résultats des essais physico-chimiques et mécaniques…..41

Tableau VII.4 Les résultats des essais Proctor et Cisaillement rectiligne.42

Tableau VIII.1 Corps de chausée adopté……46

Tableau VIII.2 Les zones climatiques pluviométie……..48

Tableau VIII.3 Réseaux principaux ……48

Tableau VIII.4 Les classes de sol-support.……50

Tableau VIII.5 Les structures proposées ……..51

Tableau VIII.6 Caractéristique de la structure proposée……..54

Tableau VIII.7 Récapulatif de la structure 01…….55

Tableau VIII.8 Récapulatif de la structure 02……. 55

Tableau VIII.9 Structures ProposéesparméthodeCBRetméthode du catalogue..56

Tableau IX.1 Valeurs des coefficients de Strickler……..60

Tableau IX.2 Caractéristiques de station Pluviométriques du projet …….61

Tableau IX.3 Valeurs du paramétre de montana <<a>>……61

Tableau IX.4 Caratéristiques des bassins versants……62

Tableau IX.5 Débits max des bassins versants pour les périodes retour 10,50,100ans …..63

Tableau IX.6 Récapitulatif des ouvrages hydrauliques et leurs dimensions ……..67

Tableau IX.7 Récapitulatif des résultats des débits des SBV…….69

Tableau XI.1 Valeurs limites des rayons des bretelles……78

Tableau XII.1 Ouvrages de franchissement de notre tronçon …81

Tableau XIII.1 Caractéristiques des lignes……83

Tableau XIII.2 Les modulations des lignes discontinues …… 84

Liste des matières

Introduction générale……. ……1

CHAPITRE I : Recherche bibliographique

I.1 Introduction……. 2

I.2 Classification des routes……. 3

I.2.1 Classification d'ordre administratif et juridique……3

I.3 Nomenclature routiére……...4

I.3.1 Eléments géométriques ……..4

I.4 Politique Routiére Nationale …… 5

I.5 Réseau autoroutier….. ……5

CHAPITRE II :Présentation du projet

II.1 Introduction…….. 7

II.2 Description du projet…….. 7

II.3 Présentation de la wilaya……. 8

II.3.1 Situation géographique……8

II.3.2 Hydro-climatologie……9

II.3.3 Population……10

II.3.4 Réseau routier ……10

II.3.5 Le relief……. 10

II.3.6 Géologie de la zone…… 11

II.3.7 Hydrologie et hydrogéologie la zone ……12

II.3.8 Sismicité……... ……..12

II.4 Objectif du projet…….. .13

CHAPITRE III : Etude de trafic

III.1 Introduction…….. 14

III.2 Evaluation du trafic…… 14

III.3 Différentes types de trafics…… 14

III.4 Calcul de la capacité…….. 15

III.4.1 Définition de la capacité…… 15

III.4.1.1 Evaluation de la demande ……15

III.4.1.1.1 Trafic moyen journalier (TJMA) horizon……..15

III.4.1.1.2 Trafic effectif ……15

III.4.1.1.3 Débit de point horaire normal……..16

III.4.1.1.4 Débit horaire admissible……..16

III.4.1.1.5 Nombre de voies ……17

III.5 Application sur la pénétrante…… ……17

III.5.1 Résultats de comptage…….. 17

III.5.2 Calcul de TJMA horizon…… ……18

III.5.3 Calcul de trafic effectif…….. 18

III.5.4 Le débit de pointe horaire normal……. 18

III.5.5 Le débit admissible…… 19

III.5.6 Le nombre de voies……. 19

III.5.7 Résultats de calcul…….. 19

III.5.8 La saturation du trafic…… 19

III.6 Conclusion……..20

CHAPITRE IV : Tracé en Plan

IV.1 Introduction…….. 21

IV.2 Règles à respecter pour tracé en plan…….. …….21

IV.3 Choix de la catégorie……. 21

IV.4 Les éléments du tracé en plan…….. 22

IV.4.1 Les Alignements…… 22

IV.4.2 Arcs De Cercle……. 22

IV.4.3 Rayon minimal Rm…… 22

IV.4.4 Rayon minimal non déversé Rhnd……. 22

IV.4.5 Raccordements Progressifs…… 23

IV.4.6 Eléments de la Clothoide…… 24

IV.4.7 Exemple de Calcul (Calcul manuel)……. 24

IV.5 Eléments et description du tracé…… 26

CHAPITRE V : Profil en Long

V.1 Introduction…….. 28

V.2 Règles de conception du profil en long…….. 28

V.3 Valeur limites…… 28

V.4 Déclivités…… 29

V.4.1 Déclivité minimale……29

V.4.2 Déclivité maximale……..29

V.5 Raccordement en profil en long……. 29

V.5.1 Raccordement convexes (angle saillant)……. 30

V.5.2 Raccordement concaves (angle rentrant)……. 30

V.6 Exemple de Calcul de profil en long ……30

V.7 Coordination du tracé en plan et du profil en long……. 32

CHAPITRE VI :Profil en Travers

VI.1 Introduction…… 33

VI.2 Les types du profil en travers……33

VI.2.1 Le profil en travers type…….. 33

VI.2.2 Le profil en travers courant……. 33

VI.2.3 Les éléments du profil en travers…….. 33

VI.3 Dévers en alignement et en courbe non déversée…… 35

VI.3.1 Dévers en courbe déversée…… 35

VI.4 Application au projet ……35

VI.4.1 Profil en travers type du notre projet ……35

CHAPITRE VII : Etude Géotechnique

VII.1 Introduction…….. 37

VII.2 Les moyens de reconnaissance…….. 37

VII.3 Les visites de site et les essais « in-situ »…… 37

VII.4 Application sur notre projet…… 37

VII.4.1 Résultats des essais in situ…….. 38

VII.4.1.1 Résultats des Puits de reconnaissance……..38

VII.4.1.2 Résultats des sondages pressiometriques……38

VII.4.1.3 Résultats essai a la plaque ……..38

VII.4.2 Résultats des essais de laboratoire……... …..38

VII.4.3 Les résultats des essais CBR a 95% OPM…….39

VII.4.4 Résultats des Essais (analyse granulométrique, VBS, IP)……39

VII.5 Classification GTR (NF P11-300)……. 40

VII.6 Conditions d'utilisation des matériaux…… 41

VII.7 Conclusion……. 42

CHAPITRE VIII : Dimensionnement du corps de chaussée

VIII.1 Introduction…… 43

VIII.2 Méthodes de dimensionnement……. 43

VIII.2.1 La méthode de C.B.R améliorée (California-Bearing-Ratio)…… 43

VIII.2.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves…….. 44

VIII.3 Application au Projet……. 45

VIII.3.1 Méthode CBR…… 45

VIII.3.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves….. 47

VIII.3.2.1 Les données Climatiques…….47

VIII.3.2.2 Détermination du corps de chaussée……..48

VIII.3.2.3 Vérification des structures de chaussée et de la déformation du sol support…51

VIII.3.2.4 Résultats de la modélisation du corps de chaussée avec alizeIII……54

VIII.4 Conclusion…… 56

CHAPITRE IX :Assainissement

IX.1 Introduction…… 57

IX.2 Objectif de l'assainissement…… 57

IX.3 Dimensionnement du réseau d'assainissement…….. 57

IX.3.1 Estimation des débits de crues…….. 58

IX.3.2 Le débit d'apport…… 58

IX.3.3 La période de retour…….. 58

IX.3.4 Temps de concentration…… 59

IX.3.5 Coefficient de ruissellement 'C'…… 59

IX.3.6 Intensité de pluie I(t) ……..60

IX.3.7 Estimation des débits de saturation Qs…….. 60

IX.4 Etude hydrologique…… 60

IX.4.1 Données climatiques……61

IX.4.2 Délimitation des bassins versants…….. 61

IX.4.3 Caractéristiques physiques des bassins versants……. 62

IX.4.4 Calcul du débit d'apport……. 63

IX.4.5 Résultats de calcul des débits de notre projet……..63

IX.5 Dimensionnement des Ouvrages de drainage transversal…… 63

IX.5.1 Dimensionnements des Buses…… 64

IX.5.2 Dimensionnement des dalots ……..65

IX.5.3 Résultat récapitulatif de dimensionnement des dalots et des buses. 67

IX.6 Dimensionnement des Ouvrages de drainage Longitudinal …….67

IX.6.1 Estimation des débits d'apport…… 67

IX.6.1.1 Surface de l'écoulement ……..67

IX.6.1.2 Coefficient de ruissèlement……68

IX.6.1.3 Calcul du débit de saturation ……69

IX.7 Conclusion…….. 70

CHAPITRE X : Etude la stabilité des talus et cubatures

X.1 Introduction……. 72

X.2 Les méthodes de calcul…….. 72

X.3 Description de la méthode de la moyenne des aires…….. 72

X.4 Calcul de stabilité……. 73

X.4.1 Cas des Déblais…… 73

X.4.2 Cas des Remblais……. 74

X.5 Terrassements ……..74

X.5.1 Extraction des déblais ……..74

X.5.2 Mise en place des remblais……74

X.6 Résultats de notre projet……. 74

CHAPITRE XI : Conception de l'échangeur

XI.1 Introduction…… 75

XI.2 Définition de l'échangeur……. 75

XI.3 Rôle de l'échangeur……. 75

XI.4 Règles de conception…… 75

XI.5 Caractéristiques géométriques des échangeurs…… 76

XI.6 Les différents types des échangeurs…….. 76

XI.7 Choix du type de l'échangeur…… 76

XI.8 Application à notre projet……. 77

XI.8.1 Etude du Trafic……77

XI.9 Caractéristiques géométriques des bretelles…….. 78

XI.9.1 Tracé des bretelles……. 78

XI.9.2 Enchainement des éléments du tracé en plan……. 78

XI.9.3 Raccordements progressifs……. 78

XI.9.4 Zones d'accélération et de décélération…… 79

XI.10 Vue en plan de l'échangeur…….. 80

CHAPITRE XII :Ouvrage d'art

XII.1 Introduction…… 81

XII.2 Présentation d'ouvrage……. 81

XII.3 Choix de type d'ouvrage……. 81

XII.4 Variantes proposées pour notre tracé…… 81

CHAPITRE XIII :Signalisation

XIII.1 Introduction…….. 83

XIII.2 Signalisation horizontale……. 83

XII.2.1 Catégorie de marques de chaussée……83

XIII.3 Signalisation Verticale…… 84

XIII.3.1 Signaux de danger……..85

XIII.3.2 Signaux comportant une prescription absolue…… …85

XIII.3.3 Signaux à simple indication…….....85

XIII.3.4 Signalisation de direction……...85

XIII.4 Dispositifs de retenue ……85

XIII.5 Application Au projet……86

XIII.5.1 Signalisation Horizontale ……86

XIII.5.2 Signalisation Verticale ……89

CHAPITRE XIV : Impact sur l'environnement

XIV.1 Introduction……. 91

XIV.2 Cadre juridique…….. 91

XIV.3 Objectifs d'une étude d'impact sur l'environnement……..91

XIV.4 Identification de l'impact du projet sur l'environnement…. 91

XIV.4.1 Impact sur le milieu physique……. 92

XIV.4.2 Impact sur le milieu naturel…….92

XIV.4.3 Impact sur le cadre humain……. 93

XIV.4.4 Impact sur le paysage…….. 93

XIV.5 Conclusion…….. 93

XV. Devis quantitatif et estimatif……. 94

Conclusion Générale ……..97

Bibliographie

Annexes

Introduction Générale

Le secteur des travaux publics évolue, mais les exigences mondiales d'aujourd'hui poussent à un surdéveloppement. Pour survivre voire prospérer en tant que promoteur, propriétaire ou exploitant, l'Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics propose dans son programme le développement de projets de fin d'études menant au Diplôme d'ingénieur d'Etat.

Pour assurer le bon fonctionnement, les concepteurs routiers ont élaboré une législation règlementaire des guides avec des outils informatiques dans le but d'assurer une bonne maitrise détaillée.

Le but de ce projet de fin d'étude consiste la mise en œuvre des connaissances théoriques acquises en cycle de formation pour les mettre en pratique sur le terrain.

Notre projet se résume sur une étude de section autoroutière conclu avec l'établissement ADA qui s'étend sur plusieurs chapitres :

- ✓ Recherche bibliographique.
- ✓ Présentation du projet.
- ✓ Etude de trafic.
- ✓ Tracé en plan.
- ✓ Profil au long.
- ✓ Profil en travers.
- ✓ Etude géotechnique.
- ✓ Dimensionnement de corps de chaussée.
- ✓ Assainissement.
- ✓ Cubatures et stabilité des talus
- ✓ Conception de l'échangeur.
- ✓ Ouvrages d'art.
- ✓ Etude d'impact sur l'environnement.
- ✓ Etude de signalisation.

Et enfin la conclusion générale.

Chapitre I
Recherche bibliographique

I. Recherche bibliographique :

I.1 Introduction

Jusqu'à la fin du siècle dernier, le choix d'un tracé s'inspirait avant tout de la recherche du plus court chemin, tout en limitant les déclivités à des valeurs compatibles avec la traction animale.

L'invention et le rapide développement du véhicule automobile dont les roues sont munies de pneumatiques, introduisirent dans la technique routière des préoccupations relatives à la vitesse, ayant pour conséquence des caractéristiques bien plus évoluées que ce qui avait été adopté jusqu'alors.

Puis la progression constante de la circulation automobile posa très rapidement de nouveaux problèmes, qu'il fallut bien résoudre en complément des exigences traditionnelles du tracé. Les solutions trouvées ne sont d'ailleurs que provisoires, car les réseaux routiers doivent être notamment adaptés aux circulations prévisibles dans l'avenir, lesquelles seront un multiple du trafic actuel.

Le tracé dépendant notamment du trafic, il est clair qu'avant d'aborder son étude, on doit disposer de données sur le volume actuel et futur de la circulation. Ces données résultent de comptages, d'enquêtes, d'analyses du trafic et d'une technique particulière.

Les problèmes de géologie, d'hydrologie et de géotechnique, très importants dans le choix d'un tracé seront aussi pris en considération.

Il en est de même des études économiques, dont dépend l'opportunité de construire une route nouvelle et la détermination de sa rentabilité.

Les premières véritables chaussées furent construites par les Romains pour leurs voies impériales, avec un objectif essentiellement utilitaire, celui de permettre un déplacement rapide des légions en différents points de l'empire, quelles que soient les conditions météorologiques.

Les chaussées de cette époque étaient déjà constituées de plusieurs couches de matériaux, parfaitement codifiées, avec de grandes dalles en pierres posées sur un béton de chaux.

Avec l'apparition des véhicules plus lourds et plus nombreux, et le début de la mécanisation des travaux, on voit se développer les structures à base de « hérisson » et de « macadam ». Les chaussées de l'époque étaient composées de blocs de 250 mm environ pour le « hérisson » et de pierres cassées 40/70 mm pour le « macadam », bloquées avec de l'argile.

Les premiers progrès ont été réalisés au niveau de la surface des chaussées quand apparut l'automobile, pour lutter contre la poussière soulevée par les véhicules par temps sec. Par hasard, on découvrit les vertus du goudron produit dans les cokeries d'usine à gaz et de hauts fourneaux.

Mais très vite, on constata que ce goudron était glissant par temps de pluie et on lui adjoignit des gravillons pour donner naissance à l'enduit superficiel. Mais on s'aperçoit

ensuite qu'il ne fallait ni trop, ni trop peu de goudron, et de gravier, qu'il fallait utiliser un gravier dur et anguleux, et un goudron qui ne se ramollisse pas trop l'été. C'est à cette époque qu'apparaissent les premières spécifications relatives tant aux matériaux qu'à la façon de les mettre en œuvre. C'est l'enduit superficiel qui a fait sortir la route d'un artisanat archaïque et conservateur pour l'amener à un niveau industriel et à la mécanisation. Ensuite les enrobés sont apparus et puis le pétrole avec sa fraction dure : le bitume.

L'homme étant pour de nombreux travaux remplacé par la machine, les techniques à base de mise en œuvre manuelle furent remplacées par des techniques adaptées aux moyens mécaniques.

C'est ainsi que l'on vit apparaître entre 1930 et 1940 en corps de chaussée les matériaux à granulométrie continuent et étalée O/D qui remplacèrent peu à peu les matériaux à granulométrie « serrée » d/D, comme la pierre cassée.

Depuis les années 50, avec les nouvelles conditions de trafic, notamment les poids lourds avec son essieu simple de 13 tonnes, les anciennes solutions type empierrement ou macadam se sont avérées insuffisantes, et l'on a été amené à généraliser l'emploi de matériaux agglomérés par un liant tant pour le corps de chaussée que pour la surface.

L'objet premier des constructeurs de routes est la réalisation de chaussées résistantes aux passages des véhicules. La chaussée a donc pour but de permettre la circulation en toute saison et sans autre intervention qu'un simple entretien de sa surface, un deuxième avantage des chaussées est d'offrir aux véhicules des surfaces unies, peu sonores, confortables et sûres.

Les procédés de construction doivent être économiques et les matériaux utilisés doivent être bon marché et résistants vu l'importance des surfaces devant être pourvues de chaussées.

Les matériaux utilisés sont des matériaux pierreux provenant de roches concassées ou de gisement de graviers.

I.2 Classification des routes

Une classification quelle qu'elle soit est en général conçue à partir d'un certain point de vue, selon une certaine base de jugement c'est à dire selon un critère qui peut être :

- ✓ D'utilité pratique et de situation
- ✓ D'ordre administratif et juridique
- ✓ D'ordre constructif
- ✓ Faisant état de la nature du trafic
- ✓ D'ordre fonctionnel.

I.2.1 Classification d'ordre administratif et juridique

Elle est fondée sur les notions de propriétés, de financement et d'entretien, éventuellement aussi sur la question des compétences en matière de

planification générale et d'approbation des projets définitifs. La Classification d'ordre administratif et juridique réseaux routiers de l'Algérie est comme suite :

- **Catégorie 1** :

Liaisons entre les grands centres économiques, les centres d'industrie lourde (A)

Liaisons assurant le rabattement des centres d'industrie de transformation (B) sur ce réseau.

- **Catégorie 2** :

Liaisons entre les centres d'industrie de transformation (B)

Liaisons assurant le rabattement des pôles d'industries légères diversifiées (C) sur le réseau précédent (Cat .1.)

- **Catégorie 3** :

Liaisons des chefs-lieux de daïra et de wilaya (D) non desservis par le réseau précédent, avec le réseau des catégories 1 et 2.

- **Catégorie 4** :

Liaisons des centres de vie (E) avec le réseau des catégories 1 et 3.

- **Catégorie 5** :

Routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

I.3 Nomenclature routière

I.3.1 Eléments géométriques :

La route est placée sur le **terrain** qui est naturel avant tous travaux ou préparé après exécution des terrassements.

L'emprise de la route est la surface de terrain appartenant à la collectivité, c'est à dire dans les limites du domaine public.

L'assiette de la route est la surface du terrain réellement construite pour créer la route (y compris les talus), c'est à dire dans les limites des terrassements.

La plateforme entre fossés ou crêtes des talus en remblai, comprend la chaussée, plus les accotements (éventuellement y compris terre - pleins et voies auxiliaires).

La chaussée est la partie de la route affectée à la circulation des véhicules.

La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparées par un terreplein central.

Une voie est une bande de la chaussée correspondant à une largeur de véhicule et circulée dans un seul sens.

Les accotements sont les zones latérales qui bordent extérieurement la chaussée. Ils peuvent être dérasés ou surélevés.

Une bande cyclable est une bande faisant partie de la chaussée (largeur environ 1,50 m) réservée de chaque côté de celle-ci pour la circulation des cycles (pas exclusivement).

Une piste cyclable est une voie aménagée sur l'accotement, séparée de la chaussée proprement dite par un terre-plein ou une bordure.

Une voie d'arrêt (bande de stationnement) est une bande auxiliaire adjacente à la chaussée, destinée au freinage et à l'arrêt de véhicules en panne.

Les trottoirs sont des accotements spécialement aménagés pour la circulation permanente des piétons ; ils sont généralement séparés de la chaussée par une bordure surélevée.

Les bordures sont des dispositifs de séparation ou de limite le long des voies ou chaussées, en béton coffré, pavés, pierre taillée ou béton bitumineux. Elles peuvent être arasées ou surélevées.

I.4 Politique Routière Nationale

Le ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire a pour mission, entre autres, d'élaborer une politique routière et autoroutière s'intégrant dans le schéma National d'Aménagement du Territoire.

La contribution de la Direction des routes, quant à elle, réside dans la définition des actions à engager dans le cadre des programmes annuels et pluriannuels en matière de routes Nationales et d'autoroutes.

Cette politique est soutenue par un certain nombre d'action parmi lesquelles citons :

I.5 Réseau Autoroutier

- Les études d'APS de 1028 Km achevés ; restent les sections frontalières sur 188 Km
- Les études d'APD de 546 Km ;
- Les études d'APD à lancer à court terme : 333 Km ;
- Les travaux en cours de 81 Km ;
- Le lancement imminent de 21 Km ;
- Le lancement avant l'an 2000 de 150 Km.

Avec environ de 1400 Km à travers l'Algérie, l'Autoroute Est-Ouest constitue la partie centrale de l'Unité Maghrébine qui relie Nouakchott en Mauritanie à Tripoli en passant par Rabat, Alger et Tunis.

D'intérêt régional, l'Autoroute de l'U.M.A., qui a bénéficié du financement d'une étude de faisabilité grâce à un don du Fonds Arabe de Développement Economique et social (FADES).

Enfin, en ce qui concerne notre pays, la consécration du péage et l'aboutissement du dossier sur la concession d'autoroutes permettra, à ne pas en douter, dans un futur proche, l'ouverture aux capitaux « étrangers des études, de la réalisation et de l'exploitation des autoroutes concédées. Nous espérons alors lancer en travaux au moins 60 km d'autoroute par an de façon à achever la totalité de l'Autoroute en l'an 2000.

Chapitre II

Présentation du Projet

II. Présentation du projet :

II.1 Introduction

Apres la réalisation du projet de siècle « l'autoroute Est-ouest », l'Algérie trouve qu'il est obligatoire de relier cette autoroute aux différents points de la vaste Algérie pour mieux profiter au sens du développement, évidement la wilaya de Batna a bénéficiée de ce projet à cause de leur rôle dans le développement économique du pays et son site stratégique.

Cette liaison doit traverser trois wilayas, en l'occurrence Batna, Oum El Bouaghi et Mila,

Sur une distance d'environ de 62 km comme il est défini dans la figure suivante :



Figure II.1. Notre projet de la liaison dans le réseau autoroutier horizon 2025.

II.2 Description du projet

Le tracé traverse passe par trois wilayas MILA, Oum El Bouaghi et BATNA depuis la sortie d'autoroute à Chelghoum Laid jusqu'à la ville de Batna, en traversant la RN75 et la RN3.

Ce projet consiste à étudier et aménager une autoroute de de deux fois deux voies (2*3voies) sur une longueur de **62 Km** qui débute de **PK0+000** au niveau de l'échangeur RN3/RN75 et continue sur l'emprise de la RN75 jusqu'au PK1+600 puis repart de l'échangeur projeté à l'intersection avec la route d'accès à l'aéroport Mostapha Ben Boulaid au PK 5+610 et se termine à la limite de la wilaya de Batna en passant par le chott Guedain , le Djbel Tizourit et la plaine de Lazrou vers le point d'arrivée **PK 62+000** au niveau de chelghoum l'aïd en passant par les localités Bir Echouhada, Lazrou, ouled el khelouf , chelghoum l'aïd (auto route est ouest).

La section d'étude est composée des éléments suivants :

- Linéaire total: L = 20km
- Chaussée à 2 x 3 voies,
- Ouvrages d'art :

  - ✓ 01 Viaduc,
  - ✓ 03 Passages supérieurs,
  - ✓ 03 Passages inférieurs,
  - ✓ 01 OA sur Oued dans l'axe du rétablissement de la route de l'Aéroport,
  - ✓ 03 Échangeur,
  - ✓ Ouvrages Hydrauliques : 13.

-Notre projet comprend l'étude d'un tronçon d'autoroute qui pénètre dans Batna au **PK00+000** et **PK10+000** avec une conception d'un échangeur au **PK 2+475**

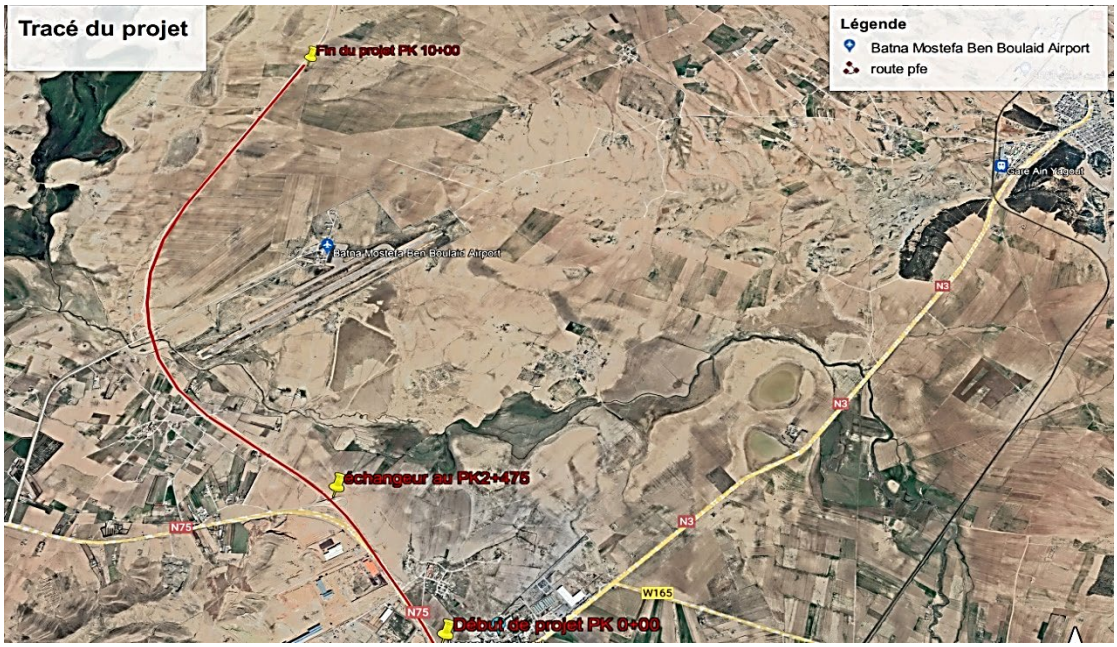


Figure II.2. Localisation de notre projet

II.3 Présentation de la wilaya

II.3.1 Situation géographique

La wilaya de Batna est située au nord-est de l'Algérie, dans la région des Aurès, à 410 KM de la capitale Alger avec une altitude de plus de 900 mètres, elle s'étend sur une superficie totale de 12.038,76 Km². Elle est délimitée par la wilaya de Mila au nord, au nord-est par la wilaya d'Oum-El-Bouaghi, à l'est par la wilaya de Khenchela, au sud par la wilaya de Biskra, à l'ouest par la wilaya de Msila, au nord-ouest par la wilaya de Sétif.



Figure II.3. Carte de localisation de la wilaya de Batna

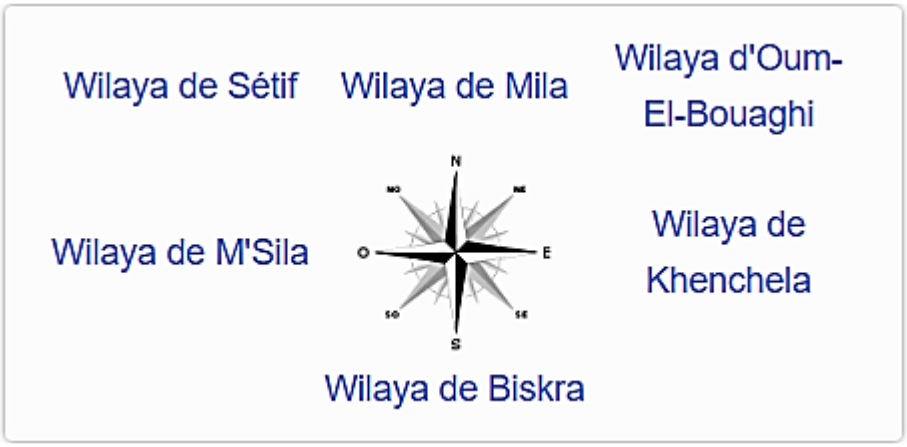


Figure II.4. Wilayas limitrophes de la wilaya de Batna

II.3.2 Hydro-climatologie

La région d'étude fait partie du climat de type semi-aride qui caractérise les hautes plaines constantinoises. Il est marqué par deux saisons distinctes ; une saison froide et subhumide du mois de Novembre jusqu'au de Mars avec des chutes de neige et de brusques gelées et une saison chaude et sèche du mois d'Avril au mois d'octobre. La température moyenne annuelle est de 14,24 C°.

Le Sirocco qui souffle souvent pendant le printemps et au début de l'été est souvent catastrophiques pour les cultures. Les précipitations moyennes annuelles ne dépassent pas les 400 mm.

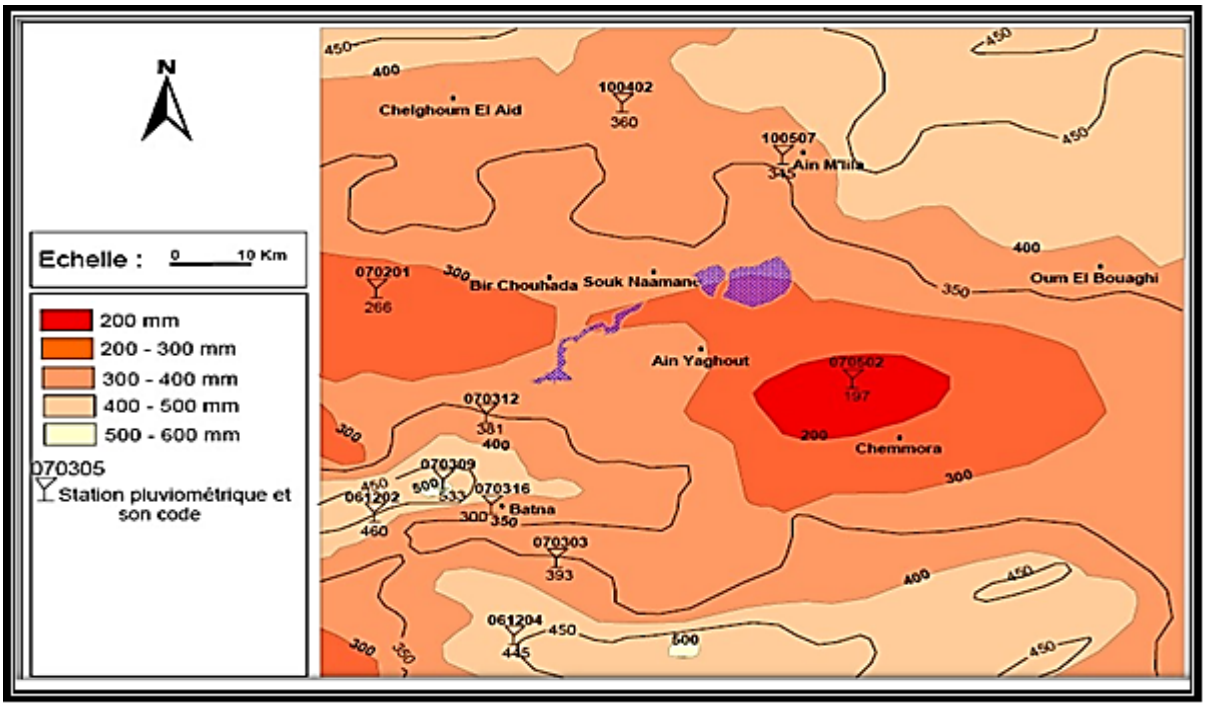


Figure II.5. La carte pluviométrique de « Batna ».

II.3.3 Population

La population de la wilaya de Batna est estimée à fin 2013 à 1 225 300 Hab, La densité moyenne de la population de la wilaya est de 102 Habitants au km^2. La commune de Batna avec 319 742 Hab est de loin la plus peuplée.

II.3.4 Réseau routier

Le réseau routier de la wilaya de Batna a une longueur totale de 3 506,07 Km, répartis comme suit :

- Routes nationales : 804 300 km.
- Chemins de wilaya : 650 400 km.
- Chemins communaux : 1 334 620 km.
- Pistes : 719 750 km.

II.3.5 Le relief

La jonction des deux Atlas (Tellien et Saharien) constitue la particularité de la Wilaya et organise en même temps la répartition des différents milieux physiques définis comme suit :

- **Les hautes plaines telliennes**

Au Nord, nous distinguons le domaine des hautes plaines telliennes qui matérialisent la limite Nord de la Wilaya, particulièrement avec la série des petits " chotts " tels que : Chott Beida, chott Taricht, Sebkh et Ezzemoul …etc. Dans cette partie de la Wilaya les altitudes varient de 800 à 1000 m et les pentes excèdent rarement 3 %.

- **Les reliefs montagneux**

L'Atlas Tellien par l'ensemble des monts du Hodna, du Bou Taleb, et les Monts de Belezma, et l'Atlas Saharien par les Aurès le Dj. Metlili et les Monts du Zab, forment. " L'ossature physique " principale de la Wilaya et de ce fait constituent l'ensemble physique le plus important du point de vue superficie (cet ensemble représente 45 % de la surface totale de la Wilaya).

Les altitudes varient de 700 m (la plus basse altitude localisée dans cet ensemble est située Au Dj. Rebaa sur le versant Nord des Monts du Zab) à 2 326 m au Dj. Chelia (considéré comme le plus haut point de la Wilaya de Batna et même de l'Algérie du Nord).

II.3.6 Géologie de la zone

Les hauts plateaux est une zone autochtone, c'est l'autochtone sud tellien, Situés entre l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au sud Ils sont constitués de dépressions salées, chotts ou sebkhas et ils sont séparés du Sahara par l'Atlas saharien, qui forme une succession de chaînes au caractère aride.

Le tracé fait partie d'un ensemble de formations géologiques du quaternaire et Mio Pliocène caractérisée par : Sol de Sebkha d'appellation « S », Limons salés périodiquement inondés d'appellation « QS » et Calcaires lacustres, argiles et conglomérats du Mio Pliocène « Mp ». La stratigraphie du quaternaire est la suivante :

- **Sols de sebkha (S)**
  Les sols de Sebkha sont composés de dépôts alluvionnaires fins presque entièrement inondés qui sont des limons argileux et vaseux contenant une certaine proportion de sel et de gypse.

- **Sols salés anciens (QS)**
  Les sols salés anciens occupent la périphérie des Sebkhas sur de grandes étendues plates légèrement surélevées à végétation typique de Salsolacées. Ils correspondent à d'anciens sols hydro-morphes salés de même nature géologique que les précédents.

- **Terres arables, formations de pente, et quaternaire indéterminé (Q)**
  Cet ensemble alluvionnaire d'origine fluvial est composé essentiellement de limons, sables et graviers roulés sur lequel se sont installés des sols bruns peu calcaires qui constituent les principales terres agricoles de la région.

- **Glacis polygéniques nappant les reliefs (Qt)**
  C'est la forme de relief la plus caractéristique des hautes plaines constantinoises. Ces glacis sont des dépôts détritiques de pentes qui forment des surfaces très faiblement pentes près des plaines et dont la pente augmente progressivement vers la montagne.

II.3.7 Hydrologie et hydrogéologie la zone

Le réseau hydrographique renferme de multiples cours d'eau, dont Oued Maadher et Chott Guedain qui font l'objet d'une analyse hydrologique et hydraulique complète. La zone est caractérisée par une grande variabilité interannuelle des précipitations, Les bassins versants qui alimentent ces Chaabats se caractérisent par une morphologie légèrement pentue en amont et pratiquement plate en aval. Ces bassins sont principalement occupés par des terres de pâturage, terres agricoles et quelques zones hydro-morphes.

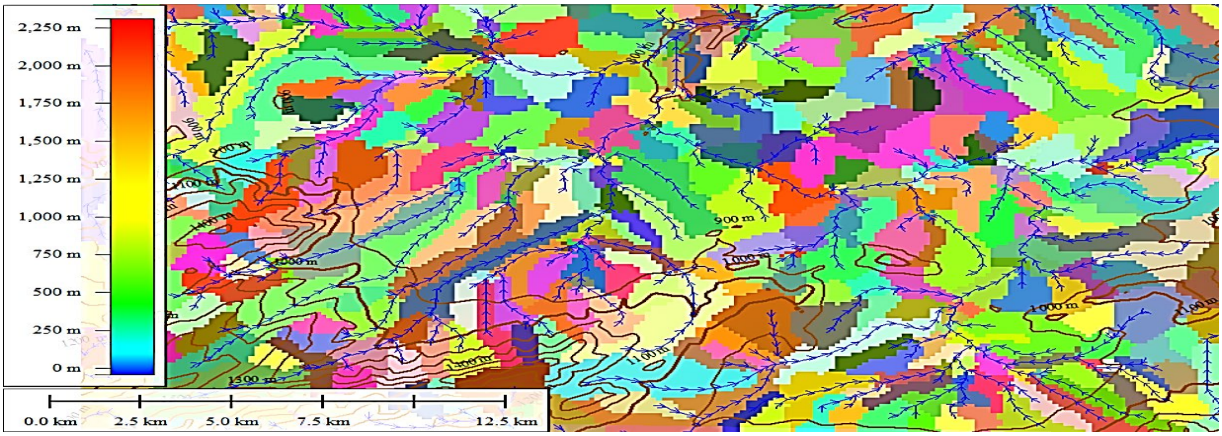


Figure II.6. Les bassins versants par Global mapper.

II.3.8 Sismicité

La région d'étude et l'ensemble des wilayas de Batna et Oum El Bouaghi sont classées dans la zone sismique **I** (zone à faible fréquence sismique). La carte de zonage sismique révèle l'appartenance de la région de Batna à la Zone I et, par conséquent, le coefficient d'accélération à prendre en compte est **A = 0,15**.

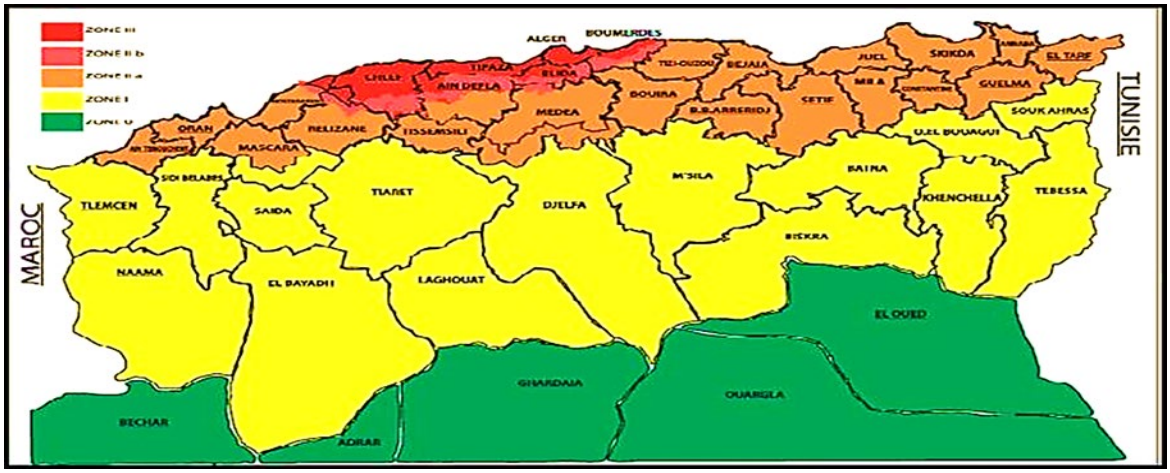


Figure II.7. Zonage sismique de l'Algérie

II.4 Objectif du projet

L'objectif principal de réalisation de la pénétrante autoroutière est :

- ✓ Relier la wilaya de BATNA à l'autoroute Est-Ouest.
- ✓ Désengorger et fluidifier le trafic routier sur les chemins de wilaya.
- ✓ Accroitre l'efficacité économique du système de transport.
- ✓ Offrir un nouvel axe de développement et d'échange entre les deux Wilayas de BATNA et MILA et réduire ainsi considérablement les coûts de transport.
- ✓ Améliorer l'accessibilité aux zones d'activités et aux zones touristiques.
- ✓ Contribuer à l'aménagement du territoire et au développement économique de la wilaya de Batna.

Chapitre III :
Etude du Trafic

III. Etude de trafic

III.1 Introduction

Lors de la préparation d'une étude d'infrastructure routière, il est crucial d'inclure une évaluation du trafic qu'elle accueillera. En effet, le dimensionnement de la chaussée est étroitement liée au volume de trafic qu'elle supportera et nécessite la connaissance du trafic journalier moyen annuel (TJMA).

III.2 Evaluation du trafic

Pour connaître en un point et à un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage.

Il existe différentes techniques disponibles pour recueillir des informations sur le trafic qui varient en termes de type de données et de niveau de pertinence. Et on peut être amené à procéder en plusieurs étapes et à affiner l'étude de trafic au fur et à mesure de l'avancement de l'étude de l'ensemble du projet.

On analyse le volume et la nature du trafic par différents procèdes qui peuvent être un :

- ✓ Comptages (manuels, automatiques) : ils permettent de quantifier le trafic
- ✓ Les enquêtes : elles permettent d'obtenir des renseignements qualificatifs.

III.3 Différentes type de trafic

Afin d'évaluer le trafic que nous devons savoir quels types de trafic :

- **Trafic normal :**
  C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en compte le nouveau projet.
- **Trafic induit :**
  C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.
- **Trafic dévié :**
  C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens pour atteindre la même destination.
- **Trafic total :**
  Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

III.4 Calcul de la capacité

III.4.1 Définition de la capacité

La capacité est le nombre maximal de véhicules qui peuvent raisonnablement passer par une section donnée d'une voie ou d'une chaussée dans une direction (ou dans les deux directions pour une route à deux ou trois voies) avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres pendant une période de temps définie(en générale ¼ heure). Elle est fonction du nombre de voies de circulation, de la largeur de ces voies, du dégagement latéral, de la pente, du pourcentage de camions et d'autobus, de la visibilité et du contrôle des accès.

La capacité horaire et les trafics horaires doivent être exprimés dans une unité commune : l'unité de véhicules particuliers.

III.4.1.1 Evaluation de la demande

III.4.1.1.1 Trafic moyen journalier (TJMA) horizon

Du fait de la croissance annuelle du trafic, le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est donné par la formule suivant : $TJMA_h = TJMA^0\ (1+\tau)^n$

- **$TJMA_h$** : le trafic à l'année horizon ;
- **$TJMA_0$** : le trafic à l'année de référence ;
- **n** : nombre d'année ;
- **τ** : taux d'accroissement du trafic (%).

III.4.1.1.2 Trafic effectif

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

Le trafic effectif donné par la relation :

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

- **Teff** : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P/j).
- **Z** : pourcentage de poids lourds (%).
- **P** : coefficient d'équivalence pour les poids lourds, il dépend de la nature de la route.

Tableau III.1 le coefficient d'équivalence P.

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne Caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite	3-6	6-12	16-24

III.4.1.1.3 Débit de pointe horaire normal

Le débit de point horaire normal est une traction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule suivante : $Q = (1/n)\ Teff$: exprimé en UVP/h.

- **Q** : débit de pointe horaire.
- **n** : nombre d'heure, (en général n = 8 heures),

Avec $(\frac{1}{n})$: Coefficient de pointe prise égale 0.12

- **Teff** : trafic effectif.

III.4.1.1.4 Débit horaire admissible

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

$$Qadm\ (uvp/h) = K1.K2.C_{th}$$

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

Tableau III.2 Valeurs de coefficient K1.

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau III.3 Valeurs de coefficient K2.

	Catégorie de la route				
Environnement	1	2	3	4	5
E1 : facile	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E2 : moyen	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E3 : difficile	0,91	0,95	0,97	0,98	0,98

Tableau III.4 valeurs de la capacité théorique Cth.

	Capacité théorique
Route à2 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/voie	1500 à1800 uvp/h / voie

III.4.1.1.5 Nombre de voies

Pour déterminer le nombre de voie par chaussée, on prend le nombre le plus proche du rapport : $n = S \times \frac{Q}{Qadm}$

Avec :

- **S** : coefficient de dissymétrie $= \frac{2}{3}$
- $\mathbf{Q_{adm}}$: débit admissible par voie.

III.5 Application sur la pénétrante

III.5.1 Résultats de comptage

Selon les résultats des comptages de CTTP et de prévisions, effectués nous avons :

- ✓ Le trafic à l'année 2015 : **TJMA =10796.5 v/J.**
- ✓ Le taux d'accroissement annuel du trafic **τ =3,5%.**
- ✓ La vitesse de base sur le tracé **VB= 130 (Km/h).**
- ✓ Le pourcentage de poids lourds **PL= 20 %.**

- ✓ L'année de mise en service sera en **2025.**
- ✓ La durée de vie estimée est de **20 ans.**
- ✓ Environnement **E1.**
- ✓ Catégorie **C1.**

III.5.2 Calcul de TJMA horizon

Nombre d'année est : **n = 2025-2015 donc n = 10 ans**

- ❖ $\mathbf{TJMA_{2025}} = (1+\tau)^{n} \times TJMA_{2015}$
- ❖ $\mathbf{TJMA_{2025}} = (1+0.035)^{10} \times 10796.5 = \mathbf{15229.53\ v/j}$
- ❖ $\mathbf{TJMA_{2045}} = (1+0.035)^{20} \times 15229.53 = \mathbf{30303.55\ v/j}$

III.5.3 Calcul de Trafic effectif

P= 3 car l'environnement est **E1** et route a bonne caractéristique (d'après le tableau de coefficient d'équivalence).

- $\mathbf{Teff_{n}} = [(1 - Z) + PZ].\ TJMA_{h}$
- $\mathbf{Teff_{2025}} = [(1 - 0.20) + 3 \times 0.20] \times 15229.53.$
- $\mathbf{Teff_{2025} = 21321.34\ (uvp/J)}$
- $\mathbf{Teff_{2045}} = [(1 - 0.2) + 3 \times 0.2] \times 30303.55$
- $\mathbf{Teff_{2045} = 42424.97\ uvp/j}$

III.5.4 Le débit de pointe horaire normal

- $\mathbf{Q_{n}} = 0.12.\ Teff$
- $\mathbf{Q_{2025}} = 0{,}12 \times 21321.34$
- $\mathbf{Q_{2025} = 2558.56\ uvp/h.}$
- $\mathbf{Q_{2045}} = 0.12 \times 42424.97$
- $\mathbf{Q_{2045} = 5090.99\ uvp/h}$

III.5.5 Le débit admissible

Le débit que supporte une section donnée :

$$Q_{adm} = K1 \times K2 \times Cth$$

Avec :
- **K1** : coefficient correcteur égal à **0.75** pour **E1**
- **K2** : coefficient correcteur égal à **1** pour **E1** et **C1**
- **Cth** : capacité théorique (Route à chaussées séparées/voie) égal à **1500** uvp/ h
- Q_{adm} **= 0,75 x1x 1500 = 1 125 uvp /h.**

- Q_{adm} **= 1125 (uvp/h).**

III.5.6 Le nombre de voies

$$N = \left(\frac{Q}{Qadm}\right)$$

- $N = \left(\frac{5090.99}{1125}\right) \times \left(\frac{2}{3}\right)$

- **N= 3**

Donc on prend le nombre de voies **n = 3 voies /Sens.**

III.5.7 Résultats de calcul

Tableau III.5 Résultat de calcul nombre de voie.

TJMA (2025) Véh/j	TJMA (2045) Véh/j	Teff uvp/j	Q (uv p/h)	Qadm (uvp/h)	N° des Voies Par sens
15229.53	30303.5	42424.97	5090.99	1125	3

III.5.8 La saturation du trafic

- $Teff_{2025} = [(1 - 0.20) + 3 \times 0.20] \times 15229.53$**.**

- $Teff_{2025}$**=21321.34 (uvp/J)**

- $Q_{2025} = 0{,}12 \times 21321.34$

- Q_{2025}**= 2558.56 uvp/h.**

- **Q Saturation= 6 × Qadm**

- **Q Saturation= 6 × 1 125.**

- **Q Saturation = 6750 (uvp/h).**

$$n = \left(\frac{log\left(\frac{QSaturation}{Q2025}\right)}{log\,(1+\tau)}\right)$$

$$n = \left(\frac{log\left(\frac{6750}{2558.56}\right)}{log\,(1+0.035)}\right) = 28 \text{ ans.}$$

Donc l'année de saturation sera égale à **2025+28 = 2053.**

III.6 Conclusion

Après le calcul de trafic, notre route sera de **2×3** voies avec une largeur de chaussée de **10.5** pour chaque sens.

Chapitre IV :
Tracé en plan

IV. Tracé en Plan

IV.1 Introduction

L'élaboration de tout projet routier commence par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration du terrain.

Le tracé en plan est une projection de la route sur le plan horizontal. Le tracé est constitué d'une succession de courbes et d'alignements droits séparés ou non par des clothoïdes (courbes de raccordement progressif).

Il est caractérisé par la vitesse de référence appelé ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier. Il met en évidence les longueurs des sections rectilignes, arcées et la valeur des rayons de courbure dans les virages.

Il a pour objectif d'assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort tout en s'intégrant au mieux dans la topographie du site.

IV.2 Règles à respecter pour tracée en plan

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans **l'ICTAAL 2000** (Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison).

Pour faire un bon tracé en plan et un meilleur choix technico-économique on doit respecter certaines recommandations :

- L'adaptation du tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les grands terrassements.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Utiliser le maximum d'alignement en respectant la longueur maximale et minimale.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais.
- Respecter la cote des plus hautes eaux.

IV.3 Choix de la catégorie

Notre site se présente comme un relief difficile, compte tenu des impacts environnementaux et économiques qu'il implique, notre projet est classé en catégorie (**L1**). Selon le document **ICTALL** la vitesse de base maximale autorisée pour la catégorie (**L1**) est **VB = 130 km/h**.

IV.4 Les éléments du tracé en plan

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

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

IV.4.1 Les Alignements

La longueur des alignements dépend de :

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

IV.4.2 Arcs De Cercle

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- La stabilité des véhicules.
- L'inscription des véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- La visibilité dans les tranchées en courbe.

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge, afin de réduire cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules, en fait de fortes inclinaisons et augmenter le rayon. Dans la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaison (dévers) ce qui implique **UN RAYON MINIMAL.**

IV.4.3 Rayon minimal Rm

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse Vr serait équivalente à celle subite par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

Il ne faut jamais descendre au-dessous de cette valeur pour assurer la stabilité des véhicules.

IV.4.4 Rayon minimal non déversé Rhnd

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le dévers est négatif pour l'un des sens de circulation, le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (Rhnd).

Tableau IV.1 Valeurs minimales des rayons de tracé en plan

Catégorie	Symboles	L1
Rayon minimal (m)	Rm	600
Rayon minimal au dévers normal Rdn (m)	Rnd	1000
Longueur minimal de clothoide	Lc min	Max [14 |Δδ| ; R/9]

IV.4.5 Raccordements Progressifs

L'objectif du raccordement consiste à introduire progressivement l'arc circulaire et son dévers afin d'éviter des modifications brutales de l'équilibre du véhicule (recherche d'une variation progressive et continue de la force centrifuge subie par l'utilisateur).

La courbe de raccordement la plus utilisée est la clothoide. Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation de devers et assure l'introduction de devers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique.

On définit une clothoïde par son paramètre A **(A^2= RL)** ou par son rayon R (au point de tangence) et sa longueur L.

Les courbes de rayon inférieur à **1,5 Rnd** ne peuvent être raccordées avec les alignements progressivement (clothoïde). Pour assurer ;

- ✓ La stabilité transversale de véhicule.
- ✓ Le confort des passagers.
- ✓ La transition de la chaussée.
- ✓ Le tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

IV.4.6 Eléments de la Clothoide

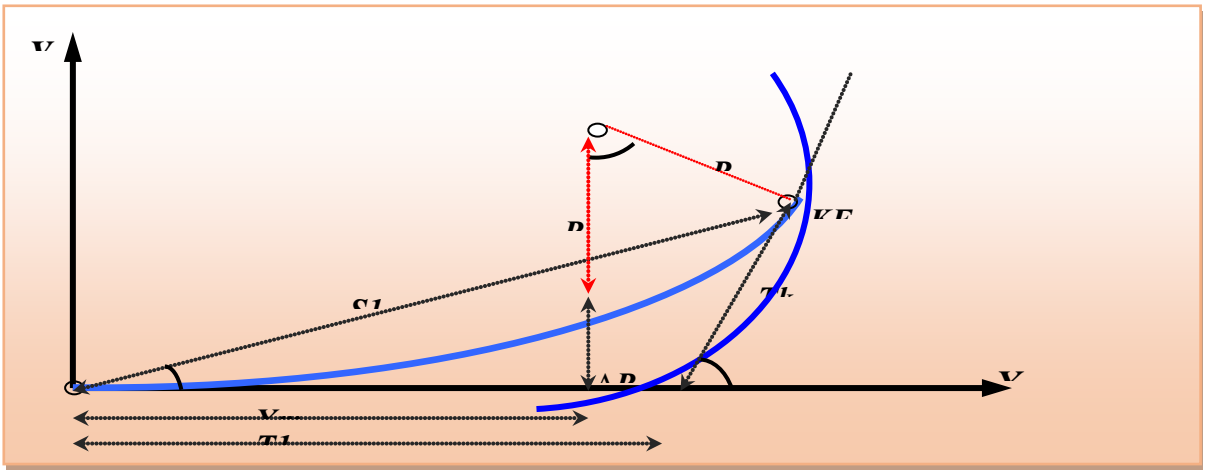


Figure IV.1 Géométrie de la Clothilde

R : rayon du cercle Clothoïde.

L : longueur de la branche de

A : paramètre de la Clothoïde.

KA : origine de la Clothoïde.

KE : extrémité de la Clothoïde.

ΔR : ripage.

τ : angle des tangentes.

TC : tangente courte.

TL : tangente longue

σ : angle polaire.

SL : corde KE –**KA**.

M : centre du cercle d'abscisse **Xm**.

Y : ordonnée de **KE**

X : abscisse de **KE**

X_m **:** abscisse du centre du cercle **M** à partir de **KA.**

Y_m **:** ordonnée du centre du cercle **M** à partir de **KA**.

IV.4.7 Exemple de Calcul (Calcul manuel)

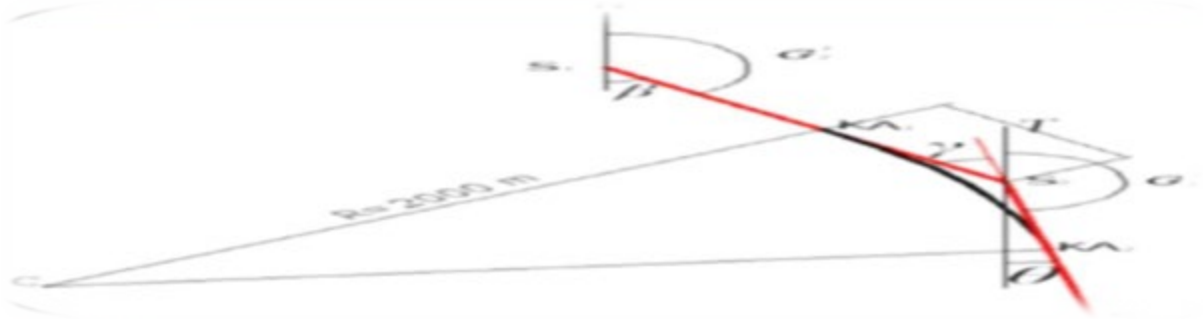


Figure IV.2 Raccordement circulaire entre deux alignements.

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 notre axe.

La liaison que l'on a choisie se situe à la fin de notre projet. Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont comme suit:

Tableau IV.2 Les données de l'axe à calculer

	X	Y
S1	257434.548	3956294.733
S2	257151.921	3956688.954
S3	256966.438	3956904.342

Avec VB = 130 Km/h, R=1600m

Pour notre projet on a :

R=1600m >1500 m ⟹ d = -2.5, Donc le calcul se fait sans Clothoïde.

- ✓ **Calcul des Gisements :**

S1S2
- $|\Delta X| = |XS2 - XS1| =$ **282.627m**
- $|\Delta Y| = |YS2 - YS1| =$ **394.221m.**

S2S3
- $|\Delta X| = |XS3 - XS2| =$ **185.483m**
- $|\Delta Y| = |YS3 - YS2| =$ **215.388m.**

D'où: $G^{\frac{S2}{S1}} = \text{arctg}\ \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} =$ **39.597 grades.**

$G^{\frac{S3}{S2}} = \text{arctg}\ \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} =$ **45.259 grades.**

$S_2S_1 = \sqrt{(\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2)} =$ **485.065m.**

$S_3S_2 = \sqrt{(\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2)} =$ **284.246 m.**

- ✓ **Calcul de l'angle γ :**

$\gamma = \left| G^{\frac{S3}{S2}} - G^{\frac{S2}{S1}} \right| =$ **5.662 grades.**

✓ **Calcul de Tangente T :**

T= R tan (γ/2) = **71.197 m**

✓ **Calcul des coordonnées des points de tangente :**

β = 39.597 gr

$X_{A1} = X_{S2}+T\sin(\beta) =$ **257193.4041 m**

$Y_{A1} = Y_{S2}+T\cos(\beta) =$ **3956746.817 m**

θ =45.259 gr

$X_{A2} = X_{S2}+T\sin(\theta) =$ **257198.3796 m**

$Y_{A2} = Y_{S2}-T\sin(\theta) =$ **3956642.495 m**

✓ **Calcul des coordonnées de centre :**

$G_{A1\text{-}C} = 300 - \beta =$ **260.403**

$X_c = X_{A1} - R\sin(G_{A1\text{-}C}) =$ **258493.7587 m**

$Y_c = YA1 + R\sin(G_{A1\text{-}C}) =$ **3955342.14 m**

Larc $= \pi R (\frac{\gamma}{200}) =$ **142.301m**

✓ **Calcul les coordonnées des points singuliers :**

$XA1 = Xp2 - T\sin(G\frac{S2}{S1}) =$ **257110.438 m**

$YA1 = Yp2 - T\cos(G\frac{S2}{S1}) =$ **3956631.091m**

$XA2 = Xp2 + T\sin(G\frac{S3}{S2}) =$ **257198.379 m**

$YA2 = Yp2 + T\cos(G\frac{S3}{S2}) =$ **3956742.904m**

IV.5 Eléments et description du tracé :

Notre projet à un linéaire de 10 Km du PK 00+000 au PK 10+000, Le tracé trouve son origine après l'intersection de l'échangeur RN3/RN75 et continu sur l'emprise de la RN75 jusqu'au PK1+600 puit on raccordée vers la pénétrante.

La majeure partie du tracé est composée de courbe contre courbe en utilisant des rayons supérieur à 1.5Rnd (2500, 1600, 1800…), on a utilisé des raccordements progressifs

(clothoide) pour des rayons compris entre 1000 et 600 m. Il est aussi composé de quelques alignements droits de longueur maximale de 1965 m.

Remarque :

Le traitement de l'axe en plan est réalisé automatiquement à l'aide de logiciel Covadis ; dont les paramètres des éléments du tracé sont donnés dans **l'annexe IV**.

Chapitre V :
Profil en long

V. Profil en Long

V.1 Introduction

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive. Donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne. Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers.

Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des paraboles.

V.2 Règles de conception du profil en long :

Lors de la conception, il convient de prendre en compte les éléments suivants :

- ✓ Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- ✓ Rechercher un équilibre entre les volumes de déblais et de remblais afin de répondre aux exigences économiques et environnementales.
- ✓ Eviter une hauteur excessive en remblai
- ✓ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.
- ✓ Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- ✓ 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.
- ✓ Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

V.3 Valeur limites :

Les paramètres de profil en long doivent respecter les valeurs limités données dans le (tableau) Selon L'ICTAAL.

Tableau V.1. Valeurs limites des paramètres du profil en long.

Catégorie	L1	L2
Déclivité maximale (%)	5	6
Déclivité minimale (%)	0.5	0.5
Rayon minimal en angle saillant RV (m)	12500	6000
Rayon en angle rentrant RV (m)	4200	3000

Pour Notre projet on a catégorie **L1** donc la déclivité maximale = **5 %** et la déclivité minimale = **0.5 % avec** RV (saillant) = **12500 m et** RV (rentrant) = **4200m**

V.4 Déclivités

La déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal. Elle est dénommée rampe si la route s'élève dans du kilométrage, et pentes dans le cas contraire.

V.4.1 Déclivité minimale

La pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas pour l'écoulement des eaux de pluies, il faut éviter les paliers (tronçons de route absolument horizontaux) pour que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante

Déclivité minimum : imin = 0.5%.

V.4.2 Déclivité maximale

La déclivité maximale dépend de :

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

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

Déclivité maximum : imax = 5%.

V.5 Raccordement en profil en long

Deux déclivités de sens contraire doivent se raccorder en profil en long par une courbe.

Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la visibilité satisfaisante. Et on distingue deux types de raccordements :

V.5.1 Raccordements convexes (angle saillant)

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité.

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- ✓ **condition de confort**
  Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable.
- ✓ **condition de visibilité**
  Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante. Il faut deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir a une distance double de la distance d'arrêt au minimum.
- ✓ **Rayon minimal en angle saillant : 12500 m.**

V.5.2 Raccordements concaves (angle rentrant)

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

- ✓ **Rayon minimal en angle rentrant : 4200 m.**

V.6 Exemple de Calcul de profil en long (cas d'un rayon concave)

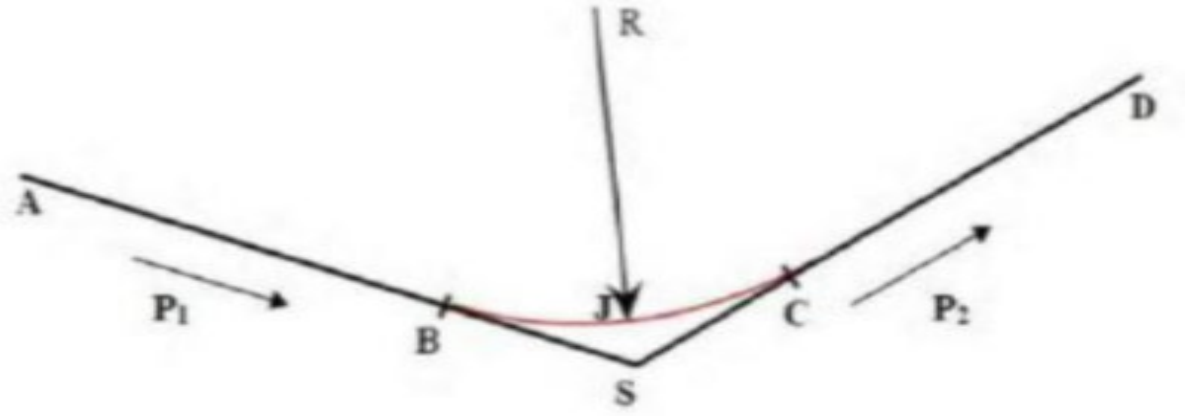


Figure V.1 Schéma d'une parabole.

Tableau V 2. Les données à l'axe calculé.

Sommets	X(m)	Z(m)
$S_A(x, z)$	2550.334	817.418
$S_S(x, z)$	2838.314	819.797
$S_D(x, z)$	3361.684	819.555

Avec R= 30000m et VB=130 km/h.

- ✓ **Calcul des déclivités :**

$$\mathbf{P1} = \frac{Zs-ZA}{Xs-XA} = \frac{819.797-817.418}{2838.314-2550.334} = \mathbf{0.83\%}$$

$$\mathbf{P2} = \frac{ZD-Zs}{XD-Xs} = \frac{819.555-819.797}{3361.684-2838.314} = \mathbf{-0.05\ \%}$$

- ✓ **Calcul des tangentes :**

$$T = \frac{R}{2}|P1 \pm P2| = \frac{30000}{2}\left|\frac{0.83}{100} + \frac{0.05}{100}\right| = \mathbf{132m}$$

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

B

$\mathbf{X_B} = X_S - T = 2838.314 - 132 = \mathbf{2706.314\ m}$

$\mathbf{Z_B} = Z_S - T \times P_1 = 819.797 - 132 \times 8.3 \times 10^{-3} = \mathbf{818.702\ m}$

⟹ **B(2706.314 , 818.702)**

C

$\mathbf{X_C} = X_S + T = 2838.314 + 132 = \mathbf{2970.314\ m}$

$\mathbf{Z_C} = Z_S - T \times P_2 = 819.797 + 132 \times 5 \times 10^{-4} = \mathbf{819.731\ m}$

⟹ **C (2970.314 , 819.731)**

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

$L = 2 \times T = 2 \times 132 = \mathbf{264\ m}$

- ✓ **Calcul de la flèche :**

$$H = \frac{T^2}{2R} = \frac{264^2}{2 \times 30000} = \mathbf{1.1616m}$$

- ✓ **Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J):**
- ✓

$$\begin{cases} X_{J/A} = R \times P_1 \\ Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - \frac{(X_{J/A})^2}{2 \times R} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{J/A} = 30000 \times 8.3 \times 10^{-3} = \mathbf{249\ m} \\ Z_{J/A} = 249 \times 8.3 \times 10^{-3} - \frac{(249)^2}{2 \times 30000} = \mathbf{1.033m} \end{cases}$$

$$J\begin{cases} X_J = X_B + X_{J/A} = 2706.314 + 249 = \mathbf{2955.314\ m} \\ Z_J = Z_B - Z_{J/A} = 818.702 - 1.033 = \mathbf{817.669\ m} \end{cases}$$

⟹ **J (2955.314 , 817.699)**

V.7 Coordination du tracé en plan et du profil en long

Pour le confort et la sécurité des usagers, il ne suffit pas que le tracé en plan et le profil en long considérés séparément soient conformes aux valeurs minimales de la catégorie retenue et que les conditions d'enchaînement soient respectées.

Il convient également de ne pas dissocier l'étude du tracé en plan de celle du profil en long. Ainsi, la coordination du tracé en plan et du profil en long améliore la visibilité et la perception générale du tracé.

Remarque : Le profil en long a été fait avec le logiciel Covadis 'Autopiste' et le plan est joint ci-après et en **L'annexe V**.

Chapitre VI :
Profil en travers

VI. Profil en Travers

VI.1 Introduction

Le profil en travers d'une route est représenté par une coupe perpendiculaire à l'axe du projet. On représente sur le même document le projet et le terrain naturel.

Les caractéristiques du profil en travers découlent des études antérieures ou d'une hiérarchisation du réseau. , il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais, trottoirs).

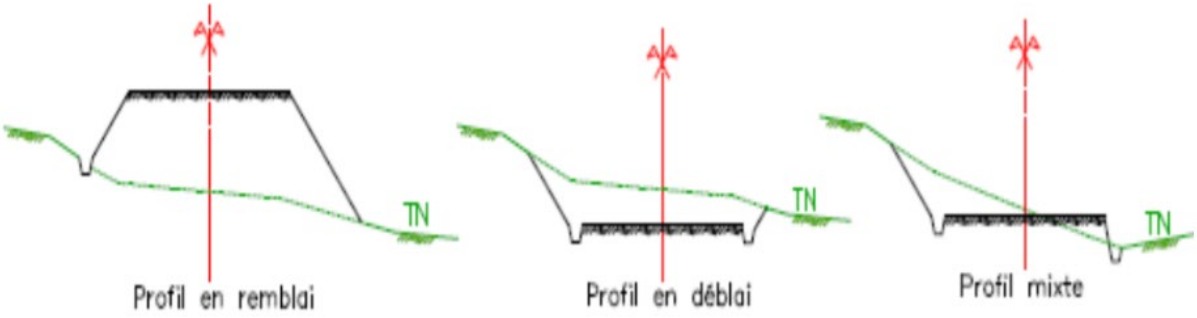


Figure VI.1. Les différents types de profils en travers.

VI.2 Les types du profil en travers

VI.2.1 Le profil en travers type

Le profil en travers type représente les éléments de la route (déblais ou remblais en section courante, carrefours…). Lorsque le tracé présente des différences importantes, il convient de prévoir des détails ou plusieurs profils types. » Contenant toutes les dimensions générales qui se répètent et tous les détails constructifs (largeur des voies, accotements, pentes, talus, dimensions des couches, etc…)

VI.2.2 Le profil en travers courant

Les profils en travers particuliers permettent de calculer les cubatures du projet (volume des déblais et des remblais ainsi que les volumes de la couche de forme, de fondation, de base, de roulement…) .Généralement, il est prévu un profil tous les 20 mètres en faible relief (10 à 15 mètres en relief vallonné).

VI.2.3 Les éléments du profil en travers

- ✓ **L'emprise :** est la surface du domaine public affectée à la route et à ses dépendances. Elle comprend l'assiette du projet ainsi qu'espace de terrain additionnel.
- ✓ **L'assiette :** est la surface du terrain qui comprend la plate-forme routière, les fosses et les talus .Elle est limitée par les entrées en terre.
- ✓ **La chaussée** : est limitée par le bord interne du marquage au sol. Pour mémoire, une sur largeur est introduite dans les courbes de rayon inférieur à 200 mètres.
- ✓ **L'accotement :** Comprend la bande d'arrêt d'urgence et la berme :

- **La bande d'arrêt d'urgence :**

Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire, l'évitement d'un obstacle sur la chaussée, l'intervention des services de secours, d'entretien et d'exploitation sa largeur est de **2,50 m**, ou de **3,00 m**.

- **La berme :**

Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements : barrières de sécurité, signalisation vertical.

Sa largeur qui dépend surtout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place est de 1,00 m minimum ; mais elle peut être intégrée à un dispositif d'assainissement dont la pente ne dépasse pas 25 %.

- ✓ **La plate-forme routière :** est la surface de la route qui comprend la ou les chaussées, les accotements et les éventuels terre-pleins centraux.

- ✓ **Terre –plein central (T.P.C) :** Le T.P.C assure la séparation matérielle des deux sens de circulation. Sa largeur résulte de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

a) Bande dérasée de gauche (B.D.G) :

- Elle est destinée à permettre de légers écarts de trajectoire et à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité. Elle contribue dans les courbes à gauche au respect des règles de visibilité. Elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sans dénivellation. Sa largeur est de **1,00 m**

b) Bande médiane :

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

- ➢ **L'ICTAAL a défini le profil en travers type comme suit :**

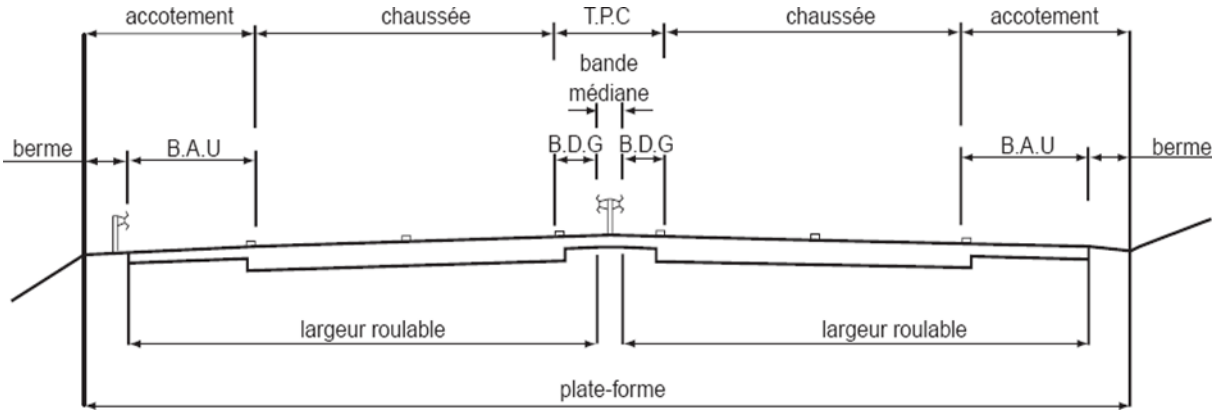


Figure VI.2. Eléments constructifs du profil en travers.

VI.3 Dévers en alignement et en courbe non déversée

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

- La pente d'une B.A.U. (ou d'une B.D.D.), est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de là sur largeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4 % pour des raisons techniques.

- Les pentes des B.D.G. et du versant en toit d'un T.P.C. revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente.

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

VI.3.1 Dévers en courbe déversée

- La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de 1/R, entre 2,5 % pour Rnd et 7 % pour Rm.
- La pente de la B.A.U (ou la B.D.D) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente.

- La pente de la B.A.U extérieure (ou la B.D.D) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 % ; au-delà, elle est de sens opposé au dévers et égale à 1,5 %, hormis là sur largeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée.

VI.4 Application au projet

- **La chaussée :**

  On a 2 × 3 voies, 3.5 m pour chaque voie.

- **Le terre-plein central :**

  -Une glissière double (DBA) de 0.5 m.

  -Deux bandes dérasées de gauche de 1 m.

- **Les accotements :**

  -Une bande d'arrêt d'urgence de 3 m.

  -Une berme de 1 m.

VI.4.1 Profil en travers type du notre projet

On a utilisé des banquettes de 3m dans les deux talus déblais et remblai à cause de la hauteur de remblai (Hmax = 10m) et déblai (Hmax= 7m) même si on a une stabilité des talus avec pente 3H : 2V pour éviter les erreurs de réalisation.

Tableau VI.1 Profil en travers type du notre projet.

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur total (m)
Voie de Circulation 2×3	**3.5**	**6**	**21**
Terre-plein central (T.P.C) : -Bande dérasée gauche (BDG) -Bande médiane	**3** 1 1	1 2 1	**3** 2 1
Accotement : -B.A.U -La berme	**4** 3 1	**2** 2 2	**8** 6 2
Totale	**32**		
Dévers en section droite			
Chaussée Bande dérasée de gauche (B.D.G) Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) Berme extérieure	2.5% vers l'extérieur. Identique à celle de la chaussée. 4% vers l'extérieur. 8% vers l'extérieur.		
Dévers en Courbe			
Chaussée Bande dérasée de gauche (B.D.G) Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	7% au maximum Identique à celle de la chaussée. Identique à celle de la chaussée.		

Remarque :

Le calcul est traité automatiquement à l'aide de logiciel Covadis (Autopiste), Les détails du profil en travers sont donnés en **L'annexe VI**.

Chapitre VII :
Etude Géotechnique

VII. **Etude Géotechnique**

VII.1 Introduction

La géotechnique routière est tout simplement l'application de la géotechnique au domaine routier, elle est une science empirique qui se fait en partie sur les données recueillies lors d'essais en laboratoire et sur le terrain, en pratique, la géotechnique est étroitement associée à la géologie.

Un projet géotechnique se déroule de la façon suivante :

- ✓ Les reconnaissances géotechniques.
- ✓ La reconnaissance des sols.
- ✓ La fixation des conditions de mise en place des matériaux.
- ✓ Le contrôle qualité et la réception de la plateforme sur chantier.

VII.2 Les moyens de reconnaissance

Les moyens de la reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement :

- ✓ L'étude des archives et documents existants.
- ✓ Les visites de site et les essais « in-situ » (Sondages pressiométriques, les puits de reconnaissance)
- ✓ Les essais de laboratoire.

VII.3 Les visites de site et les essais « in-situ »

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités. Cependant, la connaissance précise des caractéristiques des sols en présence nécessite des investigations « in-situ » permettant :

- ✓ Soit la mesure de certaines caractéristiques en place.
- ✓ Soit le prélèvement d'échantillons pour les besoins d'essais de laboratoire.

Les essais de laboratoire réalisés sur les sols sont présentés dans le tableau (Voir l'annexe VII)

VII.4 Application sur notre projet

- **PK1+700-PK4+725**

VII.4.1 Résultats des essais in situ

VII.4.1.1 Résultats des puits de reconnaissance

Vingt-sept (27) puits de reconnaissance ont été réalisés à la pelle mécanique, le long de la section du PK1+700 au PK 4+725 sur une profondeur variant entre 3.00 et 5.00m et ce en vue de déterminer la lithologie du terrain en place et de prélever des échantillons pour les essais de laboratoire. Un puits a été réalisé tous les 100m environ sur l'emprise de cette section.

Commentaire : On constate que le sol est un limon argileux

Dans le tableau **(Voir l'annexe VII)** on présente un récapitulatif des résultats des puits.

VII.4.1.2 Résultats des Sondages pressiometriques

Sur la section comprise entre **PK1+700 et PK4+725,** six sondages pressiométriques (PR1 à PR6) ont été poursuivis jusqu'à 10 m de profondeur chacun avec réalisation d'essais tous les mètres. Cette campagne a eu pour objet la détermination des caractéristiques mécaniques du sol support dans son état intact.

Commentaire : d'après les résultats obtenus nous avons constaté que la zone de notre projet est constituée d'une formation **Argile limoneuse peu graveleuse a graveleuse ou une argile limono sableuse**

La campagne est menée par le laboratoire LTP Est pendant le mois de Juillet 2015. Les résultats sont présentés dans les tableaux **(Voir l'annexe VII).**

- ✓ **Résultats des essais de laboratoire**

Les résultats des essais de laboratoire réalisés sur la plupart des échantillons prélevés dans ces puits revoient vers une classification GTR de type :

- ✓ **C1A1 ou C1B5** gros éléments combinés à des fines
- ✓ **A2** limons argileux à sableux.
- ✓ **A1, A2** dont 45% comportent l'indice « th » ou « h ».

Le tableau de Résultats des essais de laboratoire (voir l'annexe VII).

VII.4.2 Les résultats des essais CBR a 95% OPM

Les valeurs des indices **CBR à 95% γ_{OPM}** de sont assez variables comprises généralement entre **1.33** et **12.44** et on prend l'indice **1.33** pour le dimensionnement de corps de chaussée.

Le tableau des Résultats des essais CBR voir (l'annexe VII).

- **PK6+000-PK10+000**

VII.4.3 Résultats des Essais (analyse granulométrique, VBs, IP)

- ✓ Les essais d'identification pour les argiles marneuses et limons très plastiques indiquent qu'on est en présence de sols fins dont le pourcentage de la fraction fine (≤80µm) est compris entre 74% et 95%.Le comportement du sol peut être considéré comme régi par celui de la fraction fine. Selon le GTR, ces sols sont classés majoritairement en A3.
- ✓ Les valeurs de l'indice de plasticité IP obtenus sont (19,7≤IP≤30,9). Dans le cas de cette section, les sols en place peuvent être classés en **sols moyennement argileux à argileux.**
- ✓ Les valeurs VBS obtenues sont telles que 2,63≤ VBS ≤5,5).La représentation de ces valeurs le long du linéaire de la section est donnée sur la figure 2.

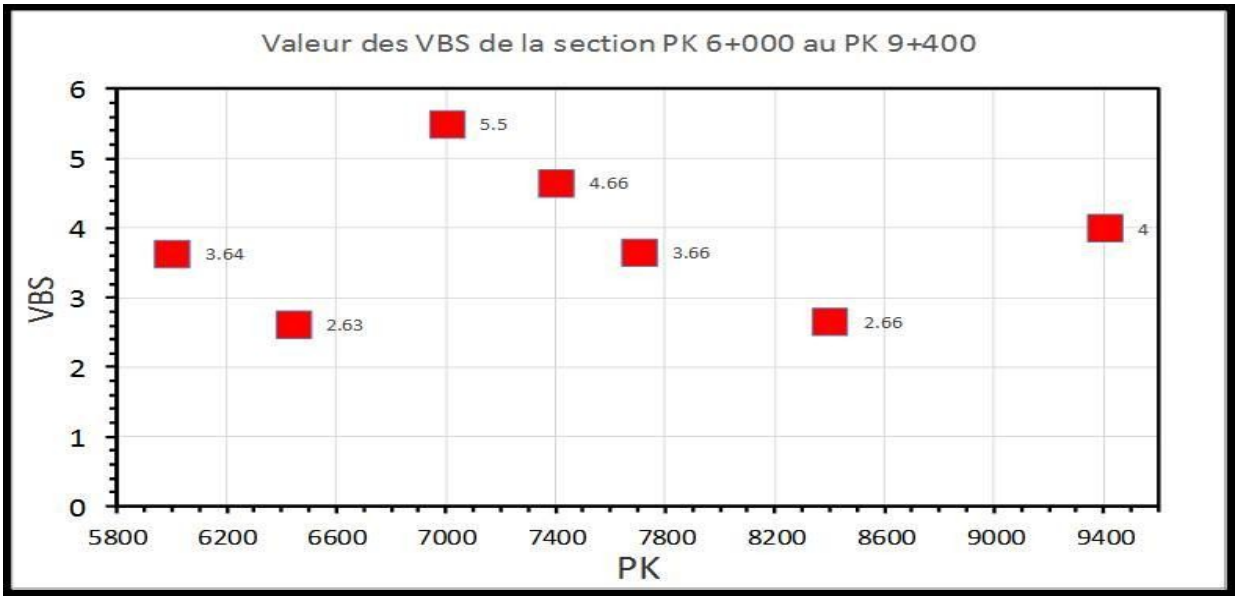


Figure VII.1. Présentation des valeurs VBS du Pk 6+000 – Pk 9+400

- ✓ **Les essais CBR à 95%** OPM réalisés sur les échantillons prélevés sur les couches d'argiles marneuses et limons ont donné des valeurs entre **3,38** et **3,78**. Les valeurs du **CBR** obtenues sur les échantillons testés sont très faibles, **ce qui témoigne d'une faible portance du sol support.**

VII.4.4 Classification GTR (NF P11-300)

La classification du GTR est fondée sur trois types de paramètres à savoir : nature, état et comportement mécanique. Elle est axée sur les conditions de réutilisation en remblai ou en couche de forme.

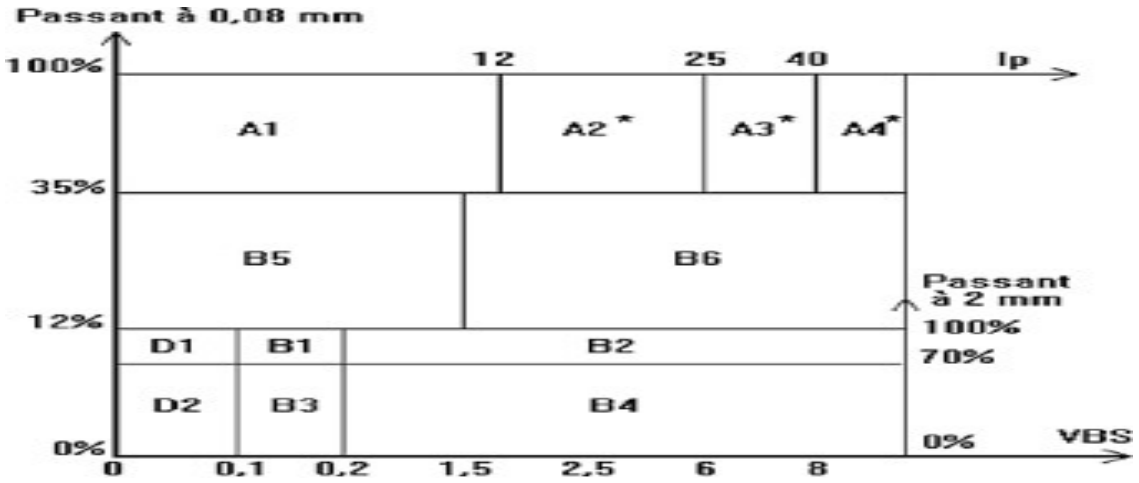


Figure VII.2. Classification du matériau selon GTR

➢ **Exemple :** Pour le **puit 9** nous avons :

Tableau VII.1 Résultats des essais au laboratoire pour le puit 9

Puits	PK	Prof	W_n (%)	Analyse granulométrique			Limites d'Atterberg			W_{opn}
				D_{max} mm	Tam 0.2mm	Tam 80μm	*w*l	*w*p	Ip	
P9	3+325	3	10.7	4	80	74	28.061	13.89	14.17	15.7

1-Classement selon la nature :

►1er niveau : Granularité :

Dmax = 4mm ≤ 50 mm

et → **Sol fins - Classe A**

Tamisat à 80 μm = 74% > 35%

►2ème niveau : Argilosité :

IP = $W_L - W_P$ = 28.061 – 13.89 = 14.17 ⟶ 12< IP ≤ 25 ⟶ **Classe A2**

2-Classement selon l'état hydrique :

$W_n \leq 0.7\ W_{OPN} \longrightarrow 10.7 \leq 10.99 \longrightarrow$ **A2 ts** **Donc le puit 9 → Sol A2 ts**

VII.5 Conditions d'utilisation des matériaux

- **En remblais :**

Sur la base de classification GTR par les résultats des sondages carottés et des puits de reconnaissance, l'analyse a été effectuée pour étudier la possibilité de réutilisation des sols à déblayer en remblais. Cette possibilité d'utilisation en remblais peut être changée selon la situation météorologique et les états hydrauliques des matériaux lors matériaux d'exécution.

Tableau VII.2 Condition d'utilisation des matériaux

Classe GTR	Possibilités de réutilisation
A1 th	Sols normalement inutilisables en l'état.
A1 h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible.
A1m	Ces Sols s'emploient facilement mais sont très sensibles aux conditions météorologiques qui peuvent très rapidement interrompre le chantier à cause d'un excès de teneur en eau.
A2 h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible. Ne permettant pas la mise remblais avec des garanties de qualité suffisantes
A2 th	Sols normalement inutilisables en l'état
A3 th	Sols normalement inutilisables en l'état
C1A1 S	Ces sols sont difficiles à compacter.

Ces matériaux ne peuvent pas être réutilisés comme matériaux de remblai de la plateforme routière.

Sur la base de classification GTR par les résultats des puits de reconnaissance, l'analyse a été effectuée pour étudier la possibilité de réutilisation des sols à déblayer en remblais. Nous développons les caractéristiques géotechniques des matériaux de remblai issu du gite d'emprunt n°2 localisé au PK14+000 à **Lazrou Tekelilite**.

Le tableau suivant synthétise les résultats des essais physico-chimiques et mécaniques réalisés sur l'échantillon prélevé dans ce gite.

Tableau VII.3 les résultats des essais physico-chimiques et mécaniques réalisés sur l'échantillon prélevé dans ce gite

Provenance	Granulométrie			Limites d'Atterberg			Proctor normal		VBS	CaCO3 (%)	Teneur en eau (%)	Classe GTR
	Dmax (mm)	<2 (mm)	<0.08 (mm)	WL	WP	IP	W OPN (%)	γd OPN (T/m3)				
TUF Gite PK14	>50	35	19	29.18	17.52	12.29	11.7	1.891	0.26	65.04	5.23	C_1B_{5S}

Tableau VII.4 les résultats des essais Proctor et Cisaillement rectiligne.

Désignation	Proctor Normal		Cisaillement rectiligne	
Tuf Gite PK14	W OPN (%)	γd OPN (T/m3)	Angle de frottement(°)	Cohésion (MPa)
	16.1	1.759	38	0.113

Selon le GTR, ce matériau appartient à la sous classe **$C1B5_S$.**
Les paramètres intrinsèques **(C=0.113MPa et Φ=38°)** demeurent très sécurisants pour la stabilité des remblais.

Ce matériau présente des paramètres géotechniques propices pour **son utilisation dans le corps de remblai.**

- **En couche de forme :**

La réalisation d'une couche de forme est nécessaire en utilisant le stock du matériau concassé **GNT 0/60** dérivant de **la carrière ALGRAN de Ain M'Lila** qui a fait l'objet d'essais par le laboratoire LTP Est de Sétif**,** selon les résultats des essais l'utilisation de ce matériau en CDF est recevable.

VII.6 Conclusion

D'après les résultats de l'investigation géotechnique on peut constater que la grande partie de notre sol est constitué des argiles marneuse et limoneuse.

Nous avons pu classifier le sol de notre projet qui est un sol fin argileux variant entre des sols A1 (limons peu plastiques, silts alluvionnaires), A2 (limons, argiles et marnes peu-plastiques) avec des états hydriques humides à très humides. Le sol **$C1B5_S$** de notre projet a été jugé comme réutilisable en remblai avec un compactage intense.

L'étude géotechnique du site s'est basée essentiellement sur la description géomorphologique et lithologique, et le dimensionnement de la chaussée.

Chapitre VIII :

Dimensionnement du corps de chaussée

VIII. Dimensionnement du corps de chaussée

VIII.1 Introduction

Pour créer une structure de chaussée rentable et sûre, le dimensionnement doit tenir compte de nombreux facteurs tels que le trafic, le climat, les matériaux locaux et les politiques d'entretien.

L'objectif premier est de s'assurer que la structure remplit la durée de vie souhaitée tout en répondant aux exigences de confort et de sécurité. Un élément clé pour atteindre cet objectif est de s'assurer que la construction de la chaussée répond à des normes de qualité élevées.

Cela nécessite de se concentrer sur la mise en œuvre de bonnes pratiques de construction. Pour résister aux défis de facteurs externes tels que l'environnement routier et le climat difficiles, ainsi que les surcharges de trafic, la clé réside dans la sélection de matériaux appropriés et la reconnaissance de l'importance du support au sol.

VIII.2 Méthodes de dimensionnement

Toutes les méthodes existantes de dimensionnement du corps de chaussée s'appuient sur la force portante du sol, le trafic et les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches. Notre corps de chaussée sera dimensionné avec les deux méthodes suivantes :

- Méthode CBR.
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTP.

VIII.2.1 La méthode de C.B.R améliorée (California-Bearing-Ratio)

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm. La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée s'obtient en utilisant la formule empirique suivante :

Avec :

$$Eeq = \frac{100 + \sqrt{P} \times (75 + 50 \times \log(\frac{N}{10})}{Icbr + 5}$$

• Eeq: épaisseur équivalente du corps de chaussée ;

• I: indice CBR du sol support ;

• N: nombre moyen de poids lourd à l'année horizon;

• P: charge par roue, en Algérie on prend P = 6.5t (l'essieu 13 tonnes).

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$e = a1 \times e1 + a2 \times e2 + a3 \times e3$$

Avec:

a1, a2, a3 : coefficients d'équivalence.

e1, e2, e3: épaisseurs réelles des couches.

VIII.2.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

La méthode de catalogue de dimensionnement utilise les mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : le trafic, les matériaux, le sol support et l'environnement.

Ces paramètres constituent généralement des données d''entrée pour le dimensionnement, à partir desquelles on peut sélectionner une structure de chaussée donnée.

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches :

❖Approche théorique.

❖ Approche empirique.

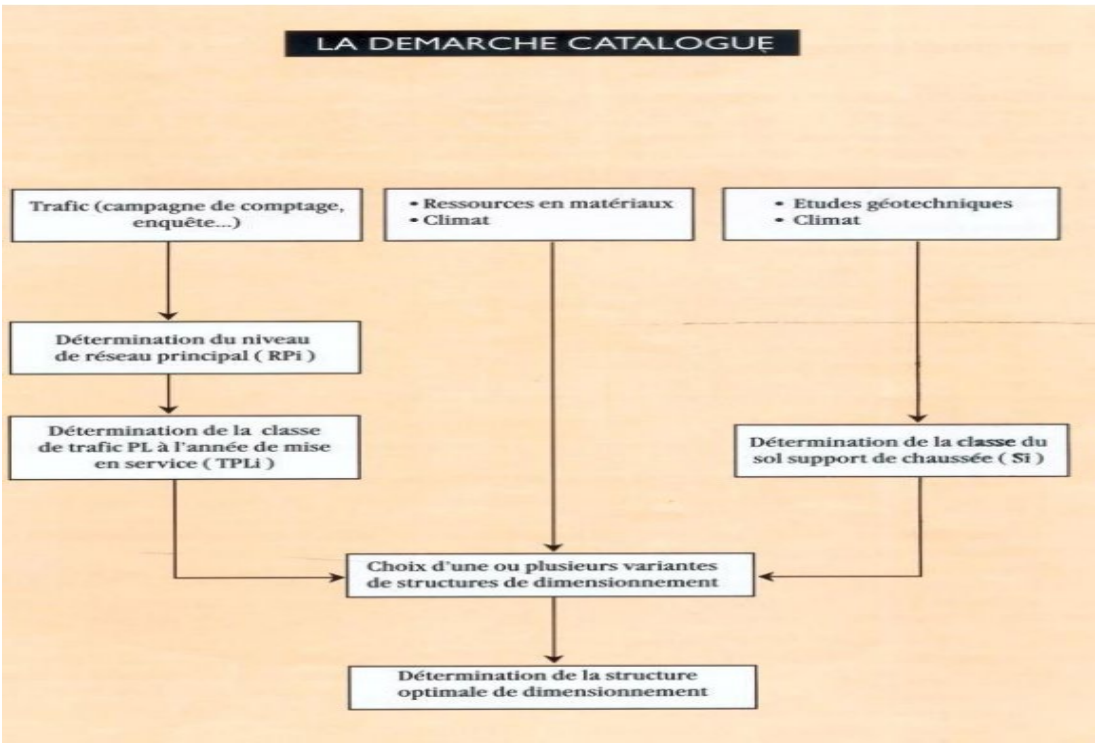


Figure VIII.1 Démarche du catalogue.

VIII.3 Application au Projet

VIII.3.1 Méthode CBR

Nous avons comme données :

- ✓ Pourcentage du poids lourd **Z** = 20%.
- ✓ **P** = 6.5 (t).
- ✓ **$TJMA_{2015}$**=10796.5*(2/3) = 7197.67 Véh/J/sens.
- ✓ **L'indice CBR** = 1.33, Pour de raison de sécurité (Le cas le plus défavorable).
- ✓ Calcul du trafic du poids lourd à l'année **2045** (pour une durée de vie de 20ans) :
- ✓ **$TJMA_{2025}$**= $(1+0.035)^{10}\times 7197.67$= **10153.03 v/J/sens**
- ✓ **$TJMA_{2045}$**= $(1+0.035)^{20}\times 10153.03$ = **20202.39 v/J/sens**
- ✓ **T_{PL2045}** = 20202.39*0.2*0.8 =**3232.38 PL/J/sens**

Pour une chaussée unidirectionnelle à 3 voies, nous avons **80%** du trafic poids lourds sur la voie lente de droite.

Avec :

$$Eeq = \frac{100 + \sqrt{P} \times (75 + 50 \times \log(\frac{N}{10})}{Icbr + 5}$$

$$Eeq = \frac{100+\sqrt{6.5}\times(75+50\times\log(\frac{3232.38}{10})}{1.33+5} = 96.54 \text{ Cm.}$$

Donc on prend : **Eeq=100 cm.**

- ➢ Choix de la structure :

$$Eeq=a1\times e1+e2\times a2+a3\times e3$$

Avec :

- e1 : épaisseur réelle de la couche de roulement.
- e2 : épaisseur réelle de la couche de base.
- e3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.
- a1, a2, a3 : les coefficients d'équivalence.

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

- **e_1 = 8cm** en béton bitumineux (BB) avec a_1 = 2.0.
- **e_2 = 20 cm** en grave bitume (GB) avec a_2 = 1,5.
- **e_3 :** épaisseur en grave non traité (GNT) avec a3 = 1,0.

Donc

Eeq = 8× 2 + 20 ×1,5 + 1,0 × e_3 = 100 cm. → **e_3 = 54 cm.**

On prend une épaisseur de **55 cm de GNT**.

Donc la structure proposée :

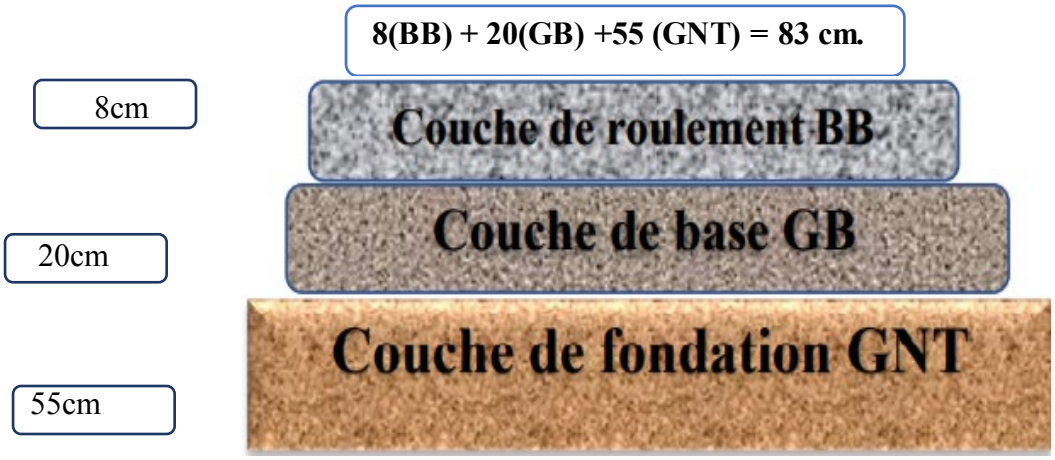


Figure VIII.2 Structure du corps de chaussée par la méthode CBR

Tableau VIII.1 Corps de chaussée adopté

Couche de :	Epaisseur Réelle (cm)	Epaisseur équivalente (cm)
Roulement BB	8	8×2=16
Base GB	20	20×1.5=30
Fondation GNT(0/31.5)	55	55×1=55
Totale	83	101

VIII.3.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

VIII.3.2.1 Les données climatiques

- **Classification de la zone d'étude**

Selon la carte climatique de l'Algérie donnée par fascicule 01 du catalogue de dimensionnement des chaussée neuves, page 24 Annexe 03, la wilaya de Batna est classée en zone **I**.

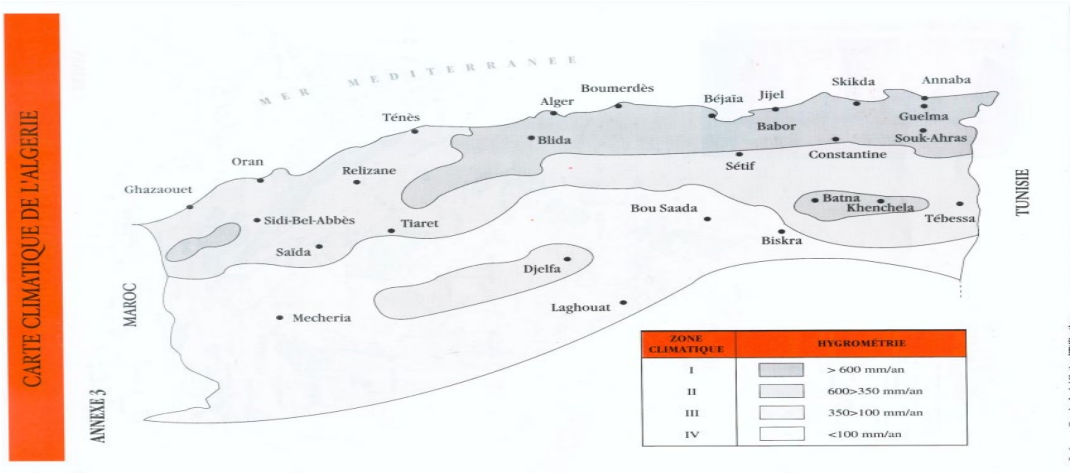


Figure VIII.3 la carte climatique de l'Algérie

- **La température équivalente**

D'après le fascicule 01 du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves page 15, la température équivalente de la wilaya de Batna qui correspond à la zone II est de 20 °C.

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

Figure VIII.4 La température équivalente.

- **La zone climatique**

-La région de Batna reçoit une 350 à 600 mm de pluies par an.

Donc : La Zone climatique est donc **II.**

Tableau VIII.2 Les zones climatiques pluviométrie

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Région
I	**>600**	**Très humide**	**Nord**
II	**350-600**	**humide**	**Nord, hauts-plateaux**
III	**100-350**	**Semi-aride**	**Hauts-plateaux**
IV	**<100**	**aride**	**Sud**

VIII.3.2.2 Détermination du corps de chaussée

- **Type de réseau principal**

  - Tant tenu du trafic dont on dispose qui est égal à **10796.5** v/j donc > à **1500** v/j.
  - Notre projet relie la wilaya de Batna à Celle de Mila donc c'est une liaison de deux chefs-lieux de wilaya.
  - Ce présent projet est d'une importance économique et socioéconomique importante et l'opportunité de ce projet.

Cela nous permet de dire que le réseau principal de notre projet est **RP1.**

Tableau VIII.3 Réseaux principaux

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

- **Choix des structures types pour le réseau principal 1(RP1)**

D'après le tableau ci-dessus, on choisit une structure de type : **GB/GB ou GB/GNT**

Niveau de réseau principal (RPi)	Matériaux types	Structures
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB , GB/GNT, GB/TUF, GB/SG, GB/AG
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	- GL / GL - BCg / GC
RP1	MNT(matériaux non traités)	GNT/GNT,TUF/TUF, AG/AG, SG/SG
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB / SG

Figure VIII.5 Types de structures.

- **Détermination de la classe de trafic TPLi**
  Données du projet :

  - TJMA2015 = 10796.5 véhicules/jour pour les deux sens.
  - 20 % de poids lourd.
  - Taux de croissance τ = 3.5 %.
  - Durée de vie n = 20 ans.
  - Année de mise en service = 2025.

  On a :

$TJMA_{2025}$=15229.53 (véh /j) ⟶ $TJMA_{2025/sens}$= (15229.53× 2/3) = 10153.02 (véh /j/sens).

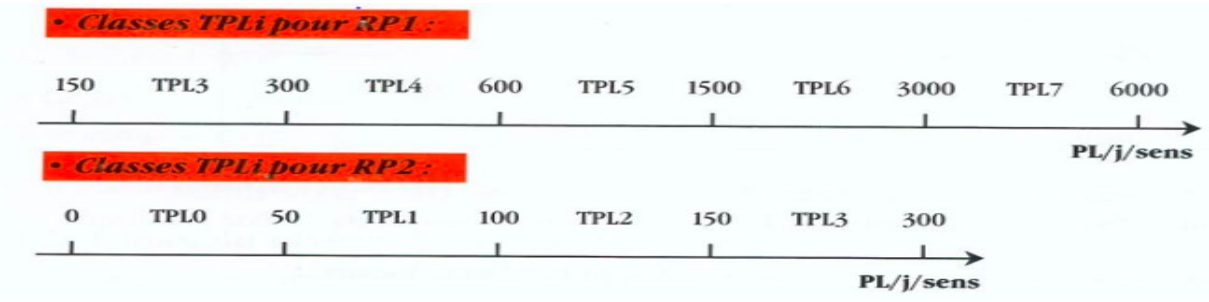


Figure VIII.6 Classe de trafic poids lourd.

On a un réseau principal numéro 1 (RP1), d'après le fascicule 01 du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

On a **1624.48** appartient **[1500-3000]** alors : La classe de trafic est **TPL6.**

- **Portance de sol support**

La classe du sol support est donnée en utilisant la relation empirique suivante :

E=5*CBR

Tableau VIII.4 Les classes de sol-supports.

Classe de sol-support	S4	S3	S2	S1	S0
Module (MPA)	<25	25-50	50-125	125-200	>200

Pour notre cas, on a **ICBR=1.33** alors **E=6.65MPA**, donc on dispose d'un sol de portance S4, il est nécessaire d'ajouter une couche de forme.

Selon, le catalogue, pour les sols de classe S4 (les sols avec un indice de CBR moins de 5) on utilise une couche de forme pour le ramener à S2 ou à S3 (le recours à une couche de forme dans ce cas est nécessaire).

De point de vue global, nous sommes devant un sol de classe **S2**.

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

Figure VIII.7 Epaisseur du matériau de couche de forme

Dans les sols de classe S4, on doit utiliser une couche de forme de matériaux non traités avec une épaisseur de 60cm compactée en 2 couches de 30cm.

- **Choix de type de structure :**

Pour le tableau de fascicule pour le choix de type de structure (Voir l'annexe VIII)

On propose de prendre une structure de type :

- MTB (Matériaux traités au bitume) **GB / GB Ou GB/GNT**.
- MTLH (Matériaux traités liants hydrauliques) **GL / GL Ou BCg / GC**.

On a un réseau principal (RP1), une zone climatique II, une durée de vie de 20 ans, un taux d'accroissement (3 ,5%), une portance de sol (S2) et une classe de trafic (TPL6).

➢ **Les structures possibles sont :**

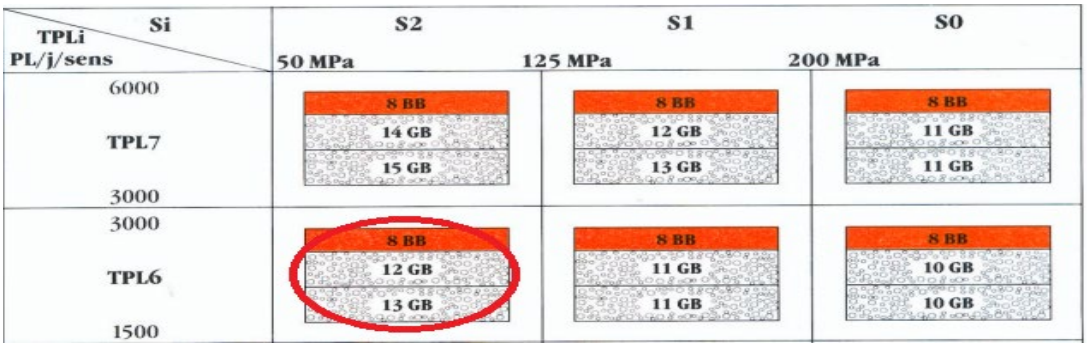


Figure VIII.8 Structures proposées par le fascicule 3.

D'après ces données, et selon les fascicules (1, 2, 3) du catalogue Algérien on propose les structures suivantes :

Tableau VIII.5 Les structures proposées.

Classe du Sol	Classe S2 (cm)
Couche de roulement	8 BB
Couche de base	12 GB
Couche de fondation	13 GB
Couche de Forme	60 cm (30+30 GNT0/60)

VIII.3.2.3 Vérification des structures de chaussée et de la déformation du sol support

Il faut vérifier que ε_t et ε_z (calculées avec logiciel Alize III) sont inférieures aux valeurs admissibles calculées $\varepsilon_{t\,ad}$ et $\varepsilon_{z\,ad}$

Tel que :

ε_t : étant la déformation de traction par flexion a la base des matériaux traités au bitume (dans notre cas sous la couche du GB).

$\varepsilon_{z\ (sol)}$: la déformation verticale sur le sol support.

➢ **Calcul de la déformation admissible sur le sol support :**

En utilisant la formule suivante :

$$\varepsilon_{z.ad} = 22.10^{-3} \times \mathbf{TCEi}^{-0.235}$$

➢ **Calcul de trafic cumule des poids lourds (TCi) :**

-TPLi= 1624.48 PL /J/sens

-i = taux d'accroissement (τ) pris égal à 3,5%.

-n = durée de vie = 20 ans.

$$TCi = TPLi \times \frac{-1+(1+i)^n}{i} \times 365 = 1624.48 \times \frac{-1+(1+0.035)^{20}}{0.035} \times 365 = 16.76 \times 10^6$$

TC = **16.76 × 10⁶** équivalents essieux 13t

➢ **Calcul de trafic cumule équivalant TCE :**

Pour le Tableau de Valeurs du coefficient d'agressivité A (voir l'annexe VIII)

D'après le Tableau (Voir l'annexe) **A=0.6**.

Donc :

TCE=TC×A= 16.76 × 10^6 ×0.6 = **10.06× 10^6**

TCE=**10.06× 10^6 eq essieux 13t.**

➢ **Calcul de la déformation admissible sur le sol support εz, adm :**

εz, adm= 22×10^{-3}×$TCE^{-0.235}$=22×10^{-3}× (10.06 × 10^6)$^{-0.235}$ = 4.98 ×10^{-4}.

εz,adm= 498×10^{-6}

➢ **Calcul de la déformation admissible $\varepsilon_{t,\,adm}$ à la base de la GB :**

En utilisant la formule suivante :

$$\varepsilon t,ad = \varepsilon_6(10^{\circ},25HZ) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$

Avec :

- Kne =facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée
- Kθ :facteur lié à la température
- Kr :facteur lié au risque et aux dispersions
- Kc : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées

$$Kne = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b ; K\theta = \left(\frac{E(10°C, 10Hz)}{E(\theta eq, 10Hz)}\right)^{0.5} ; Kr = 10^{-tb\delta} ; Kc = 1.3$$

Avec :

- TCEi: traffic en nombre cumulé d'essieux de 13 tonnes sur la durée de vie considérée
- b : pente de la droite de fatique (b<0)
- E (10°C° Module complexe de matériau bitumineux à 10°C
- E (θeq) : Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée
- δ: f(dispersion), $\delta = \sqrt{\left(SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2\right)}$

avec :

SN : dispersion de le loi de fatique

- Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm)
- c : coéfficient égal à 0.02
- t : fractile de la loi normale , qui est en fonction du risque adopté (r%)

Pour les Tableau des Caractéristiques des matériaux enrobés et les risque du projet et la température équivalente (Voir l'annexe VIII).

À partir des tableaux (Voir l'annexe), on calcule les différents coefficients pour trouver :

- Kne $= \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b = \left(\frac{10.06\ x\ 10^6}{10^6}\right)^{-0.146} = 0.714$
- Kθ $= \left(\frac{E(10°C, 10Hz)}{E(\theta eq, 10Hz)}\right)^{0.5} = \left(\frac{12500}{7000}\right)^{0.5} = 1.336$
- Kr $= 10^{-t b \delta}$, avec r= 5%, d'ou t = -1.645

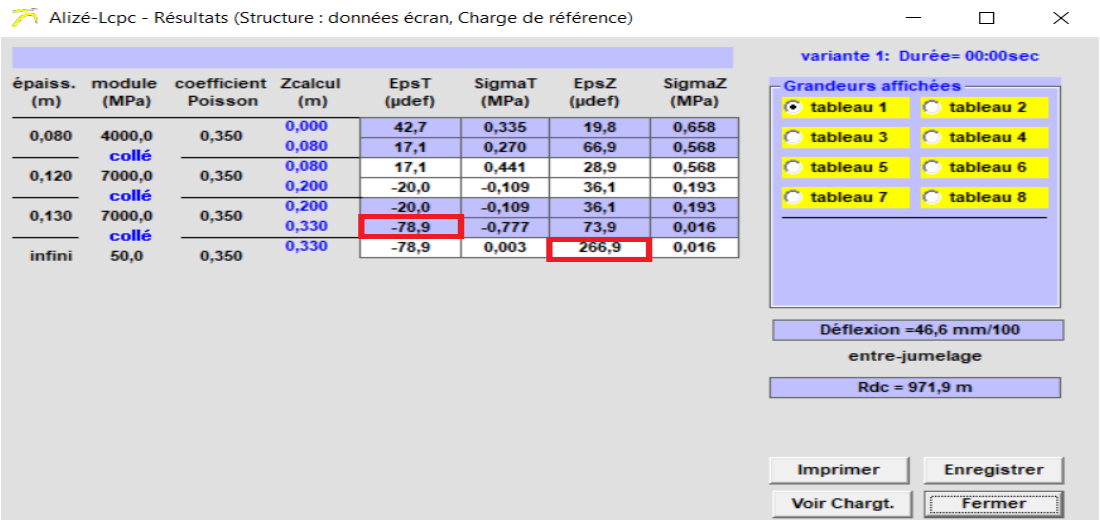
$$\delta = \sqrt{\left(SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2\right)} = \sqrt{\left(0.45^2 + \left(\frac{0.02}{0.146} \times 3\right)^2\right)} = 0.609$$

- Kr $= 10^{-1.645 \times 0.146 \times 0.609} = 0.714$
- Kc = 1.3

D'ou : $\varepsilon_{t.ad} = 100.10^{-6} \times 0.714 \times 1.336 \times 0.714 \times 1.3 =$ **88.5×10^{-6}**

$$\varepsilon_{t,adm} = 88,5 \times 10^{-6}$$

VIII.3.2.4 Résultats de la modélisation du corps de chaussée avec alizéIII



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,080	4000,0	0,350	0,000	42,7	0,335	19,8	0,658
	collé		0,080	17,1	0,270	66,9	0,568
0,120	7000,0	0,350	0,080	17,1	0,441	28,9	0,568
	collé		0,200	-20,0	-0,109	36,1	0,193
0,130	7000,0	0,350	0,200	-20,0	-0,109	36,1	0,193
	collé		0,330	-78,9	-0,777	73,9	0,016
infini	50,0	0,350	0,330	-78,9	0,003	266,9	0,016

Figure VIII.9 Vérifications de la structure 01.

✓ **Remarque**:

On a proposé une autre structure avec Les Valeurs Suivantes :

Tableau VIII.6 Caractéristique de la structure proposée

Epaisseur (cm)	Module (MPA)	Coef de Poisson
8cm de BB	4000	0.35
20cm de GB	7000	0.35
30cm de GNT	310	0.25

✓ **Note :Pour le Calcul de module de Gnt :**

A l'aide de **Fasaicule N 02 page 19 :**

$E_{mnt} = K \times E_{sol\ support}$

$E_{Gnt} = 2.5 \times 50 = 125$ MPA avec H=15 cm

$E_{Gnt} = 2.5 \times 125 = 312.5$ MPA avec H = 30 cm

Donc on prend $\mathbf{E_{Gnt} = 310\ MPA.}$

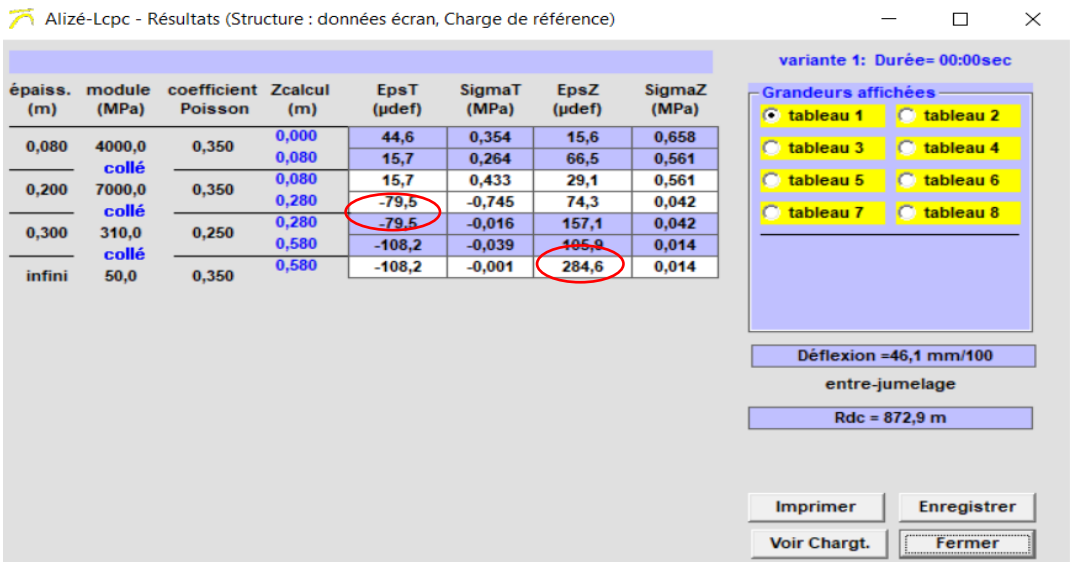


Figure VIII.10 Vérifications de la structure 02

Tableau VIII.7 Récapitulatif de la structure 01

	Déformations admissibles	Déformations calculées par alizé
ε_z sol support	498×10^{-6}	$266,9\times10^{-6}$
ε_t à la base de GB	$88,5\times10^{-6}$	$78,9\times10^{-6}$

Tableau VIII.8 Récapitulatif de la structure 02

	Déformations admissibles	Déformations calculées par alizé
ε_z sol support	498×10^{-6}	$284,6\times10^{-6}$
ε_t à la base de GB	$88,5\times10^{-6}$	$79,5\times10^{-6}$

On a : $\varepsilon_t < \varepsilon_{t.ad}$ et $\varepsilon_z < \varepsilon_{z.ad}$ pour les deux structures, donc elles **sont vérifiées**.

VIII.4 Conclusion

Le dimensionnement du corps de chaussée par la méthode de CBR améliorée et la méthode du catalogue algérien des chaussées neuves a donné les résultats suivants :

Tableau VIII.9 Structures Proposées par Méthode CBR et méthode du catalogue des chaussées neuves.

Couche	Structure A (méthode CBR)	Structure B (méthode du catalogue des chaussées neuves) Premier structure	Structure B (méthode du catalogue des chaussées neuves) Deuxième structure
Couche de roulement	8cm de BB	8cm de BB	8cm de BB
Couche de base	20cm de GB	12cm de GB	20cm de Gb
Couche de fondation	55cm de GNT (0/31.5)	13cm de GB	30 cm de GNT(0/31.5)
Couche de forme (facultative)	/	60cm de GNT0/60	60Cm de GNT 0/60

La méthode CBR nous propose une structure de chaussée avec des épaisseurs moins importante à celles de la méthode du catalogue.

Nous proposons d'appliquer la méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée puisqu'elle s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue donc un meilleur comportement vis à vis l'agressivité des charges, donc on va minimiser les couts d'entretien durant la durée de vie de cette route.

Le corps de chaussée adopté pour notre projet est de **8BB 20GB 30GNT0/31.5** avec une couche de forme de **60cm de GNT0/60, la Ou les sols à indice CBR moins de 10**

Chapitre IX :
ASSINAISSEMENT

IX. Assainissement

IX.1 Introduction

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires. L'eau est la première ennemie de la route car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'usager (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par dés enrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.

Les types de dégradation provoquée par les eaux sont engendrés comme suit :

- Pour les chaussées :
  - ✓ Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
  - ✓ Décollement des Bords
- Pour les talus :
  - ✓ Glissement.
  - ✓ Erosion.
  - ✓ Affouillements du pied de talus.

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

IX.2 Objectif de l'assainissement

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée.
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amant de la plate-forme.

IX.3 Dimensionnement du réseau d'assainissement

Pour mener une étude hydrologique, il est nécessaire d'identifier et d'analyser les débits de crue de chaque zone.

Les structures hydrauliques telles que les ponts, Les buses et les Dalots sont essentiels pour restaurer tous les oueds qui se croisent avec les tracés routiers. Cela est nécessaire pour faciliter l'écoulement de l'eau à travers la route.

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

- ✓ Données topographiques.
- ✓ Données hydrologiques.

IX.3.1 Estimation des débits de crues

La méthode de dimensionnement consiste à choisir un ouvrage et vérifier sa capacité à évacuer le débit d'apport, on utilise la formule:

Qa = Qs ; Avec Qa : débit d'apport en provenance du bassin versant (m3 /s).

Qs : débit d'écoulement au point de saturation (m3 /s).

IX.3.2 Le débit d'apport

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

$$Qa=0,278.C.I.A$$

Avec :

- ✓ Qa : débit d'apport en m^3/s.
- ✓ I : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps deconcentration (mm/h).
- ✓ C : coefficient de ruissellement.
- ✓ A : aire du bassin versant (Km^2).
- ✓ K : coefficient de conversion d'unités

Avec : ($K=\frac{1}{3.6}=0.278$ Si A en km^2).

IX.3.3 La période de retour

- Les buses et les fossés seront dimensionnés pour une période de retour 10 ans.

- Les dalots seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.

- Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

IX.3.4 Temps de concentration

La durée (Tc) de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de concertation.

Dépendant des Caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi, comme suit :

$t_c = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}}$ Si A < 5 km² Selon (Ventura).

$t_c = 0{,}108.\frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{P}}$ Si 5 km² <A< 25 km² Selon (Giandotti).

$t_c = \frac{4\sqrt{A}+1{,}5.L}{0{,}8.\sqrt{H}}$ Si 25 km² < A < 200 km² Selon (Passini).

Avec :

- ✓ **Tc** : temps de Concentration (heure).
- ✓ **A** : Superficie du bassin Versant (km²).
- ✓ **L** : Longueur de bassin versant (km).
- ✓ **P** : Pente moyenne du bassin versant (m/m).
- ✓ **H** : la différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

IX.3.5 Coefficient de ruissellement 'C'

Le coefficient de ruissellement "C", qui est un indicatif du pourcentage de l'eau ruisselant sur un sol saturé par les précipitations antérieures par rapport à la totalité de l'averse, sera estimé à partir de la méthode de KENESSEY (Hongrie) où "C" est la somme de trois coefficients partiels :

$$C = C1 + C2 + C3$$

Avec :

- **C1 :** dépend de la pente "p" du thalweg principal estimée comme étant égal au rapport de la dénivelée du talweg (falaises exclues) par sa longueur développée.
- **C2 :** dépend de la perméabilité du sol, déterminée à partir des informations concernant la nature du sol et ses caractéristiques.
- **C3 :** dépend de la couverture végétale du bassin versant. Ces informations seront obtenues à partir d'une inspection visuelle des bassins versants, des photos prises du site et des photos aériennes.

Les Valeurs du coefficient C1, C2, C3 sont présentes dans les tableaux (Voir l'annexe IX)

IX.3.6 Intensité de pluie I(t)

La détermination de l'intensité de la pluie par la formule de Montana :

$$I\,(t,\,T) = a\,(t)/\,tc^{b}$$

Avec :

- ✓ **I** : intensité de pluie exprimée en mm/h.
- ✓ **T** : période de retour exprimé en ans (elle dépend de l'ouvrage à réaliser)
- ✓ **tc** : temps de concentration en heures.
- ✓ **a** et **b** : paramètres de Montana.

IX.3.7 Estimation des débits de saturation Qs

Le débit de saturation est donné par la formule de MANNING STRICKLER :

$$Q_S = S_m.K_{ST}.R_H^{2/3}.J^{1/2}$$

- ✓ Kst : coefficient de Strickler qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage.
- ✓ **S** : section mouillée.
- ✓ R : rayon hydraulique (m).
- ✓ J : la pente moyenne de l'ouvrage.

Tableau IX.1 valeurs des coefficients de Strickler.

Ouvrage d'assainissement	En terre	Buses Métalliques	Maçonnerie	Dalot (Béton)	Béton (buses préfabriquées)
K_{st}	30	40	50	70	80

Pour que l'ouvrage soit capable d'acheminer l'eau de ruissellement en toute sécurité, il faut vérifier que :

$$Qa \leq Qs$$

IX.4 Etude hydrologique

L'étude hydrologique a abouti à la définition de cinq (5) bassins versants répartis sur l'ensemble du tracé.

Les débits de crues résultant de cette étude hydrologique ont été établis pour des périodes de retour de 10 ans, 50 ans, 100 ans.

Les données pluviométriques sont acquises auprès de L'Agence National des Ressources Hydriques (ANRH), les pluies journalières maximales ont été ajustées avec la méthode de Gumbel pour la station de Batna N° **070316.**

Tableau IX.2 Caractéristiques de station pluviométrique du projet

Nom de la station	BATNA FERME EXP
Code	070316
X(Lambert)	814,700
T(Lambert)	257,350
Altitude (m)	1040

IX.4.1 Données climatiques

L'analyse des courbes IDF de la pluviométrie de la région a donné comme résultats :

L'indice climatique pour la région de Batna b = 0.70

Tableau IX.3 Valeurs du paramètre de montana « a »

T	10	50	100
a (t)	21.03	26.89	28.05

IX.4.2 Délimitation des bassins versants

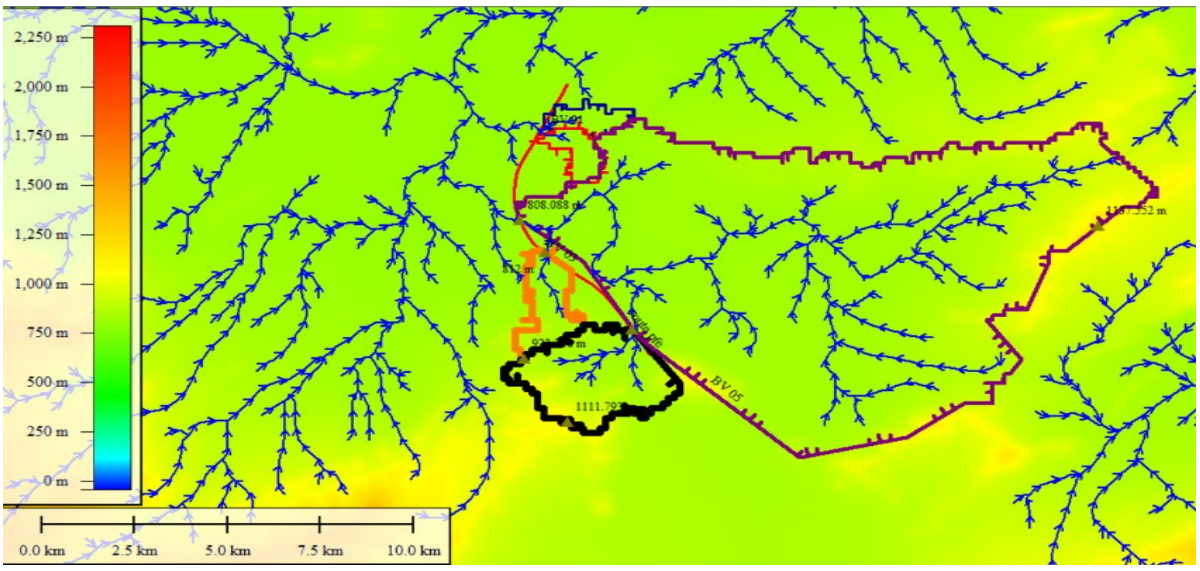


Figure IX.1 Bassins versants délimité par le logiciel Global Mapper.

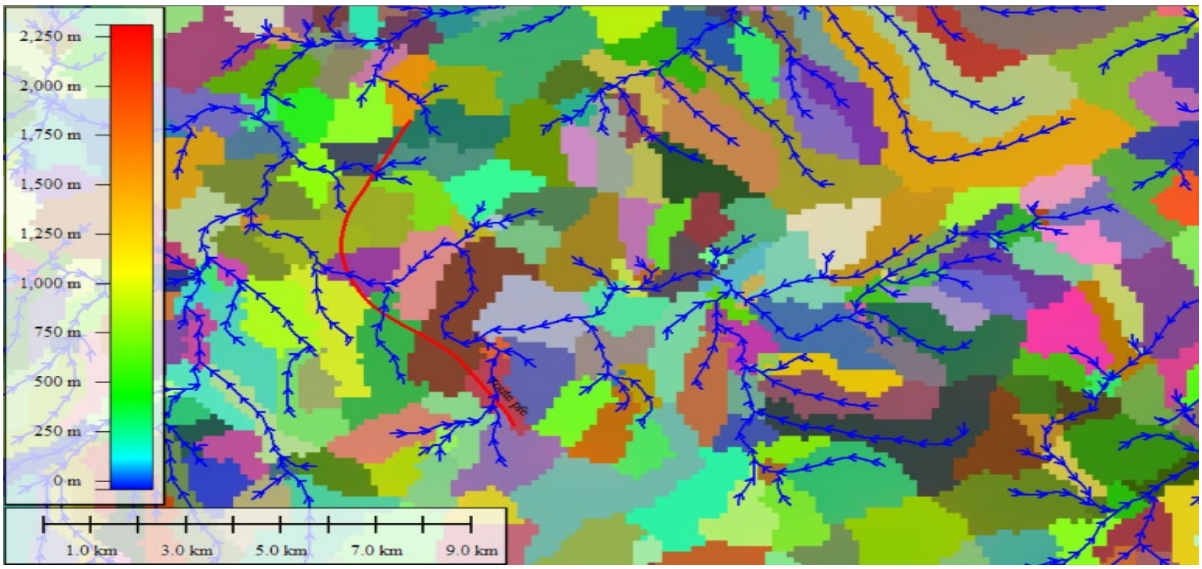


Figure IX.2 Bassins versants délimité par le logiciel Global Mapper (la suite).

IX.4.3 Caractéristiques physiques des bassins versants

Tableau IX.4 Caractéristiques des bassins versants

BV	A (km^2)	P (km)	Hmax (m)	Hmin (m)	Lr (m)	I (m/m)	C=C1+C2+C3
BV1	1.704	8.27	829.7	806	1217	0.02=2%	0.40
BV2	1.539	7.33	822.6	806.4	853.52	0.019=1.9%	0.40
BV3	3.313	11.56	922.2	812	2150	0.05=5%	0.45
BV4	9.662	16.26	1111.8	827.7	2354	0.12=12%	0.55
BV5	107.9	54.18	1121.4	808.35	22742	0.014=1.4%	0.40

Tel que :

- ✓ **A** : surface du bassin versant (km^2).
- ✓ **Hmax** : altitude maximale (m).
- ✓ **Hmin** : altitude minimale (m).
- ✓ **Lr** : longueur du cours d'eau principal (km).
- ✓ **I** : pente moyenne du bassin versant (m/m).

IX.4.4 Calcul du débit d'apport

Par exemple, Pour le bassin versant **BV 1**, on a :

La Surface **A=1.704 km²** ⟶ **A < 5 km²**

$$t_c = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}} = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{1.704}{0.02}} \quad \Longrightarrow \quad t_c = 1.17\ h$$

$$i(t,T) = \frac{a}{tc^b} = \frac{21.03}{1.17^{0.70}} = 18.84\ mm/h$$

Pour le Coefficient de Ruissellement : C= C1+C2+C3= 0.15+0.20+0.05=**0.40**

$$\rightarrow Qa = 0.278 \times 0.40 \times 18.84 \times 1.704 = \mathbf{3.57\ m3/s.}$$

IX.4.5 Résultats de calcul des débits de notre projet

Le tableau ci-dessous résume les résultats des calculs des débits pour les périodes de retour de 10, 50 et 100 ans :

Tableau IX.5 Débits max des bassins versants pour les périodes de retour de 10, 50 et 100 ans.

BV	Tc (h)	I10 (mm/h)	I50 (mm/h)	I100 (mm/h)	Q10 (m^3/s)	Q50 (m^3/s)	Q100 (m^3/s)
BV1	1.17	18.81	24.09	25.13	3.57	4.56	4.76
BV2	1.14	19.19	24.53	25.60	3.28	4.20	4.38
BV3	1.03	20.60	26.34	27.48	8.54	10.92	11.39
BV4	0.88	22.99	29.41	30.68	33.96	43.45	45.32
BV5	5.35	6.50	8.31	8.67	77.99	99.70	104.03

IX.5 Dimensionnement des Ouvrages de drainage transversal

L'étude des ouvrages hydrauliques consiste à déterminer les dimensions de ces derniers sur la base des résultats trouvés précédemment :

Tout en respectant les recommandations suivantes :

- ✓ Les Ouvrages hydrauliques seront en béton donc le coefficient de Manning Strickler adopté est de 70 pour les Dalots et 80 pour les Buses.

- ✓ La méthode retenue pour le dimensionnement est celle du Guide Setra. d'assainissement routier.
- ✓ Les vitesses maximales à la sortie des buses et dalots en béton ne doivent pas dépasser 4,0 m/s.

IX.5.1 Dimensionnements des Buses

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse, c'est-à-dire il faut que Qa soit inférieur à Qs, donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifie cette condition.

- ✓ **Exemple de calcul : Calcul du diamètre de la buse**

Pour bassin versant **BV2** on prend les données suivantes :

A = 1.539 km^2, L=853.52 m, tc=1.14 h, I10=19.19 mm/h, Q10 =3.28 m^3/s.

Pour le dimensionnement des buses, on prend **Qa = Qs :**

Donc la formule de **Manning – Strickler** deviendra **:**

$$Qa = Qs = S_m . K_{ST} . R_H^{2/3} . J^{1/2}$$

Pour la pente hydraulique des buses « J », on met : J= 1%, c'est assez pour l'écoulement d'eaudans une section en béton armé.

- Kst: Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 80 (aux buses préfabriquées).
- Sm: surface mouillée tel que Sm= $(4/5) \times \pi R^2$
- Rh : rayon hydraulique tel que : $R_h = (3/5) \times R$
- Pm : périmetre mouillée tel que : $Pm = (4/3) \times \pi R$

$$D = 2 \times \left(\frac{2^{\frac{2}{3}} \times Qa}{\pi \times Kst \times I^{0.5}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Pour le deuxième basin on a :

Qa=3.28 m^3/s $\rightarrow$ $D = 2 \times \left(\frac{2^{\frac{2}{3}} \times 3.28}{\pi \times 80 \times 0.01^{0.5}} \right)^{\frac{3}{8}} = 1.10$ m.

Φ= D= 1.10 m.

Alors on prend une buse de **Φ =1500 mm**

✓ **La vérification des conditions d'auto-curage**

a) Le débit en plein section :

Pour le calcul de Qps: avec Φ=1500

$$Qps = 80 \times \pi \times 0.75^{2} \times (0.75/2)^{2/3} \times 0.01^{1/2} = 7.35\ m^3/s.$$

Vps = Qps / S = $(7.35/0.75^2 \times \pi) = 4.16$ m/s.

Rq=Q/Qps = (3.28/7.35)=0.45× Rv = V/Vps = 0.45×0.97=0.44

V=0.44×Vps = **1.83 m/s < 4*m/s***.

Condition vérifiée.

b) V ≥ 0.6m/s pour Q= 0.1 Qps :

*R*q = 0.1 →Rv =V/Vps=0.64→V=0.64 × 3.28 = **2.09 m/s >0.6m/s**.

Condition vérifiée.

C) V≥ 0.3m/s pour Q = 0.01Qps

*R*q = 0.01→ Rv =V/Vps=0.32 →V=0.32 × 3.28 = **1.05 m/s >0.6m/s.**

Condition vérifiée.

IX.5.2 Dimensionnement des dalots

La section transversale des dalots peut avoir de diverses formes, les plus utilisées en Algérie sont de forme rectangulaire. Les dimensions des dalots sont en fonction du débit maximum des eaux de ruissellement captées.

Dans notre projet, les dalots sont en béton qui nous donne un coefficient de la rugosité Kst=70.

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

- ✓ Hr = 0,80 H si H ≤ 2.5 m
- ✓ Hr = H-0.50 si H > 2.5 m
- ✓ H : hauteur du dalot

Avec :

- La surface mouillée : **Sm**=0.8H×B
- Le périmètre mouillé : **Pm**=1.6H+B

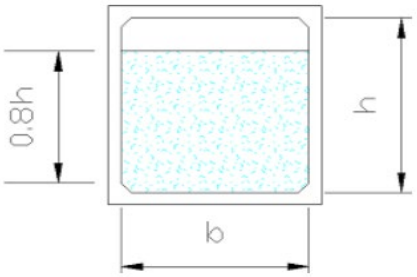


figure IX.3 dalot.

- Le rayon Hydraulique : **Rh**=(0.8×B)/(1.6H+B)
- J : La pente de pose égale la pente de profil en travers

Le débit rapporté par le bassin versant (connu), doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot. Ce débit est donné par la formule de Manning strickler. $Q_s \leq Q_a$.

✓ **Exemple de calcul**

Pour le bassin versant **BV3** on prend les données suivantes :

A=3.313km^2, L=2.150 km, tc=1.03 h, I50=26.34 mm/h, Q50=10.92 m^3/s.

Pour le dimensionnement des dalots, on prend :

Qa ≤ Qs ;

Donc la formule de Manning - Strickler deviendra :

$$Qa \leq Sm \times Kst \times RH^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Qa \leq Kst \times i^{1/2} \times 0.8 \times H \times B \times \left(\frac{0.8.H.B}{1.6.H+B}\right)^{2/3}$$

- Sm = 0.8 × H × B ;
- Pm = 1.6 × H + B ;
- RH = (0.8×H×B)/ (1.6×H+B) ;

On prend :

- I=1.5 %.
- Q50=10.92 m^3/s.

H= $\frac{1}{0.8\times B} \times \left(\frac{Qa}{70\times I^{0.5}}\right)^{\frac{3}{5}} \times (1.6H+B)^{2/5}$ Avec H0 = $\frac{1}{0.8\times B} \times \left(\frac{Qa}{70\times I^{0.5}}\right)^{\frac{3}{5}}$

On fixe **B = 2** et par calcul itératif, on trouve : **H = 2 m** ; Alors on prend un dalot de 2 m de hauteur et 2 m de largeur (2m×2m).

✓ **La vérification des conditions d'auto-curage**

➢ **Vérification de la vitesse :**

V=$\frac{10.92}{4}$ **= 2.73 m/s < 4m/s**

Condition vérifiée.

➢ **Vérification de la hauteur critique :**

$hc=\sqrt[3]{\frac{(Qa)^2}{g\times B^2}}$ **= 1.43 m < 1.5 m**

Condition vérifiée.

IX.5.3 Résultat récapitulatif de dimensionnement des dalots et des buses

Tableau IX.6 Tableau récapitulatif des ouvrages hydrauliques et leurs dimensions.

BV	Pk	A (km^2)	P (km)	Ouvrage	Dimensions
Bv1	8+225	1.704	8.27	Buse	2× Φ = 1500m
Bv2	8+275	1.539	7.33	Buse	1× Φ = 1500m
Bv3	4+225	3.313	11.56	Dalot	1× (2×2) m^2
Bv4	4+825	9.662	16.26	Dalot	2× (4×2) m^2
Bv5	5+300	107.9	54.18	Ouvrage d'art	Pont

IX.6 Dimensionnement des Ouvrages de drainage Longitudinal

Le dimensionnement des fossés dépend de profil en long et les points de refoulement (Un drain ou un oued), donc on dimensionne les fossés selon leurs départs et fins.

IX.6.1 Estimation des débits d'apport

IX.6.1.1 Surface de l'écoulement:

On considère la présence des éléments (chaussée, BAU, berme et talus), en calculant le débit d'apport pour chaque élément et le débit total sur leurs sections respectives.

Longueur 850 m avec Déblai de H=7 m avec une pente de **I = 0.69%.**

⟶ **Qa = Qach+ QBAU + Qab + Qat**

Avec :

- Qach = K.I.C_{ch}.A_{ch} ➔ Débit rapporté par la chaussée +BDG.
- QBAU = K.I.C_{BAU}.A_{BAU} ➔ Débit d'apport de la BAU.
- Qb = K.I.Cb.Ab ➔ Débit rapporté par la berme.

▪ Qt = K.I.Ct.At ➔ Débit rapporté par le talus.

IX.6.1.2 Coefficient de ruissellement

Le tableau **(Voir l'annexe IX)** Qui résume les différentes valeurs du coefficient de ruissellement de la chaussée, berme, talus et la valeur prise.

✓ **Exemple de calcul de débit**

a)- La chaussée+ BDG : P =2.5% ; C =0.95 :

- Ach = 11.5 × 850 = 9775 m^2 = 9.775 $x10^{-3}$ km^2.
- Tc = $0.127 \times \sqrt{\frac{0.09775}{0.025}}$ =0.08h.

-La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement de la plateforme est égale à 10 ans. Donc :

a(T) = 21.03 ; et b = 0.70

It=$21.03 \times 0.08^{-0.7}$ =123.22 mm/h.

Qch=0.278× C ×I ×A = 0.32 m^3/s.

b)- La bande d'arrêt d'urgence : P = 4% ; C =0.95 :

✓ ABAU = 3 x 850=2550 m^2 = 2.55 $x10^{-3}$ km^2

✓ $t_c = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}} = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{2.55\ x10-3}{0.04}} \implies t_c = 0.032\ h$

-La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement de la plateforme est égale à 10 ans. Donc :

a(T) = 21.03 ; et b = 0.70

It=$21.03 \times 0.032^{-0.7}$ =234.01 mm/h.

Q_{BDD}= 0.278× C ×I ×A = 0.158 m^3/s.

C)- La berme : P =8% ; C = 0.4 ;

✓ Ab = 1 x 850=850 m^2 = 8.5×10^{-4}

✓ $t_c = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}} = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{8.5\ x10-4}{0.08}} \implies t_c = 0.013\ h$

-La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement de la plateforme est égale à 10 ans. Donc :

a(T) = 21.03 ; et b = 0.70

It=21.03×0.013$^{-0.7}$ =439.62 mm/h.

Qb=0.278× C ×I ×A = 0.042 m^3/s.

d)- Le talus : P = 67% ; C= 0.3 :

- At = 7 x 850 =5950m^2 = 5.95 x10^{-3} km^2
- $t_c = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}} = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{5.95x10-3}{0.67}}$ $\Longrightarrow$ tc = 0.012 h.

La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement de la plateforme est égale à 10 ans. Donc :

a(T) = 21.03 ; et b = 0.70

It=21.03×0.012$^{-0.7}$ =464.96 mm/h.

Q_{talus}= 0.278× C ×I ×A = 0.23 m^3/s.

Tableau IX.7 Tableau récapitulatif des résultats des débits des SBV.

SBv	A (km^2)	C	P (%)	Tc (h)	It (mm/h)	Qa (m^3/s)
Chaussée+BDG	9.775 x10^{-3}	0.95	2.5	0.08	123.22	**0.32**
BAU	2.55 x10^{-3}	0.95	4	0.032	234.01	**0.158**
Berme	685×10^{-4}	0.4	8	0.013	439.62	**0.042**
Talus de déblai	5.95 x10^{-3}	0.3	67	0.012	464.96	**0.23**

Donc : **$Qa = Qa_{ch+BDG} + Qa_{BAU} + Qa_b + Qa_t = 0.32+0.158+0.042+0.23 = 0.75$ m^3/s.**

IX.6.1.3 Calcul du débit de saturation

$$Qa = Qs = Sm \times Kst \times RH^{2/3} \times I^{1/2}$$

Kst : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 70 (au béton coulé sur place).

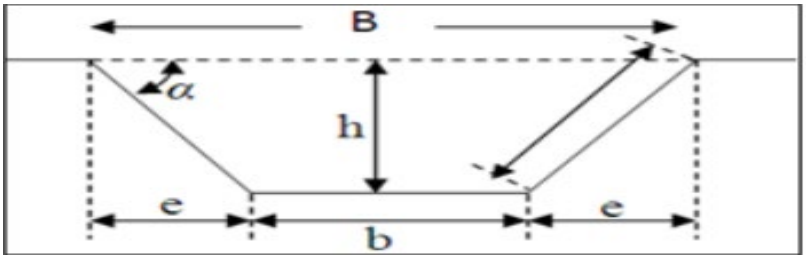


Figure IX.4 Caractéristiques d'un fossé

On dimensionne les fossés par rapport aux débits de calcul d'une période de retour de 10ans.

On a : Pour les fossés en béton : Kst= 70 et la pente longitudinale de fossé I=2%.

On fixe b = 0.5m, et on calcule Qs pour les différentes valeurs de h.

- Sm = h × (b+ h) car angle alpha = 45 deg.
- Pm = b+2h×$(2)^{0.5}$
- $Rh = {}^{S_m}/_{P_m}$
  Donc :
- $h = \left(\frac{Qa}{Kst \times b \times I^{0.5}}\right)^{3/5} \times \frac{(1+2\sqrt{2}\times\frac{h}{b})^{2/5}}{1+\frac{h}{b}}$

On constate que h=0.32 m on va prendre par disposition de sécurité.

Avec **h =0.5m**, on trouve Qs > Qa, Donc le débit d'apport est nettement inférieur à celui de saturation, ce qui signifie que les dimensions du fossé proposées sont largement suffisantes pour faire passer les apports du bassin versant.

Donc pour assurer la sécurité et faciliter l'entretien de notre infrastructure, On propose des fossés de dimensions : (b=50cm, h=50 cm).

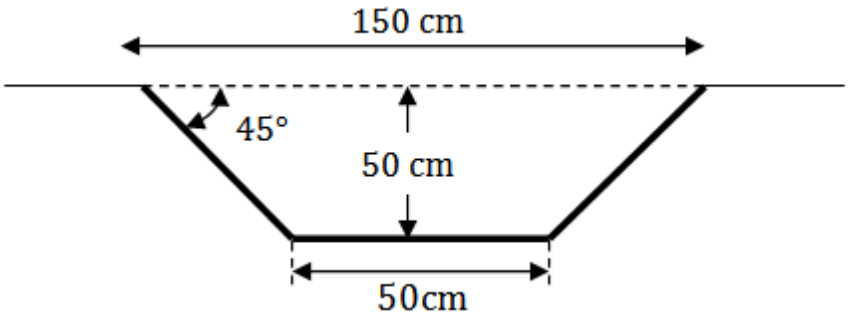


Figure IX.5. Dimensions d'un fossé standard.

IX.7 Conclusion

Le réseau d'assainissement doit maîtriser les eaux (ruissellement et pluviales) pour éviter d'obstruer l'écoulement des eaux des bassins versants naturels, et pour permettre la collecte et l'acheminement des eaux de ruissellement de la plateforme jusqu'à leur point d'évacuation.

Les ouvrages hydrauliques présentés ci-dessus sont des ouvrages qui permettent de collecter les eaux de ruissellement, les différents ouvrages transversaux et longitudinaux ont été dimensionnés en fonction du débit et de la période de retour pour évacuer ces eaux vers des exutoires et ainsi assurer la pérennité de l'infrastructure.

Ces ouvrages passent souvent inaperçus tant qu'ils jouent leur rôle. Leur dysfonctionnement peut avoir de graves conséquences (inondation, inaccessibilité, destruction de la chausse…). D'après l'étude hydraulique de notre projet, on déduit que notre tracé comporte un volet de travaux important en termes des ouvrages de drainage longitudinaux et transversaux.

Le contrôle de ces ouvrages est organisé après chaque saison pluvieuse et après chaque crue importante afin de détecter les anomalies ou dégradations éventuelles. L'entretien consiste en :

- ✓ La réparation des dégradations diverses qui peuvent se produire sur les ouvrages.
- ✓ Le nettoyage et l'entretien réguliers.

Chapitre X :

Etude la stabilité des talus et cubature

X. Etude la stabilité des talus et cubatures

X.1 Introduction

Lors de tout projet routier, il est nécessaire de modifier le terrain naturel sur lequel le projet sera implanté.

Cette modification comprend deux actions :

- ✓ la première consiste à ajouter de la terre (remblai),
- ✓ la seconde il est question d'enlever de la terre (excavation).

Il est fallu réaliser des profils longitudinaux et transversaux qui nous donnent les volumes de terre entre le tracé du projet et le terrain naturel.

Afin de réduire les dépenses de terrassement, tout en créant un aspect uniforme et homogène de la route, et en offrant une chaussée bien construite pour une circulation sécuritaire des véhicules.

X.2 Les méthodes de calcul

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

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

X.3 Description de la méthode de la moyenne des aires

C'est une méthode simple qui consiste à calculer les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs (déblai et remblai). Par la formule :

$$V = \frac{L}{6}(S1 + S2 + 4S_{moy})$$

- **L** : la distance entre les deux profils.
- **S1** : surface de profil en travers P1.
- **S2** : surface de profil en travers P2.
- $\mathbf{S_{moy}}$: surface limitée à mi- distances des profils.

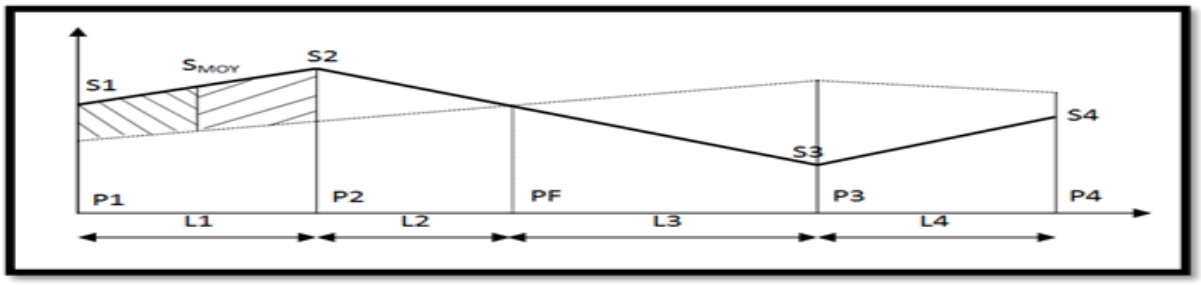


Figure X.1 Profil en long d'un tracé donné

Pour un calcul plus simple, on a considéré que : $Smoy = \frac{(S1+S2)}{2}$

Donc :

- Entre P1 et P2 : $V1 = L_1 \times \frac{(S1+S2)}{2}$
- Entre P2 et PF : $V2 = L_2 \times \frac{(S2+0)}{2}$
- Entre PF et P3 : $V3 = L_3 \times \frac{(0+S3)}{2}$
- Entre P3 et P4 : $V4 = L_4 \times \frac{(S3+S4)}{2}$
- Le volume total V : V=V1+V2+V3+ V4

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

X.4 Calcul de stabilité

X.4.1 Cas des Déblais

D'après les résultats de l'étude géotechnique sur le tronçon du projet du PK 00+000 au PK 10+000, Nous avons conclu que la nature du sol est principalement des Encroutement calcaire, avec Limon sableux argileux

Nous allons vérifier la stabilité du profil qui représente la hauteur du déblai la plus importante, à savoir au PK **1+600**, cette hauteur est de 7m pour cela on utilise le logiciel Slide 6.0.

- ❖ Les remblayages ont été modélisés avec une inclinaison de 3H : 2V

Les caractéristiques du matériau d'apport :

- ✓ Angle de frottement : 22 °.
- ✓ Cohésion : 21 KPa.

Donc **FS = 1.97 > 1.5**

La pente du talus de déblai choisie pour le calcul (3H/2V), nous a permet de qualifier la situation du terrain comme étant stable.

X.4.2 Cas des Remblais

Nous allons vérifier la stabilité du profil qui représente la hauteur du déblai la plus importante, à savoir au PK 5+00 à 5+425, cette hauteur est de 10 m pour cela on utilise le logiciel slide 6.0.

- ❖ Les remblayages ont été modélisés avec une inclinaison de 3H : 2V.

Les caractéristiques du matériau d'apport :

- ✓ Angle de frottement : 38 °.
- ✓ Cohésion : 113 KPa.

Donc **FS = 2.38 > 1.5**

La pente du talus de remblai choisie pour le calcul (3H/2V), nous a permet de qualifier la situation du terrain comme étant stable.

- ❖ **Remarque :** Les résultats du logiciel sont présents dans **l'ANNEXE X** avec le coefficient de sécurité correspondant

X.5 Terrassements

X.5.1 Extraction des déblais

L'extraction est l'étape au cours de laquelle le sol est enlevé à l'aide d'une pelle mécanique. Sachant que notre sol est un sol fin argileux ayant un comportement de la Classe A2, A1, A3 ce matériau ne pourra pas être réutilisé comme matériau de remblai de la plateforme autoroutière.

X.5.2 Mise en place des remblais

Les remblais sont les terres prélevées du gîte d'emprunt de Lazrou Tekelilite qui permet de combler les creux et l'utilisation de ce matériau en remblai est recevable.

X.6 Résultats de notre projet

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide du logiciel « COVADIS » qui nous donne :

- ✓ Volume total de déblai : **571752.9 m^3**
- ✓ Volume total de remblai : **425338.6 m^3**

Remarque : Les résultats de calcul des cubatures sont détaillés dans **l'ANNEXE X**.

Chapitre XI :

Conception de l'échangeur

XI. Conception de l'échangeur

XI.1 Introduction

La conception d'un projet est l'étape la plus importante et la plus déterminante, car elle tient compte du coût du projet et sur sa durabilité et comme notre projet consiste à faire l'étude d'un échangeur, on doit préalablement connaitre les différents types d'échangeurs et leur conditions d'implantation, afin de concevoir l'échangeur le plus adéquat.

XI.2 Définition de l'échangeur

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. En terme technique, un échangeur est un dispositif de raccordement entre plusieurs voies de circulation sans croisement à niveau sur l'autoroute permettant d'accéder ou d'en sortir.

Les croisements à niveau sont éliminés complètement aux conflits de virage ils sont supprimés ou minimisés selon le type d'échangeur à préconiser, on les désignera par :

- **Nœud** : quand il raccorde une voie rapide à une autre voie rapide.
- **Diffuseur** : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique.
- **Mixte** : quand il assure en plans des échangeurs avec voirie local.

Notre échangeur s'agit d'un diffuseur reliant la pénétrante autoroutière avec la RN75.

XI.3 Rôle de l'échangeur

Le rôle d'un échangeur est de :

- Desservir plusieurs directions en même temps.
- Eviter les points de conflits qui peuvent être la cause de graves

  Accidents.
- Assurer la continuité du réseau routier.
- Eviter les points d'arrêt qui provoquent des pertes de temps

  Considérables.
- Faciliter aux usagers un déplacement dans de bonnes conditions

  De confort et de sécurité.

XI.4 Règles de conception

La conception est l'étape la plus importante d'un projet puisqu'elle tient compte du prix de revient comparativement aux avantages distribués à moyen et long terme, et pour diminuer son prix de revient **on évite** :

- Passage sur terrain agricole.
- Passage au voisinage sur des habitations et des maisons publiques.

- Les sites en courbures à faibles rayon.
- Les sections à forte déclivité.

XI.5 Caractéristiques géométriques des échangeurs

Tout échangeur quel que soit son importance, sa classe, ou sa forme, est constitué d'un assemblage de trois éléments qui sont :

- Le pont (passage supérieur ou inférieur).
- Le carrefour plan.
- Les brettelle.

XI.6 Les différents types des échangeurs

La conception d'un échangeur est toujours influencée par plusieurs facteurs comme la composition du trafic, la vitesse. Selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeur :

- **Echangeur majeur :** raccordement autoroute-autoroute : Trèfle complet et Turbine
- **Echangeur mineur :** raccordement autoroute-route : Losange, Demi –trèfle, Trompette, trèfle complet

XI.7 Choix du type de l'échangeur

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés (avantages, inconvénients) et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adoptée au cas qui se présente.

Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre et pour ce but on suit l'itinéraire suivant :

Premier étape : Détermination du tracé à partir de :

- Type de route et nombre de branches à raccorder.
- Présentation du site d'implantation.
- Distribution du trafic avec les différents sens de parcours.
- Vitesse d'approche pratique qui détermine les caractéristiques sur la bretelle.

Deuxième étape : Configuration du tracé à adopter doit assurer un haut niveau de sécurité et de service, ceci est garant en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume :

- Tracé respectant les valeurs limitées de conception (valeur de rayon, D'alignements).
- Longueurs des voies (insertion, décélération) réglementaires.

Troisième étape : (analyse), c'est cette dernière étape qui valide le choix sous la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilités, de confort et de sécurité.

XI.8 Application à notre projet

XI.8.1 Etude du Traffic

✓ **Pour la pénétrante :**

L'estimation du trafic pour la pénétrante à l'horizon de 2025 (année de mise en service) est égale à 10153.02 v/J /sens (voir chapitre III Etude du trafic).

✓ **Pour la RN75 :**

C'est une route nationale avec une vitesse de référence de 80 Km/h.

✓ **Pour les bretelles et les boucles :**

On estime un TJMA de 30 % de celui de la pénétrante, donc il est de 3045.91 v/j.

- ✓ $TJMA_{2025} = 0.30 \times 10153.02$
- ✓ $TJMA_{2025} = 3045.91$ v/J.
- ✓ $TJMA_{2045} = 3045.91 \times (1+0,035)^{20} = 6060.72$ v/J
- ✓ $Teff_{2045} = [(1-0,20) + 3x0,20] \times 6060.72$
- ✓ $Teff_{2045} = 8485$uvp/J.
- ✓ $Q_{2045} = 0,12 \times 8485$
- ✓ $Q_{2045} = 1018.2$ uvp/h.
- ✓ $Q_{adm} = 0,75x1\ x1500 = 1125$uvp/h.
- ✓ $N = (2/3) \times (1018.2/1125)$
- ✓ $N = 0.60 \approx 1$

Note : Pour toutes bretelles et boucles on aura le même profil en travers c'est-à-dire « Une (01) voie »

Le choix du type de l'échangeur dépend essentiellement des paramètres suivants :

- Type de terrain : le terrain de notre projet est un terrain de plaine ou vallonnée où les contraintes de relief sont modérées.
- Type de route a raccordé : L'échangeur qu'on va réaliser doit raccordée notre autoroute à la RN 75. Donc l'échangeur est de type mineur.
- Distribution du trafic L'échangeur distribue le trafic dans trois directions.
- Vitesse sur les bretelles :
  - -La vitesse maximale sur l'autoroute est de 130 km/h.
  - -La vitesse sur la RN 75 est de 80 km/h.
  - -La vitesse sur l'échangeur est 40 Km/h à 60 km/h.

On va prendre la vitesse sur les bretelles **VB = 60 km/h**.

Donc, l'échangeur qui répond à tous ces critères est l'échangeur **Trompette**.

Le choix de cet échangeur est justifié par le fait qu'il va relier une voie principale à une voie transversale sur le **PK 2+475** où on va l'implanter.

XI.9 Caractéristiques géométriques des bretelles

XI.9.1 Tracé des bretelles

Les valeurs limites des rayons à utiliser pour le tracé des bretelles d'après le guide SETRA des échangeurs (complément de l'ICTAAL2015) sont les suivantes :

Tableau XI.1 Valeurs limites des rayons des bretelles

Rayon	Symbole	Voie de sortie	Voie de boucle
Rayon minimal	R_m (m)	40 (7%) et 100 (premier rayon rencontré)	40 (7%)
Rayon minimal non déversé	R_{nd} (m)	300	/
Rayon maximal dans la boucle (m)	R_{max} (m)	/	60
Dévers entre Rnd et Rm	d (m)	d = (675/R) +0,25 entre 300 et 100	/

Dans une courbe de rayon inférieur à 100 m, une sur largeur de 50/R par voie est à introduire à l'intérieur de la courbe.

XI.9.2 Enchainement des éléments du tracé en plan :

- Une boucle comporte un arc circulaire unique encadré par des arcs de clothoïdes.
- Deux courbes successives de sens contraire doivent satisfaire à la condition : $R1 \leq 2R2$, où R1 et R2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées.
- Deux courbes successives de même sens doivent être séparées par un alignement droit

De longueur correspondant à 3s à la vitesse autorisée hors clothoïdes.

XI.9.3 Raccordements progressifs :

- Une courbe circulaire est encadrée par deux arcs de clothoïde de longueur égale à la plus grande des deux valeurs : $6R^{0,4}$ et $7|\Delta\delta|$; où R note le rayon de courbure (m), et $\Delta\delta$ la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés.

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

XI.9.4 Zones d'accélération et de décélération :

Le raccordement d'une bretelle et de l'autoroute est réalisé en entrée par une voie d'insertion, et en sortie par une voie de décélération.

a) Zone de décélération :

Les sorties à 1 voie c'est le cas le plus courant pour les diffuseurs. Le dispositif de sortie comporte successivement :

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

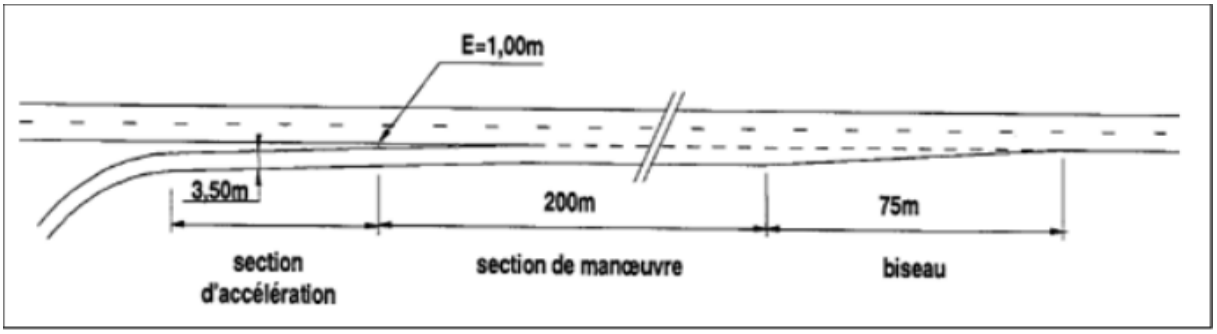


Figure XI.1 Dispositif de sortie de l'autoroute.

b) Zone d'accélération

Le dispositif d'entrée comprend successivement :

- Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 et 5%. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle, doit permettre d'atteindre au point "E = 1,00 m", la vitesse conventionnelle de 55 km/h avec une accélération en palier de 1 m/s^2.
- Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de 200 m et large de 6 m.
- Un biseau long de 75 m.

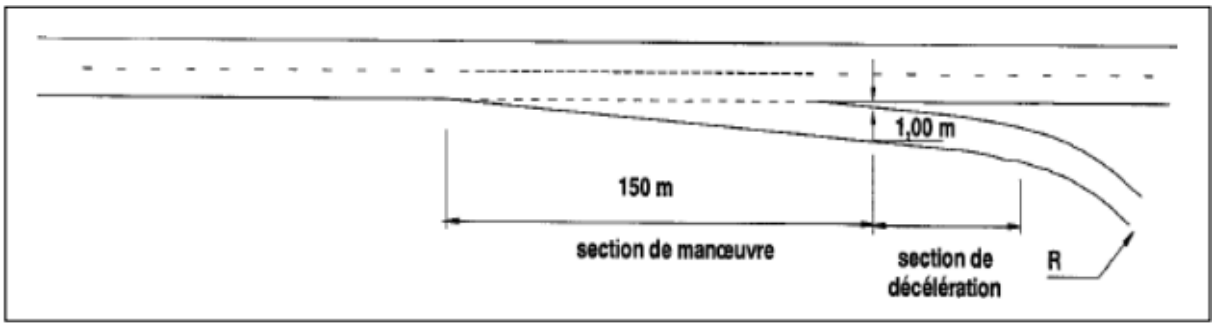


Figure XI.2 Dispositif d'entrée sur l'autoroute.

XI.10 Vue en plan de l'échangeur



Figure XI.3 vue en plan de l'échangeur

Chapitre XII :
Ouvrage d’art

XII. **Ouvrage d'art**

XII.1 Introduction

On appelle un pont tout ouvrage permettant de franchir un obstacle naturel ou une autre voie de circulation.

Dans ce chapitre on présente les PK des ouvrages ainsi leurs types selon les différents exigences.

On distingue : pont-route, pont-rail, pont canal.

XII.2 Présentation d'ouvrage

Notre projet est composé de divers ouvrages résumé dans le tableau suivant :

Tableau XII.1 Ouvrages de franchissement de notre tronçon

N° ouvrages d'arts	Localisation	Type	Description
1	PK 2+475	Passage supérieur	Ouvrage sur RN75 de 2 travées 2*11 poutres en béton armé L=18m
2	PK 5+425	Pont	Pont à poutres sur rétablissement de la route à l'aéroport 02 travées de 21m 2*10 poutres en B.A
3	PK 5+300	Pont	Pont sur OUED MAADHER de 02 travées 2*12 poutres en B.A L= 40m

XII.3 Choix de type d'ouvrage

Le choix de l'ouvrage implique la prise en compte de différents facteurs, dans le but d'optimiser les aspects techniques et économiques de la conception tout en tenant compte des contraintes naturelles et fonctionnelles qui lui sont imposées.
Les paramètres qui interviennent dans le choix de types l'ouvrage :

- Les profils de la voie (profil en long, profil en travers, tracé en plan…)
- Les conditions d'exécution et d'accès à l'ouvrage.
- Le gabarit à respecter.
- Les conditions hydrauliques.
- La portée de l'ouvrage.

XII.4 Variantes proposées pour notre tracé

- **Variante 1 : pont à poutre en BA**

C'est un pont dont le tablier est porté par une ou plusieurs poutres longitudinales en béton armé, espacées de 1.5 à 4m, qui sont solidarisés entre elles par des entretoises sur appuis en travées, et par un hourdis formant la couche de roulement.

✓ **Les avantages :**

- La maitrises de la méthode d'exécution.
- La préfabrication permet de diminuer le délai d'exécution de l'ouvrage.
- Economique de point de vue de consommation des matériaux

✓ **Les inconvénients :**

- La main d'œuvre doit être qualifiée.
- Rentre dans l'aspect ordinaire du côté esthétique.
- La structure est sensible au tassement différentiel.

➢ **Variante 2 : Pont – cadre**

Pont-cadre en béton armé constitue la majorité des franchissements en passage inférieur, lorsque la largeur de la voie franchie est modérée et lorsque le biais du franchissement n'est pas trop accusé et constitue une solution souvent bien adaptée aux brèches d'importance modérée, tant sur le plan technique et économique que sur celui de l'esthétique.

✓ **Les avantages :**

- Les piédroits soutiennent les terres et supportent la traverse supérieure
- ne nécessite ni joints de chaussée ni appareils d'appui,
- facilité d'entretien.

✓ **Les inconvénients :**

- nécessite un sur gabarit dû à leur forme, ainsi qu'une hauteur minimale de couverture au-dessus de la clé.
- sensible aux déformations imposées (tassements du sol notamment)
- nécessite certaines précautions au niveau de la conception, du calcul et de l'exécution.

➢ **Variante 3 : pont-dalle en béton armé**

Le ponts-dalle est constitué dans le sens longitudinal par une dalle pleine de béton coulé en place, à inertie constante, à travée unique ou à plusieurs travées continues sur appuis simples.

✓ **Les avantages :**

- Economie considérable du coffrage.
- L'aspect esthétique des ponts-dalles.
- Exécution aisée ne nécessitant pas une main d'œuvre hautement qualifiée.

✓ **Les inconvénients :**

- Portée limitée à 20 m.
- La dalle consomme plus de béton qu'un tablier à poutres.

Chapitre XIII :
Signalisation

XIII. Signalisation

XIII.1 Introduction

La signalisation routière est un outil de communication essentiel pour l'usager de la route.

Elle doit, par conséquent être conçue et installée d'une maniéré à aider les usagers tout au long de son parcours en lui permettant d'adapter sa conduite aux diverses situations qui se présentent à lui, et ce en lui évitant hésitations et fausses manœuvres.

Dans ce chapitre, il est présenté une planche de signalisation **horizontale** et **verticale** pouvant se trouver le long de notre section (du **PK 0+00 au PK 10+00**).

XIII.2 Signalisation horizontale

La signalisation horizontale a pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou à certaines catégories d'usages.

Le rôle essentiel de ce type de signalisation est de délimiter les voies de circulation afin d'augmenter la sécurité routière, et de complémenter la signalisation verticale.

XIII.2.1 Catégories de marques de chaussée

a) Lignes longitudinales

- ✓ Continues, de largeur variable.
- ✓ Discontinues, de largeur et modulation variables.

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « 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.

Tableau XIII.1 Caractéristiques des lignes

Modulation	Désignation des marques	Largeur
Continue	Délimitation de terre-plein central(TPC)	3U
	Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes a trois voies, avec deux voies affectées a un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies	3U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U
T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5U
	Ligne de rive de Chaussée	3U
T2''	Ligne " CÉDEZ-LE-PASSAGE "	50 cm
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U
T3''	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	3U

Les modulations des lignes discontinues sont recapitalisées dans le tableau suivant :

Tableau XIII.2 Les modulations des lignes discontinues

Type de marquage	Type de modulation	Largeur de trait (en cm)	Intervalle entre 2 traits successifs (m)	Rapports pleins vides
Axial	T_1	3	10	1/3
	T'_1	1,5	5	1/3
longitudinal	T_3	3	1,33	3
	T_2	3	3,5	1
rive	T'_3	20	6	3
Transversal	T'_2	0,5	0,5	1

b) Lignes transversales

- ✓ Ligne " STOP ", largeur de 50 cm.
- ✓ Ligne " Cédez le passage ", largeur de type 2.

C) Flèches

- ✓ Flèches de rabattement.
- ✓ Flèches de sélection unidirectionnelle.
- ✓ Flèches de sélection bidirectionnelle.

D) autres marques

- ✓ Marquage spécial Pour stationnement ou aires d'arrêt d'appel d'urgence.
- ✓ Marquage d'ilots séparateurs avec hachures.

XIII.3 Signalisation Verticale

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunte par l'usager à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.

La signalisation verticale est divisée en deux grandes catégories :

- ✓ Signalisation de danger, de prescription et d'indication.
- ✓ Signalisation de direction.

XIII.3.1 Signaux de danger

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être places à 150 m avant de l'obstacle.

XIII.3.2 Signaux comportant une prescription absolue

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- ✓ L'interdiction.
- ✓ L'obligation.
- ✓ La fin de prescription.

XIII.3.3 Signaux à simple indication

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de fléché :

- ✓ Signaux d'indication.
- ✓ Signaux de direction.
- ✓ Signaux de localisation.
- ✓ Signaux de divers.

XIII.3.4 Signalisation de direction

La Signalisation de direction tient compte des destinations importantes pour le tronçon à l'étude.

Généralement on retrouve trois types de destination à indiquer sur les panneaux de direction.

XIII.4 Dispositifs de retenue

Les dispositifs de retenue sont des équipements de protections des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussées. Les dispositifs de retenue utilisés sont les suivants :

a) Glissières de sécurité métalliques fixes

La Glissière de sécurité simple est utilisée pour implantation en TPC et du côté droit de la chaussée Pour protection contre les obstacles.

b) Glissières de sécurité métalliques amovibles :

Les Glissières de sécurité métalliques amovibles sont les Glissières démontables utilisées dans l'interruption du TPC Pour permettre de basculer la circulation d'une chaussée à l'autre.

C) Séparateurs en Béton :

Les séparateurs en béton du type « DBA » (double séparateur en béton adhérent) sont des murets continus en béton coulé en place ou préfabriqué.

- ✓ **Types Signalisation Verticale :**
  - ✓ Panneau de signalisation d'avertissement de danger : **type A**.
  - ✓ Panneau de signalisation priorité : **type B**.
  - ✓ Panneau de signalisation d'interdiction ou de restriction : **type C**.
  - ✓ Panneau de signalisation d'obligation : **type D**.

- ✓ Panneau de signalisation de pré signalisation : **type E**.
- ✓ Panneau de signalisation de direction : **type E/B**.
- ✓ Panneau de signalisation donnant des indications utiles pour la conduite des véhicules : **type E**.
- ✓ Panneau de signalisation spéciale (panneau de confirmation de direction des échangeurs).

XIII.5 Application Au projet

Largeur des lignes de signalisation horizontale elle est de :

- L'autoroute : U = 7.5 cm.
- La route Nationale RN75 : U = 6 cm.
- Les bretelles et les voies d'accès : U = 5 cm.

XIII.5.1 Signalisation Horizontale : Le marquage de tracé.

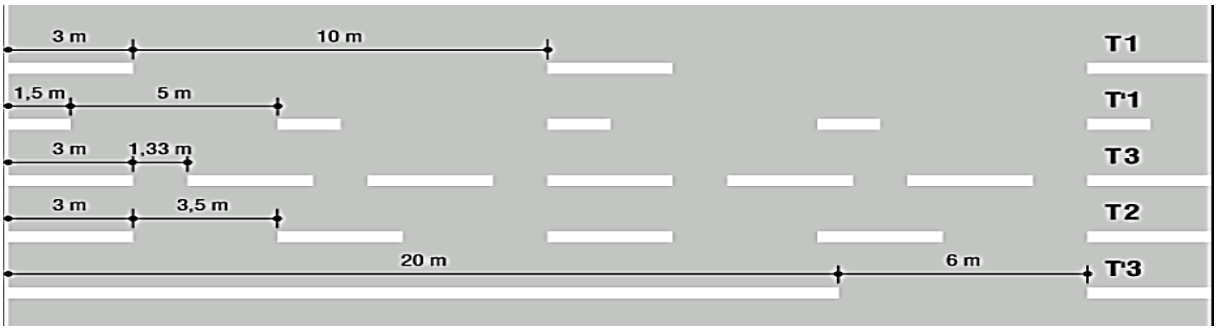


Figure XIII.1 Les lignes longitudinales.

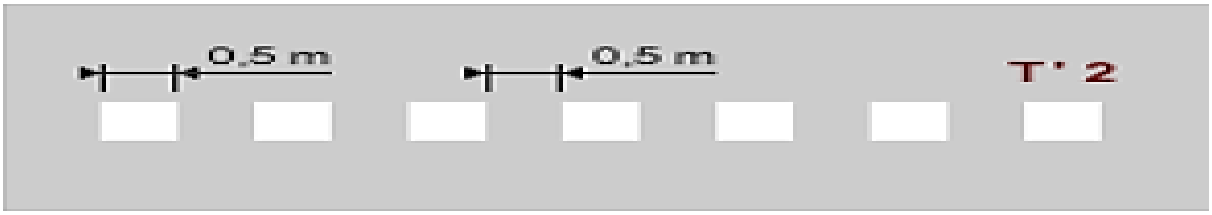


Figure XIII.2 Les lignes transversales

- ✓ **Voies de décélération :**

La ligne séparant la voie d'insertion de la chaussée principale est du type T2 de largeur 5U.

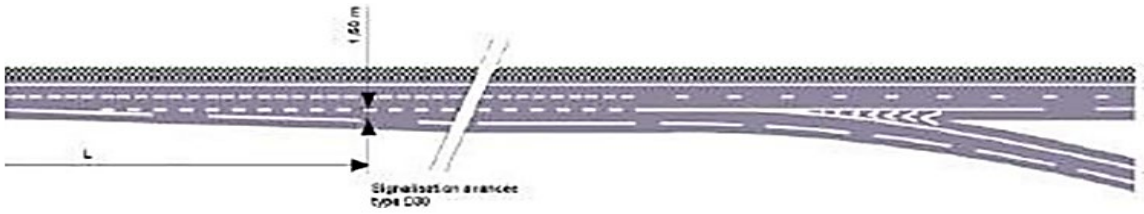


Figure XIII.4 Avec affectation de voies

✓ **Voies d'accélération :**

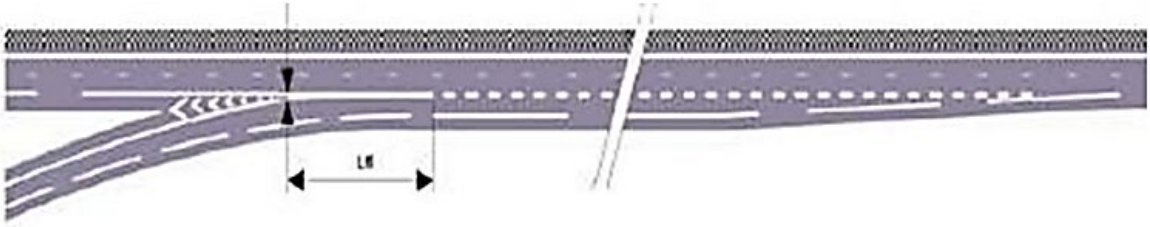


Figure XIII.5 Même nombre de voies

✓ **Autres marquages :**

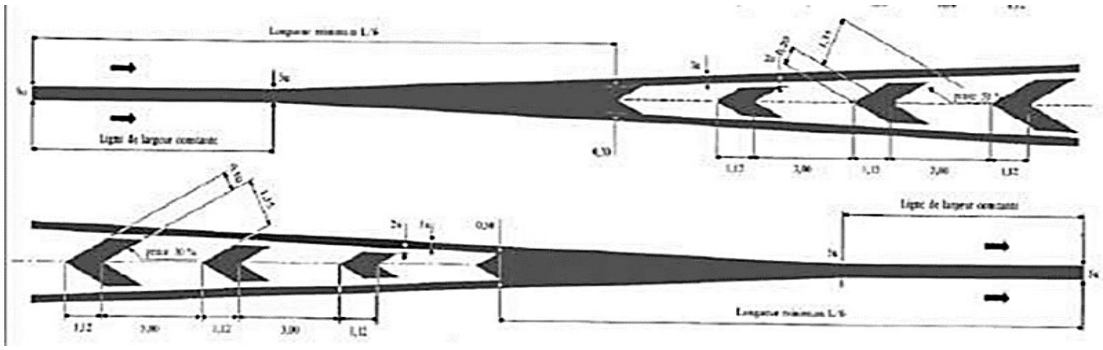


Figure XIII.6 Schémas de marquage avec hachures

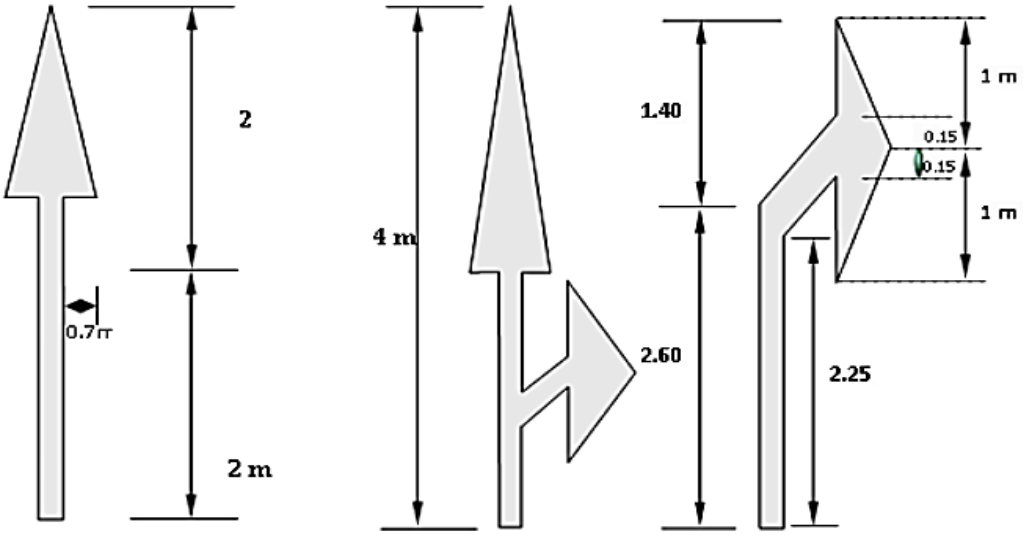


Figure XIII.7 Flèches de sélection

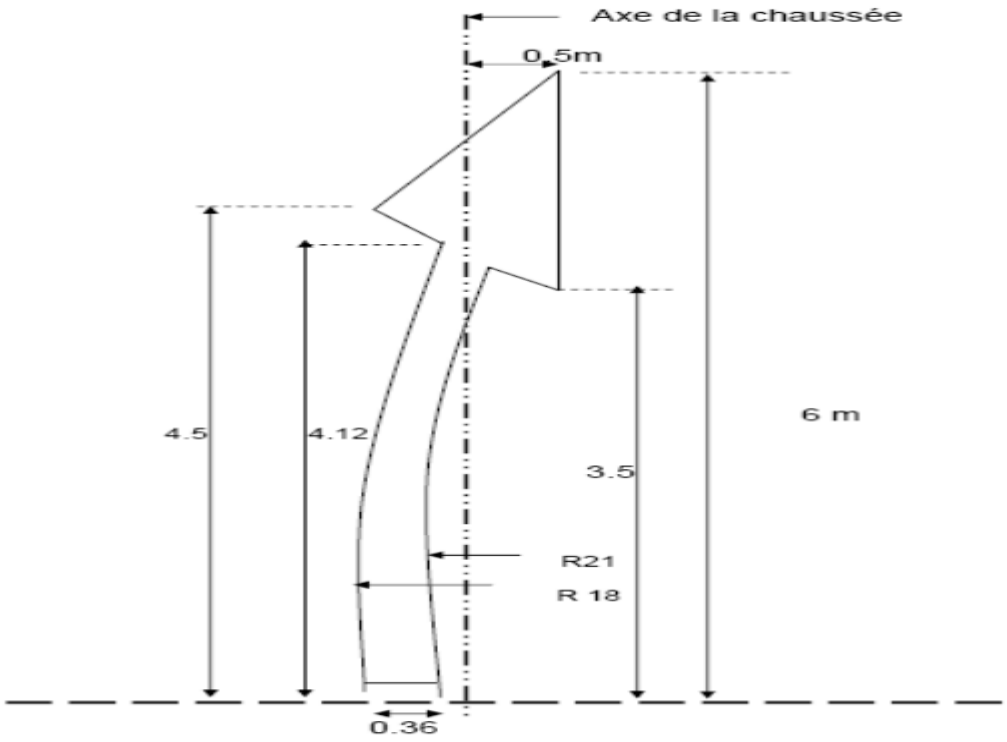


Figure XIII.8 Flèches de rabattement

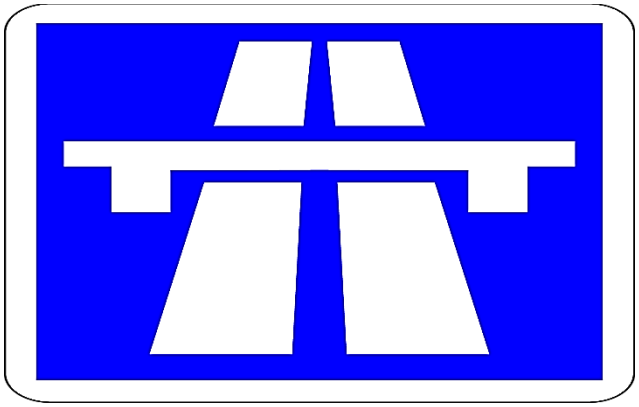
XIII.5.2 Signalisation Verticale



Cédez le passage



interdiction de tourner a gauche



- entre de l'autoroute.



- Sortie de l'autoroute.



Vitesse limite 120km/h



Hauteur limite gabarie 5.25m



- Vitesse limite 60km/h.

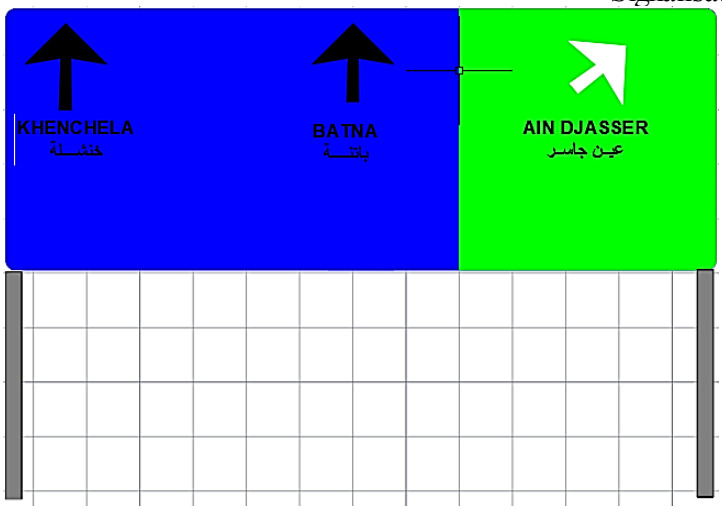


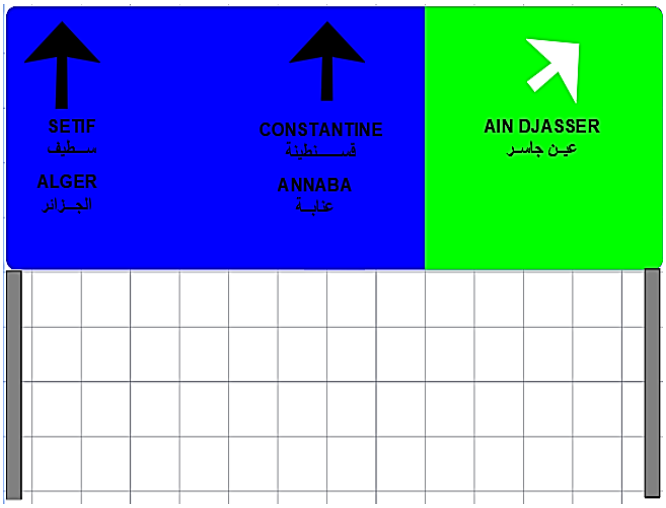
Virage à droite

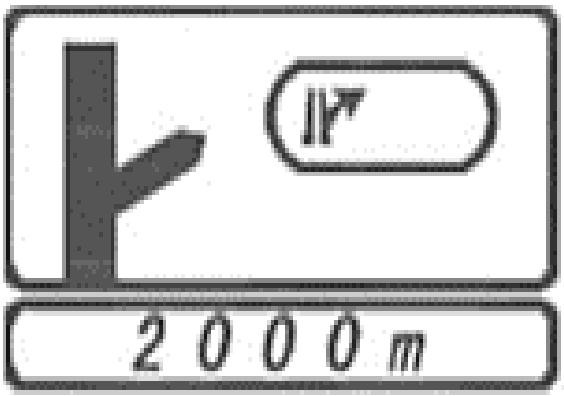


Virage à gauche

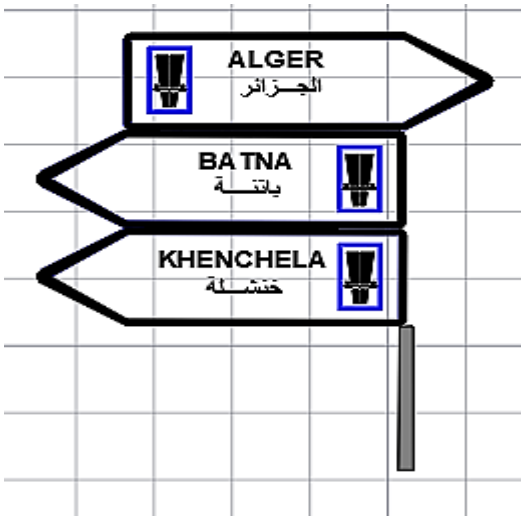
Signalisation de direction







Avertissement D51
Car il y a un échangeur



Chapitre XIV :

Impact sur l'environnement

XIV. Impact sur l'environnement

XIV.1 Introduction

L'étude d'environnement est une étude scientifique et technique, qui permet d'analyser et d'évaluer les effets et les mesures par rapport à chacune des composantes environnementales d'un projet. Pour réaliser cette étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement.

Les projets de construction de routes sont perçus aujourd'hui comme étant une action susceptible de porter atteinte à l'environnement et sont associés à une énorme quantité d'émissions qui varient du début de l'exécution du projet jusqu'à l'étape d'exploitation et de service.

XIV.2 Cadre juridique

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1990, cette 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.
- Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet ainsi que l'estimation des coûts correspondants.

XIV.3 Objectifs d'une étude d'impact sur l'environnement

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

- ✓ Disposer toutes les informations sur site d'implantation de projet
- ✓ Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement, et favoriser la valorisation mutuelle de la route et de l'environnement.
- ✓ Identifier et évaluer l'importance des impacts appréhendés du projet sur le milieu physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage.
- ✓ Préserver les espèces végétales.

XIV.4 Identification de l'impact du projet sur l'environnement

L'identification des impacts du projet est basée sur l'analyse des relations conflictuelles possibles entre le milieu récepteur et la nature des travaux à réaliser. Cette analyse permet de

mettre en relation les sources d'impact associées aux phases de construction, exploitation du projet. Avec les différentes composantes du milieu susceptibles d'être affectées.

Il s'agit donc d'une analyse dont les conclusions sont relatives, dans le temps et dans l'espace.

XIV.4.1 Impact sur le milieu physique

- ✓ **Les ressources en eau**

Les travaux routiers donnent lieu à la mise en œuvre de toutes les dispositions adaptées pour faire face aux inconvénients mis en évidence lors de la conception routière. Et peuvent contribuer à la modification des écoulements et à la qualité des eaux de surface et souterraines, entraînant parfois un risque accru d'inondation, On doit veiller à adapter le niveau d'équipement des ouvrages de protection aux enjeux de l'environnement, l'évacuation des eaux et mettre en place d'un réseau de collecte des eaux de ruissellement vers des petits bassins pour qu'elle soit utilisable par l'homme.

- ✓ **Qualité de l'air**

La pollution de l'air due au trafic routier est essentiellement causée par les gaz d'échappement Poussières issus des camions de transport de matériaux .Pour réduire ces impacts il faut changer la politique nationale ou il faut rechercher les effets réels sur le climat de la pollution atmosphérique, utiliser d'autres sources d'énergies, régler le trafic, et contrôler les véhicules et leurs vitesses.

XIV.4.2 Impact sur le milieu naturel

- ✓ **La flore**

La végétation de la zone d'étude subira une dégradation accrue à cause des travaux de la future autoroute .Un autre type de pollution qui affecte la végétation non éliminée, il s'agit d'une pollution atmosphérique générée par les travaux ou la circulation des engins influençant négativement la végétation proche des sites de chantiers. Pour cela y a des mesures à prendre en compte pour préserver la flore tel que faire un schéma d'état des lieux afin de permettre le suivi par un projet de restauration (remise en état) de la couverture végétale.

- ✓ **La faune**

L'impact de l'aménagement d'une route sur les animaux doit faire partie des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour protéger la faune de risque de collision, pour lutter contre ce type d'accident, il est nécessaire d'Implanter des panneaux de signalisations afin de réduire la vitesse dans les zones de forte présence des faunes.

XIV.4.3 Impact sur le cadre humain

- ✓ **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 et baisse de l'acuité auditive.

Comme mesures à adopter pour tenir compte de cet aspect sont essentiellement de :

- ✓ Implantation de la voie par rapport aux zones bâties, et isolation des bâtiments.
- ✓ Réduction de la vitesse.
- ✓ L'amélioration de la couche de roulement ; en agissant sur les enrobés au dépend des frottements, pour minimiser les bruits de circulation.

XIV.4.4 Impact sur le paysage

La prise en compte du paysage dans les projets routiers constitue des enjeux importants aussi bien pour la préservation des sites que pour le développement des territoires. Il est important de prendre l'avis des paysagistes pour éclairer les décideurs sur les valeurs paysagères et combiner entre le milieu naturel et l'aménagement autoroutier. L'infrastructure routière a un impact sérieux sur le paysage qu'elle traverse, même si dans certains cas les effets sont minimisés par l'existence de talus et par le relief.

XIV.5 Conclusion

L'objectif principal à atteindre est celui d'intégrer l'équipement dans le paysage qu'il traverse avec le minimum de nuisances économiques, environnementales et écologiques. Le projet doit faire la preuve d'une analyse globale entre ces différents impacts.

Chapitre XV :

Devis quantitatif et estimatif

XV. **Devis quantitatif et estimatif**

N°	Désignation des Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (Da)	Prix Total DA
1	Installation du chantier				
1.1	Installation du chantier	Forfait	1	3% (3+4+5)	100 164 124.00
	Total (1) :				**100 164 124.00**
2	Acquisition de terrain				
2.1	Acquisition de terrain	m2	350000	1000,00	350000000.00
	Total (2) :				**35 000 0000.00**
3	Travaux préparatoire				
3.1	Déplacement des poteaux électriques de moyenne tension (MT).	U	3	500 000.00	1 500 000 .00
	Total (3) :				**1 500 000. 00**
4	Terrassement				
4.1	Décapage de la terre végétale e=30cm.	m3	105 000	350,00	36 750 000.00
4.2	Remblai en provenance y compris transport	m3	425338.6	1000,00	425 338 410.00
4.3	Déblai mise en dépôt	m3	571752.86	800.00	457 402 288.00
	Total (4) :				**919 490 698 .00**
5	Chaussée				
5.1	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre du GNT pour la couche de fondation	M^3	90917.3	3000.00	2 72 751 900.00
5.2	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre du GB (2.2t/m3) pour la couche de base	T	130937.84	8500.00	1 112 971 640.00
5.3	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre du GNT0/60 pour la couche de forme	M^3	190878.4	3000.00	572 635 200.00
5.4	Couche d'imprégnation en émulsion 1200g/m2	T	348	80000.00	27 840 000.00

5.5	Couche d'accrochage dosée 200 a 300g/m2	T	87	80000.00	6 960 000.00
5.6	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre pour la couche de roulement en BB (2.3t/m3)	T	49454.02	8500.00	420 359 170.00
5.7	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre du matériau (terre végétale) pour l'berme	m3	7159.2	600.00	4 295 520.00
	Total (5) :				**2 417 813 430.00**
6	Assainissement				
6.1	Fossés trapézoïdaux en béton	ml	20000	5000.00	100 000 000.00
6.2	Buse Φ 1500 y compris Tête de buse	ml	96	150 000.00	14 400 000.00
6.3	Dalots (2×2) en BA	m3	136	65 000.00	8 840 000.00
6.4	Dalots (4×2) en BA	M3	443.136	65 000.00	28 803 840.00
	Total (6) :				**77 813 840.00**
7	Ouvrage d'art				
7.1	pont	m2	2964	250 000.00	74 100 0000.00
	Total (7) :				**74 100 0000.00**
8	Signalisation				
8.1	Signalisation horizontale.	ml	29000	300.00	8 700 000.00
8.2	Panneaux de signalisation verticale.	U	100	20 000.00	2 000 000.00
8.3	Signalisation Panneau Portiques	U	2	2 500 000.00	5 000 000.00
8.4	Signalisation Panneau Portance	U	4	1 500 000.00	6 000 000.00
	Total (8) :				**21 700 000.00**
9	Equipement				
9.1	Séparation en béton (un seul séparateur)	ml	29000	6500.00	188500000.00
	Totale(9)				**18 850 0000.00**
10	Impact sur l'environnement (1% de 3+4+5)				**33 388 042.00**
11	Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)				
11.1	Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	Forfait		3%(3+4+5)	**100 164 124.00**

	Totale	4 951 534 258.00
	TVA (19%)	940 791 509.00
	Totale général (TTC)	**5 892 325 767.00**

On a estimé que le projet va couter à peu près : cinq milliards Huit cent quatre-vingt-douze millions –trois cent vingt –Cinq mille sept cent soixante-sept dinars algérien avec toutes taxes comprises.

Conclusion générale

La réalisation d'une pénétrante qui relie l'autoroute est-ouest avec la wilaya de BATNA, qui est elle-même considérée comme une grande infrastructure contribuant au développement de notre économie.

Pour la partie technique, On a donc fait une étude complète qui englobe une étude géométrique (le tracé en plan, profil en long…etc), géotechnique notamment (déblais et remblais), une étude hydraulique ; avec la proposition de solutions concernant les ouvrages hydrauliques.

Cette étude nous a permis de chercher des solutions à tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter lors d'une étude d'un projet routier dans un environnement.

Il était pour nous d'une part l'occasion pour apprendre une méthodologique rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics. De plus une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels de civil 3D, AUTOCAD et COVADIS.

Au final, Cette étude est très enrichissante à tous points de vue, nous permis d'améliorer et d'approfondir les connaissances théoriques, et de toucher une multitude de branches du domaine des travaux publics, qu'un bon ingénieur doit connaitre, donc d'intégrer au monde professionnel.

Bibliographie

- ICTAAL : INSTRUCTION SUR LES CONDITIONS TECHNIQUES D'AMÉNAGEMENT DES AUTOROUTES DE LIAISON 2000
- Catalogue Algerien de dimensionnement des chaussées neuves. Ministère des Travaux Publics /«CTTP». 2001.
- Guide des terrassements routiers GTR. SETRA – 1994.
- Cours Enstp 1ère et 2èmeannée de route de Mr Mahrez.
- Cours Enstp 2ème année de géotechnique routière Mr HAMADI KAMEL
- Cours Enstp 2ème année d'hydraulique de Mr LEFKIR
- Cours Enstp 2ème année de mécanique des sols de Mr BERRICHE
- Thèses de route des années passées.
- LTPE : laboratoire des travaux publics Est.
- Rapport hydraulique tiré par le bureau d'étude SARL ESR ENGINEERING
- Site web : wikipedia.com
- Site Web : ornikar.com/code/cours/signalisation
- Site Web: genie-civil.blogspot.com

ANNEXE - CHAPITRE VII : Etude Géotechnique

- **PK PK1+700-PK4+725**

Les essais de laboratoire réalisés sur les sols sont présentés dans le tableau dessus :

Essais	Description	Norme	Objectif
Identifications	Analyse granulométrique (tamisage à sec) AG	NF P 94-056	Répartition pondérale des éléments granulaires d'un matériau des terrassements
	Analyse granulométrique (par méthode de sédimentation)	NF P 94-057	Détermination de la distribution pondérale
	Teneur en eau naturelle	NF P 94-050	Détermination de la teneur en eau d'un matériau.
	Limites d'Atterberg	NF P 94-051	Détermination de l'argilosité d'un sol
	Détermination de la valeur de bleu d'un sol	NF P 94-068	Détermination de l'argilosité d'un matériau
	Masse volumique des particules solides d'un sol	NF P 94-054	Détermination de la masse volumique moyenne des particules solides de sol
	Masse volumique sèche d'une roche	NF P 94-064	Détermination de la masse volumique sèche d'un élément de roche
	Teneur en $CaCO_3$	NF P 94-048	Détermination de la teneur en carbonate - Méthode du calcimètre
Routiers	Essai Proctor normal	NF P 94-093	Déterminer la masse volumique sèche d'un matériau et sa teneur en eau correspondante.
	Indice CBR après immersion	NF P 94-078	Déterminer l'indice portant d'un échantillon desol compacté dans un moule CBR avec une énergie Proctor Normal.
Mécaniques	Essai de cisaillement	NF P 94-071-1	Connaître les paramètres de résistance au cisaillement rectiligne (cohésion et angle de frottement interne) d'un matériau
	Essai de compression simple	NF EN 13286-41	Mesurer la résistance à la compression simple de carottes prélevées des sondages

N° des puits	PK	Prof (m)	Description
		0.00 à 0.40	Terre arable

1) Les Tableaux sur les résultats des puits de reconnaissance.

N° des puits	PK	Prof (m)	Description
P 1	2+525	0.00 à 0.50	Terre arable
		0.50 à 1.60	Limon sableux marron
		1.60 à 3.80	Limon argileux varies colore
P 2	2+625	0.00 à 1.00	Terre arable
		1.00 à 3.00	Limon très encroûté varies colore
P 3	2+725	0.00 à 0.70	Terre arable
		0.70 à 1.80	Limon sableux marron
		1.80 à 3.00	Limon argileux encroûté varies colore
P 4	2+825	0.00 à 1.00	Terre arable
		1.00 à 3.00	Limon argileux encroûté varies colore
P 5	2+925	0.00 à 0.40	Terre arable
		0.40 à 1.00	Argile brunâtre
		1.00 à 2.50	Limon argileux encroûté varies colore
P 6	3+025	0.00 à 0.50	Terre arable
		0.50 à 2.10	Argile brunâtre
		2.10 à 3.20	Limon argileux encroûté varies colore
P 7	3+125	0.00 à 0.30	Terre arable
		0.30 à 3.00	Limon argileux sableux brunâtre
P 8	3+225	0.00 à 0.30	Terre arable
		0.30 à 2.00	Limon argileux sableux brunâtre
P 9	3+325	0.00 à 3.00	Limon sableux argileux
P 10	3+425	0.00 à 0.30	Terre arable
		0.30 à 1.60	Limon sableux
		1.60 à 4.60	Limon sableux encroûté
P 11	3+525	0.00 à 0.50	Terre arable
		0.50 à 3.60	Limon très encroûté varies colore

P 12	**3+625**	0.40 à 0.90	Argile brunâtre
		0.90 à 5.30	Limon sableux argileux varies colore
P 13	**3+725**	0.00 à 0.40	Terre arable
		0.40 à 3.50	Limon très encroûté varies colore
P 14	**3+825**	0.00 à 0.90	Terre arable
		0.90 à 5.20	Limon très encroûté varies colore
P 15	**3+925**	0.00 à 0.70	Terre arable
		0.70 à 3.50	Limon très encroûté varies colore
P 16	**4+025**	0.00 à 0.80	Terre arable
		0.80 à 4.80	Limon très encroûté varies colore
P 17	**4+125**	0.00 à 0.50	Terre arable
		0.50 à 3.20	Limon sableux très encroué
P 18	**4+225**	0.00 à 0.60	Terre arable
		0.60 à 3.30	Argile sableuse
		3.30 à 4.70	Limon argileux sableux varies colore
P 19	**4+325**	0.00 à 0.60	Terre arable
		0.60 à 3.00	Limon argileux sableux encroûté
P 20	**4+425**	0.00 à 0.80	Terre arable
		0.80 à 4.20	Limon très encroûté varies colore
P 21	**4+525**	0.00 à 0.60	Terre arable
		0.60 à 2.30	Argile sableuse
		2.30 à 3.20	Limon compact (très encroûté) varies colore
P 22	**4+625**	0.00 à 1.00	Terre arable
		1.00 à 4.10	Limon compact varies colore
P 23	**4+725**	0.00 à 0.60	Terre arable
		0.60 à 3.00	Limon très encroûté varies colore
P 24	**1+950**	0.00 à 0.05	Terre végétale
		0.05 à 0.70	Encroûtement calcaire
P 25	**2+050**	0.00 à 0.60	Terre arable
		0.60 à 2.40	Galet et cailloux à matrice argileuse sableuse
P 26	**2+150**	0.00 à 1.50	Encroûtement calcaire argileuse sableuse
P 27	**2+250**	0.00 à 0.07	Terre arable
		0.07 à 0.70	Encroûtement calcaire blanchâtre

1) **Les Tableaux des Résultats des Sondages pressiometriques (6 Sondages pressiometriques) :**

Désignation	Profondeur (m)	Pression Limite « Pl »	Module « E »	E/PL	Lithologie
PR1	1	26.5	313.3	12	Argile limoneuse peu graveleuse a graveleuseou une argile limono sableuse
	2	23.5	292.5	12	
	3	14.2	168	12	
	4	14.0	165.5	12	
	5	23.8	328.4	14	
	6	10.9	167.5	15	
	7	24.4	277.6	11	
	8	13.1	155.9	12	
	9	6.0	78.2	13	
	10	24.3	440.5	18	

Désignation	Profondeur (m)	Pression Limite « Pl »	Module « E »	E/PL	Lithologie
PR3	1	18.5	321.5	17	Argile limoneuse peu graveleuse a graveleuse ou une argile limono sableuse
	2	9.1	136	15	
	3	9.9	120	12	
	4	5.4	39.1	7	
	5	4.5	36.8	8	
	6	7.1	77.1	11	
	7	4.8	88.5	18	
	8	12	293.1	24	
	9	7.1	64.9	9	
	10	9.5	131.7	14	

Désignation	Profondeur (m)	Pression Limite « Pl »	Module « E »	E/PL	Lithologie
PR 4	1	29.3	524.7	18	Argile limoneuse peu graveleuse a graveleuseou une argile limono sableuse
	2	11.4	164.9	14	
	3	21.3	406.2	19	
	4	14.3	217.4	15	
	5	14	211.8	15	
	6	14.8	286.8	19	
	7	20.2	408.5	20	
	8	7.7	118.7	15	
	9	5.8	79.3	13	
	10	8.7	180	21	

Désignation	Profondeur (m)	Pression Limite « Pl »	Module « E »	E/PL	Lithologie
PR 5	1	17.4	279.3	16	Argile limoneuse peu graveleuse a graveleuse ou une argile limono sableuse
	2	11.9	169.5	14	
	3	15	173.6	11	
	4	11	223.3	20	
	5	9.6	131.6	13	
	6	7.3	168.6	23	
	7	5.4	59.6	11	
	8	10.6	188.7	18	
	9	6.7	136.8	20	
	10	9.2	113.3	12	

Désignation	Profondeur (m)	Pression Limite « Pl »	Module « E »	E/PL	Lithologie
PR6	1	21.3	578.1	27	Argile limoneuse peu graveleuse a graveleuseou une argile limono sableuse
	2	18.4	555.5	30	
	3	12.5	215.9	17	
	4	14	269.4	19	
	5	28	528.5	19	
	6	17.9	351.7	19	
	7	12.8	191.8	15	
	8	9.8	129.7	13	
	9	5.8	87.9	15	
	10	10.4	290.8	28	

Désignation	Profondeur (m)	Pression Limite « Pl »	Module « E »	E/PL	Lithologie
PR2	1	22	345.3	16	Argile limoneuse peu graveleuse a graveleuseou une argile limono sableuse
	2	12.3	169.1	14	
	3	22.1	306.1	14	
	4	16	148.3	9	
	5	16.1	238.7	15	
	6	23.6	343.3	14	
	7	9.7	141	14	
	8	11.4	133.6	10	
	9	11.4	122.8	11	
	10	6.7	92.3	14	

2) Tableau résume les résultats des essais au laboratoire avec la classification du GTR :

N° des p	PK	Prof (m)	Lithologie	Wn	Granulométrie				Limites d'Atterberg			VBS	Proctor normal		Classe GTR
					D_{max}	< 5mm	< 2mm	<0.08mm	WL	WP	IP		W_{opn}	γd_{opn}	
P	***PK***	**1.950**	**2+150**	**2+525**	**2+825**	**3+025**	**3+125**	**3+325**	**3+625**	**3+825**	**4+025**	**4+125**	**4+425**	**4+525**	**4+725**
P															
P															
P4	2+825	1.00 à 3.00	Limon argileux encroute varies colore	15.9	2	100	100	89	35.023	13.91	21.113	2.66	11.7	1.717	A2 th
P5	2+925	1.00 à 2.50	Limon argileux encroute varies colore	13.3	0.2	100	100	98	32.861	15.995	16.866	2	-	-	A1
P6	3+025	2.10 à 3.20	Limon argileux encroute varies colore	20	2	100	99	95	49.422	20.82	28.602	1.66	13.6	1.699	A1 th
P7	3+125	0.30 à 3.00	Limon argileux sableux brunâtre	14.5	0.2	100	100	87	32.655	16.245	16.41	2.66	12.2	1.822	A2 h
P8	3+225	0.30 à 2.00	Limon argileux sableux brunâtre	10.9	1	100	100	78	34.488	17.4	17.088	1.66	-	-	A1
P9	3+325	0.00 à 3.00	Limon sableux argileux	10.7	0.4	100	100	74	28.061	13.895	14.166	4	15.7	1.728	A2 ts
P10	3+425	1.60 à 4.60	Limon sableux encroute	18.4	0.4	100	100	93	40.556	19.29	21.266	3.5	-	-	A2
P11	3+525	0.50 à 3.60	Limon très encroute varies colore	11.8	0.2	100	100	97	40.658	19.375	21.283	4.66	-	-	A2
P12	3+625	0.90 à 5.30	Limon sableux argileux varies colore	21.8	5	99	99	76	42.025	20.675	21.35	1.66	16.2	1.684	A1 th
P13	3+725	0.40 à 3.50	Limon très encroute varies colore	16.7	2	100	100	91	42.565	20.555	22.01	2	-	-	A1
P14	3+825	0.90 à 5.30	Limon très encroute varies colore	20	2	100	100	82	43.148	19.23	23.918	3.5	11.7	1.686	A2 th
P15	3+925	0.70 à 3.50	Limon très encroute varies colore	16.3	5	94	94	76	32.641	16.43	16.211	2	-	-	A1
P16	4+025	0.80 à 4.80	Limon très encroute varies colore	14.7	5	84	73	53	26.7	12.615	14.085	1.66	11.9	1.849	A1 h
P17	4+125	0.50 à 3.20	Limon sableux très encroute	16.4	0.4	100	100	91	42.54	18.87	23.67	3.33	12	1.645	A2 th
P18	4+225	3.30 à 4.70	Limon argileux sableux varies colore	14.7	0.4	100	100	84	37.127	18.87	23.67	3.33	12	1.645	A2 th
P19	4+325	0.60 à 3.00	Limon argileux sableux encroute	14	0.4	100	100	92	41.36	17.545	19.582	2.33	-	-	A1
P20	4+425	0.80 à 4.20	Limon très encroute varies colore	14.7	1	100	100	84	34.9	20.625	20.735	2.66	-	-	A2
P21	4+525	2.30 à 3.20	Limon compact varies colore	10.6	1	100	100	97	37.979	17.615	17.285	3.66	14.1	1.712	A2 m
P22	4+625	1.00 à 4.10	Limon compact varies colore	15.7	0.2	100	100	97	41.997	19.065	18.917	2	10.2	1.816	A1 m
P23	4+725	0.60 à 3.00	Limon très encroute varies colore	14	0.4	100	100	91	44.192	21.505	20.492	3.66	-	-	A2
P24	1+950	0.05 à 0.70	Encroutement calcaire	12.4	>50	73	65	49	57.534	20.085	24.107	3.66	12.2	1.72	A2 h
P25	2+050	0.60 à 2.40	Cailloux à matrice argileuse sableuse	13.5	>50	47	36	21	38.042	30.04	27.494	0.24	14.4	1.77	C1A1 s
P26	2+150	0.00 à 1.50	Encroutement calcaire argileuse sableuse	14.7	>31	76	69	52	36.046	19.36	18.682	0.31	-	-	C1B5 s
P27	2+250	0.07 à 0.70	Encroutement calcaire	14.5	>50	44	34	24	34.616	18.935	17.111	0.76	12.2	1.856	A1 h

3) Tableau résume les résultats d'essais CBR :

Profounder (m)	**0.1 à 0.7**	**0.0 à 1.5**	**1.6 à 3.8**	**1.0 à 3.0**	**2.1 à 3.0**	**0.3 à 3.0**	**0.0 à 3.0**	**0.9 à 5.3**	**0.9 à 5.2**	**0.8 à 4.8**	**0.5 à 3.2**	**0.8 à 4.2**	**2.3 à 3.2**	**0.6 à 3.0**
CBR à 95% OPM	12.44	11.33	4.79	3.36	1.34	6.61	3.68	9.80	4.45	2.25	1.87	1.82	1.65	1.33

- PK 6+00 Au PK 10+00

Tableau Résume les Résultats d'essais (Ip , VBS CBR)

N° des puits	PK	Prof (m)	Lithologie	VBS	IP	W_{opn}	γ_{dopn}	Indice CBR à 95%
P1	6+439	0.70-5.00	Argile limoneuse -limons très plastiques	2.63	19.72	11.7	1.79	3.69
P2	7+000	0.60-5.00	Argile limoneuse -limons très plastiques	5.50	30.83	19.3	1.58	3.78
P3	7+700	0.80-5.00	Argile limoneuse -limons très plastiques	3.66	30.24	16.3	1.65	3.60
P4	9+400	0.80-5.00	Argile limoneuse -limons très plastiques	4.00	28.98	13.7	1.68	3.38

ANNEXE CHAPITRE VIII : Dimensionnement du corps de chaussées

TableauVIII.1 Classes de portance de la plate-forme support

Classe de sol-support	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	25-50	50-100	100-150	>200

TableauVIII.2 Les valeurs des coefficients d'équivalence

Matériaux utilises :	**Coefficient d'équivalence :**
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment	1.5
Grave bitumen	1.50 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.60 à 0.70

Niveau de réseau principal (RPi)	Matériaux types	Structures
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB , GB/GNT, GB/TUF, GB/SG, GB/AG
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	- GL / GL - BCg / GC
RP1	MNT(matériaux non traités)	GNT/GNT,TUF/TUF, AG/AG, SG/SG
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB / SG

Figure VIII.5. Types de structures

Tableau VIII.3. Classe de sol support

Classe de sol (Si) :	Indice C.B.R :
S0	>40
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

Tableau VIII. 4. Choix des températures équivalentes.

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

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

Figure VIII. 11. Valeurs du coefficient d'agressivité A

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

Figure VIII. 12. Caractéristiques des matériaux enrobés

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

Figure VIII.13. Le risque du projet

r%	2	3	5	7	10	12	15
t	-2,054	-1,881	-1,645	-1,520	-1,282	-1,175	1,036
r%	20	23	25	30	35	40	50
t	-0,842	-0,739	-0,674	-0,524	-0,385	-0,253	0

Figure VIII.14. Fractile de la loi normale

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

Figure VIII.15. La température équivalente

ANNEXE CHAPITE IX : ASSAINISSEMENT

Tableau IX.1. Valeur du Coefficient "C1" pour Diverses Pentes.

Pente (P) (%) :	Coefficient (C1) :
$P \leq 3.5$	0,01 – 0,05
$3,5 \leq P \leq 11$	0,06 – 0,10
$11 < P \leq 35$	0,12 – 0,20
$35 < P$	0,22 – 0,30

Tableau IX.2. Valeur du Coefficient "C2" par Rapport à la Nature du Sol.

Couverture Végétale :	Coefficient (C2) :
Imperméable	0,22 – 0,30
Peu perméable	0,10 – 0,20
Perméable	0,06 – 0,10
Très perméable	0,06 – 0,05

Tableau IX.3. Valeur du Coefficient "C3" Relative à la Couverture du Sol.

Couverture Végétale	Coefficient (C3)
Rocheux	0,22 – 0,30
Prairie	0,17 – 0,25
Labours – Champs	0,07 – 0,15
Forêts et Terrains Sableux	0,03 – 0,05

Tableau IX.10. Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction du type de la chaussée.

Type de Chaussée	C	Valeurs Prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.85 à 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

ANNEXE CHAPITRE XI : Conception de l'échangeur

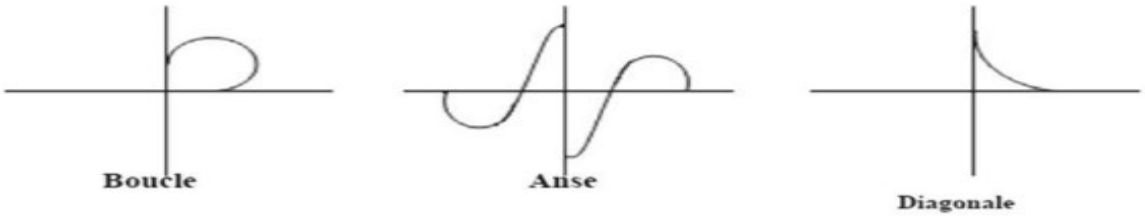


Figure XI.1. Différents types de brettelles.

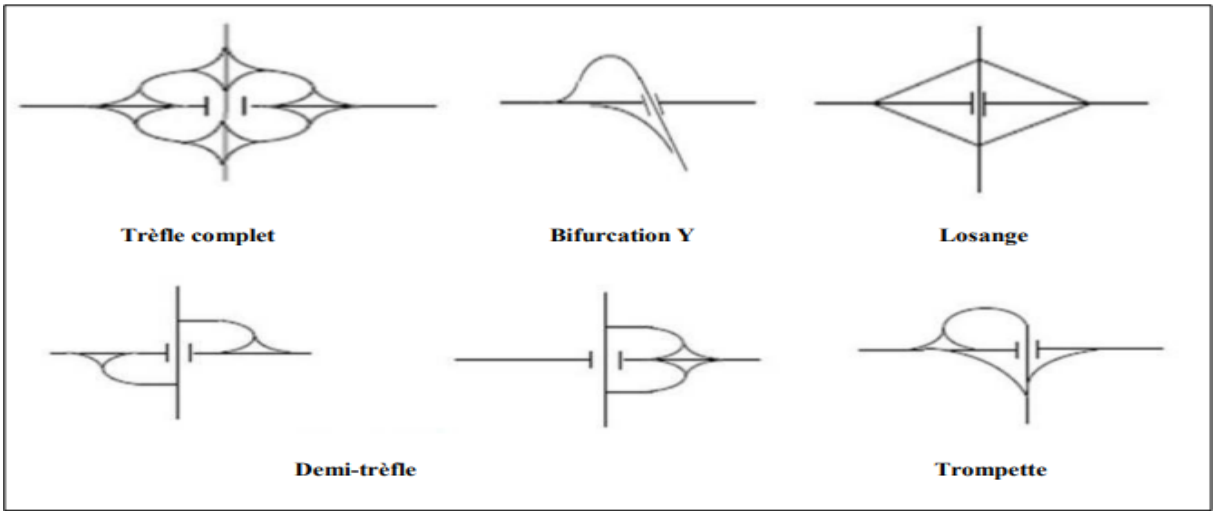
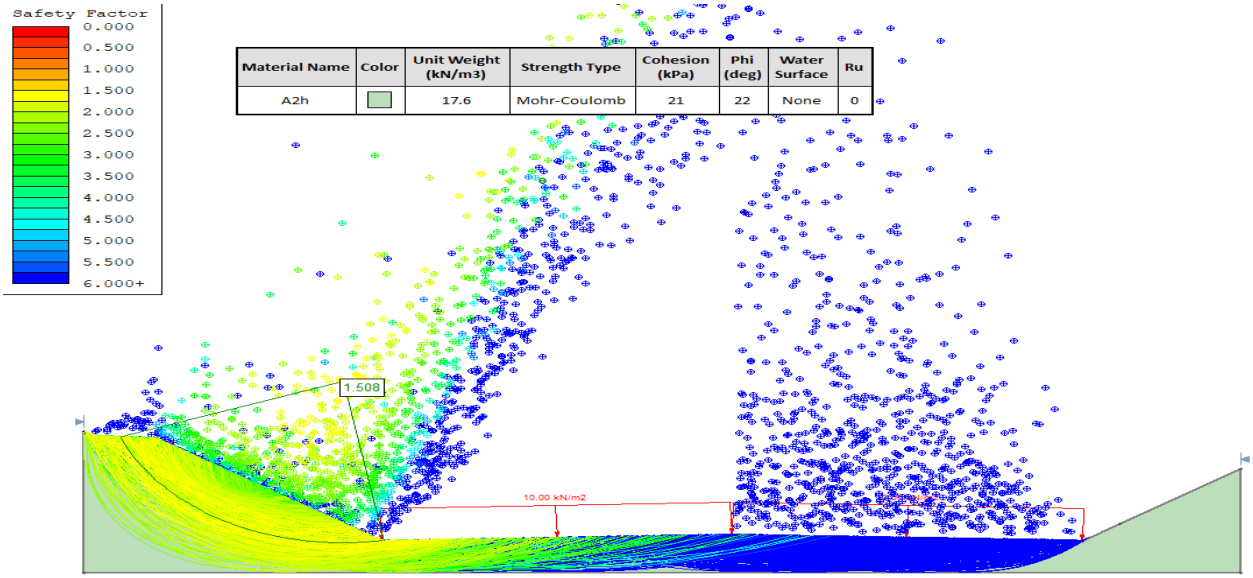
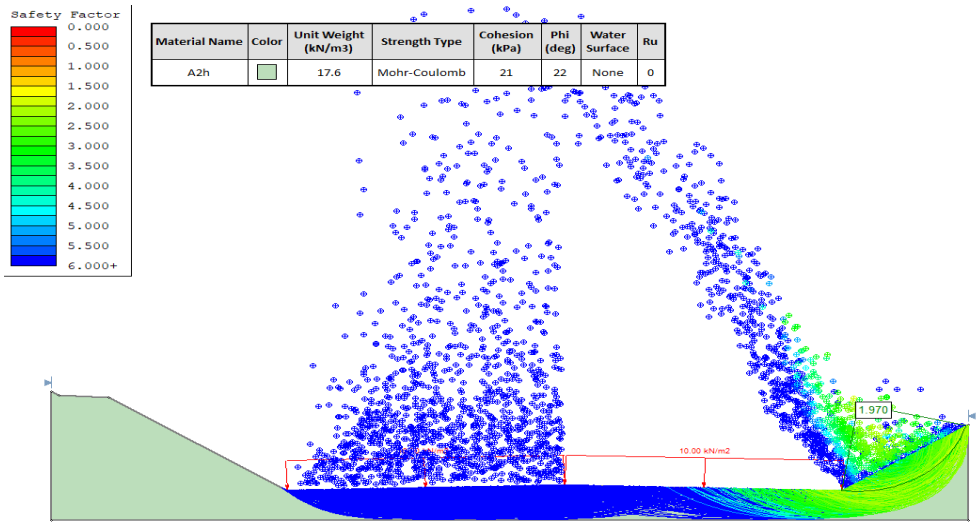


Figure IX.2. Les différents types d'échangeur.

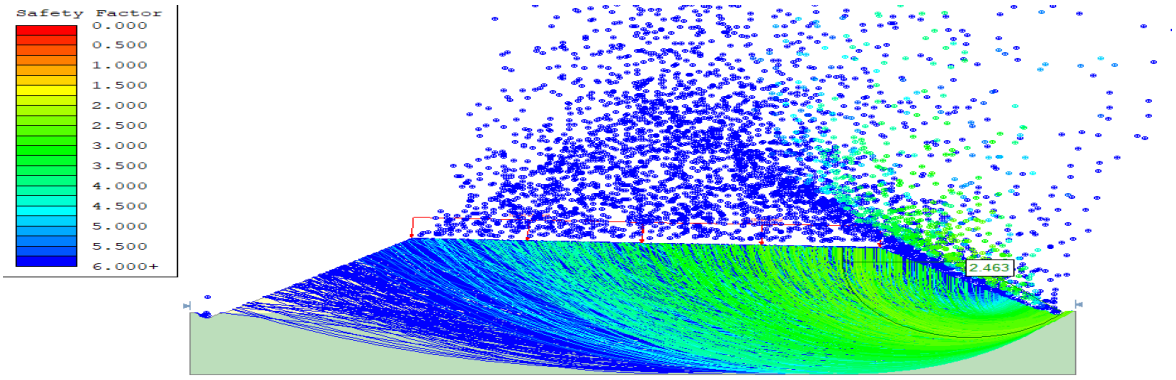
ANNEXE CHAPITRE X : étude de stabilité et cubatures

Concernant logiciel slides

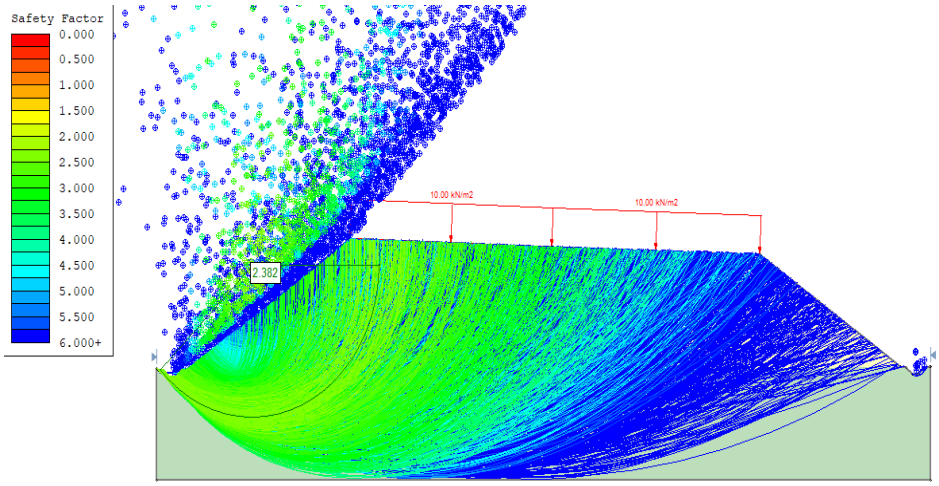




Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Ru
A2h		17.6	Mohr-Coulomb	21	22	None	0

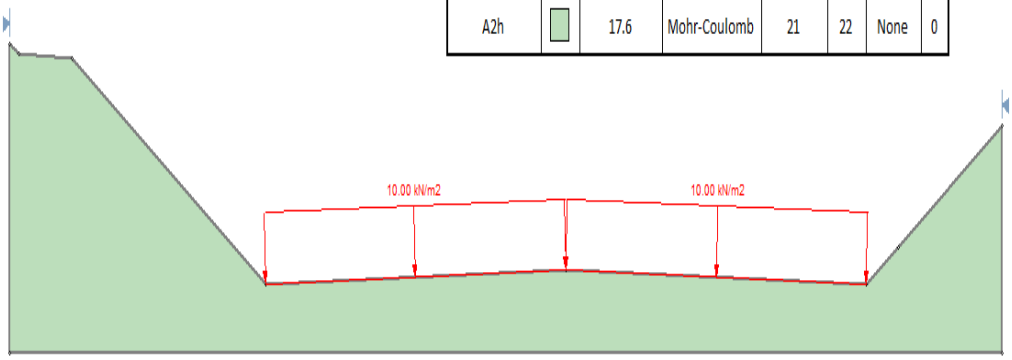


Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Ru
remblais		18	Mohr-Coulomb	113	38	None	0
A2h		17.6	Mohr-Coulomb	21	22	None	0

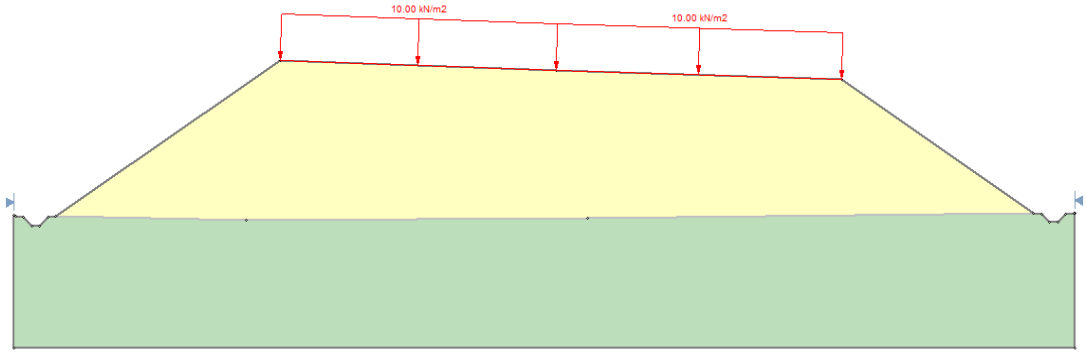


Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Ru
remblais		18	Mohr-Coulomb	113	38	None	0
A2h		17.6	Mohr-Coulomb	21	22	None	0

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Ru
A2h		17.6	Mohr-Coulomb	21	22	None	0



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Ru
remblais		18	Mohr-Coulomb	113	38	None	0
A2h		17.6	Mohr-Coulomb	21	22	None	0



Annexes

Profil En Long Projet

Axe : Axe pfe ben - mesb
Table courante : ICTAAL L1

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	0.70 %	72.422	0+000.000	830.839
Cercle 1	Rayon	-20000.000 m	278.190	0+072.422	831.349
	Sommet Absc.	0+213.323 m			
	Sommet Alt.	831.845 m			
Pente 2	Pente	-0.69 %	2048.470	0+350.612	831.374
Cercle 2	Rayon	10000.000 m	151.251	2+399.083	817.312
	Sommet Absc.	2+467.727 m			
	Sommet Alt.	817.077 m			
Pente 3	Pente	0.83 %	287.981	2+550.334	817.418
Cercle 3	Rayon	-30000.000 m	523.369	2+838.314	819.797
	Sommet Absc.	3+086.134 m			
	Sommet Alt.	820.820 m			
Pente 4	Pente	-0.92 %	780.009	3+361.684	819.555
Cercle 4	Rayon	8000.000 m	117.737	4+141.692	812.390
	Sommet Absc.	4+215.172 m			
	Sommet Alt.	812.053 m			
Pente 5	Pente	0.55 %	633.010	4+259.429	812.175
Cercle 5	Rayon	-50000.000 m	1087.153	4+892.439	815.677
	Sommet Absc.	5+169.046 m			
	Sommet Alt.	816.442 m			
Pente 6	Pente	-1.62 %	133.378	5+979.592	809.872
Cercle 6	Rayon	10000.000 m	224.073	6+112.970	807.710
	Sommet Absc.	6+275.079 m			
	Sommet Alt.	806.395 m			
Pente 7	Pente	0.62 %	731.234	6+337.043	806.587
Cercle 7	Rayon	-35000.000 m	413.447	7+068.277	811.119
	Sommet Absc.	7+285.149 m			
	Sommet Alt.	811.790 m			
Pente 8	Pente	-0.56 %	609.780	7+481.724	811.238
Cercle 8	Rayon	10000.000 m	116.992	8+091.504	807.814
	Sommet Absc.	8+147.668 m			
	Sommet Alt.	807.656 m			
Pente 9	Pente	0.61 %	850.802	8+208.496	807.841
Cercle 9	Rayon	-35000.000 m	481.401	9+059.298	813.016
	Sommet Absc.	9+272.194 m			
	Sommet Alt.	813.664 m			
Pente 10	Pente	-0.77 %	429.322	9+540.699	812.634
				9+970.021	809.340
Longueur totale de l'axe 9970.021 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 9970.256 mètre(s)					

Axe En Plan

Axe : Axe pfe ben - mesb
Table courante : ICTAAL L1

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	368.69gr	442.252	0+000.000	258140.941	3955149.097
Arc 1	Rayon	1600.000 m	156.723	0+442.252	257932.103	3955538.934
	Centre X	256521.731 m				
	Centre Y	3954783.387 m				
Droite 2	Gisement	362.45gr	696.801	0+598.975	257851.453	3955673.240
Arc 2	Rayon	1600.000 m	51.581	1+295.775	257463.922	3956252.335
	Centre X	256134.199 m				
	Centre Y	3955362.481 m				
Droite 3	Gisement	360.40gr	485.065	1+347.357	257434.548	3956294.733
Arc 3	Rayon	1600.000 m	284.621	1+832.422	257151.921	3956688.954
	Centre X	255851.573 m				
	Centre Y	3955756.703 m				
Droite 4	Gisement	349.08gr	355.675	2+117.043	256966.438	3956904.342
Arc 4	Rayon	1600.000 m	234.414	2+472.719	256711.321	3957152.173
	Centre X	255596.456 m				
	Centre Y	3956004.534 m				
Droite 5	Gisement	339.75gr	1188.575	2+707.132	256531.839	3957302.632
Arc 5	Rayon	-1800.000 m	37.150	3+895.708	255567.535	3957997.490
	Centre X	256619.841 m				
	Centre Y	3959457.850 m				
Droite 6	Gisement	341.06gr	350.826	3+932.858	255537.621	3958019.518
Arc 6	Rayon	-1600.000 m	134.550	4+283.684	255257.285	3958230.447
	Centre X	256219.258 m				
	Centre Y	3959508.964 m				
Droite 7	Gisement	346.42gr	255.289	4+418.234	255153.296	3958315.765
Clothoïde 1	Paramètre	-333.333	111.111	4+673.523	254962.914	3958485.846
Arc 7	Rayon	-1000.000 m	221.763	4+784.634	254881.449	3958561.382
	Centre X	255588.057 m				
	Centre Y	3959268.987 m				
Clothoïde 2	Paramètre	333.333	111.111	5+006.397	254743.116	3958734.129
Droite 8	Gisement	367.61gr	223.718	5+117.508	254687.212	3958830.134
Clothoïde 3	Paramètre	-280.312	120.885	5+341.226	254578.235	3959025.516
Arc 8	Rayon	-650.000 m	129.049	5+462.111	254522.671	3959132.821
	Centre X	255117.288 m				
	Centre Y	3959395.369 m				
Clothoïde 4	Paramètre	280.312	120.885	5+591.160	254482.568	3959255.258
Droite 9	Gisement	392.09gr	246.703	5+712.044	254463.882	3959374.643
Clothoïde 5	Paramètre	-280.312	120.885	5+958.748	254433.303	3959619.444
Arc 9	Rayon	-650.000 m	71.889	6+079.632	254422.047	3959739.757
	Centre X	255071.729 m				
	Centre Y	3959760.087 m				
Clothoïde 6	Paramètre	280.312	120.885	6+151.521	254423.773	3959811.588
Droite 10	Gisement	10.97gr	318.180	6+272.406	254440.792	3959931.221
Clothoïde 7	Paramètre	-278.119	110.500	6+590.585	254495.344	3960244.690
Arc 10	Rayon	-700.000 m	49.740	6+701.085	254517.141	3960352.987
	Centre X	255195.165 m				
	Centre Y	3960178.969 m				
Clothoïde 8	Paramètre	278.119	110.500	6+750.825	254531.206	3960400.687
Droite 11	Gisement	25.54gr	248.669	6+861.325	254571.659	3960503.483

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Arc 11	Rayon	-2500.000 m	212.669	7+109.994	254668.774	3960732.404
	Centre X	256970.239 m				
	Centre Y	3959756.054 m				
Droite 12	Gisement	30.96gr	1965.650	7+322.664	254760.052	3960924.418
Arc 12	Rayon	2800.000 m	128.726	9+288.313	255678.689	3962662.199
	Centre X	253203.280 m				
	Centre Y	3963970.766 m				
Droite 13	Gisement	28.03gr	552.982	9+417.039	255736.212	3962777.345
				9+970.021	255971.905	3963277.583
Longueur totale de l'axe 9970.021 mètre(s)						

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Axe : Axe pfe ben - mesb
Table courante : ICTAAL L1

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	0+000.000	12.500	42.60	0.02	532.5	0.2	532.5	0.2
P02	0+025.000	25.000	34.53	0.26	863.2	6.5	1395.7	6.7
P03	0+050.000	25.000	25.20	1.46	629.9	36.5	2025.6	43.3
P04	0+075.000	25.000	16.71	6.69	417.8	167.2	2443.4	210.5
P05	0+100.000	25.000	9.93	12.90	248.2	322.5	2691.6	533.0
P06	0+125.000	25.000	6.36	21.17	158.9	529.2	2850.5	1062.2
P07	0+150.000	25.000	3.74	27.47	93.4	686.7	2943.9	1748.9
P08	0+175.000	25.000	2.35	32.59	58.8	814.7	3002.8	2563.6
P09	0+200.000	25.000	1.61	43.03	40.3	1075.6	3043.1	3639.3
P10	0+225.000	25.000	1.31	38.35	32.6	958.7	3075.7	4597.9
P11	0+250.000	25.000	1.31	40.08	32.8	1002.1	3108.5	5600.0
P12	0+275.000	25.000	1.40	37.97	35.0	949.2	3143.5	6549.2
P13	0+300.000	25.000	1.36	38.52	34.1	963.0	3177.6	7512.2
P14	0+325.000	25.000	1.32	39.07	32.9	976.8	3210.5	8489.0
P15	0+350.000	25.000	1.12	26.18	28.1	654.4	3238.6	9143.4
P16	0+375.000	25.000	1.50	18.19	37.5	454.7	3276.1	9598.1
P17	0+400.000	25.000	1.69	14.48	42.2	361.9	3318.3	9960.0
P18	0+425.000	25.000	2.71	10.33	67.7	258.3	3386.0	10218.3
P19	0+450.000	25.000	1.24	11.45	31.0	286.9	3416.9	10505.2
P20	0+475.000	25.000	1.20	12.98	30.0	326.2	3446.9	10831.4
P21	0+500.000	25.000	1.28	11.74	32.0	295.4	3478.9	11126.8
P22	0+525.000	25.000	2.74	11.14	68.2	280.7	3547.1	11407.5
P23	0+550.000	25.000	4.83	10.74	120.5	270.5	3667.6	11678.0
P24	0+575.000	25.000	6.86	8.98	170.9	226.2	3838.5	11904.2
P25	0+600.000	25.000	9.83	7.75	245.4	194.3	4083.9	12098.5
P26	0+625.000	25.000	12.80	5.55	320.0	138.7	4403.9	12237.2
P27	0+650.000	25.000	13.76	4.23	344.0	105.7	4747.9	12342.8
P28	0+675.000	25.000	15.75	3.01	393.6	75.3	5141.6	12418.1
P29	0+700.000	25.000	17.43	2.18	435.8	54.6	5577.4	12472.7
P30	0+725.000	25.000	18.94	1.65	473.6	41.2	6051.0	12513.8

P31	0+750.000	25.000	20.73	5.89	518.3	147.2	6569.3	12661.0
P32	0+775.000	25.000	19.66	12.86	491.4	321.5	7060.7	12982.5
P33	0+800.000	25.000	28.75	0.28	718.7	7.0	7779.4	12989.5
P34	0+825.000	25.000	39.98	0.00	999.6	0.0	8779.0	12989.5
P35	0+850.000	25.000	61.41	0.00	1535.2	0.0	10314.2	12989.5
P36	0+875.000	25.000	71.28	0.00	1782.1	0.0	12096.2	12989.5
P37	0+900.000	25.000	81.35	0.00	2033.7	0.0	14129.9	12989.5
P38	0+925.000	25.000	79.02	0.01	1975.6	0.1	16105.5	12989.7
P39	0+950.000	25.000	79.37	0.00	1984.3	0.0	18089.8	12989.7
P40	0+975.000	25.000	74.62	0.00	1865.5	0.0	19955.3	12989.7
P41	0+1000.000	25.000	73.99	0.00	1849.6	0.0	21805.0	12989.7
P42	1+025.000	25.000	79.10	0.00	1977.6	0.0	23782.6	12989.7
P43	1+050.000	25.000	82.37	0.00	2059.2	0.0	25841.8	12989.7
P44	1+075.000	25.000	85.85	0.00	2146.4	0.0	27988.2	12989.7
P45	1+100.000	25.000	91.93	0.00	2298.3	0.0	30286.4	12989.7
P46	1+125.000	25.000	94.70	0.00	2367.5	0.0	32653.9	12989.7
P47	1+150.000	25.000	104.38	0.00	2609.6	0.0	35263.5	12989.7
P48	1+175.000	25.000	111.66	0.00	2791.5	0.0	38055.0	12989.7
P49	1+200.000	25.000	124.83	0.00	3120.8	0.0	41175.8	12989.7
P50	1+225.000	25.000	135.41	0.00	3385.3	0.0	44561.1	12989.7

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P51	1+250.000	25.000	147.38	0.00	3684.5	0.0	48245.6	12989.7
P52	1+275.000	25.000	153.59	0.00	3839.8	0.0	52085.4	12989.7
P53	1+300.000	25.000	166.65	0.00	4164.0	0.0	56249.4	12989.7
P54	1+325.000	25.000	167.26	0.00	4177.1	0.0	60426.6	12989.7
P55	1+350.000	25.000	176.27	0.00	4404.9	0.0	64831.4	12989.7
P56	1+375.000	25.000	205.97	0.00	5149.2	0.0	69980.7	12989.7
P57	1+400.000	25.000	210.91	0.00	5272.9	0.0	75253.5	12989.7
P58	1+425.000	25.000	234.61	0.00	5865.2	0.0	81118.8	12989.7
P59	1+450.000	25.000	251.99	0.00	6299.7	0.0	87418.4	12989.7
P60	1+475.000	25.000	268.25	0.00	6706.1	0.0	94124.6	12989.7
P61	1+500.000	25.000	276.71	0.00	6917.9	0.0	101042.5	12989.7
P62	1+525.000	25.000	280.69	0.00	7017.3	0.0	108059.7	12989.7
P63	1+550.000	25.000	295.30	0.00	7382.5	0.0	115442.2	12989.7
P64	1+575.000	25.000	288.49	0.00	7212.2	0.0	122654.5	12989.7
P65	1+600.000	25.000	289.31	0.00	7232.7	0.0	129887.1	12989.7
P66	1+625.000	25.000	287.71	0.37	7192.6	9.3	137079.8	12998.9
P67	1+650.000	25.000	290.68	0.00	7266.9	0.0	144346.7	12998.9
P68	1+675.000	25.000	288.47	0.00	7211.9	0.0	151558.5	12998.9
P69	1+700.000	25.000	282.45	0.00	7061.2	0.0	158619.7	12998.9
P70	1+725.000	25.000	272.05	0.00	6801.2	0.0	165421.0	12998.9
P71	1+750.000	25.000	256.20	0.00	6405.0	0.0	171826.0	12998.9
P72	1+775.000	25.000	239.18	0.00	5979.6	0.0	177805.5	12998.9
P73	1+800.000	25.000	227.35	0.00	5683.8	0.0	183489.4	12998.9
P74	1+825.000	25.000	218.00	0.00	5449.7	0.0	188939.1	12998.9
P75	1+850.000	25.000	215.55	0.00	5386.6	0.0	194325.7	12998.9
P76	1+875.000	25.000	217.88	0.00	5443.9	0.0	199769.6	12998.9
P77	1+900.000	25.000	213.38	0.00	5330.1	0.0	205099.8	12998.9
P78	1+925.000	25.000	199.25	0.00	4975.9	0.0	210075.7	12998.9
P79	1+950.000	25.000	198.78	0.00	4965.3	0.0	215041.0	12998.9
P80	1+975.000	25.000	185.10	0.00	4623.4	0.0	219664.3	12998.9
P81	2+000.000	25.000	170.01	0.00	4246.5	0.0	223910.8	12998.9
P82	2+025.000	25.000	160.15	0.00	4000.0	0.0	227910.8	12998.9
P83	2+050.000	25.000	146.67	0.00	3663.1	0.0	231573.8	12998.9
P84	2+075.000	25.000	140.14	0.00	3500.2	0.0	235074.0	12998.9
P85	2+100.000	25.000	138.66	0.00	3463.5	0.0	238537.5	12998.9

P86	2+125.000	25.000	133.42	0.00	3335.0	0.0	241872.5	12998.9
P87	2+150.000	25.000	119.13	0.00	2978.1	0.0	244850.7	12998.9
P88	2+175.000	25.000	113.82	0.00	2845.6	0.0	247696.2	12998.9
P89	2+200.000	25.000	107.31	0.00	2682.7	0.0	250378.9	12998.9
P90	2+225.000	25.000	98.65	0.00	2466.2	0.0	252845.1	12998.9
P91	2+250.000	25.000	94.92	0.00	2373.1	0.0	255218.2	12998.9
P92	2+275.000	25.000	85.28	0.00	2132.1	0.0	257350.3	12998.9
P93	2+300.000	25.000	78.38	0.00	1959.6	0.0	259309.9	12998.9
P94	2+325.000	25.000	70.76	0.00	1769.1	0.0	261079.0	12998.9
P95	2+350.000	25.000	63.75	0.00	1593.8	0.0	262672.7	12998.9
P96	2+375.000	25.000	60.72	0.00	1517.9	0.0	264190.7	12998.9
P97	2+400.000	25.000	56.80	0.00	1420.0	0.0	265610.7	12998.9
P98	2+425.000	25.000	48.71	0.00	1217.7	0.0	266828.4	12998.9
P99	2+450.000	25.000	42.29	0.00	1057.2	0.0	267885.6	12998.9
P100	2+475.000	25.000	35.34	0.03	883.2	0.7	268768.8	12999.6
P101	2+500.000	25.000	30.61	0.00	764.9	0.1	269533.7	12999.7
P102	2+525.000	25.000	23.00	0.00	574.5	0.1	270108.2	12999.8
P103	2+550.000	25.000	15.16	0.00	378.6	0.1	270486.8	12999.9
P104	2+575.000	25.000	3.92	0.99	97.6	24.8	270584.4	13024.7
P105	2+600.000	25.000	1.31	9.96	32.9	249.4	270617.3	13274.1
P106	2+625.000	25.000	1.31	19.58	32.9	489.7	270650.1	13763.9
P107	2+650.000	25.000	1.31	28.09	32.8	702.6	270683.0	14466.5
P108	2+675.000	25.000	1.31	40.66	32.8	1016.8	270715.8	15483.2
P109	2+700.000	25.000	1.32	49.78	32.9	1244.8	270748.7	16728.0
P110	2+725.000	25.000	1.31	58.29	32.8	1457.3	270781.5	18185.3
P111	2+750.000	25.000	1.31	62.84	32.7	1571.0	270814.2	19756.4

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P112	2+775.000	25.000	1.32	76.03	33.1	1900.7	270847.2	21657.1
P113	2+800.000	25.000	1.32	80.08	33.0	2002.1	270880.2	23659.2
P114	2+825.000	25.000	1.31	78.06	32.8	1951.5	270913.0	25610.7
P115	2+850.000	25.000	1.31	64.17	32.8	1604.1	270945.8	27214.9
P116	2+875.000	25.000	1.27	42.75	31.8	1068.7	270977.6	28283.5
P117	2+900.000	25.000	1.31	29.39	32.9	734.9	271010.5	29018.4
P118	2+925.000	25.000	1.37	19.82	34.2	495.6	271044.7	29514.0
P119	2+950.000	25.000	3.34	11.05	83.5	276.2	271128.3	29790.1
P120	2+975.000	25.000	3.93	10.60	98.2	265.0	271226.5	30055.1
P121	2+1000.000	25.000	6.19	5.25	154.6	131.2	271381.1	30186.3
P122	3+025.000	25.000	23.27	0.02	581.8	0.6	271963.0	30186.9
P123	3+050.000	25.000	57.36	0.05	1434.0	1.3	273396.9	30188.2
P124	3+075.000	25.000	84.38	0.00	2109.4	0.0	275506.4	30188.2
P125	3+100.000	25.000	87.81	0.00	2195.3	0.0	277701.6	30188.2
P126	3+125.000	25.000	73.45	0.00	1836.2	0.0	279537.9	30188.2
P127	3+150.000	25.000	44.67	0.00	1116.9	0.1	280654.7	30188.3
P128	3+175.000	25.000	23.39	0.01	584.9	0.2	281239.6	30188.5
P129	3+200.000	25.000	2.34	8.10	58.6	202.5	281298.2	30391.0
P130	3+225.000	25.000	1.26	37.47	31.5	936.8	281329.7	31327.8
P131	3+250.000	25.000	1.33	84.96	33.4	2123.9	281363.0	33451.7
P132	3+275.000	25.000	1.33	119.94	33.3	2998.4	281396.3	36450.2
P133	3+300.000	25.000	1.31	136.95	32.7	3423.7	281429.0	39873.9
P134	3+325.000	25.000	1.31	150.00	32.8	3750.0	281461.8	43623.9
P135	3+350.000	25.000	1.31	155.53	32.8	3888.3	281494.6	47512.2
P136	3+375.000	25.000	1.31	153.63	32.8	3840.9	281527.4	51353.1
P137	3+400.000	25.000	1.31	149.16	32.8	3729.0	281560.2	55082.0
P138	3+425.000	25.000	1.31	139.79	32.8	3494.9	281592.9	58576.9
P139	3+450.000	25.000	1.31	134.81	32.9	3370.3	281625.8	61947.2
P140	3+475.000	25.000	1.31	127.85	32.8	3196.2	281658.6	65143.4
P141	3+500.000	25.000	1.31	120.58	32.8	3014.4	281691.4	68157.8
P142	3+525.000	25.000	1.31	114.36	32.8	2859.1	281724.2	71016.9
P143	3+550.000	25.000	1.31	106.48	32.7	2661.9	281756.9	73678.8
P144	3+575.000	25.000	1.31	100.75	32.8	2518.7	281789.7	76197.5
P145	3+600.000	25.000	1.31	95.91	32.8	2397.9	281822.5	78595.4
P146	3+625.000	25.000	1.31	87.21	32.8	2180.4	281855.4	80775.7

P147	3+650.000	25.000	1.31	82.82	32.8	2070.5	281888.2	82846.3
P148	3+675.000	25.000	1.29	69.75	32.3	1743.8	281920.4	84590.1
P149	3+700.000	25.000	1.29	62.01	32.3	1550.2	281952.7	86140.3
P150	3+725.000	25.000	1.31	63.55	32.8	1588.7	281985.5	87729.0
P151	3+750.000	25.000	1.32	58.99	32.9	1474.7	282018.5	89203.7
P152	3+775.000	25.000	1.31	52.48	32.8	1311.9	282051.3	90515.5
P153	3+800.000	25.000	1.29	42.29	32.2	1057.3	282083.5	91572.9
P154	3+825.000	25.000	1.35	40.22	33.7	1005.6	282117.2	92578.4
P155	3+850.000	25.000	1.34	43.29	33.5	1082.4	282150.7	93660.8
P156	3+875.000	25.000	1.34	41.24	33.5	1031.0	282184.3	94691.8
P157	3+900.000	25.000	1.31	31.79	32.9	794.5	282217.1	95486.3
P158	3+925.000	25.000	1.31	22.68	32.8	566.5	282249.9	96052.8
P159	3+950.000	25.000	1.31	13.21	32.8	330.2	282282.7	96383.1
P160	3+975.000	25.000	1.25	9.44	31.3	236.0	282314.1	96619.1
P161	3+1000.000	25.000	1.60	6.89	39.9	172.1	282354.0	96791.2
P162	4+025.000	25.000	2.52	1.62	63.1	40.6	282417.1	96831.8
P163	4+050.000	25.000	8.77	0.00	219.1	0.0	282636.2	96831.8
P164	4+075.000	25.000	12.58	0.00	314.5	0.0	282950.7	96831.8
P165	4+100.000	25.000	18.64	0.00	466.1	0.0	283416.8	96831.8
P166	4+125.000	25.000	25.23	0.00	630.7	0.0	284047.4	96831.8
P167	4+150.000	25.000	35.59	0.00	889.7	0.0	284937.1	96831.8
P168	4+175.000	25.000	41.06	0.00	1026.5	0.0	285963.6	96831.8
P169	4+200.000	25.000	42.02	0.00	1050.6	0.0	287014.2	96831.8
P170	4+225.000	25.000	40.57	0.00	1014.4	0.0	288028.5	96831.8
P171	4+250.000	25.000	39.61	0.00	990.2	0.0	289018.7	96831.8
P172	4+275.000	25.000	34.58	0.00	864.6	0.0	289883.3	96831.8

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P173	4+300.000	25.000	29.77	0.00	744.2	0.0	290627.6	96831.8
P174	4+325.000	25.000	28.22	0.00	705.4	0.0	291333.0	96831.8
P175	4+350.000	25.000	21.45	0.00	536.1	0.0	291869.1	96831.8
P176	4+375.000	25.000	16.06	0.00	401.4	0.0	292270.5	96831.8
P177	4+400.000	25.000	9.15	0.00	228.7	0.0	292499.2	96831.8
P178	4+425.000	25.000	5.52	0.39	137.8	9.7	292637.0	96841.6
P179	4+450.000	25.000	3.28	1.32	82.0	33.0	292719.1	96874.6
P180	4+475.000	25.000	1.33	10.51	33.1	262.8	292752.2	97137.3
P181	4+500.000	25.000	1.32	27.43	33.1	685.6	292785.3	97823.0
P182	4+525.000	25.000	1.32	42.94	33.1	1073.4	292818.3	98896.4
P183	4+550.000	25.000	1.32	51.68	32.9	1292.1	292851.2	100188.5
P184	4+575.000	25.000	1.31	60.72	32.9	1517.9	292884.1	101706.4
P185	4+600.000	25.000	1.30	70.60	32.6	1765.0	292916.7	103471.3
P186	4+625.000	25.000	1.30	82.86	32.4	2071.4	292949.2	105542.7
P187	4+650.000	25.000	1.31	101.33	32.7	2533.1	292981.8	108075.9
P188	4+675.000	25.000	1.35	117.01	33.7	2925.3	293015.6	111001.1
P189	4+700.000	25.000	1.34	122.52	33.4	3063.0	293049.0	114064.2
P190	4+725.000	25.000	1.32	129.65	32.9	3241.3	293081.8	117305.5
P191	4+750.000	25.000	1.33	137.49	33.2	3437.3	293115.0	120742.8
P192	4+775.000	25.000	1.30	142.85	32.6	3571.4	293147.6	124314.2
P193	4+800.000	25.000	1.30	148.65	32.5	3716.2	293180.1	128030.4
P194	4+825.000	25.000	1.32	154.97	33.0	3875.1	293213.1	131905.5
P195	4+850.000	25.000	1.34	158.06	33.5	3953.4	293246.6	135858.8
P196	4+875.000	25.000	1.35	161.38	33.7	4037.4	293280.4	139896.2
P197	4+900.000	25.000	1.34	165.66	33.6	4145.6	293313.9	144041.8
P198	4+925.000	25.000	1.37	167.10	34.1	4180.9	293348.0	148222.7
P199	4+950.000	25.000	1.32	173.65	33.0	4346.2	293381.0	152568.9
P200	4+975.000	25.000	1.35	187.86	33.6	4701.6	293414.6	157270.5
P201	5+000.000	25.000	1.35	203.20	33.6	5085.1	293448.2	162355.7
P202	5+025.000	25.000	1.35	214.18	33.6	5358.0	293481.8	167713.7
P203	5+050.000	25.000	1.33	225.54	33.3	5640.9	293515.1	173354.6
P204	5+075.000	25.000	1.32	233.04	33.1	5827.1	293548.2	179181.7
P205	5+100.000	25.000	1.33	240.43	33.2	6011.3	293581.3	185193.0
P206	5+125.000	25.000	1.33	241.81	33.3	6045.3	293614.6	191238.3
P207	5+150.000	25.000	1.31	237.58	32.8	5939.4	293647.4	197177.7

P208	5+175.000	25.000	1.37	223.92	34.2	5597.9	293681.6	202775.6
P209	5+200.000	25.000	1.35	197.63	33.7	4940.8	293715.3	207716.4
P210	5+225.000	25.000	1.37	187.70	34.3	4692.5	293749.6	212409.0
P211	5+250.000	25.000	1.31	214.01	32.8	5350.3	293782.4	217759.3
P212	5+275.000	25.000	1.32	267.28	33.1	6682.1	293815.5	224441.4
P213	5+300.000	18.287	0.00	219.98	0.0	4022.8	293815.5	228464.2
P213-1	5+311.575	5.900	0.00	236.38	0.0	1394.7	293815.5	229858.8
P213-2	5+311.800	6.713	0.00	236.78	0.0	1589.4	293815.5	231448.2
P214	5+325.000	18.172	0.00	268.44	0.0	4878.1	293815.5	236326.3
P214-1	5+348.144	12.500	0.00	249.79	0.0	3122.4	293815.5	239448.7
P215	5+350.000	12.518	1.33	401.38	16.7	5024.9	293832.2	244473.6
P215-1	5+373.180	11.633	1.27	403.84	14.8	4698.9	293847.0	249172.5
P215-2	5+373.267	0.910	1.27	403.70	1.2	367.5	293848.1	249540.0
P216	5+375.000	13.366	0.00	249.37	0.0	3333.3	293848.1	252873.4
P217	5+400.000	23.246	0.00	212.06	0.0	4930.6	293848.1	257803.9
P217-1	5+421.492	12.500	0.00	258.19	0.0	3228.1	293848.1	261032.1
P218	5+425.000	14.254	1.42	422.93	20.3	6036.2	293868.5	267068.3
P219	5+450.000	25.000	1.38	407.95	34.6	10219.6	293903.0	277287.9
P220	5+475.000	25.000	1.34	385.16	33.6	9653.9	293936.6	286941.8
P221	5+500.000	25.000	1.46	382.99	36.7	9603.6	293973.2	296545.4
P222	5+525.000	25.000	1.36	381.34	34.0	9567.4	294007.2	306112.8
P223	5+550.000	25.000	1.39	370.47	34.8	9291.6	294042.0	315404.5
P224	5+575.000	25.000	1.37	331.38	34.3	8305.3	294076.3	323709.8
P225	5+600.000	25.000	1.38	335.88	34.5	8414.1	294110.8	332123.8
P226	5+625.000	25.000	1.24	328.60	30.9	8223.4	294141.7	340347.3
P227	5+650.000	25.000	1.36	327.81	34.0	8199.9	294175.7	348547.2

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P228	5+675.000	25.000	1.35	310.94	33.7	7775.7	294209.3	356322.9
P229	5+700.000	25.000	1.35	287.29	33.9	7182.9	294243.2	363505.8
P230	5+725.000	25.000	1.33	259.85	33.3	6496.2	294276.5	370002.1
P231	5+750.000	25.000	1.33	233.41	33.2	5835.3	294309.6	375837.4
P232	5+775.000	25.000	1.31	203.45	32.8	5086.3	294342.5	380923.7
P233	5+800.000	25.000	1.35	182.97	33.8	4574.2	294376.2	385497.9
P234	5+825.000	25.000	1.38	153.80	34.4	3845.0	294410.6	389342.9
P235	5+850.000	25.000	1.35	119.27	33.6	2981.7	294444.2	392324.6
P236	5+875.000	25.000	1.32	94.35	33.0	2358.8	294477.2	394683.4
P237	5+900.000	25.000	1.33	76.66	33.4	1916.6	294510.6	396599.9
P238	5+925.000	25.000	1.33	78.86	33.3	1971.6	294543.8	398571.5
P239	5+950.000	25.000	1.36	80.61	34.0	2015.3	294577.9	400586.8
P240	5+975.000	25.000	1.34	72.37	33.6	1810.5	294611.5	402397.3
P241	5+1000.000	25.000	1.36	64.40	33.9	1613.1	294645.3	404010.4
P242	6+025.000	25.000	1.34	57.62	33.4	1446.4	294678.8	405456.8
P243	6+050.000	25.000	1.37	51.91	34.2	1307.2	294712.9	406764.0
P244	6+075.000	25.000	1.47	43.80	36.7	1108.1	294749.6	407872.1
P245	6+100.000	25.000	3.66	32.85	90.3	833.0	294839.9	408705.0
P246	6+125.000	25.000	7.57	21.05	186.1	535.0	295026.0	409240.1
P247	6+150.000	25.000	10.40	13.92	256.3	354.3	295282.3	409594.4
P248	6+175.000	25.000	14.40	5.42	356.2	137.8	295638.5	409732.2
P249	6+200.000	25.000	18.26	1.16	453.5	29.4	296092.0	409761.6
P250	6+225.000	25.000	21.21	0.02	528.7	0.5	296620.7	409762.1
P251	6+250.000	25.000	20.64	0.02	515.5	0.5	297136.2	409762.6
P252	6+275.000	25.000	24.33	0.02	608.3	0.4	297744.4	409763.0
P253	6+300.000	25.000	30.74	0.01	768.6	0.4	298513.0	409763.4
P254	6+325.000	25.000	39.39	0.02	984.7	0.4	299497.8	409763.8
P255	6+350.000	25.000	43.72	0.02	1093.1	0.4	300590.9	409764.2
P256	6+375.000	25.000	44.41	0.03	1110.2	0.6	301701.1	409764.9
P257	6+400.000	25.000	51.96	0.04	1299.0	0.9	303000.1	409765.8
P258	6+425.000	25.000	66.36	0.00	1659.1	0.0	304659.2	409765.8
P259	6+450.000	25.000	75.09	0.00	1877.2	0.0	306536.4	409765.8
P260	6+475.000	25.000	76.24	0.00	1905.9	0.0	308442.2	409765.8
P261	6+500.000	25.000	71.23	0.00	1780.7	0.0	310222.9	409765.8
P262	6+525.000	25.000	72.86	0.00	1821.5	0.0	312044.4	409765.8
P263	6+550.000	25.000	87.06	0.00	2176.5	0.0	314221.0	409765.8
P264	6+575.000	25.000	99.20	0.00	2479.9	0.0	316700.9	409765.8
P265	6+600.000	25.000	108.39	0.00	2709.6	0.0	319410.5	409765.8
P266	6+625.000	25.000	133.77	0.00	3342.9	0.0	322753.4	409765.8
P267	6+650.000	25.000	163.03	0.00	4072.1	0.0	326825.6	409765.8
P268	6+675.000	25.000	161.29	0.00	4027.1	0.0	330852.7	409765.8
P269	6+700.000	25.000	183.21	0.00	4569.1	0.0	335421.8	409765.8
P270	6+725.000	25.000	194.96	0.00	4863.4	0.0	340285.2	409765.8
P271	6+750.000	25.000	214.21	0.00	5350.1	0.0	345635.3	409765.8
P272	6+775.000	25.000	210.22	0.00	5259.2	0.0	350894.5	409765.8
P273	6+800.000	25.000	236.47	0.00	5910.2	0.0	356804.8	409765.8
P274	6+825.000	25.000	196.57	0.00	4912.2	0.0	361717.0	409765.8
P275	6+850.000	25.000	208.98	0.00	5224.9	0.0	366941.9	409765.8
P276	6+875.000	25.000	188.33	0.00	4708.2	0.0	371650.1	409765.8
P277	6+900.000	25.000	193.46	0.00	4836.6	0.0	376486.7	409765.8
P278	6+925.000	25.000	183.24	0.00	4580.9	0.0	381067.5	409765.8
P279	6+950.000	25.000	168.95	0.00	4223.8	0.0	385291.3	409765.8
P280	6+975.000	25.000	197.13	0.00	4928.2	0.0	390219.5	409765.8
P281	7+000.000	25.000	163.83	0.00	4095.7	0.0	394315.2	409765.8
P282	7+025.000	25.000	155.56	0.00	3888.9	0.0	398204.1	409765.8
P283	7+050.000	25.000	135.91	0.00	3397.8	0.0	401601.9	409765.8
P284	7+075.000	25.000	117.85	0.00	2946.4	0.0	404548.2	409765.8
P285	7+100.000	25.000	97.44	0.00	2435.9	0.0	406984.2	409765.8
P286	7+125.000	25.000	89.00	0.00	2224.8	0.0	409209.0	409765.8
P287	7+150.000	25.000	83.44	0.00	2085.9	0.0	411294.8	409765.8
P288	7+175.000	25.000	76.43	0.00	1910.8	0.0	413205.6	409765.8

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P289	7+200.000	25.000	72.05	0.00	1801.1	0.0	415006.7	409765.8
P290	7+225.000	25.000	70.39	0.00	1759.6	0.0	416766.3	409765.8
P291	7+250.000	25.000	70.39	0.00	1759.6	0.0	418526.0	409765.8
P292	7+275.000	25.000	69.42	0.00	1735.5	0.0	420261.5	409765.8
P293	7+300.000	25.000	69.60	0.00	1739.9	0.0	422001.4	409765.8
P294	7+325.000	25.000	71.58	0.00	1789.4	0.0	423790.9	409765.8
P295	7+350.000	25.000	72.04	0.00	1800.9	0.0	425591.8	409765.8
P296	7+375.000	25.000	71.56	0.00	1788.9	0.0	427380.7	409765.8
P297	7+400.000	25.000	72.55	0.00	1813.7	0.0	429194.4	409765.8
P298	7+425.000	25.000	70.74	0.00	1768.4	0.0	430962.8	409765.8
P299	7+450.000	25.000	64.91	0.00	1622.8	0.0	432585.6	409765.8
P300	7+475.000	25.000	64.89	0.00	1622.2	0.0	434207.8	409765.8
P301	7+500.000	25.000	70.91	0.00	1772.7	0.0	435980.5	409765.8
P302	7+525.000	25.000	75.12	0.00	1878.1	0.0	437858.6	409765.8
P303	7+550.000	25.000	75.64	0.00	1890.9	0.0	439749.5	409765.8
P304	7+575.000	25.000	71.94	0.00	1798.4	0.0	441547.9	409765.8
P305	7+600.000	25.000	58.53	0.00	1463.3	0.0	443011.2	409765.8
P306	7+625.000	25.000	57.57	0.00	1439.4	0.0	444450.6	409765.8
P307	7+650.000	25.000	51.28	0.00	1281.9	0.1	445732.5	409765.9
P308	7+675.000	25.000	39.13	0.03	978.3	0.7	446710.7	409766.6
P309	7+700.000	25.000	39.56	0.03	989.1	0.7	447699.9	409767.3
P310	7+725.000	25.000	42.92	0.10	1073.0	2.5	448772.9	409769.8
P311	7+750.000	25.000	48.43	0.00	1210.7	0.0	449983.6	409769.8
P312	7+775.000	25.000	51.95	0.00	1298.8	0.0	451282.3	409769.8
P313	7+800.000	25.000	48.99	0.02	1224.7	0.6	452507.0	409770.4
P314	7+825.000	25.000	42.99	0.05	1074.8	1.1	453581.8	409771.5
P315	7+850.000	25.000	31.37	0.05	784.1	1.3	454366.0	409772.8
P316	7+875.000	25.000	23.60	0.05	590.0	1.2	454956.0	409774.0
P317	7+900.000	25.000	17.96	0.03	449.1	0.7	455405.1	409774.7
P318	7+925.000	25.000	18.62	0.03	465.6	0.8	455870.7	409775.5
P319	7+950.000	25.000	20.69	0.03	517.4	0.7	456388.1	409776.2
P320	7+975.000	25.000	21.27	0.03	531.8	0.8	456919.8	409777.0
P321	8+000.000	25.000	19.32	0.03	482.9	0.7	457402.8	409777.7
P322	8+025.000	25.000	19.49	0.03	487.2	0.7	457890.0	409778.4
P323	8+050.000	25.000	21.33	0.03	533.3	0.7	458423.3	409779.1
P324	8+075.000	25.000	28.45	0.05	711.2	1.1	459134.5	409780.2
P325	8+100.000	25.000	34.81	0.05	870.4	1.2	460004.9	409781.5
P326	8+125.000	25.000	39.29	0.06	982.3	1.6	460987.2	409783.0
P327	8+150.000	25.000	41.11	0.05	1027.6	1.3	462014.9	409784.3
P328	8+175.000	25.000	40.00	0.05	1000.1	1.2	463014.9	409785.5
P329	8+200.000	25.000	41.12	0.05	1028.0	1.1	464042.9	409786.7
P330	8+225.000	25.000	43.23	0.05	1080.9	1.2	465123.8	409787.9
P331	8+250.000	25.000	47.01	0.04	1175.2	1.0	466298.9	409788.9
P332	8+275.000	25.000	54.52	0.00	1363.0	0.0	467661.9	409788.9
P333	8+300.000	25.000	65.61	0.00	1640.4	0.0	469302.3	409788.9
P334	8+325.000	25.000	75.69	0.00	1892.3	0.0	471194.6	409788.9
P335	8+350.000	25.000	86.36	0.00	2158.9	0.0	473353.5	409788.9
P336	8+375.000	25.000	98.80	0.00	2470.0	0.0	475823.6	409788.9
P337	8+400.000	25.000	99.38	0.00	2484.5	0.0	478308.1	409788.9
P338	8+425.000	25.000	97.73	0.00	2443.2	0.0	480751.3	409788.9
P339	8+450.000	25.000	77.34	0.00	1933.5	0.0	482684.9	409788.9
P340	8+475.000	25.000	51.01	0.00	1275.3	0.0	483960.1	409788.9
P341	8+500.000	25.000	25.94	0.01	648.6	0.3	484608.7	409789.2
P342	8+525.000	25.000	4.76	3.10	119.0	77.4	484727.8	409866.6
P343	8+550.000	25.000	1.36	14.61	34.1	365.3	484761.9	410231.9
P344	8+575.000	25.000	1.32	20.74	33.1	518.5	484794.9	410750.4
P345	8+600.000	25.000	1.34	31.14	33.4	778.6	484828.4	411528.9
P346	8+625.000	25.000	1.33	42.20	33.3	1055.0	484861.7	412583.9
P347	8+650.000	25.000	1.32	50.10	33.1	1252.6	484894.8	413836.5
P348	8+675.000	25.000	1.36	59.65	34.0	1491.1	484928.8	415327.7
P349	8+700.000	25.000	1.34	58.95	33.6	1473.8	484962.4	416801.4

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P350	8+725.000	25.000	1.33	59.82	33.1	1495.4	484995.5	418296.8
P351	8+750.000	25.000	1.36	57.58	33.9	1439.5	485029.5	419736.3
P352	8+775.000	25.000	1.36	53.68	33.9	1342.1	485063.4	421078.4
P353	8+800.000	25.000	1.34	46.67	33.5	1166.6	485096.9	422245.1
P354	8+825.000	25.000	1.34	44.49	33.5	1112.3	485130.4	423357.4
P355	8+850.000	25.000	1.33	39.25	33.4	981.3	485163.8	424338.7
P356	8+875.000	25.000	1.34	28.11	33.4	702.8	485197.2	425041.5
P357	8+900.000	25.000	2.26	11.81	56.6	295.3	485253.8	425336.8
P358	8+925.000	25.000	9.00	0.05	224.9	1.2	485478.6	425338.0
P359	8+950.000	25.000	25.74	0.01	643.6	0.3	486122.2	425338.3
P360	8+975.000	25.000	37.85	0.01	946.3	0.2	487068.5	425338.4
P361	8+1000.000	25.000	50.54	0.00	1263.6	0.0	488332.1	425338.4
P362	9+025.000	25.000	62.32	0.00	1558.0	0.0	489890.1	425338.4
P363	9+050.000	25.000	73.65	0.00	1841.2	0.0	491731.3	425338.4
P364	9+075.000	25.000	78.83	0.00	1970.8	0.0	493702.2	425338.4
P365	9+100.000	25.000	78.66	0.00	1966.4	0.0	495668.6	425338.4
P366	9+125.000	25.000	74.10	0.00	1852.5	0.0	497521.0	425338.4
P367	9+150.000	25.000	71.23	0.00	1780.7	0.0	499301.7	425338.4
P368	9+175.000	25.000	69.94	0.00	1748.4	0.0	501050.2	425338.4
P369	9+200.000	25.000	69.26	0.00	1731.6	0.0	502781.8	425338.4
P370	9+225.000	25.000	71.36	0.00	1783.9	0.0	504565.7	425338.4
P371	9+250.000	25.000	73.69	0.00	1842.2	0.0	506407.9	425338.4
P372	9+275.000	25.000	76.77	0.00	1919.3	0.0	508327.2	425338.4
P373	9+300.000	25.000	78.96	0.00	1974.0	0.0	510301.1	425338.4
P374	9+325.000	25.000	79.53	0.00	1988.0	0.0	512289.1	425338.4
P375	9+350.000	25.000	82.28	0.00	2056.8	0.0	514345.9	425338.4
P376	9+375.000	25.000	86.88	0.00	2171.8	0.0	516517.7	425338.4
P377	9+400.000	25.000	91.45	0.00	2285.9	0.0	518803.6	425338.4
P378	9+425.000	25.000	100.05	0.00	2501.1	0.0	521304.7	425338.4
P379	9+450.000	25.000	106.83	0.00	2670.8	0.0	523975.5	425338.4
P380	9+475.000	25.000	111.86	0.00	2796.4	0.0	526771.9	425338.4
P381	9+500.000	25.000	116.02	0.00	2900.5	0.0	529672.4	425338.4
P382	9+525.000	25.000	117.70	0.00	2942.6	0.0	532615.0	425338.4
P383	9+550.000	25.000	119.83	0.00	2995.7	0.0	535610.7	425338.4
P384	9+575.000	25.000	119.74	0.00	2993.5	0.0	538604.2	425338.4
P385	9+600.000	25.000	119.05	0.00	2976.3	0.0	541580.5	425338.4
P386	9+625.000	25.000	116.85	0.00	2921.2	0.0	544501.6	425338.4
P387	9+650.000	25.000	112.03	0.00	2800.6	0.0	547302.3	425338.4
P388	9+675.000	25.000	102.82	0.00	2570.4	0.0	549872.7	425338.4
P389	9+700.000	25.000	92.35	0.00	2308.7	0.0	552181.4	425338.4
P390	9+725.000	25.000	79.85	0.00	1996.2	0.0	554177.6	425338.4
P391	9+750.000	25.000	73.70	0.00	1842.6	0.0	556020.1	425338.4
P392	9+775.000	25.000	73.36	0.00	1833.9	0.0	557854.0	425338.4
P393	9+800.000	25.000	73.08	0.00	1827.1	0.0	559681.1	425338.4
P394	9+825.000	25.000	76.16	0.00	1904.0	0.0	561585.2	425338.4
P395	9+850.000	25.000	86.27	0.00	2156.9	0.0	563742.0	425338.4
P396	9+875.000	25.000	87.22	0.00	2180.4	0.0	565922.4	425338.4
P397	9+900.000	25.000	86.09	0.00	2152.3	0.0	568074.7	425338.4
P398	9+925.000	25.000	75.30	0.00	1882.4	0.0	569957.2	425338.4
P399	9+950.000	22.510	59.10	0.00	1330.3	0.0	571287.5	425338.4
P400	9+970.021	10.010	46.48	0.02	465.3	0.2	571752.9	425338.6