République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنية العليا للأشغال العمومية
فرانسيس جونسون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

Filière : Travaux Publics

Spécialité: Matériaux et Structure

Thème

Etude APD de la liaison autoroutière entre la 4ème rocade et Msila

Section du PK 74+000 au PK 88+000

Avec conception de deux échangeurs

Présenté par :

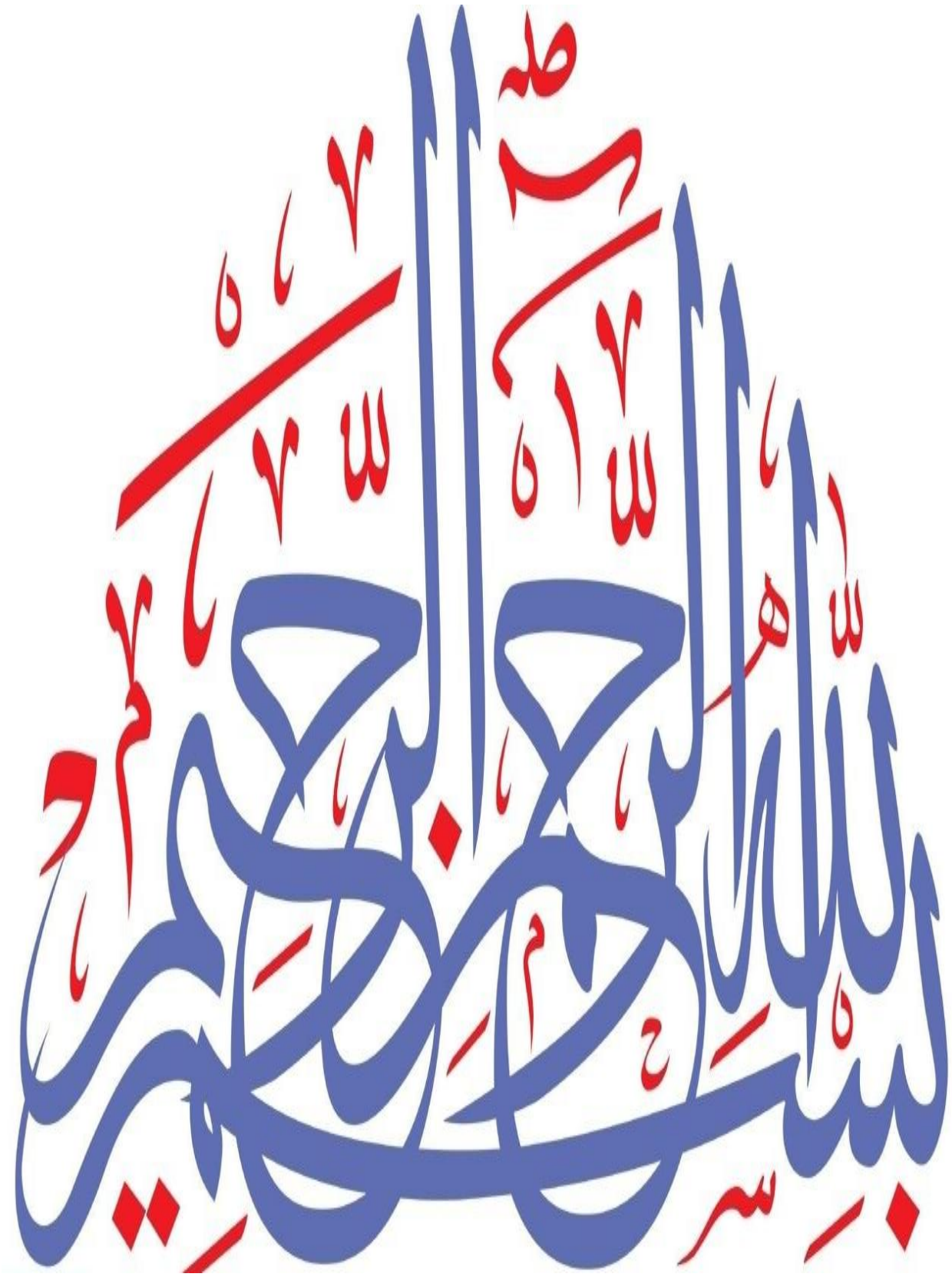
GACEM DJAMAL EDDINE
LESSELAT MOKHTAR

Encadré par:

Mr. ZIANE SOFIANE

Promotion 2023/2024

© ENSTP-FJ _ Garidi _ Vieux Kouba


بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciement

Tout d'abord, nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir entourés de sa protection et de ses soins tout au long de notre parcours académique, et de nous avoir accordé la force et les ressources nécessaires pour accomplir cet humble travail.

Nous tenons également à remercier nos familles pour leurs encouragements et leur soutien continus tout au long de notre parcours d'étude.

Nous tenons à remercier notre professeur encadrant ***ZIANE SOFIANE*** *pour sa disponibilité et son soutien par ses conseils et sa sage expérience, qui ont été la raison du succès de ce travail de fin d'études.*

Nous tenons également à remercier l'école de nous avoir donné l'opportunité de mener nos études dans les meilleures conditions. Nous sommes reconnaissants pour toutes les ressources disponibles et pour les échanges fructueux avec les étudiants et les professeurs.

Honnêtement, nous gardons à l'esprit tous ces moments précieux que nous avons passés au cours de ces années d'étude et réalisons que cette expérience a été un véritable point de départ dans notre vie personnelle.

Nous remercions par avance les membres du jury, qui nous font l'honneur d'évaluer notre tra

Dédicaces

À l'âme de ma chère mère...

À celle qui a été mon soutien et mon appui, à celle qui m'a donné un amour et une tendresse sans limites, à celle qui m'a appris le sens de la force, de la patience et de la persévérance.

Ma chère maman,

Tu as quitté ce monde physiquement, mais ton esprit m'entoure encore à chaque pas que je fais. Je puise dans tes souvenirs précieux la force de continuer mon chemin, et je me rappelle de tes conseils et de tes leçons que tu as ancrés dans mon cœur et mon esprit

(رحمك الله يا غالية)

Mon cher père,

À celui qui a eu le plus grand mérite dans la réalisation de cette réussite, celui qui a toujours été à mes côtés, me soutenant, me guidant et m'encourageant à chaque étape de mon parcours. À celui qui m'a enseigné la patience, la persévérance et la détermination, et qui a illuminé mon chemin vers le savoir et la connaissance avec son amour et ses conseils.

À mes frères et sœurs,

À ceux qui ont toujours été un soutien pour moi à chaque étape de ma vie scolaire, ceux qui m'ont encouragé et poussé vers l'avant. À ceux qui ont partagé mes joies et mes peines, et qui m'ont soutenu de toutes leurs forces.

À mes chers amis,

À ceux qui ont été présents à chaque instant, ceux qui m'ont encouragé et ont été à mes côtés dans toutes les situations. À ceux qui ont partagé mes rêves et mes aspirations, et qui m'ont soutenu dans chaque épreuve.

À tous ceux qui ont contribué à cette réussite, enseignants, collègues, amis,

Sans oublier tous mes enseignants de l'ENSTP sans exception

MOKHTAR LASSELAT

Dédicaces

A la fin de cette formation je remerciés « Allah » pour tout Du Fond de mon cœur, je salue mon soutien de ma vie celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir « a toi mon père Brahim »

A la lumière de ma vie «ma mère Z.Turkiya»

A mes élégante sœurs « Sarah, Assia, Anfal »

A mes chers « Hamza, siraj »

A tout me amis et mes proches

A tout le monde qui Contribué pour ma soutenir, merci beaucoup

DJAMAL EDDINE GACEM

Résumé :

Le projet de fin d'étude vise à faire l'étude en APD d'une section de l'autoroute, l'ensemble du projet est situé dans wilaya de Msila du PK 74+000 jusqu'au PK 88+000 avec la conception de deux echangeurs au Pk 75+275 et PK88+000 .
Dans ce résumé, nous allons rédiger un bref récapitulatif englobant l'ensemble des chapitres qui constituent notre projet de fin d'études.
Pour l'élaboration de ce modeste effort on a suivi un plan de travail proposé par l'encadreur qui débute par une introduction générale, une étude de trafic et son extrapolation, après le dimensionnement de la structure du corps de chaussée ensuite on a fait le tracé géométrique de l'axe en plan à l'aide du logiciel CIVIL3D en respectant les normes du tracé, après on finit par l'élaboration du profil en long et profil en travers.
Après ces étapes précédentes on a fait un rapport géotechnique pour connaitre toutes les caractéristiques de notre sol support, ainsi qu'une étude d'assainissement de notre route, ensuite on a passé au choix de type de l'échangeur et prévoir la signalisation. Un calcul de cubature et de la stabilité.
Enfin, on a terminé par l'étude d'impact sur l'environnement et le devis estimatif et quantitatif

Mots clé : APD, échangeur, autoroute, trafic, géométrie, corps de chaussée, ICTAAL

ملخص

الطريق السيار الرابط بين الروكاد الرابع والطريق المؤدي الى المسيلة المقطع من النقطة الكيلومترية 74+000 إلى النقطة الكيلومترية 88+000 مع تصميم مبادلين في النقطة الكيلومترية 75+275و 88+000

في هذا الملخص، سنكتب ملخصًا موجزًا يغطي جميع الفصول التي تشكل مشروع نهاية الدراسات لدينا.
ولتنمية هذا الجهد المتواضع اتبعنا خطة عمل مقترحة من قبل المشرف تبدأ بمقدمة عامة ودراسة مرورية واستقراءها، بعد مع CIVIL3D قياس أبعاد هيكل جسم الطريق ثم قمنا بعمل المخطط الهندسي للمحور في التخطيط باستخدام برنامج احترام معايير التخطيط، ثم ننتهي من تطوير الملف الطولي والملف العرضي.
بعد هذه الخطوات السابقة قمنا بتنفيذ تقرير جيوتقني لمعرفة كافة خصائص التربة الداعمة لدينا، بالإضافة إلى دراسة صحية لطريقنا، ثم انتقلنا إلى اختيار نوع التقاطع وتخطيط اللافتات. حساب التكعيب والاستقرار.
وأخيراً انتهينا من دراسة الأثر البيئي والتقدير التقديري والكمي.

كلمات مفتاحية: مبادل ،الطريق السريع ،حركة المرور، دراسة جيو مترية ،هيكل الطريق

ABSTRACT

The Project aims to study the detailed pré-project of highway linking the fourth Rocade and the road leading to M'sila, section from kilometer 74+000 to kilometer 88+000, with design of Two exchangers 75+275 and 88+000.

In this summary, we will write a summary covering all the chapters that make up our final project study.

To develop this modest effort, we followed a work plan proposed by the supervisor, starting with a general introduction and a traffic study and its extrapolation, after measuring the dimensions of the road body structure. Then we made the geometric plan of the axis in the planning using the CIVIL3D program while respecting the planning standards, then we finished developing the longitudinal file and the cross-sectional file.

After these previous steps, we carried out a geotechnical study to know all the characteristics of our supporting soil, a hydraulic study, and then we moved on to choosing the type of heat exchanger and provide signage. a calculation of cubature and stability.

Finally, we complete the study of the environmental impact and the estimated and quantitative assessment.

Keywords: DPP, exchanger, highway, traffic, geometry, roadbody ,ICTAAL

Abréviation

APD : Avant-projet détaillé.
RN : Route nationale.
PK : Point kilométrique.
ICTAAL : Instruction sur les Condition Techniques d'Aménagement Des Autoroutes de Liaisons.
TJMA : Trafic journalière moyen annuelle.
PL : poids lourds.
CTTP : Organisme National de Contrôle Technique des Travaux Publics.TPC : terre pleine centrale.
BAU : Bande d'arrêt d'urgence
GTR : Guide de terrassement routier.
SETRA : Service d'études techniques des routes et autoroutes.LCPC : laboratoire centrale des ponts et chaussées.
CBR : California - Bearing – Ratio.
BB : Béton bitumineux.
GB : Grave bitumineux.
BV : Bassin versant.
GS : Glissière de sécurité.
TPC : Terre-plein central.
VB :Vitesse de base.
UVP :Unité de véhicule particulier.
BDG : Bande dérasée de gauche.
BDD : Bande dérasée de droite .
BA : Bande d'arrêt .
BM : Bande médiane.
SC : Sondage carotté.
VBS : Valeur de bleu de Méthylène. .
LCPC :Laboratoire central des ponts et chaussées.
RP1 :Réseau principale 1.
OH : Ouvrage hydraulique.
TC :Temps de concentration .
WP : Limite de plasticité
WL : Limite de liquidité
Q : débit de pointe horaire.
OA : ouvrage d'art

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE : 1
CHAPITRE I PRESENTATION GENERALE 1
I.1 Introduction: 1
I.2 Présentation du projet: 1
I.2.1 Localisation du projet : 1
I.2.2 Présentation du tronçon à étudier : 1
I.3 Présentation de la wilaya 2
I.3.1 Situation géographique : 2
I.3.2 Le climat : 3
I.3.3 Réseau routier: 4
CHAPITRE II :ETUDE DE TRAFIC 5
II.1 Introduction 5
II.2 Evaluation du trafic 5
II.3 Different types de trafic 5
II.4 Calcul de capacité 5
II.4.1 Définition de la capacité 5
II.4.2 Projection future du trafic 6
II.4.3 Calcul de trafic effectif 6
II.4.4 Débit de pointe horaire normal 6
II.4.5 Débit horaire admissible 7
II.4.6 Nombre de voies 7
II.5 Application sur la pénétrante 8
II.5.1 Les données de trafic 8
II.5.2 Calcul de TJMA horizon 8
II.5.3 Calcul de Trafic effectif 8
II.5.4 Le débit de pointe horaire normal 8
II.5.5 Le débit admissible 8
II.5.6 Nombre de voies : 9
II.5.7 L'année de saturation : 9
II.5.8 Conclusion : 9
CHAPITRE III TRACE EN PLAN 10

III.1 INTRODUCTION 10
III.2 Choix de la catégorie 10
III.3 Règles à respecter pour le tracé en plan : 10
III.4 Les éléments du tracé en plan : 11
III.4.1 Les Alignements : 11
III.4.2 Arcs De Cercle : 11
III.4.3 Rayon minimal Rm : 11
III.4.4 Rayon minimal non déversé Rhnd: 12
III.4.5 Raccordements Progressifs: 12
III.4.6 Eléments de la Clothoide: 13
III.4.7 Exemple de Calcul (Calcul manuel) : 14
III.5 Contraintes rencontrées lors de l'élaboration de notre tracé: 14
III.6 Recommandations et Règles à suivre vis-à-vis de ces contraintes rencontrées: 15
CHAPITRE IV PROFIL EN LONG 17
IV.1 Inroduction : 17
IV.2 Réglé et normes à respecter dans le tracé de profil en long : 17
IV.3 Caractéristiques du profil en long : 17
IV.3.1 Valeur limites : 17
IV.4 La déclivité : 18
IV.5 Raccordement en profil en long: 18
IV.5.1 Raccordements convexes (angle saillant) : 18
IV.5.2 Raccordements concaves (angle rentrant) : 18
IV.6 Exemple de calcul manuel d'axe de profil en long (Cas d'un rayon concave) : 19
IV.6.1 conclusion : 20
CHAPITRE V :PROFIL EN TRAVERS 21
V.1 Introduction : 21
V.2 Les types du profil en travers : 21
V.2.1 Profil en travers type : 21
V.2.2 Profil en travers courant : 21
V.3 Les éléments du profil en travers : 21
✓ L'emprise : 21
✓ L'assiette 21

- ✓ La chaussée : 21
- ✓ L'accotement : 22
- ✓ Terre –plein central (T.P.C) : 22

V.4 Profil en travers type du notre projet : 23

CHAPITRE VI :ETUDE GEOTECHNIQUE 24

VI.1 Introduction : 24

VI.2 Objectifs de l'étude géotechnique : 24

VI.3 Les moyens de la reconnaissance : 24

VI.4 Présentation des essais: 24

VI.4.1 .Les essais in situ 24

VI.5 Résultats des essais 26

VI.5.1 Résultats des essais in situ 26

VI.5.2 Résultats des essais au laboratoire : 29

VI.5.3 Classification du sol support : 30

VI.6 Conditions d'utilisation des matériaux en remblai 33

CHAPITRE VII DIMENSSIONEMT DU CORPS DE CHAUSSEE 35

VII.1 Introduction: 35

VII.2 Les différents types de chaussées: 35

- ➢ Couche de roulement : 36
- ➢ Couche de base : 36
- ➢ Couche de fondation : 36

VII.3 Les principales méthodes de dimensionnement : 36

VII.3.1 Méthode de C.B.R (California–Bearing–Ratio) : 36

VII.3.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves : 39

CHAPITRE VIII :ASSAINISSEMENT 49

VIII.1 Introduction: 49

VIII.2 Objectif de l'assainissement : 49

VIII.3 Critères de base dans la conception des ouvrages d'assainissement 49

VIII.4 Caractéristiques physiques des bassins versants 50

VIII.5 Dimensionnement du réseau d'assainissement 50

VIII.5.1 Estimation des débits de crues: 51

VIII.5.2 Débits d'apports : 51

VIII.5.3 Temps de concentration : 51
VIII.5.4 Coefficient de ruissellement : 52
VIII.5.5 Intensité de pluie I(t) : 53
VIII.6 Étude Hydraulique : 54
VIII.6.1 Dimensionnement des buses : 55
VIII.6.2 Dimensionnement des dalots : 58
VIII.6.3 Système de drainage longitudinal : 61
CHAPITRE IX: CUBATURES ET ETUDE DE STABILITE DES TALUS 62
IX.1 CUBATURES 62
IX.1.1 INTRODUCTION: 62
IX.1.2 Méthodes de calcul des cubatures : 62
IX.1.3 Description de la méthode : 62
IX.1.4 Application : 62
IX.2.3 Analyse de la stabilité des talus : 64
CHAPITRE X :OUVRAGE D'ART 66
X.1 Introduction : 66
X.2 Présentation des ouvrages : 66
X.3 Choix de type d'ouvrage : 66
X.4 Variantes proposées pour notre tracé : 67
X.4.1 Variante N°1 : Pont a poutre type VIPP 67
X.4.2 Variante N° 2 : PONTE DALLE 68
X.4.3 Variante N°3 : pont mixte 68
CHAPITRE XI Conception de l'échangeur 70
XI.1 Introduction 70
XI.2 Role de l'échangeur 70
XI.3 Règles de conception 70
XI.4 Type des échangeurs 71
XI.4.1 Echangeur majeur : 71
XI.4.2 Echangeur mineur : 71
XI.5 Les éléments de l'échangeur 72
XI.6 Choix du type d'échangeur 72
XI.7 Application a notre projet 72

XI.7.1 Caractéristiques géométriques des bretelles 73
XI.7.2 Profil en long d'une bretelle 75
XI.7.3 Profil en travers d'une bretelle 75
XI.8 Visibilité 75
XI.8.1 Visibilité sur une entrée d'autoroute 75
XI.8.2 Visibilité sur une sortie d'autoroute 76
XI.8.3 Distance de visibilité sur marquage dvm 76
XI.8.4 Distance de lecture (Lc) 76
XI.8.5 Résumé 76
CHAPITRE XII SIGNALISATION 78
XII.1 Introduction: 78
XII.2 L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE : 78
XII.3 Règles a respecter pour la signalisation 78
XII.4 CATEGORIES DE SIGNALISATION 78
XII.5 Type de signalization: 78
XII.5.1 SIGNALISATION HORIZONTALE 79
XII.5.2 SIGHNALISTION VERTICALE : 82
XII.5.3 Signalisation verticale du projet 83
XII.6 Signalisation de l'échangeur 86
CHAPITRE XIII ETUDE D'IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMET 88
XIII.1 Introduction 88
XIII.2 Etude d'impact 88
XIII.2.1 Analyse de l'état initial 88
XIII.2.2 Analyses des impacts 90
XIII.2.3 Nature de l'impacts 90
XIII.2.4 Evaluation des effets du projet sur l'environnement 91
XIII.2.5 Mesures d'atténuation des impacts 94
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF 95
Conclusion général 97
BIBLIOGRAPHIE 97

Liste des figures

Figure I-1 le trace de projet..... 1
Figure I-2 Le tracé du tronçon à étudier. 2
Figure I-3 Situation géographique de la willaya de msila 3
Figure I-4 Réseau routier de Msila 4
Figure III-1:Géométrie de la clothoïde. 13
Figure III-2:Raccordement circulaire entre deux alignements. 14
Figure IV-1:Schéma d'une parabole. 19
Figure V-1:Différents types de profil en travers. 21
Figure V-2:Profil en travers type 22
Figure VI-1:Classement de matériau selon GTR 30
Figure VI-2:Diagramme de cassagnarde 32
Figure VII-1:Différents type de chaussée et leurs structures. 35
Figure VII-2:Différentes couches de la chaussée. 38
Figure VII-3:la carte climatique de l'Algérie 40
Figure VII-4:Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue 44
Figure VII-5:la structure définie dans Alizé 47
Figure VII-6:Les résultats donnés par Alizé 48
Figure VIII-1:représentatif d'une buse 55
Figure VIII-2:l'abaque pour calculer 56
Figure VIII-3:l'abaque pour calculer hc 57
Figure VIII-4:l'abaque pour calculer yc. 57
Figure VIII-5:l'abaque pour trouver S/R^2. 57
Figure VIII-6:Dimensions des dalots 58
Figure VIII-7:: l'abaque pour calculer hn 59
Figure VIII-8:: l'abaque pour calculer hc 59
Figure VIII-9:l'abaque pour calculer yc. 59
Figure VIII-10:Dimensions de fossé 62
Figure IX-1:Section des profils d'un tracé routier 62
Figure XI-1:différente type d'échangeur 71
Figure XI-2:Dispositif de sortie d'autoroute 74

Figure XI-3:Dispositif d'entre à l'autoroute 74
Figure XI-4:Règle de visibilité sur une entrée d’autoroute 75
Figure XI-5:Visibilité sue une sortie d’autoroute 76
Figure XI-6: echangeur Pk 75+275..... 77
Figure XI-7:Echangeur Pk 88+000..... 77
Figure XII-1:Les lignes de délimitation de voies dans le tracé. 79
Figure XII-2:Schémas de marquage avec hachures..... 81
Figure XII-3:flèche de rabattement..... 81
Figure XIII-1:La steppe domine la région 89

Liste des tableaux

Tableau I-1 Données climatiques à Msila. 4
Tableau II-1 : Coefficient d'équivalence du poids lourds. 6
Tableau II-2:valeur de K1 7
Tableau II-3:Valeurs de la capacité théorique 7
Tableau II-4:valeurs k2 7
Tableau III-1Valeurs extrêmes des alignements droits du tracé en plan (source ICTAAL 2000) 11
Tableau III-2:Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (source ICTAAL2000) 12
Tableau III-3:Les données de l'axe à calculer 14
Tableau III-4:Description géométrique du tracé en plan 15
Tableau IV-1:Valeurs limites des paramètres du profil en long d'après (ICTAAL 2000) 17
Tableau IV-2:éléments géométrique du profil en long 19
Tableau V-1:Paramètres géométriques du profil en travers 23
Tableau VI-1:Essais au laboratoire 25
Tableau VI-2:Résultats des puits de reconnaissance 26
Tableau VI-3:Résultats des sondages carottés. 28
Tableau VI-4:Résultats des essais au laboratoire 29
Tableau VI-5:Résultats de la classification GTR pour puits de reconnaissances 31
Tableau VI-6:Les résultats des essais exécute selon la classification GTR 32
Tableau VI-7:Conditions d'utilisation des matériaux en remblai 34
Tableau VII-1:Les coefficients d'équivalence des matériaux utilizes 37
Tableau VII-2:choix de L'épaisseur 38
Tableau VII-3:les températures équivalentes 40
Tableau VII-4:Choix du type de réseaux principaux 41
Tableau VII-5:Classe TPLi pour RP1 41
Tableau VII-6:Valeurs de coefficient d'agressivité selon le réseau principal (CTTP, 2001) 42
Tableau VII-7:Risque adoptés pour le réseau RP1 42
Tableau VII-8:Présentation des classes de portance des sols (Fascicule 1). 42
Tableau VII-9:Classes de terme du sol support (fascicule 2) 43
Tableau VII-10:Sur classement avec couche de forme en matériau non traité (fascicule 1) 43
Tableau VII-11:Valeur de t en fonction de risque (CTTP, 2001) 46

Tableau VII-12: Performances mécaniques des matériaux bitumineux (CTTP, 2001) 46
Tableau VII-13: comparison des résultats 48
Tableau VIII-1:Caractéristiques physiques des bassins versants 50
Tableau VIII-2:Coefficient C1 52
Tableau VIII-3:Coefficient C2 53
Tableau VIII-4:Coefficient C3 53
Tableau VIII-5:Coefficient de Montana 54
Tableau VIII-6:débit, intensité de pluie, temps de concentration de chaque bassin pour les différentes périodes de retour 54
Tableau VIII-7:type et dimension d'ouvrage adopté pour chaque bassin versant 60
Tableau VIII-8:Vérification Pour les ouvrages Hydraulique Type Dalot 60
Tableau VIII-9:Vérification des conditions auto curage pour les ouvrages hydrauliques circulaires (Buse) 61
Tableau VIII-10:Coefficient de ruissellement 61
Tableau VIII-11:récapitulatif des résultats des débits des SBV 62
Tableau IX-1:Facteur de sécurité 64
Tableau IX-2:Paramètres Géotechniques 64
Tableau X-1:Ouvrages de franchissement de notre tronçon 66
Tableau XI-1:: valeur limite de rayons de bretelle 73
Tableau XI-2:Les valeurs limites des paramètres du profil en long 75
Tableau XI-3:Les largeurs des composants du profil en travers 75
Tableau XI-4: les Principales distances de visibilité. 76
Tableau XII-1:caractéristiques des lignes 80
Tableau XII-2:Type de modulation 80
Tableau XII-3:Les dimensions détaillées des panneaux 82
Tableau XII-4:Implantation de la signalisation directionnelle sur une sortie 86

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE :

Les infrastructures de transport, notamment les routes, revêtent une importance cruciale en Matiere d'efficacité économique et sociale.

En effet, elles sont le principal moyen de communication et d'échange entre les populations, jouant ainsi un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie sociale. En Algérie, l'État a adopté une politique visant à améliorer et à développer son réseau routier, héritage du colonialisme, afin de favoriser le développement économique du pays.

L'autoroute, en tant que composante majeure du réseau de transport, offre une alternative efficace aux voies de circulation existantes, facilitant ainsi les déplacements interurbains et interrégionaux. L'intégration d'échangeurs le long de son tracé permet d'assurer des liaisons fluides avec d'autres routes importantes, favorisant ainsi l'accessibilité aux zones urbaines et industrielles. Dans ce contexte, l'élaboration d'une APD exhaustive revêt une importance capitale pour garantir la viabilité, la durabilité et l'efficacité opérationnelle du projet. La construction de grandes infrastructures telles que l'autoroute Est-Ouest, qui relie plusieurs wilayas du nord, témoigne de cet engagement. Cependant, pour optimiser les retombées du développement, il est impératif de relier ces infrastructures majeures aux régions du sud.

Chapiter I :

PRESENTATION GENERALE

CHAPITRE I PRESENTATION GENERALE

I.1 Introduction:

La pénétrante de la liaison autoroutière entre la 4ème rocade et la route de M'Sila s'étend sur une distance de 100 km, représentant un maillon essentiel dans le réseau de transport national algérien. Ce projet ambitieux est conçu pour faciliter la circulation entre les régions, améliorer les échanges économiques et réduire significativement le temps de parcours pour les voyageurs et les marchandises.

Cette autoroute de liaison est stratégiquement située pour desservir une zone clé, en reliant directement 4ème rocade, un axe majeur du réseau routier algérien, à la ville de M'Sila. Ce tronçon promet non seulement de stimuler l'économie locale en facilitant l'accès aux marchés et aux zones industrielles mais aussi de jouer un rôle crucial dans le désenclavement des régions intérieures, en améliorant leur connectivité avec le reste du pays.

I.2 Présentation du projet:

I.2.1 Localisation du projet :

Le tracé de cette pénétrante travers les territoires de wilayas de M’SILA, depuis la sortie autoroutière de 4ème rocade, jusqu'à la ville de BOU SAAD

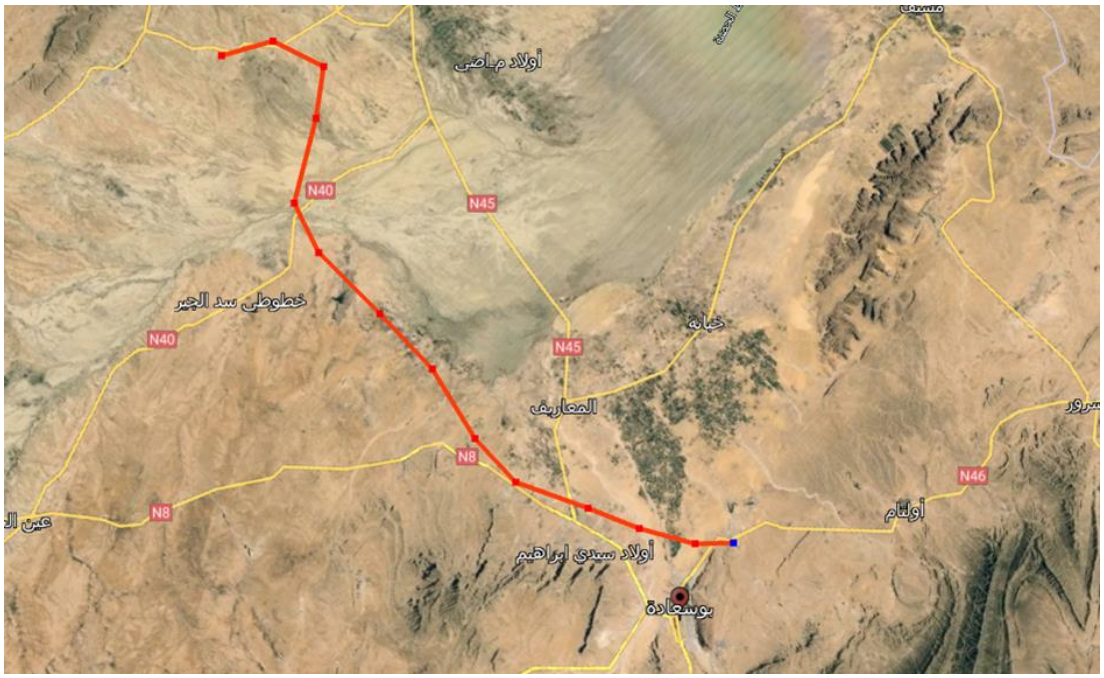


Figure I-1 le trace de projet

I.2.2 Présentation du tronçon à étudier :

Notre projet consiste à faire une étude avant-projet détaillé (APD) d’un tronçon routier de pénétrante sur 14 km du PK 74+000 jusqu’au PK 88+000 avec conception d’un échangeur



Figure I-2 Le tracé du tronçon à étudier.

I.3 Présentation de la wilaya

I.3.1 Situation géographique :

La wilaya de M'sila est située dans la partie centrale de l'Algérie

Elle est Délimitée :

- Au nord-est, par les wilayas Bordj-Bou-Arreridj et Sétif.
- À l'est, par la wilaya de Batna.
- Au sud, par la wilaya de Biskra.
- À l'ouest, par la wilaya de Djelfa.

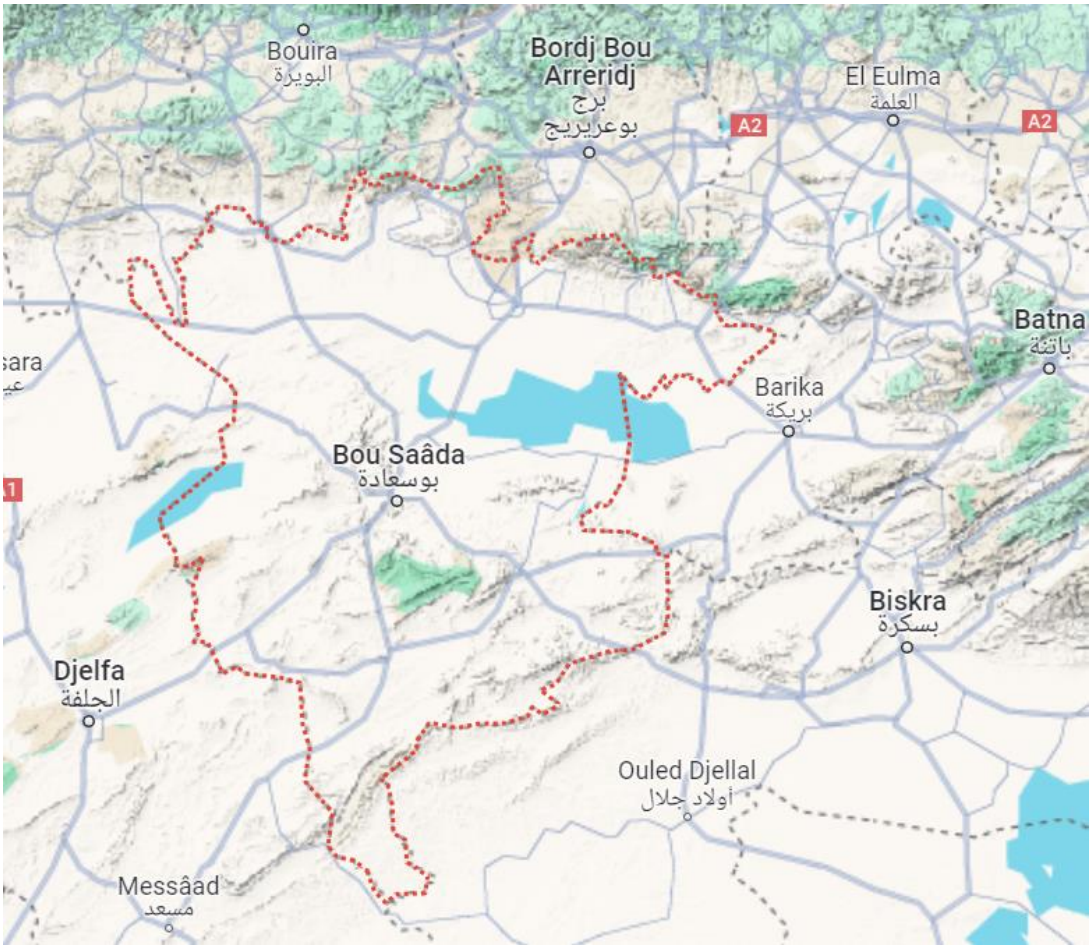


Figure I-3 Situation géographique de la willaya de msila

I.3.2 Le climat :

Le climat de M'Sila est caractérisé par des conditions arides et sèches typiques d'une région désertique.
Tout au long de l'année, il n'y a techniquement aucune pluie à M'Sila. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat qui prévaut dans cette région est classé comme BWh. Sur l'année, la température moyenne à M'Sila est de 18.6 °C.
Les précipitations annuelles s'élèvent à 249 mm selon les relevés météorologiques.

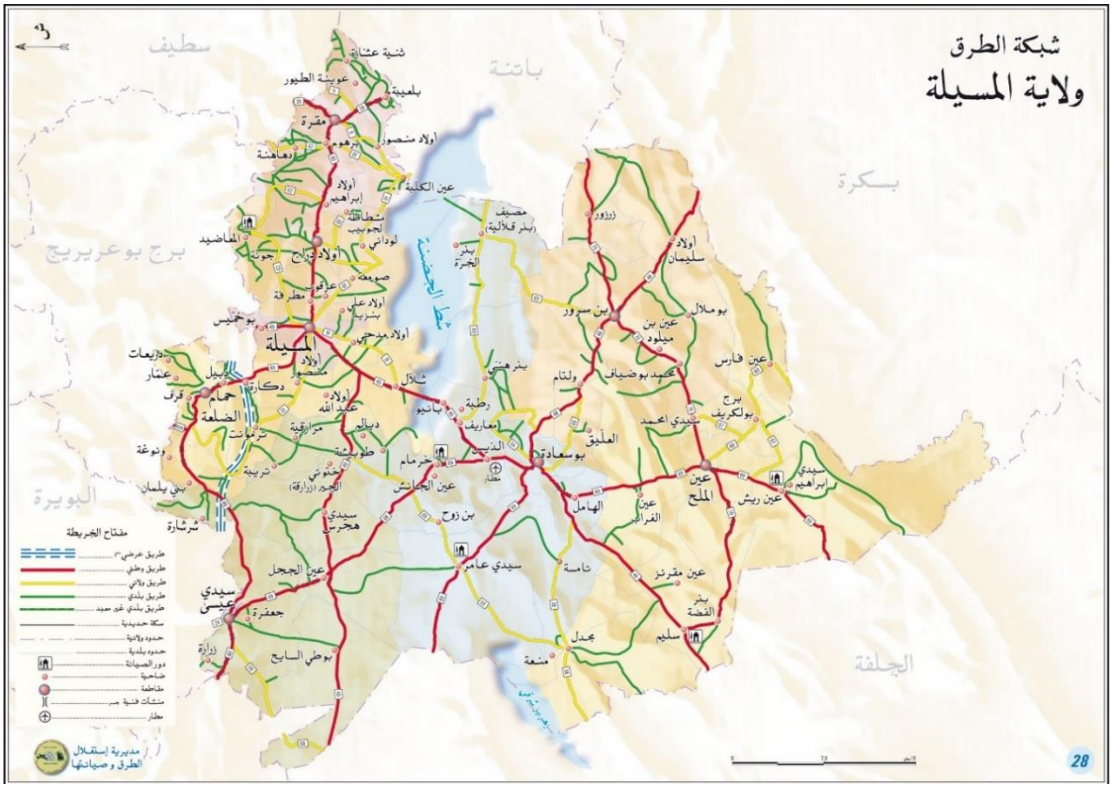
Tableau I-1 Données climatiques à Msila.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep-tembre	Octobre	No-vembre	Décembre
Température moyenne (°C)	7.7	8.8	13.1	17.1	21.8	27.5	31.2	30.2	24.8	19.6	12.4	8.4
Température minimale moyenne (°C)	3.4	3.8	7.2	10.7	14.8	19.8	23.3	23	18.9	14.4	8.2	4.4
Température maximale (°C)	12.7	14.2	19.1	23.4	28.3	34.4	38.2	37	30.8	25.2	17.3	13.2
Précipitations (mm)	26	21	27	30	24	9	5	9	25	24	26	23
Humidité(%)	71%	64%	52%	45%	39%	30%	26%	30%	44%	52%	67%	74%
Jours de pluie (jrée)	4	4	4	4	3	2	1	2	3	3	4	4
Heures de soleil (h)	6.5	7.6	9.2	10.6	11.9	12.9	12.9	12.1	10.8	9.2	7.2	6.4

I.3.3 Réseau routier:

Le Réseau routier de la wilaya de Msila à une longueur totale de 4 033,460 Km, répartis comme suit :

- Routes nationales : 924,160 km.
- Chemins de wilaya : 809 km.
- Chemins communaux : 2300,30 km.


شبكة الطرق
ولاية المسيلة
المسيلة
بوسعادة
بوسعادة
بوسعاد

Chapiter II: ETUDE DE TRAFIC

CHAPITRE II :ETUDE DE TRAFIC

II.1 Introduction

La réalisation d'études de trafic s'avère primordiale dans la planification et le développement des infrastructures de transport, que ce soit pour l'amélioration d'un carrefour ou la construction d'une nouvelle autoroute. Ces analyses sont centrales dans la conception, l'entretien, et la gestion des réseaux de transport.

Les études permettent notamment de :

Définir les caractéristiques techniques des différentes tranches de la route

- Choix du tracé et position des échangeurs.
- Dimensionnement des chaussées.
- Géométrie des carrefours.

Estimer les coûts de maintenance des voies routières ainsi que les dépenses liées à l'utilisation des véhicules.

Évaluer l'intérêt économique des projets d'infrastructures routières.

II.2 Evaluation du trafic

Pour déterminer le volume et les caractéristiques du trafic à un lieu et moment donnés, le recours à des mesures de comptage s'avère essentiel. Diverses méthodes de collecte d'informations sur le trafic sont à disposition, offrant des types de données variés et des degrés de précision différents. L'approche peut nécessiter plusieurs phases, avec un affinage progressif de l'analyse du trafic à mesure que l'étude globale du projet progresse. L'évaluation du volume et des spécificités du trafic se fait par le biais de différentes techniques, telles que :

- Les comptages, manuels ou automatiques, qui servent à mesurer quantitativement le trafic.
- Les enquêtes, qui fournissent des informations qualitatives sur le trafic.

II.3 Different 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 vers d'autre déviation.

Trafic dévié : c'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée qui n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

Trafic total : C'est le trafic total sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévie en plus du trafic normal.

II.4 Calcul de capacité

II.4.1 Définition de la capacité

La capacité d'une route, qu'elle soit à sens unique ou bidirectionnelle, est définie par le volume maximal de véhicules qui peuvent la traverser dans des conditions de circulation et géométriques

spécifiques à cette voie, sur une période donnée. Cette capacité est quantifiée en termes de flux de véhicules par heure.

II.4.2 Projection future du trafic

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

$$TJMA_h = TJMA_0 (1+\tau)^n$$ Avec :

$TJMA_h$: 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 (%).

II.4.3 Calcul de trafic effectif

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

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

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

Z : pourcentage de poids lourd.

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

Tableau II-1 : Coefficient d'équivalence du poids lourds.

Environnement	E1	E2	E3
Routes à bonnes caractéristique	2-3	4-6	8-12
Routes étroites	3-6	6-12	16-24

II.4.4 Débit de pointe horaire normal

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

$Q = (\frac{1}{n}) . Teff$ $Teff$: Trafic effectif

Avec :**Q :** débit de pointe horaire $\frac{1}{n}$: Coefficient de pointe en général 0.12

II.4.5 Débit horaire admissible

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule: $\mathbf{Q_{adm} = K_1 . K_2 . C_{th}}$

Avec :

K_1 **:** Coefficient lié à l'environnement.

K_2 **:** Coefficient de réduction de capacité.

C_{th} **:** Capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Tableau II-2:valeur de K1

Environnement	**E1**	E2	E3
K1	**0.75**	0.85	0.9 à 0.95

Tableau II-3:Valeurs de la capacité théorique

	Capacité Théorique(uvp/h)
Route à 2voies de 3.5m	**1500 à 2000**
Route à 3voies de 3.5m	**2400 à 3200**
Route à chaussée séparée	**1500 à 1800**

Tableau II-4:valeurs k2

	Catégorie de la Route				
ENVIRONEMENT	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

II.4.6 Nombre de voies

Pour déterminer le nombre de voie par chaussée, on prend le nombre le plus proche du rapport :

$$\boldsymbol{n = S \times \frac{Q}{Qadm}}$$

Avec : **S :** coefficient de dissymétrie = $\frac{\mathbf{2}}{\mathbf{3}}$

Qadm : débit admissible par voie

II.5 Application sur la pénétrante

II.5.1 Les données de trafic

Selon les résultats des comptages et des prévisions, effectués par le service spécialisé SAETI :

- Le trafic à l'année 2022 : $\boldsymbol{TJMA2022}$= 15 279 v/j sens
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté i =3.5
- La vitesse de base sur le tracé Vb=130 km/h
- Le pourcentage de poids lourds PL=25%
- L'année de mise en service en 2027
- La durée de vie estimée de 20 ans
- Environnement E2.
- Catégorie C1

II.5.2 Calcul de TJMA horizon

Nombre d'année est : n = 2027-2022 donc n = 5 ans

- Le trafic journalier moyen annuel à l'année de mise en service :

$TJMA2027= (1+\tau)^{n}\times TJMA2022$

$TJMA2027= (1+0.035)^{5} \times 15\ 279 = 18\ 147$ v/j

- Le trafic journalier moyen annuel à la fin de vie du projet :

$TJMA2047= (1+0.035)^{20}\times 18\ 147 = 36\ 109$ v/j

II.5.3 Calcul de Trafic effectif

Le coefficient d'équivalence de poids lourd : Pour une route à bonne caractéristique et un environnement **E2** on a **P=4**

$Teff = [(1 - Z) + P. Z]. TJMA_{2047}$

$Teff\ 2047 = [(1 – 0.25) + 4\times0.25] \times 36\ 109$

$Teff\ 2047 = 63\ 191$ uvp/j

II.5.4 Le débit de pointe horaire normal

$$Q= \frac{1}{n}\ Teff = 0.12\times 63\ 191$$

$Q_{2047} = 7\ 582$ uvp/h

II.5.5 Le débit admissible

Le débit que supporte une section donnée : **Qadm** = **K1**. **K2**. **Cth**

Avec:

- **K_1 :** coefficient correcteur égal à 0.85 pour E2
- **K_2 :** coefficient correcteur égal à 0.99 pour E2 et C1
- Cth : capacité théorique (Route à chaussées séparées/voie) égal à 1800 uvp/ h

Qadm = 0,85 x0.99x 1800 = **1 514.7 uvp /h.**

II.5.6 Nombre de voies :

$$n = S \times \frac{Q}{Qadm} \qquad n = \frac{2}{3} \times \frac{7\,582}{1\,514.7} = 3$$

On Optera dans notre étude une autoroute de 2x3 voies

II.5.7 L'année de saturation :

$Teff_{2027} = [(1 - Z) + P.Z] \times TJMA_{2027}$
$Teff_{2027} = [(1 - 0.25) + 4 \times 0.25] \times 18\,114$
$Teff_{2027} = 31\,700$ uvp/j
$Q_{2027} = 0.12.\ Teff_{2027}$
$Q_{2027} = 0{,}12 \times 31700$
$Q_{2027} = 3804$ uvp/h
$Q_{sat} = 6 \times Qadm$
$Q_{sat} = 6 \times$ **1514.7**
$Q_{sat} = 9088.2$ uvp/h
$Q_{Saturation} = (1+\tau)^n \times Q_{2027}$

$$n = \frac{ln(\frac{Qsat}{Q2027})}{ln(1+\tau)}$$

$$n = \frac{ln(\frac{9088.2}{3804})}{ln(1+0.035)} = 25.32 \text{ ans}$$

Donc l'année de saturation = **2027+25 ≈ 2052**

II.5.8 Conclusion :

Donc, d'après le calcul de la capacité, on concluants que son profil en travers est de **2× 3 voies** de **3,5 m** de largeur. La saturation surviendra **25 ans** après l'année de mise en service soit en **2052**

.

Chapitre III : TRACE EN PLAN

CHAPITRE III TRACE EN PLAN

III.1 INTRODUCTION

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

III.2 Choix de la catégorie

Les autoroutes ou sections d'autoroute sont classées en deux catégories se distinguant par le niveau de leurs caractéristiques de tracé en plan et de profil en long. Le choix de la catégorie résulte de l'environnement (relief, occupation du sol...) dans lequel s'inscrit l'autoroute et doit être cohérent avec la perception qu'en aura l'usager. On distingue :
La catégorie L1 : appropriée en région de plaine ou vallonnée où les contraintes de relief sont modérées.
La catégorie L2 : mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'il implique.
Ces catégories L1 et L2 sont respectivement appropriées à des vitesses maximales autorisées de 130 et 110 km/h.

Notre site est vallonné du coup on prend la catégorie L1, avec une vitesse maximale de 130 km/h

III.3 Règles à respecter pour le tracé 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), il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes.
Règles à respecter dans le tracé en plans :

- Respecter les points de départ et d'arrivée.
- Eviter les sections rectilignes de grande longueur.
- Eviter la démolition du bâti (maisons, constructions et habitats).
- Eviter le passage sur des terres agricoles notamment irriguées et aussi les zones forestières et d'arboricultures.

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassement excessif et inutile, de préférence suivre les courbes de niveau.
- Tenir compte des contraintes de réseaux (installations électriques, conduites de gaz, conduites principales d'assainissement et d'eau potable).
- Réduire les portées des ouvrages d'art aux niveaux des oueds en les traversant sur un plan perpendiculaire.

Localiser en distance cumulée (PK) l'ensemble des points singuliers (croisement de routes, pistes, réseaux électriques, téléphonique, hydraulique etc.…)

III.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.

III.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.

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

Vitesse de base	VB (km /h)	130 Km/h.
La longueur minimale	Lmin (m)	200 m

III.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.

III.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.

Tableau III-2:Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (source ICTAAL2000)

Symbole et unité		valur
Rayon minimale	Rm (m)	600 m
Rayon minimale non déversé	Rnd (m)	1000 m
Rayon minimum sans courbe de transition	1.5Rnd (m)	1500 m
Catégorie	L1	

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

III.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).

III.4.5 Raccordements Progressifs:

L'objectif du raccordement est de progressivement introduire l'arc circulaire et son dévers afin d'éviter des modifications abruptes de l'équilibre du véhicule, recherchant ainsi une variation progressive et continue de la force centrifuge subie par l'utilisateur. La courbe de raccordement la plus couramment utilisée est la clothoïde, qui garantit à la voie un aspect satisfaisant, notamment dans les zones de variation de dévers, et assure l'introduction progressive du dévers et de la courbure tout en respectant les conditions de stabilité et de confort dynamique. Une clothoïde est définie par son paramètre A (où 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, fluide, Souple, optiquement et esthétiquement

III.4.6 Eléments de la Clothoide:

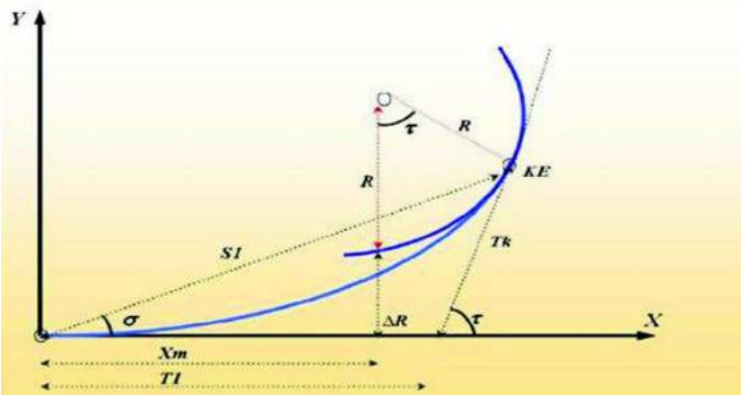


Figure III-1:Géométrie de la clothoïde.

- **R** : rayon du cercle.
- **L** : longueur de la branche de clothoïde.
- **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.
- **X** : abscisse de KE
- **Xm** : abscisse du centre du cercle **M** à partir de **KA**
- **Ym** : ordonnée du centre du cercle **M** à partir de **KA**.

III.4.7 Exemple de Calcul (Calcul manuel) :

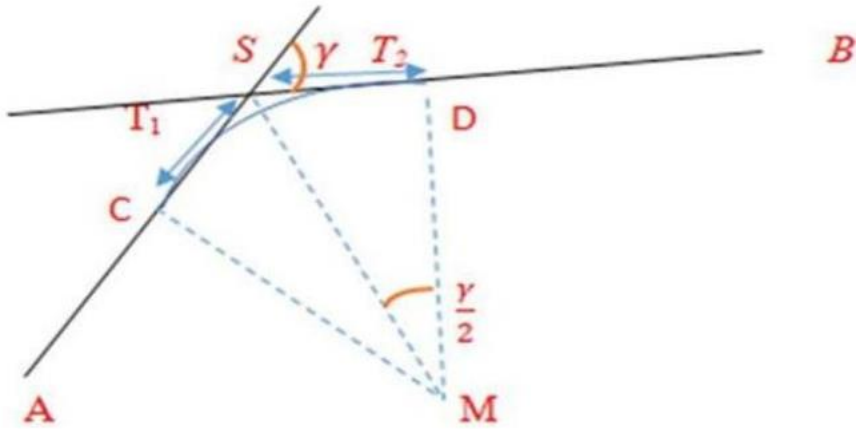


Figure III-2:Raccordement circulaire entre deux alignements.

On a un rayon R =600 m < 1.5Rnd = 1500 m donc on a un clothoïde
Les cordonnées des sommets sont comme suit :

Tableau III-3:Les données de l'axe à calculer

Point	X (m)	Y (m)	R (m)	VB (km /h)
P1	609865.6104	3905842.5856	600	130
P2	610139.8923	3905562.2393		
P3	610054.8554	3905179.3642		

Detail de calcule manuel sont donnes a l'annexe

III.5 Contraintes rencontrées lors de l'élaboration de notre tracé:

- Ferme d'oliviers du Pk 76+425 au PK 76+725
- Vallées traversées par la route:
  - Oued ARRAGA PK 74+803 au 74+888
  - Oued MAITAR du 81+083 au 81+183
  - Oued BOU SADAA PK 82+173 au 82+273
  - Oued BOU SADAA du PK 82+525 au 82+630
  - Oued ELGARAA du 85+884 au 86+018
- Route nationale RN 8 reliant ALGER à BOU SADAA au PK 75+275 , CW PK 82+383

III.6 Recommandations et Règles à suivre vis-à-vis de ces contraintes rencontrées:

- Évitez les zones résidentielles dans la mesure du possible.
- Prévoyez des infrastructures là où il y a des cours d'eau et d'autres écoulements.
- Rétablissez les passages, qu'ils soient des pistes ou autres types d'accès.
- Respectez les règles et paramètres énoncés dans l'ICTAAL mentionné précédemment.
- Pour notre projet, rayons supérieurs ou égaux à 1,5 Rndest , soit 1500 mètres ou plus, si cela est économiquement faisable , afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité.

Récapitulatif des éléments géométriques retenus :

Tableau III-4:Description géométrique du tracé en plan

Localisation		Elément géométrique utilisé	Caractéristique et valeur
PK74+000	PK74+962	Droite	L=962.920m
PK74+962	PK75+341	Arc	R=2500m
PK75+341	PK75+831	Droite	L=490.310m
PK75+831	PK76+123	Arc	R=20000m
PK76+123	PK77+375	Droite	L=1252.4m
PK77+375	PK78+104	Arc avec raccordement clothoide	R=600m L=133m
PK78+104	PK79+415	Droite	L=1310.704m
PK79+415	PK79+449	Arc	R=1600m
PK79+449	PK80+409.	Droite	L=959.517m
PK80+409	PK81+120	Arc avec raccordement clothoide	R=600 L=133m
PK81+120	PK82+008	Droite	L=888.211m
PK 82+008	PK82+377	Arc	R=1500
PK82+377	PK83+941	Droite	L=1563.597m
PK83+941	PK84+469	Arc	R=1600
PK84+469	PK85+167	Droite	L=697.946m
PK85+167	PK85+815	Arc avec raccordement clothoide	R=1000 L=112m

PK85+815	PK86+893	Droite	L=1077.853
PK86+893	PK88+064	Arc avec raccordement clothoide	R=600 L=133m
PK88+064	PK88+080	Droite	L=16.370 m

Conclusion :

Le traitement de l'axe en plan est automatisé grâce au logiciel CIVIL3D, dont les paramètres des éléments du tracé sont fournis dans l'annexe.

Chapitre IV :

PROFIL EN LONG

CHAPITRE IV PROFIL EN LONG

IV.1 Inroduction :

Le profil en long est une représentation graphique qui illustre une coupe verticale passant par l'axe d'une route, développée et dessinée à une certaine échelle sur un plan. Habituellement, l'échelle des distances (abscisse) correspond à celle du plan de situation, tandis que l'échelle des hauteurs (ordonnée) est généralement dix fois plus grande afin de rendre les déclivités plus visibles, qui sinon seraient presque imperceptibles. Ainsi, le profil en long est une représentation déformée, mais qui permet une meilleure visualisation des variations d'altitude.
Ce profil se compose d'une série de pentes reliées par des raccordements paraboliques, qui forment les raccordements verticaux, à la fois concaves et convexes. Ces raccordements assurent une transition en douceur entre les différentes déclivités, contribuant ainsi à la sécurité et au confort des usagers de la route.

IV.2 Réglé et normes à respecter dans le tracé de profil en long :

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

- ✓ Respecter les valeurs des paramètres intitulés par le règlement.
- ✓ Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- ✓ Utilisation des pentes plus rapprochées pour ne pas intercaler dans une forte pente (supérieur à 5%) une pente plus modérée.
- ✓ Faire l'équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- ✓ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

IV.3 Caractéristiques du profil en long :

IV.3.1 Valeur limites :

Tableau IV-1:Valeurs limites des paramètres du profil en long d'après (ICTAAL 2000)

Catégorie	L1
Déclivité maximale (%)	5%
Déclivité minimale (%)	0.5%
Rayon minimal en angle saillant RV ∩(m)	12 500
Rayon minimal en angle rentrant RV U(m)	4 200

L'utilisation de rayons supérieurs aux rayons minimaux est préconisée si cela n'induit pas de surcoût sensible.

IV.4 La déclivité :

La déclivité d'une route est la tangente de l'angle qui fait la ligne rouge avec l'horizontale. Elle est nommée aussi la pente pour les descentes et rampe pour les montés.

• **Déclivité minimum :**

La pente transversale ne suffit pas seul pour l'écoulement des eaux de pluies, donc il faut éviter le palier (tronçon de route absolument horizontale) 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%,

• **Déclivité maximum :**

Elle dépend de :

Condition d'adhérence entre pneus et chaussée.

Vitesse minimum de PL.

Condition économique.

Selon LICTAAL pour une route de catégorie L1, La déclivité maximum

imax =5%,

IV.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 :

IV.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.

IV.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.

IV.6 Exemple de calcul manuel d'axe de profil en long (Cas d'un rayon concave) :

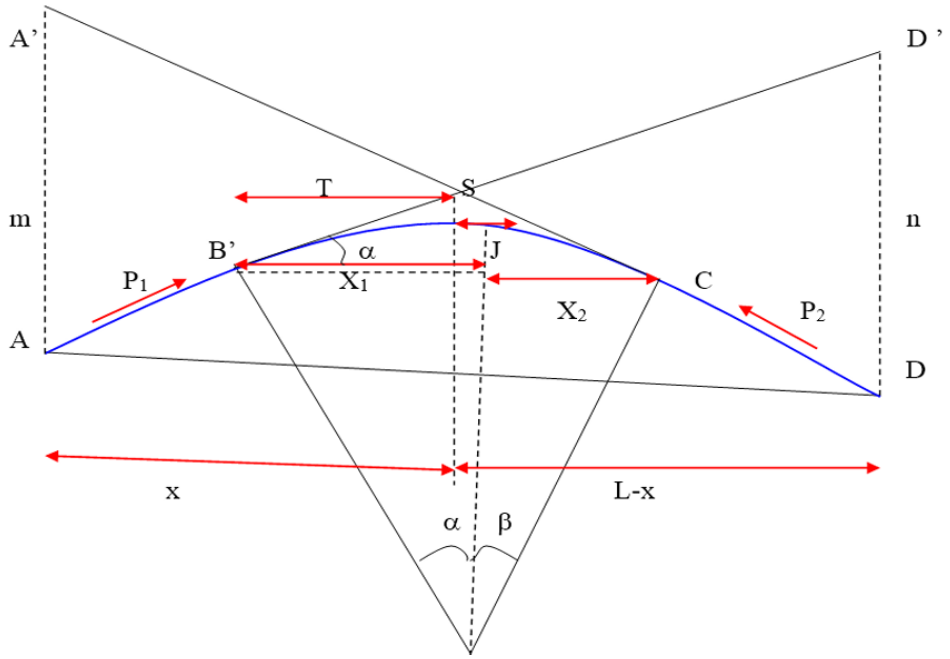


Figure IV-1:Schéma d'une parabole.

Récapitulatif des éléments géométriques du profil en long :
Détail de calcule manuel sont donnes à l'annexe

Tableau IV-2:éléments géométrique du profil en long

LOCALISATION	Pente(-)/romp(+) (%)
74+000 au 74+941	4.044 %
74+941 au 75+588	-3.642 %
75+588 au 76+300	0.548 %
76+300 au 77+212	-0.887 %
77+212 au 77+808	0.692 %
77+808 au 78+064	-0.450 %
78+064 au 78+525	1.361 %
78+525 au 80+135	0.794 %
80+135 au 81+775	0.63 %

81+775 au 82+222	1.070 %
82+222 au 83+234	-0.568 %
83+234 au 84+107	-0.108 %
84+107 au 85+086	-0.512 %
85+086 au 87+567	0.692 %
87+567 au 88+080	4.113 %

IV.6.1 conclusion :

les résultats de cette étude sont conformes aux seuils et limites établis par l'ICTAAL, garantissant ainsi des conditions de sécurité et de confort optimales pour la catégorie L1.

Chapitre V : PROFIL EN TRAVERS

CHAPITRE V :PROFIL EN TRAVERS

V.1 Introduction :

Le profil en travers d'une route est une coupe transversale perpendiculaire à l'axe du projet, qui représente à la fois le tracé prévu de la route et le terrain naturel.
Il est élaboré en se basant sur des études préliminaires ou une hiérarchisation du réseau routier. Ce profil en travers intègre tous les éléments constructifs envisagés pour la future route, incluant les situations de remblais, de déblais et les trottoirs, offrant ainsi une vision détaillée de la configuration de la voie dans différents contextes topographiques.

V.2 Les types du profil en travers :

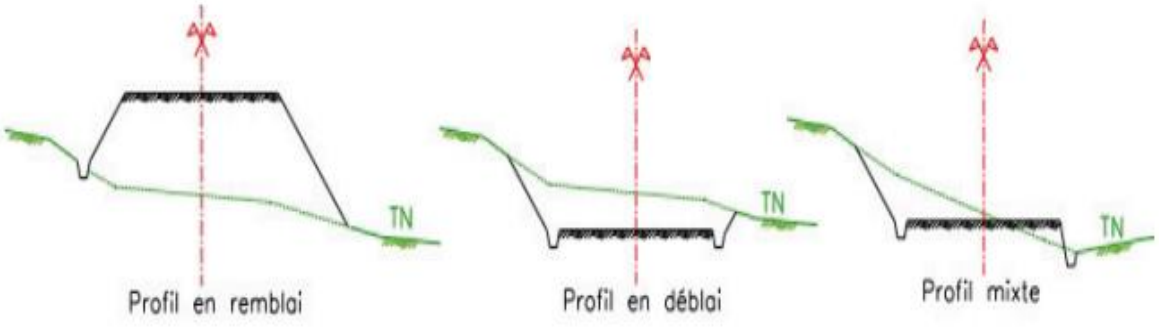


Figure V-1:Différents types de profil en travers.

Il existe deux types de profil :

V.2.1 Profil en travers type :

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblai, déblai ou mixte).

V.2.2 Profil en travers courant :

Le profil en travers courant est un élément fondamental présent dans les projets routiers, tracé à des intervalles réguliers tels que 10, 15, 20 ou 25 mètres. Il est utilisé pour évaluer les volumes de terrassement nécessaires (les cubatures).

V.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.

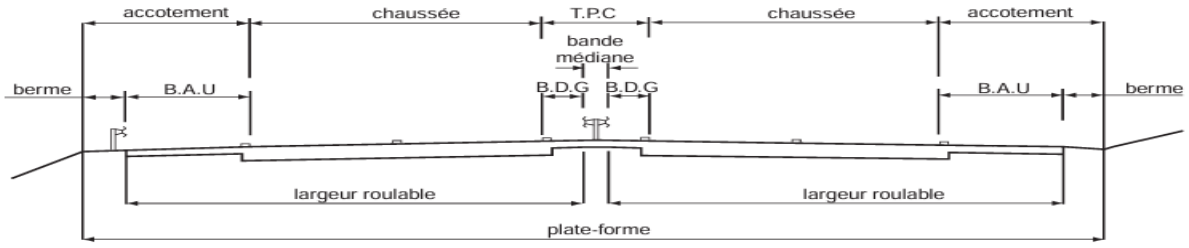
Bande dérasée de gauche (B.D.G) :

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

Bande médiane :

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

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



T.P.C. : terre-plein central
B.A.U. : bande d'arrêt d'urgence
B.D.G. : bande dérasée de gauche

Figure V-2:Profil en travers type

V.4 Profil en travers type du notre projet :

Tableau V-1:Paramètres géométriques du profil en travers

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur Totale (m)
Voie de circulation 2x3	3.5	6.0	21.0
Terre-plein central (T.P.C)	3.0	1.0	3.0
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	1.0	2.0	2.0
Bande médiane (B.M)	1.0	1.0	1.0
Accotement	4.0	2.0	8.0
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	3.0	2.0	6.0
La berme	1.0	2.0	2.0
La largeur totale de la plate-forme 32 m.			
Zone de sécurité à l'extérieur des voies de circulation	10	2	20
Dévers en section droite et en courbe non déversée			
Chaussée	2,5 % vers l'extérieur		
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	Identique à celle de la chaussée		
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	4% vers l'extérieur		
Berme extérieure	8 % vers l'extérieur		
Dévers en courbe			
Chaussée	7 % (maximum).		
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	Identique à celle de la chaussée.		
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	Identique à celle de la chaussée.		

CHAPITRE VI:

ETUDE GEOTECHNIQUE

CHAPITRE VI :ETUDE GEOTECHNIQUE

VI.1 Introduction :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la chaussée. Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.
Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol. L'exécution d'un projet routier nécessite, donc, une bonne connaissance des terrains traversés. Pour cela, on fait des essais en laboratoire permettre de déterminer les caractéristiques in situ.

VI.2 Objectifs de l'étude géotechnique :

- Déterminer les mouvements de terres (déblais, remblais).
- Définir les techniques de stabilisation des talus et des déblais de grandes hauteurs.
- Dimensionnement du corps de chaussée.

VI.3 Les moyens de la reconnaissance :

Les moyens de reconnaissance
d'un tracé routier comprennent principalement :

- L'étude des archives et documents existants :
  Toutes les données disponibles concernant le site du projet, telles que les cartes géologiques et les cartes topographiques, les plans cadastraux, les études géologiques précédentes, les relevés historiques, etc
- Les visites de site et les essais in-situ
- Les essais de laboratoire

VI.4 Présentation des essais:

VI.4.1 .Les essais in situ

- **Sondage carottés :** identification de sol et distinction des types de formation

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

V.4.2.Les essais au laboratoire

Tableau VI-1:Essais au laboratoire

Essais	Description	Objectifs
Essais Géotechniques	Analyse granulométrique (tamisage à sec)	Répartition pondérale des éléments granulaires d'un matériau des terrassements
	Analyse granulométrique (par sédimentation)	Détermination de la distribution pondérale de la taille des particules fines d'un sol
	Teneur en eau naturelle	Détermination de la teneur en eau d'un matériau
	Limites d'Atterberg	Détermination de l'argilosite d'un Sol
	Masse volumique des particules solides d'un sol	Détermination de la masse volumique moyenne des particules solides de sol
	Masse volumique sèche	Détermination de la masse volumique sèche d'un élément de roche
Essais de Compactage	Essai Proctor	Déterminer la masse volumique sèche d'un matériau et sa teneur en eau correspondante
	Indice CBR après immersion	Déterminer l'indice portant d'un échantillon de sol compacté dans un moule CBR avec une énergie Proctor Normal
Essais Mécanique	Essai œdométrique	Connaître les paramètres de résistance au cisaillement rectiligne (cohésion et angle de frottement interne) d'un matériau
	Essai de cisaillement	Connaître les paramètres de résistance au cisaillement rectiligne (cohésion et angle de frottement interne) d'un matériau

VI.5 Résultats des essais

VI.5.1 Résultats des essais in situ

VI.5.1.1 Puits de reconnaissance

Le but de ces puits et d'identifier le comportement des couches supérieures du sol, et ils servent aussi à déterminer la portance de terrain.

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

Tableau VI-2:Résultats des puits de reconnaissance

Puits	PK	Profondeur (m)	Prof	Nature lithologique
P-01	74+275	3	0.00---0.50m	terre végétale.
			0.50-----1.80m	sable encroûté fin
			1.80-----3.00m	sable compact marron
P-02	75+175	2.5	0.00-----0.60m	terre végétale
			0.60-----2.50m	Sable tuffacé graveleux et caillouteux avec de gros blocs.
P-03	77+100	1.8	0.00-----1.80m	sable graveleux et cailloux très compact
P-04	79+325	2.5	0.00-----1.80m	sable gypseux graveleux et caillouteux
			1.80-----2.50m	tuf calcareux blanchâtre.
P-05	82+000	2.2	0.00-----2.00m	Sable gypseux blanchâtre
			2.00-----2.20m	Sable tuffacé blanchâtre très compact
P-06	84+175	2.5	0.00-----1.80m	Sable fin jaunâtre
			1.80-----2.50m	Sable argileux peu graveleux avec concrétion calcaire.
P-07	85+575	2.2	0.00-----0.50m	Terre végétale
			0.50-----2.20m	Tuf graveleux et caillouteux avec de gros blocs et concrétion calcaire

P-08	87+925	3	0.00-----0.80m	Sable fin jaunâtre
			0.80-----2.00m	Sable graveleux et caillouteux jaunâtre
			2.00-----3.00m	Sable fin peu graveleux.

VI.5.1.2 Sondages carottés :

Il sert à collecter le maximum d'information concernent la structure du sous-sol et de distinguer les différents types de formation du terrain.

Tableau VI-3:Résultats des sondages carottés.

N°sondage	PK	Profmax(m)	Prof(m)	Nature géologique
SC-01	77+175	20	0.00 -----12.0m	Grés calcaire blanchâtre très dur
			12.00-----17.3m	Grés très dur gris.
			17.30-----20.0m	Marno- calcaire grisâtre.
SC-02	80+000	20	0.00-----0.50m	Terre végétale
			0.50-----4.10m	Argile sableuse brune à beige
			4.10-----6.70m	Sable argileux gypseux beige compact
			6.70-----9.60m	Sable fin marron
			9.60-----17.8m	Sable alluvionnaire peu argileux avec des conglomérats.
			17.8-----20.0m	Argile graveleuse peu sableuse beige.
SC-03	84+650	20	0.00 ----- 0.50m	Terre végétale.
			0.50 ----- 6.00m	calcaire gris blanchâtre.
			6.00 -----10.8m	calcaire oxydé fracturé blanchâtre.
			10.8 -----12.0m	Tuf graveleux et caillouteux.
			12.0 -----13.8m	Marne dure grise jaunâtre
			13.8 -----15.6m	Calcaire grisâtre dur
			15.6 -----18.7m	Marne dure grise.
			18.7 ----- 20.0m	Calcaire gris.

SC-04	87+325	20	0.00 -----2.00m	Sable alluvionnaire graveleux et caillouteux
			2.00 -----4.60m	Calcaire gris à blanchâtre
			4.60-----5.2m	Marne dure jaunâtre.
			5.20-----9.00m	Calcaire gris blanchâtre
			9.00-----11.0m	Marne dure grise jaunâtre
			11.0-----14.80m	Calcaire peu gréseux gris blanchâtre.
			14.8-----20.0m	marno- calcaire très dur gris

VI.5.2 Résultats des essais au laboratoire :

Tableau VI-4:Résultats des essais au laboratoire

Puits	Profondeur (m)	teneur en eau naturelle Wn)%	Limites d'Atterberg			Granularité % Tamisât				VBS	PROCTOR Normal		CBR
			WI (%)	WP (%)	IP (%)	31.1 mm	5 mm	2 mm	0.08 mm		Wopn (%)	γmax (t/m³)	
PU01	2.50-3.00	31.74	40.6	26.4	14.2	100	96	58	29	0.16	11.8	1.87	17.50
PU02	2.00-2.50	22	38.43	21.16	17.27	88	65	59	29	0.16	11.9	1.91	15.58
PU03	1.50-1.80	31.7	40.77	25.64	15.13	90	62	54	17	0.16	11.3	1.81	18.18
PU04	1.80-2.50	18.00	47.07	23.27	23.80	87	59	49	21	0.16	17.9	1.65	18.27
PU05	2.00-2.50	5.25	42.10	19.25	22.85	93	69	59	34	0.16	11.6	1.88	11.20
PU06	1.80-2.50	2.93	21.82	13.33	08.48	95	74	70	35	0.16	7.6	2.03	8.94
PU07	2.00-2.20	1.24	29.07	15.29	13.77	87	43	31	06	0.16	5.2	2.17	12.15
PU08	2.50-3.00	30.64	32.76	14.53	18.23	100	100	94	20	0.24	11.9	1.89	15.17

Les résultats des essais exécutés montrent selon la classification GTR (Guide des terrassements routiers français) :

- La granularité est caractérisée par un Dmax entre 31.5mm et 1mm, les passants à 5mm entre 43 et 100%, les passants à 2mm entre 31 et 94% et ceux à 0.08mm entre 06 et 35%.
- Les valeurs des essais au bleu de méthylène sont de l'ordre de 0.16%.
- Les caractéristiques de l'essai Proctor normal : la densité optimale est comprise entre 1.65 et 2.17 pour des teneurs en eau optimales comprises entre 5.20 et 17.9%

VI.5.3 Classification du sol support :

Elle consiste à regrouper les sols qui ont une nature, un état et un comportement similaires par rapport à une application géotechnique particulière (route, fondation…)

Parmi la classification les plus anciennes on note :

- Classification proposée par Atterberg.
- Classification française LCPC.

VI.5.3.1 Classification GTR

Selon la technique de réalisation des remblais (GTR-SETRA-LCPC Fascicule 1 et 2), les paramètres qu'on a besoin sont :

- Paramètres de nature :
  - la granulométrie
- Paramètres d'état :
  - état très humide (th).
  - état humide (h).
  - état humide moyenne (m).
  - état sec (s).
  - état très sec (ts).

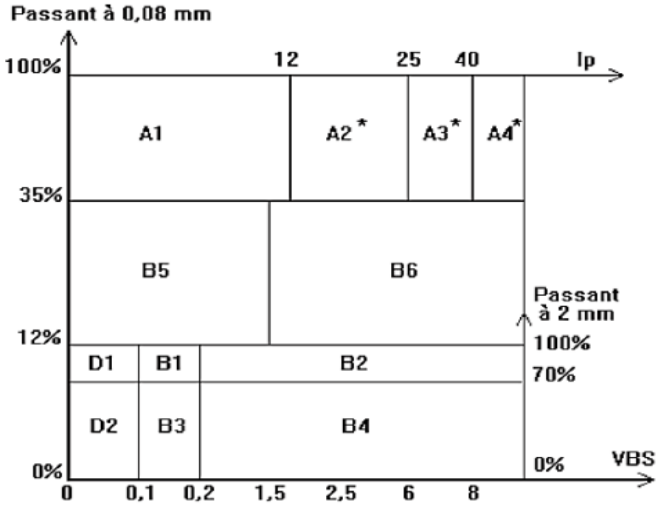


Figure VI-1:Classement de matériau selon GTR

Les résultats de tous les puits sont représentés dans le tableau ci-dessous :

On à **Dmax<50mm** dans tous les puits de reconnaissances

Tableau VI-5:Résultats de la classification GTR pour puits de reconnaissances

Puits	PK	%0.08mm	VBS	Classification GTR	Nature du sol support	Etat hydrique
PU01	74+275	29	0.16	B5 th	Sables et graves très silteux	très humide
PU02	75+175	29	0.16	B5 th	Sables et graves très silteux	très humide
PU03	77+100	17	0.16	B5 th	Sables et graves très silteux	très humide
PU04	79+325	21	0.16	B5 m	Sables et graves très silteux	humide moyenne
PU05	82+000	34	0.16	B5 ts	Sables et graves très silteux	très sec
PU06	84+175	35	0.16	B5 ts	Sables et graves très silteux	très sec
PU07	85+575	06	0.16	B3	Graves silteuses	
PU08	87+925	20	0.24	B5 th	Sables et graves très silteux.	très humide

VI.5.3.2 Classification LCPC :

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

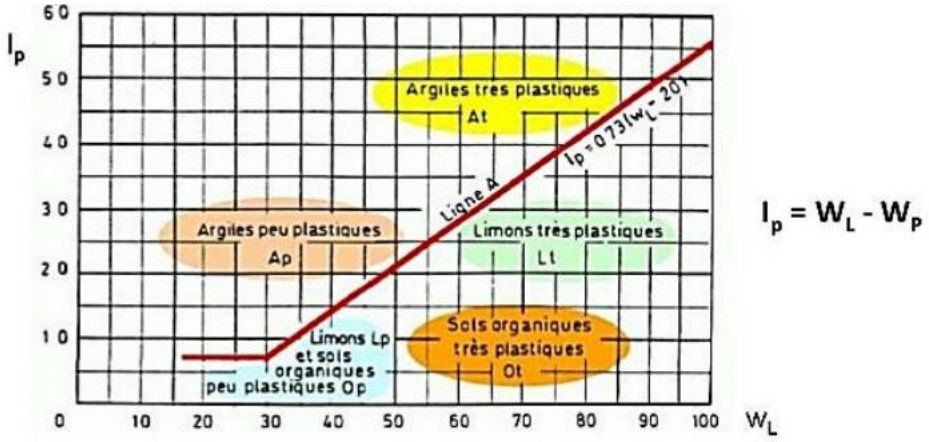


Figure VI-2:Diagramme de cassagnarde

Tableau VI-6:Les résultats des essais exécute selon la classification GTR

Puits	WL (%)	IP (%)	Classification LCPC	Nature
PU01	40.6	14.2	Ap	Argile peu plastique
PU02	38.43	17.27	Ap	Argile peu plastique
PU03	40.77	15.13	Lp	Limons peu plastique
PU04	47.07	23.80	Ap	Argile peu plastique
PU05	42.10	22.85	Ap	Argile peu plastique
PU06	21.82	08.48	Op	Organiques peu plastique
PU07	29.07	13.77	Ap	Argile peu plastique
PU08	32.76	18.23	Ap	Argile peu plastique

VI.6 Conditions d'utilisation des matériaux en remblai

Sur la base de la classification GTR par les résultats des sondages carottés et des puits de reconnaissances, les sols déblayées peuvent être réutilisées ou pas en remblais à condition de satisfaire à certaines conditions prescrites dans le Guide des Terrassement Routier « GTR fascicule 1»

Pour chaque classe ou sous-classe de matériaux définie dans la classification, des conditions de mise en œuvre à respecter sont édictées dans des tableaux, ces conditions sont en fonction de la situation météorologique constatée au moment où le matériau est mis en remblai.

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

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

❖ **Conditions météorologiques**

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

++ **Pluies fortes** : augmentation importante de la teneur en eau.

+ Pluies faibles : augmentation de la teneur en eau.

= Ni pluie, Ni évaporation importante : teneur en eau stable.

- Evaporation importante : diminution de la teneur en eau (température élevée ou temps sec ou vent)

❖ **Les paramètres de technique pour la réalisation d'un remblai**

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

E : Extraction ;

G : Action sur la granularité ;

W : Action sur la teneur en eau ;

T : Traitement ;

R : Réglage ;

C : Compactage ;

H : Hauteur de rembla

❖ **Conditions d'utilisation des matériaux en remblai**

Tableau VI-7:Conditions d'utilisation des matériaux en remblai

<table>
<tr><th>Sol</th><th>Observations générales</th><th>Situation météorologique</th><th>Condition d'utilisation en remblai</th></tr>
<tr><td>B3</td><td>Ces sols sont insensibles à l'eau, et peu érodables. Pour certains d'entre eux (sol homométrique), la traficabilité peut être améliorée par un arrosage</td><td>Toutes situations météorologiques</td><td>C : Compactage moyen</td></tr>
<tr><td>B5th</td><td colspan="3">Sols normalement inutilisables en l'état</td></tr>
<tr><td rowspan="5">B5 m</td><td rowspan="5">Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique, qui peut très rapidement interrompre le chantier à cause de l'excès de teneur en eau ou au contraire, conduire à un matériau sec, difficile à compacter</td><td>pluie forte</td><td>Situation ne permettant pas la mise en remblai, avec des garanties de qualité suffisantes</td></tr>
<tr><td>pluie faible</td><td>E : extraction frontale C : compactage moyen

H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)</td></tr>
<tr><td>ni pluie, ni évaporation importante</td><td>C : compactage moyen</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Évaporation importante</td><td>Solution 1 : arrosage

W : arrosage pour maintien de l'état

C : compactage moyen</td></tr>
<tr><td>Solution 2 : utilisation en l'état

C : compactage intense</td></tr>
<tr><td>B5 ts</td><td colspan="3">Sols normalement inutilisables en l'état</td></tr>
</table>

CHAPITRE VII: DIMENSSIONEMT DU CORPS DE CHAUSSEE

CHAPITRE VII DIMENSSIONEMT DU CORPS DE CHAUSSEE

VII.1 Introduction:

Le dimensionnement d'une chaussée vise à déterminer les épaisseurs des différentes couches de matériaux qui la composent, afin qu'elle puisse résister aux contraintes mécaniques causées par le trafic tout au long de sa durée de vie. Ces contraintes se manifestent par :

- Un endommagement progressif conduisant à la rupture par fatigue.
- Une accumulation de déformations permanentes conduisant à un orniérage excessif.

Une fois construite, l'autoroute doit pouvoir supporter les contraintes extérieures telles que les variations de température, la pluie, la neige, ainsi que les charges exercées par les véhicules, en particulier les poids lourds.
La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial, celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux de réalisation.

VII.2 Les différents types de chaussées:

Du point de vue constructif les chaussées peuvent être groupées en trois grandes Catégories :

- Chaussée souple.
- Chaussée semi-rigide.
- Chaussée rigide.

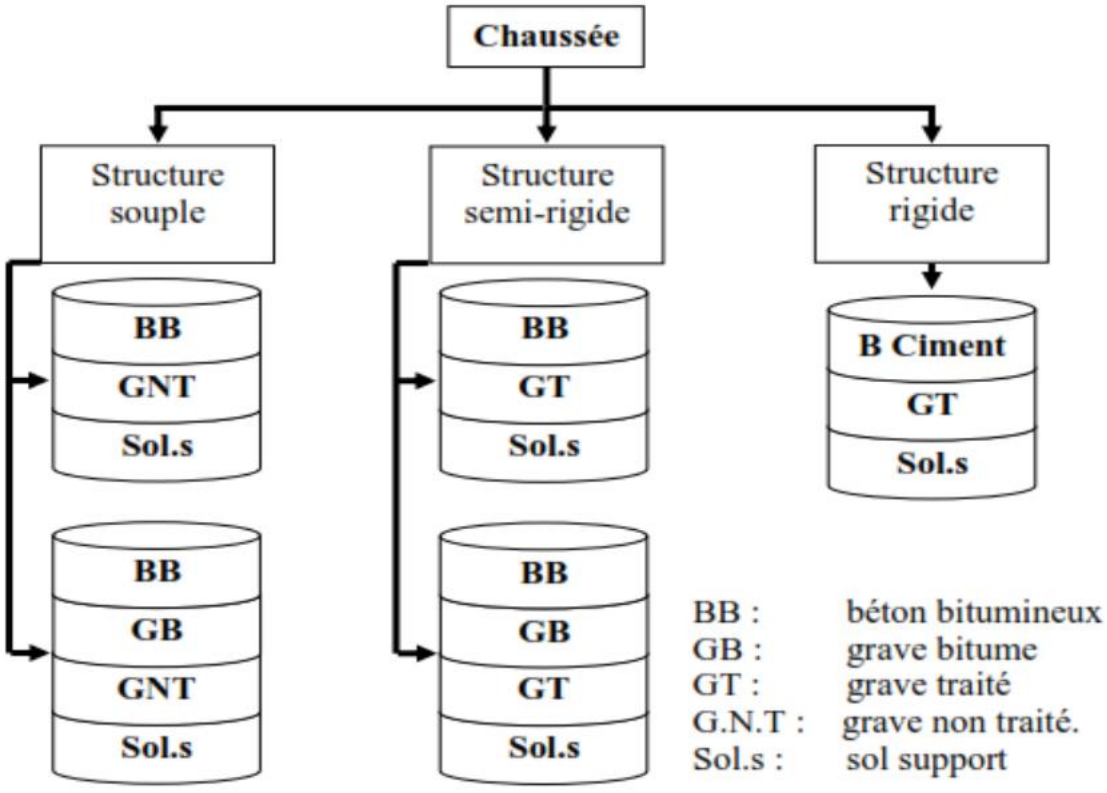


Figure VII-1:Différents type de chaussée et leurs structures.

En général une chaussée est constituée de 3 couches différentes :

- **Couche de roulement :** La couche de surface travaille à la protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagers. Aussi elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation. L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm
- **Couche de base :** La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet du trafic, elle reprend les efforts verticaux et repartie les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes. L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.
- **Couche de fondation :**Complètement en matériaux non traités (en Algérie), elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer une bonne portance de la chaussée, et aussi, le même rôle que celui de la couche de base.

En plus de ces 3 couches on peut trouver une couche de forme qui assure la déniveler du sol support ou l'augmentation de la portance de ce dernier.

VII.3 Les principales méthodes de dimensionnement :

On a deux méthodes :

- Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances de Chaussée.
- Les méthodes dites rationnelle basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

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

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

Pour le dimensionnement de corps de chaussée de notre projet on va utiliser les deux méthodes puis, on effectuera une analyse comparative entre ces méthodes et le choix du corps de chaussée à adopter à notre projet sera retenu respectivement selon les critères géomécaniques et économique

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

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur une échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié.
La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après :

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

Avec :

e : épaisseur totale du corps de chaussée.

I_{CBR} : indice CBR.

N : désigne le nombre moyen de camion de plus de 1500 Kg à vide.

P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).

L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des épaisseurs équivalentes des couches :

$$eeq = \sum ei\ (reel) \times ai$$

e = a1×e1 + a2×e2 + a3×e3

a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau suivant **:**

Tableau VII-1:Les coefficients d'équivalence des matériaux utilizes

Matériaux utilise	Coefficients d'équivalences
Béton bitumineux – Enrobé dense	2.00
Grave bitumen (GB)	1.50 à 1.70
Grave ciment-Grave laitier (GNT)	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concassée ou Gravier	1.00
Grave roulée-Grave sableuse TVO	0.75
Sable	0.50
Tuf	0.60

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe « e1 » et « e2 » et on calcule « e3 », généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB = 6 - 8 cm ; **GB =** 10 - 15 cm ; **GNT =** 15 - 25 cm ; **TVC =** 25 cm et plus**.**

VII.3.1.1 Application méthode CBR :

Pour notre cas :

- L'année de mise en service 2027
- TJMA2027=18 147 V /j
- PL = 25%.
- i : taux d'accroissement 3.5 %
- Indice CBR = 5

Répartition transversale du trafic :

La répartition de trafic sur chaque sens est dissymétrique telle que le sens le plus charge reprend (2/3) de trafics totale (TJMA).

- La voie la plus chargée étant celle de droite elle reprend 80% du trafic poids lourd.
- Calcule de trafic poids lourd sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service

  TPL = trafic total de la direction la plus sollicitée (TJMA) **X** pourcentage total de poids Lourds **X** pourcentage de poids lourds sur la voie droite.

TPL= TJMA2027 ×%PL×80%

TPL2027 = 18 147 × 0.25 × 0.80 = 3 629 PL/j/sens.

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

$$eq = \frac{100 + \sqrt{6.5} * (75 + 50\log(\frac{3629}{10})}{5 + 5}$$

eq = 62cm

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il nous faut résoudre l'équation suivante :

a1×e1 + a2×e2 + a3×e3= 62 cm.

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

Tableau VII-2:choix de L'épaisseur

Couches de	Epaisseur réelle (cm)	Epaisseur équivalente (cm)
Roulement BB	**8**	**8x2**
Base GB	**15**	**15x1.5**
Fondation GNT	?	**?×1**

e3=62 - (8× 2+15× 1.5)=24 cm

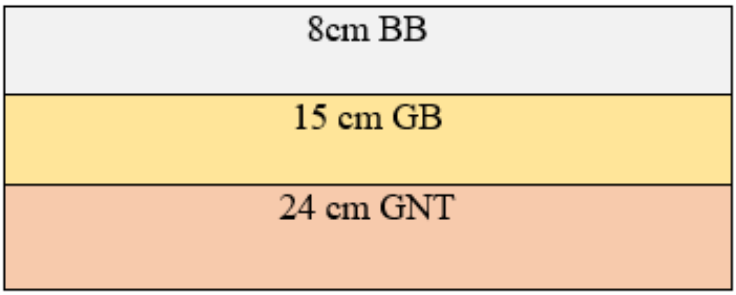


Figure VII-2:Différentes couches de la chaussée.

Conclusion :
En fin de compte, nous adoptons une épaisseur réelle de e = 62 cm, avec :

- Une couche de roulement (BB) de 8 cm.
- Une couche de base (GB) de 15 cm.
- Une couche de fondation (GNT) de 24 cm.

VII.3.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'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

Les données de bases pour le dimensionnement de chaussée sont :

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

VII.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 M'sila est classée en zone III
La Pluviométrie : 100-350 mm\an.

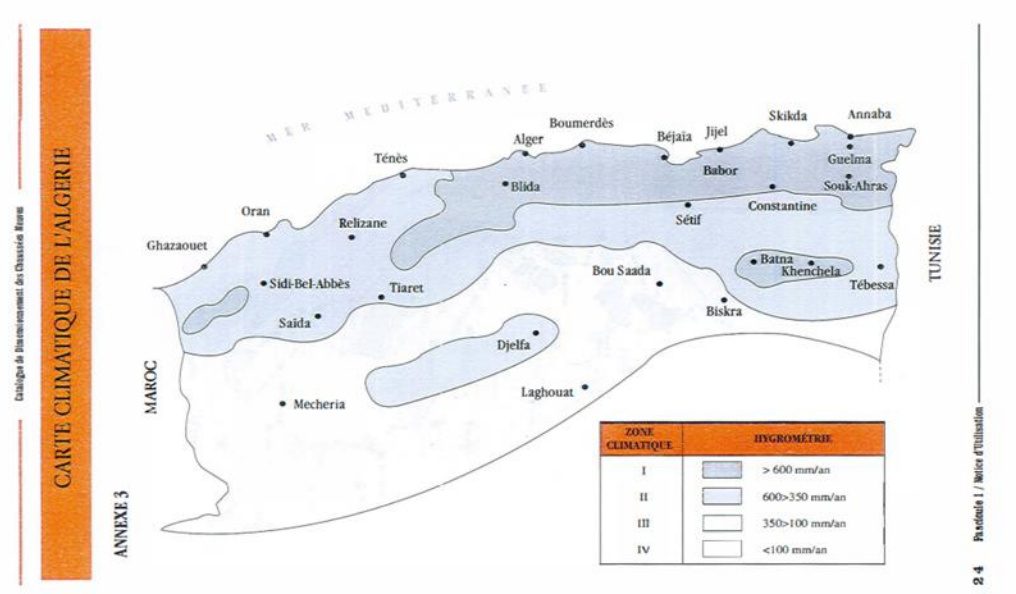


Figure VII-3:la carte climatique de l'Algérie

- ✓ **La température équivalente :**

D'après le fascicule 02 du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves page 15, la température équivalente de la wilaya de M'sila qui correspond à la zone III est de 25 °C

Tableau VII-3:les températures équivalentes

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

VII.3.2.2 Réseau principal du projet

Données de l'étude

- Année de comptage : 2022
- Année mise en service : 2027
- TJMA2022= 15 279 v/j
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : = 3.5%
- Pourcentage de poids lourds : PL =25%

D'après le catalogue on a la classification suivante :

Tableau VII-4:Choix du type de réseaux principaux

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

TJMA2022=15 279 v/j > 1500(V/j) Le réseau principal de notre est **RP1**

VII.3.2.3 Classe De Trafic (TPLi) :

Le trafic sera calculé et classifié avec les recommandations de « catalogue algérien du dimensionnement des chaussées neuves (version 2001) ». Le trafic été considéré comme équilibré (identique) dans les deux sens

TJMA2022= 15 279 v/j/sens

TPL$_{2022}$=15 279 ×0.25= 3 819 PL/j/sens

TPL$_{2027}$= TPL2022× $(1+\tau)^5$ = 3 819 $(1+0.035)^5$ = 4 536 PL/j/sens

Pour une chaussée unidirectionnelle à 3 voies, on prend 80% du trafic PL sur la voie lente de droite,

Donc **TPL$_{2027}$**= 0.8×4 536×(2/3) = 2419 PL/j/voie plus chargée la classe de trafic est **TPL6.**

Tableau VII-5:Classe TPLi pour RP1

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

VII.3.2.4 Trafic cumulé de poids lourd (TCi) :

Le TCi est le trafic de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie) il est donnée par la formule suivante **:** $TCi = 365 \times \text{TPLi} \times \frac{(0.035+1)^n - 1}{0.035}$

- i : taux d'accroissement.
- n : durée de vie.

On trouve : $TC(2047) = 365 \times 2419 \times \frac{(0.035+1)^{20} - 1}{0.035}$

TC(2047)= 24.96 ×10^6 PL/j/voie le plus chargée.

VII.3.2.5 Trafic cumulé équivalent (TCEi)

Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée **TCE$_I$= TC$_I$ ×A**

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

En fonction de réseau principal **RPi.**

Tableau VII-6:Valeurs de coefficient d'agressivité selon le réseau principal (CTTP, 2001)

Niveau de réseau Principal (RPi)	Types de matériaux et Structures	Valeur de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume: GB/GC, GB /TUF, GB/GC	0.6
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume: GB/GC, GB /TUF, GB/GC	1

D'après le tableau de **« catalogue du dimensionnement algérien »** Le coefficient A = 0.6.
Donc : TCE2027 =24.96 $\times 10^6 \times 0.6$ = **14.97×10^6** essieux équivalent de 13t

VII.3.2.6 Risque de calcul

C'est la probabilité pour qu'apparaissent au cours de la durée de vie de la chaussée des dégradations structurelles qui impliqueraient des travaux de renforcement de la chaussée.
Pour **RP1** et un trafic **TPL6** on a : r=5%

Tableau VII-7:Risque adoptés pour le réseau RP1

Classe dtrafic		TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (R%)	GB/GB GB/GNT	20	15	10	5	2

VII.3.2.7 Détermination de la portance de sol-support de chaussée

a. Présentation des classes de portance des sols :

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

Tableau VII-8:Présentation des classes de portance des sols (Fascicule 1).

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

b. . Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement

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

- E (MPa) = 5×ICBR = 25 (MPa)

Donc : La classe de portance de sol support est de classe **S3.**

c. Amélioration de la portance du sol support

Pour améliorer la portance d'un sol, on a recours aux couches de formes Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de CF, le mode de sa mise en

Tableau VII-9:Classes de terme du sol support (fascicule 2)

Classes de portance S_i	S4	S3	S2	S1	S0
Module (MPA)	15-25	25-50	50-125	125-200	>200

place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la CF.

Tableau VII-10:Sur classement avec couche de forme en matériau non traité (fascicule 1)

Prtance de sol	Matériau de CF	Epaisseur de CF	Portance visée
<S4	Non traité	50cm (2couches)	S3
S4	Non traité	35cm	S3
S4	Non traité	60cm (2couches)	S2
S3	Non traité	40cm (2couches)	S2
S3	Non traité	70cm (2couches)	S1

VII.3.2.8 Choix des différentes couches constituantes de la chaussée

Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique III, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement (3.5%), portance de sol (S2) et une classe de trafic (TPL6). Malgré toutes ces données, le catalogue n'a pas donner une conception adéquate.

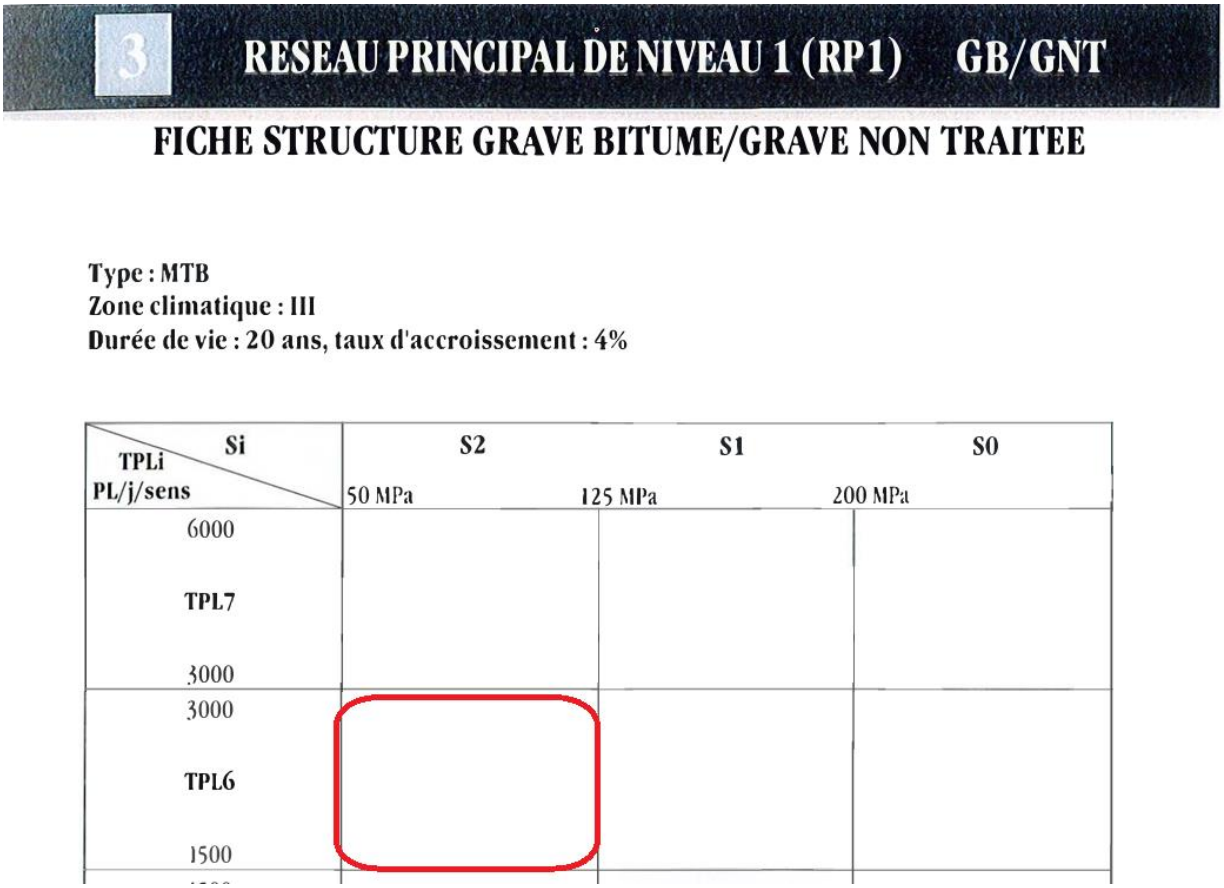


Figure VII-4:Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue

Commentaire :

Étant donné l'importance du trafic, nous avons envisagé d'introduire progressivement des rigidités dans le corps de la chaussée, c'est pourquoi nous avons pensé à concevoir une structure équivalente.

On suppose que les épaisseurs 0.08 m pour BB, 0.25 m GB et 0.25m GNT ,

Seront vérifier que les déformations εt et εz de la structure calculée à l'aide d'Alize LCPC, sont inférieurs aux valeurs admissibles ($\varepsilon_{t\ adm}$ et $\varepsilon_{z\ adm}$) calculées par la méthode du catalogue

La structure finale : **8 BB +25 GB+25 GNT** avec une couche de forme de 40 cm de TUF en deux couches

VII.3.2.9 Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support

Il faudra vérifier que les déformations εt et εz de la structure calculée à l'aide d'Alize LCPC, sont inférieurs aux valeurs admissibles ($\varepsilon_{t\ adm}$ et $\varepsilon_{z\ adm}$) calculées par la méthode du catalogue.

- ε_t : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.
- ε_z : (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.

- **Calcul la déformation admissible (εz adm) du sol support**

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

$$\varepsilon_{z,\,adm} = 22\times10^{-3}.\,(TCE_i)^{-0.235}$$

$$\varepsilon_{z,\,adm} = 22\times10^{-3}.\,(14.97\times10^{6})^{-0.235} \qquad \varepsilon_{z,\,Adm} = 453.15\ \mu def$$

- **Calcul de la déformation admissible de traction εt, adm**

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

$$\varepsilon_{t,\,adm} = \varepsilon 6\ (10°C,\ 25Hz) \times K_{ne} \times K_\theta \times K_r \times K_c$$

- **ε6 (10°c, 25Hz) :** déformation limite détenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz (essai de fatigue).
- $\mathbf{K_\theta}$: facteur lie à la température $\mathbf{K_\theta} = \sqrt{\frac{E(10^0,10HZ)}{E(\theta eq,10HZ)}}$
- **Kne:** facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- **Kne=** $\left[\frac{10^6}{TCEi}\right]^{-b}$
- **Kr :** facteur lié au risque et aux dispersions. $Kr = 10^{-tb\delta}$
- **Kc :** facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée égal **1.3**
- **b :** pente de la droite de fatigue (b<0)
- **E (10°C)** : module complexe du matériau bitumineux à 10°C.
- **E (θeq)** : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.
- **δ :** La dispersion $\delta = \sqrt{SN^2 + (\frac{C}{b}Sh)^2}$
- **SN :** dispersion sur la loi de fatigue.
- **Sh :** dispersion sur les épaisseurs
- **c :** coefficient égal à **0.02.**
- **t :** fractale de la loi normale q

Tableau VII-11:Valeur de t en fonction de risque (CTTP, 2001)

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

On a **r %** = 2% **T = 1,645**

Tableau VII-12: Performances mécaniques des matériaux bitumineux (CTTP, 2001)

Matériau (MTB)	E(25°C,10Hz) (Mpa)	E(10°C,10H) (Mpa)	ε6(10°C,25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (cm)	ν	KC Calage
BB	3500	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	**5500**	**12500**	100	**6,84**	**0,45**	**3**	0,35	1,3
SB	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

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

- $\delta = \sqrt{SN^2 + (\frac{C}{b} Sh)^2} \sqrt{0.45^2 + (\frac{0.02}{-0.146} \times 3)^2}$ **δ = 0.61**
- **Kr =** $10^{-tb\delta} = 10^{-(-1.645) \text{ x } (-0.146) \text{ x } (0,61)}$ **Kr = 0.71**
- **Kne =** $\left[\frac{10^6}{TCEi}\right]^{-b} = \left[\frac{10^6}{14.97 \times 10^6}\right]^{0.146}$ **Kne = 0.67**
- **Kθ =** $\sqrt{\frac{E(10^0, 10HZ)}{E(\theta eq, 10HZ)}} = \sqrt{\frac{12500}{5500}}$ **Kθ = 1.51**
- **Kc = 1.3**

$\varepsilon_{t,\,adm} = \varepsilon 6\,(10°C, 25Hz) \times K_{ne} \times K_\theta \times K_r \times K_c$

AN: $\varepsilon_{t,\,adm} = 100 \times 0.67 \times 1.51 \times 0.71 \times 1.3$

$$\varepsilon_{t,\,Adm} = 93.37 \ \mu def$$

Les déformations admissibles sont :

- $\varepsilon_{Z,\,Adm}$ sol support = 453.15 µdef
- $\varepsilon_{t,\,Adm}$ a la base de GB = 93.37 µdef

- **Calcul automatique du dimensionnement** :

La structures de la chaussée devra satisfaire à la condition (essai de simulation) pour les matériaux traités au bitume $\varepsilon z < \varepsilon z,Adm$ et $\varepsilon t < \varepsilon t,Adm$, εz et εt peuvent être déterminés à partir d'un calcul automatique avec le logiciel ALIZE LCPC.

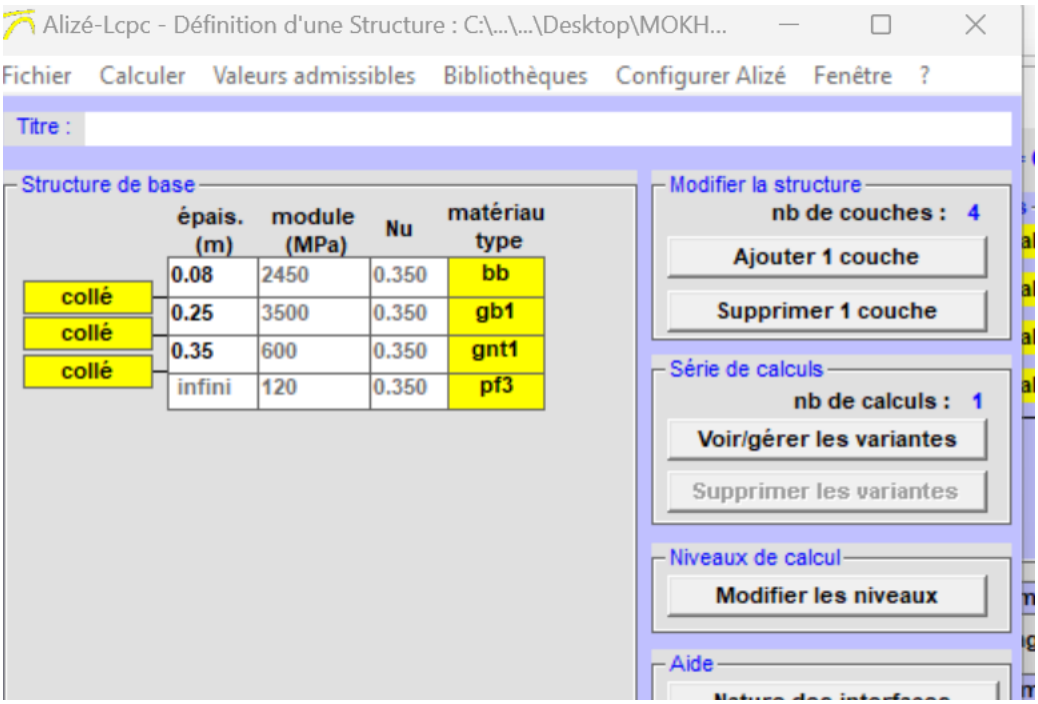
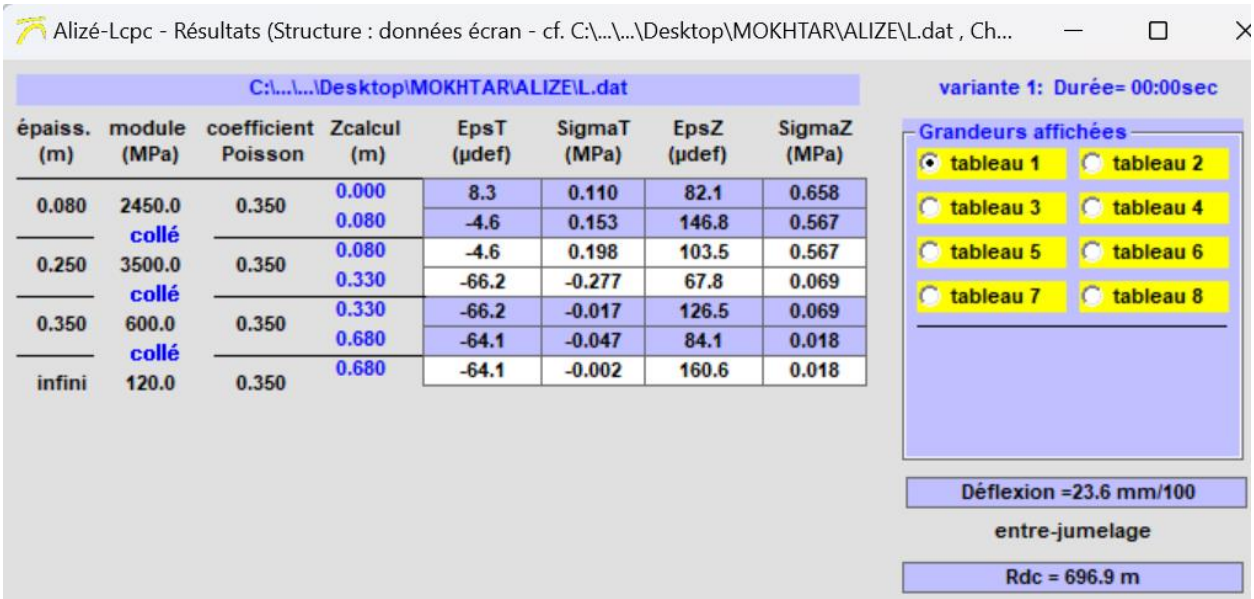


Figure VII-5:la structure définie dans Alizé

On obtient les résultats suivants :



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.080	2450.0	0.350	0.000	8.3	0.110	82.1	0.658
			0.080	-4.6	0.153	146.8	0.567
	collé						
0.250	3500.0	0.350	0.080	-4.6	0.198	103.5	0.567
			0.330	-66.2	-0.277	67.8	0.069
	collé						
0.350	600.0	0.350	0.330	-66.2	-0.017	126.5	0.069
			0.680	-64.1	-0.047	84.1	0.018
	collé						
infini	120.0	0.350	0.680	-64.1	-0.002	160.6	0.018

Figure VII-6:Les résultats donnés par Alizé

On obtient les résultats suivants :

- **Récapitulatifs des résultats :**

Tableau VII-13: comparison des résultats

	Déformations admissibles	Déformations calculées
ε_Z	453.15 µdef	160.6 µdef
ε_t	93.37 µdef	66.2 µdef

Conclusions

On a trouvé que : $\varepsilon t < \varepsilon t,adm$ et $\varepsilon z < \varepsilon z,adm$ alors la structure choisie est vérifiée vis-à-vis de la fatigue ,alors la structure retenue pour notre projet est **8 BB +25 GB+35 GNT** avec une couche de forme de 40 cm de TUF en deux couches.

Chapitre VIII :

ASSAINISSEMENT

CHAPITRE VIII :ASSAINISSEMENT

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

VIII.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.
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

VIII.3 Critères de base dans la conception des ouvrages d'assainissement

- Dans la mesure du possible, ne pas modifier la géométrie naturelle des cours d'eau.
- Maintenir une vitesse minimale dans les ouvrages pour réduire les risques de sédimentation.
- Limiter les vitesses maximales afin de réduire les risques d'érosion dans les cours d'eau et à l'intérieur des ouvrages.
- Bien gérer les eaux de ruissellement afin de limiter l'érosion dans les talus.
- Protéger les fossés contre l'érosion.
- Prévoir des dimensions minimales pour les ouvrages afin d'en faciliter le curage.

VIII.4 Caractéristiques physiques des bassins versants

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

Tableau VIII-1:Caractéristiques physiques des bassins versants

N° du BV	PK	A(Km2)	L(Km)	Hmax(m)	Hmin(m)	P (m/m)
1	74+775	7.85	6.722	900	498	0.213
2	75+050	3.17	5.002	928	499	0.177
3	75+550	1.63	2.665	610	495	0.063
4	76+300	0.27	0.557	535	505	0.025
5	77+750	0.47	1.290	542	495	0.060
6	77+850	3.54	6.552	928	495	0.200
7	78+525	3.65	3.955	928	495	0.152
8	79+125	1.97	3.096	740	495	0.058
9	80+150	7.32	8.399	1010	495	0.193
10	81+150	686.2	63.457	1342	510	0.077
11	82+225	636.32	71.161	1374	510	0.076
12	82+575	636.32	71.161	1374	510	0.076
13	85+950	25.73	11.593	846	509	0.061
14	88+000	0.9	1.041	590	535	0.047

VIII.5 Dimensionnement du réseau d'assainissement

L'étude hydrologique consiste à la détermination des débits de crue de chaque écoulement qui franchit le tracé routier. Par conséquent, tous les Oueds doivent être rétablis par des ouvrages hydrauliques (ponts, dalots et buses…).
Cependant nous nous sommes basés dans nos calculs sur des données issues des supports suivants :

- Données topographiques.
- Données hydrologiques.
- Carte d'état-major éditée au 1/50000

VIII.5.1 Estimation des débits de crues:

Pour évaluer l'ordre de grandeur du débit maximum des eaux de ruissellement susceptibles d'être recueillies par les fossés ou par un exutoire, on peut employer la méthode appelée la méthode rationnelle dont nous rappelons très sommairement le principe :

Qa ≤ Qs;

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

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

VIII.5.2 Débits d'apports :

Le débit d'apport est calculé en appliquant la méthode rationnelle :

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

- **K :** coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/s).
- **I :** intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).
- **C :** coefficient de ruissellement.
- **A :** aire du bassin versant (m2)

Remarque 1 : D'après SETRA, la formule : **Qa=K.C.I. A** est empirique, elle a été faite pour les unités suivantes :

- En (m3 /s) valable pour : I en (mm/h), A en (km2) et K= 0.278.

En (l/s) valable pour : I en (mm/h) ; A en (ha) et K= 2.78.

VIII.5.3 Temps de concentration :

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

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

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

$$\mathbf{Tc = 0,127}\sqrt{\frac{A}{P}}$$

- **Formule Passini :** (pour les bassins de 5 km² -25 km²) 5Km² < A < 25 Km²

$$\mathbf{Tc = 0,108}\ \frac{\sqrt[3]{A\times L}}{\sqrt{P}}$$

- **Formule Giandotti :** (pour les basins supérieurs à 25 km²) A >25 Km²

$$\mathbf{TC} = \frac{4*\sqrt{A}+1.5*L}{0.8*\sqrt{DH}}$$

Avec :

- **Tc** : Temps de concentration (heure).
- **A :** Surface du bassin versant (km2).

- **P :** La pente moyenne du bassin (m/m).
- **L :** Longueur du bassin versant (km).
- **DH:** Différence entre la hauteur moyenne du bassin et la hauteur minimum du bassin(m).

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

VIII.5.4 Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement est défini comme le rapport de la hauteur d'eau ruisselée à la hauteur d'eau précipitée.
Il est choisi compte tenu de la nature du bassin versant en particulier de sa couverture du type de sol, de la pente, ainsi qu'en fonction du temps de retour de l'événement.
Le coefficient de ruissellement dépend des caractéristiques et conditions d'infiltration du sol l'intensité de précipitation de la proximité de la nappe phréatique du degré de compactage du sol de sa porosité du couvert végétal de la typologie d'occupation de la pente du bassin de la récurrence etc….
Le coefficient de ruissellement est estimé par la méthode préconisée de KENESSEY qui est la somme de trois (03) coefficients partiels :

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

Tableau VIII-2:Coefficient C1

Pente (%)	**C1**		
P < 3.5 %	0.01	0.03	0.05
3.5%< P < 11%	0.06	0.08	0.1
11 < P < 35%	0.12	0.16	0.20
35% < P	0.22	0.26	0.30

Tableau VIII-3:Coefficient C2

Nature de sole	C2		
Imperméable	0.22	0.26	0.30
Peu imperméable	0.10	0.15	0.30
Perméable	0.06	0.08	0.10
Très perméable	0.03	0.04	0.05

Tableau VIII-4:Coefficient C3

Couverture de surface	**C3**		
Sol rocheux	0.22	0.26	0.30
Prairie	0.07	0.21	0.25
Labours champs	0.07	0.11	0.15
Forêts et territoire sableux	0.03	0.04	0.05

VIII.5.5 Intensité de pluie I(t) :

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

$$\mathbf{I(t) = } \boldsymbol{a(T) \times t^{-b}}$$

Avec :

- I(t,T) : Intensité de pluie exprimée en mm/h;
- T : période de retour exprimée en années ;
- t : temps exprimé en heures pris égale au temps de concentration tc
- « a » et « b » : paramètres de Montana avec **b=0.8**

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

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

Tableau VIII-5:Coefficient de Montana

T (ans)	10	50	100
a(t)	19.4	27.1	30.3

❖ **Résultats de calcul :**

Tableau VIII-6:débit, intensité de pluie, temps de concentration de chaque bassin pour les différentes périodes de retour

N° du BV	Tc(h	Cr	i10ans (mm/h)	i50ans (mm/h)	i100ans (mm/h)	Q10 (m^3/s)	Q50 (m^3/s)	Q100 (m^3/s)
1	0.89	0.65	21.295	29.747	33.260	30.207	42.197	47.180
2	0.54	0.65	31.768	44.366	49.605	18.19	25.413	28.414
3	0.65	0.55	27.382	38.250	42.767	6.824	9.533	10.658
4	0.42	0.5	38.834	54.246	60.651	1.457	2.035	2.276
5	0.36	0.55	43.929	61.3659	68.612	3.156	4.409	4.933
6	0.53	0.65	32.23	45.034	50.352	20.622	28.807	32.20
7	0.62	0.65	28.437	39.724	44.4149	18.755	26.20	29.294
8	0.74	0.55	24.684	34.481	38.552	7.435	10.386	11.612
9	0.99	0.65	19.556	27.318	30.54	25.867	36.135	40.402
10	14	0.55	2.349	3.281	3.668	246.466	344.29	384.94
11	17.68	0.55	1.949	2.722	3.044	189.626	264.890	296.169
12	17.68	0.55	1.949	2.722	3.044	189.626	264.890	296.169
13	5.09	0.55	5.277	7.372	8.242	20.762	29.002	32.427
14	0.56	0.55	30.849	43.094	48.18	4.2452	5.930	6.6304

VIII.6 Étude Hydraulique :

Pour dimensionner correctement les ouvrages hydrauliques qui permettent le franchissement du tracé de la pénétrante, il est crucial de déterminer la crue de projet. La sélection de la période de retour pour cette crue prend en compte un équilibre entre le coût d'investissement initial et le risque de dommages en cas de surdimensionnement ou de sous-dimensionnement des structures.

- 100 ans pour la conception des ponts.
- 50 ans pour la conception des dalots et 20 ans pour les buses.
- 10 ans pour les fossés Des TPC, Des bords, des crêtes et des pieds.

Utilisons les deux formules :

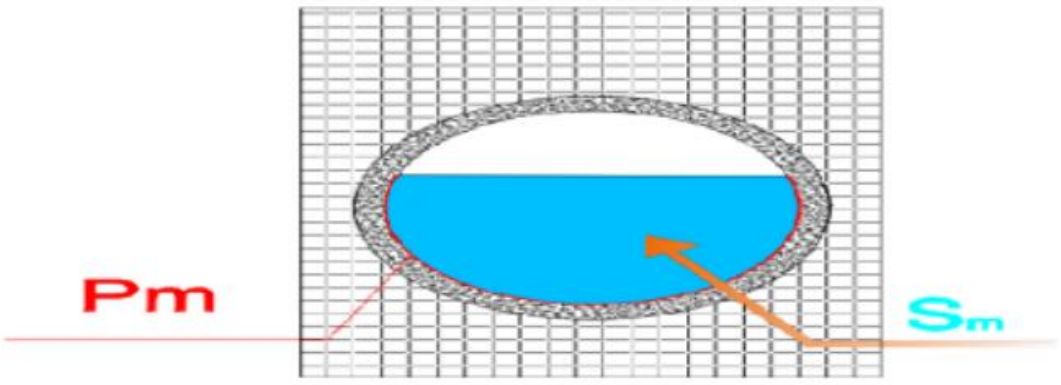
- Formule de continuité Qs=Vs×S
- Formule de MANNING-STRICKLER $Qs = K_{st} \times p^{1/2} \times Sm \times Rh^{2/3}$

On détermine Le Débit de Saturation ainsi la Section capable d'évacuer le Débit calculé.

- **Sm** : Section mouillée.
- **Kst** : Coefficient de STRICKLER (**Kst=**70 pour les dalots et **Kst=80** pour les buses)
- **Rh** : Rayon hydraulique(m) Tq : Rh=Sm/Pm
- **P:** La pente Moyenne de l'ouvrage

VIII.6.1 Dimensionnement des buses :

Une solution par buse circulaire a été retenue pour la réalisation de l'ouvrage hydraulique reprenant les eaux pluviales du bassin précédemment étudié.



F

Figure VIII-1:représentatif d'une buse

- **Sm :** Section mouillée $Sm= \sqrt{h\,(D-H}$ $Sm= \frac{4}{5}\,\pi\,R^2$
- **Pm :** Périmètre mouillé $Pm= \frac{4}{3}\,\pi\,R$
- **Rh :** Rayon hydraulique $Rh= \frac{Sm}{Pm} = \frac{3}{5}R$
- **Kst**=80 pour les buses en béton
- **P** : La pente de pose égale la pente de profil en travers.

$$\mathbf{Qs = Qa = 80 \times \left(\frac{4}{5}\,\pi\,R^2\right) \times \left(\frac{3}{5}R\right)^{2/3}\, P^{1/2}}$$

$$\boldsymbol{R = \left(\frac{Q_a}{80 \times \frac{4}{5}\,\pi \times \left(\frac{3}{5}\right)2/3\,\sqrt{p}}\right)^{3/8}}$$

- 2×R=Φ
- Une fois le diamètre est calculé. On choisit un diamètre normalisé commercial existant dans le marché : Φ500, Φ800, Φ1000, Φ1200, Φ1500 ...etc

❖ **Application dans notre projet**

Exemple de calcul pour le bassin 04 :

On a : Qapport=2.035 m^3**/s**

Ks=80 et P=1%

Application numérique :

$$R=\left(\frac{2.035}{80\times\frac{4}{5}\pi\times\left(\frac{3}{5}\right)2/3\sqrt{0.01}}\right)^{3/8}$$ **R**=0.481 = 481mm

D=R×2=481×2= 962 mm alors on choisit **Φ**1500

❖ **Les conditions d'auto curage :**

On doit vérifier les conditions d'auto curage pour cette buse :

V > 0.6 m/s pour Q=0.1Qps

V > 0.3 m/s pour Q=0.01Qps

$Qps = K_{st} \times P^{1/2} \times Sm \times (Rh)^{2/3}$

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

$Vps = \frac{Qps}{S}$ $Vps = \frac{7.35}{\pi\times0.75\times0.75}$ $Vps = 4.16\ m/s$

- Pour Q=0.1Qps V= 0.63×Vps = 2.62 m/s > 0.6 m/s **vérifié.**
- Pour Q=0.01Qps V= 0.33×Vps = 1.37 m/s > 0.3 m/s **vérifié.**

❖ **Condition de calage :**

D=F= 1m , R=0.75m , b = 2.3m , k = 25 , I=0.025 , Q100 = 2.276 m^3/s , F =1.5 m

N=$\frac{Q}{k*\sqrt{I}*b^{\frac{8}{3}}}$ =0.06

m=1

x=5.3 hn=$\frac{b}{X}$ = 0.43

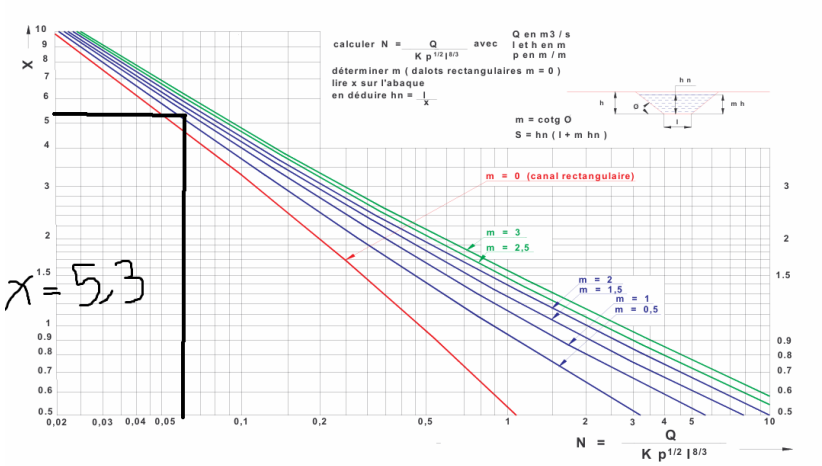


Figure VIII-2:l'abaque pour calculer

$N = \frac{Q^2}{g * b^5} = 0.008$

m=1

X=5.2 $hc = \frac{b}{X} = 0.44$

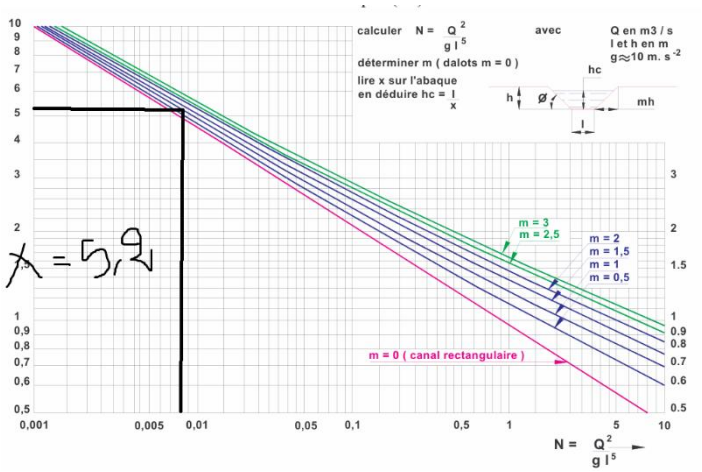


Figure VIII-3:l'abaque pour calculer hc

Calage de l'ouvrage :

$N = \frac{Q}{\sqrt{g} * R^{\frac{5}{2}}} = 1.47$

$\lambda = 1$

$\tau c = 0.5$

yc= τc*F =0.75 yn= 1.2* yc =0.9

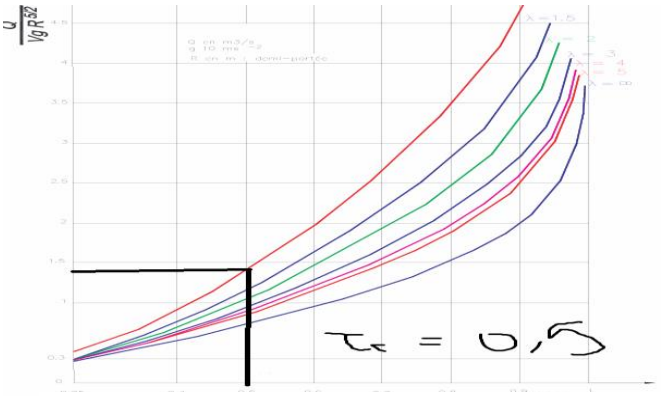


Figure VIII-4:l'abaque pour calculer yc.

ye= max (yn; hn) =0.9

$\tau n = \frac{yn}{F} = 0.6$

$\lambda = 1$

$\frac{S}{R^2} = 1.95$

$v = \frac{Q}{R^2 * 1.95} = 2.11$ m/s < 4 vérifie

$Ham = ye + (1+ke) * \frac{v^2}{2g} = 1.27$ m

$yt = \frac{Ham+ye}{2} = 1.08$ Taux de remplissage : $\tau = \frac{yt}{F} = 72\% < 75\%$ vérifie

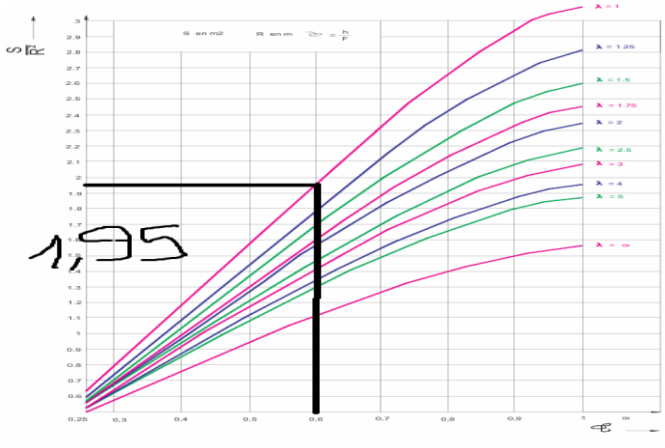


Figure VIII-5:l'abaque pour trouver S/R^2.

VIII.6.2 Dimensionnement des dalots :

Désigne un petit canal qui est recouvert par une dalle, constituant un élément de caniveau ou un ouvrage hydraulique partiellement enterré. Cela ressemble à un petit aqueduc construit en maçonnerie, situé sous les remblais de routes ou de voies ferrées.

Il est noté que le taux de remplissage de ce canal est dans le cas H <2 de
Hr = 0.8H et pou H≥ 2 Hr=.H-0.5

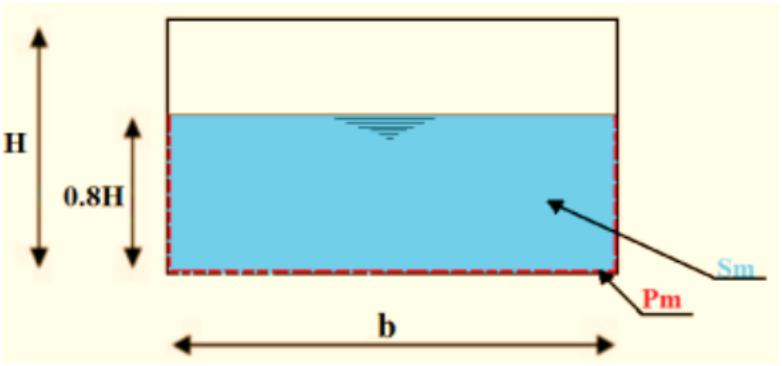


Figure VIII-6:Dimensions des dalots

Avec :

- **Sm :** Section mouillée Sm = 0.8×H×b
- **Pm :** Périmètre mouillé P_m = 1.6×H+b
- **Rh :** Rayon hydraulique Rh = $\frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8\times H\times b}{1.6\times H+b}$
- **Kst**=70 pour les buses en béton
- **P** : La pente de pose égale la pente de profil en travers.

$Q_a = Q_s = K_{st}\times i^{1/2}\times 0.8\times H\times b\times(\frac{0.8\times H\times b}{1.6\times H+b})^{2/3}$

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

Exemple de calcul pour le bassin 03 :

BV3 (Qa=9.533m3/s, P=1%, Kst=70, b =2.5 m)

$H0 = \frac{1}{0.8\times 2.5}\times(\frac{9.533}{70\times 1})^{3/5}$ H0 = 0.602 m

$H = 0.602\times(1.6H+2.5)^{2/5}$ H = 1.07m

Par itération manuel ou bien utilisons une calculatrice scientifique programmé (Casio) on trouve H=1.07 et on prend H=1.5 m

❖ **Vérification de la vitesse** :

$Vps = \frac{Qa}{S}$ $Vps = \frac{9.533}{2.5\times 1} = 3.81$ m/s < 4 m/s (vérifié)

❖ **Vérification la hauteur critique :.,**

$\frac{b\times Q^2}{g\times Sc^3} = 1$ Hc= $\sqrt[3]{\frac{Q^2}{g\times b^2}}$ Hc= $\sqrt[3]{\frac{9.533^2}{g\times 2.5^2}}$ = 1.13 < 1.5 (vérifier)

Pour : dalot (2.5×1.5) ⇒ hc = 1.13 m ⇒ h > hc ⇒ verifié

Condition de calage :

B=4.8 , I= 0.063 , H=2 , k = 25 ,Q100 =10.658 m^3/s , l =4 m

N=$\frac{Q}{K*\sqrt{I}*b^{\frac{8}{3}}}$ = 0.025

m= 1

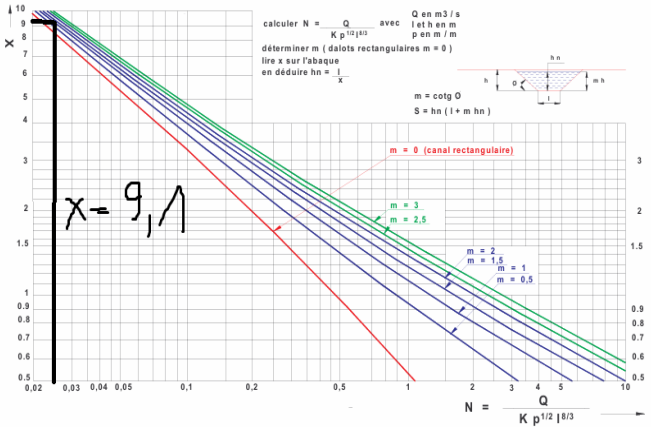


Figure VIII-7:: l'abaque pour calculer hn .

X=9.1 hn=$\frac{b}{X}$ = 0.52

N= $\frac{Q^2}{g*b^5}$ = 0.004

m=1

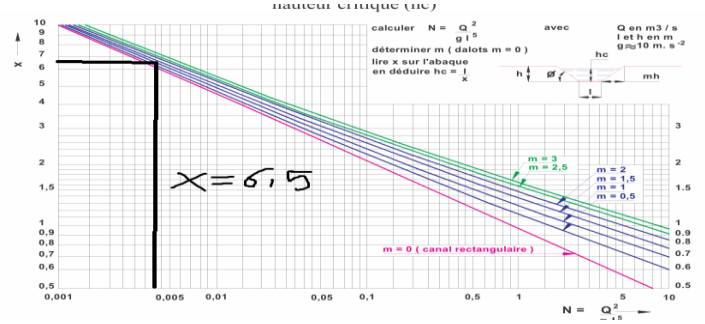


Figure VIII-8:: l'abaque pour calculer hc

X=6.5 hc=$\frac{b}{X}$ =0.73

N= $\frac{Q^2}{g*l^5}$ = 0.011

m=0

X=4.5 yc=$\frac{l}{X}$ = 0.88

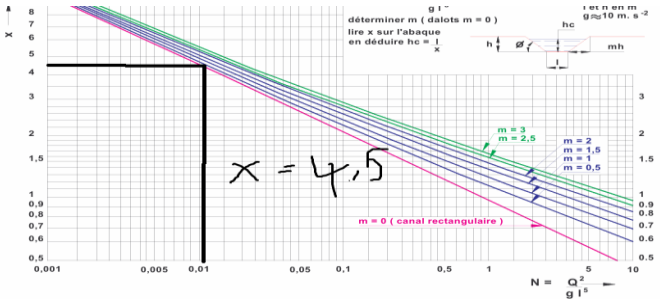


Figure VIII-9:l'abaque pour calculer yc.

yn = 1.2*yc = 1.056

ye= max (yn; hn) =1.056

v= $\frac{Q}{ye*l}$ = 2.52 **m/s** < 4 **vérifie**

Ham = ye + (1+ke) *$\frac{v^2}{2g}$ = 1.59

Yt = $\frac{Ham+ye}{2}$ = 1.32 Taux de remplissage : τ = $\frac{yt}{H}$ = 66% < 75% **vérifie**

Résultats de calcul :

Tableau VIII-7:type et dimension d'ouvrage adopté pour chaque bassin versant

N°BV	**PK**	Q(m^3/s) 50	b(m)	H(m)	Dcal(m)	Dimensionnement	Type Ouvrage
1	74+775	42.197				L=85	Pont
2	75+050	25.413	4	2		1– 4×2 m	Dalot
3	75+550	9.533	2.5	1.5		1– 2.5×1.5 m	Dalot
4	76+300	2.035			0.810	Ø1500	Buse
5	77+750	4.409			1.22	Ø1500	Buse
6	77+850	28.807	4	2		1 – 4×2 m	Dalot
7	78+525	26.20	4	2		1 – 4×2 m	Dalot
8	79+125	10.386	2	1.5		1 – 2×1.5m	Dalot
9	80+150	36.135	4	2.5		1 – 4×2.5 m	Dalot
10	81+150	344.29				L= 101	Pont
11	82+225	264.890				L= 100	Pont
12	82+575	264.890				L= 105	Pont
13	85+950	29.002				L= 134	Pont
14	88+000	5.930				Ø1500	Buse

❖ Vérification des dalots et des buses :

Tableau VIII-8:Vérification Pour les ouvrages Hydraulique Type Dalot

N°BV	Qa(m3 /s)	Dimension Choisit(m) BxH	V (m/s)	Vérification V< 4 m/s	Hauteur Critique (m)	Vérification Hc
2	25.413	1– 4×2	3.17	**Vérifier**	1.59	**Vérifier**
3	9.533	1– 2.5×1.5	2.54		1.13	
6	28.807	1 – 4×2.5	3.6		1.73	
7	26.20	1 – 4×2.5	3.28		1.62	
8	10.386	1 – 2×1.5	3.462		1.39	
9	36.135	1 – 4×2.5	3.61		2.01	

Tableau VIII-9:Vérification des conditions auto curage pour les ouvrages hydrauliques circulaires (Buse)

N°BV	Qa (m3 /s)	Diamètre Choisit(mm)	Qps (m3 /s	Vps (m/s	V=Vps×0.64 (m/s)	Vérification V>0.6m/s	V=Vps×0.32 (m/s)	Vérification V>0.3m/s
4	2.035	Ø1500	7.35	4.16	2.62	**Vérifier**	1.37	**Vérifier**
5	4.409	Ø1500	7.35	4.16	2.62		1.37	
14	5.93	Ø1500	7.35	4.16	2.62		1.37	

VIII.6.3 Système de drainage longitudinal :

Le dimensionnement se fait dans le cas défavorable, où il y'a un grand déblai, entre le PK74+330 et PK 74+680 de longueur 350 m. La Hauteur de talus est 14 m avec une pente 2H/1V
alors on prévoit des fossés en béton armé d'une forme trapézoïdale.

- Période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement égale à 10 ans.
- L'intensité des averses est uniforme dans le temps et dans l'espace

❖ **Coefficient de ruissellement :**

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants: la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain

Tableau VIII-10:Coefficient de ruissellement

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

❖ **Calcul des surfaces de la plateforme et talus :**

La surface de la chaussée : Ac= 0.0135 × 0.35= 0.003675 km2
La surface de BAU : Abau = 0.003 ×0.35 = 0.00105 km2
La surface de la berme : Ab = 0.001 ×0.35= 0.00035 km2
La surface du talus : At = 0.014 ×0.35= 0.0049 km2

❖ Exemple (chaussée) :

$i(10) = a(10)\,(Tc)^{-b}$ Avec : a(10)= 19.4 et b=0.8
Pour (SBV01) (A=0.004725 Km^2, P=2.5%) < **5Km²** on applique la formule de **VENTURA**

$$t_c = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}} = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{0.003675}{0.025}} \quad \Longrightarrow \quad t_c = 0.0486\ h$$

$i(10) = 19.4 \times 0{,}055^{-0.8}$ **i(10)=218.01 mm/h**

Qa = 0.278 C I A = 0.278 × 0.95 × 218.01 × 0.003675= 0.211 m^3/s

❖ **Résultats de calcul**

Tableau VIII-11:récapitulatif des résultats des débits des SBV

SBV	A (km2)	Pente	Tc (h)	It (mm/h)	C	Q (m3/s)
Chaussée	0.003675	0.025	0.0486	218.01	0.95	0.211
B.A. U	0.00105	0.04	0.021	426.61	0.4	0.049
Berme	0.00035	0.08	0.0084	887.93	0.4	0.034
Talus	0.0049	0.6667	0.011	715.63	0.3	0.292

Donc : Qa total = Qa ch + Qa bau+ Qa berme + Qa talus
Qa t= 0.211+ 0.049 + 0.034+ 0.292
Qat= 0.586 (m^3 /s)

❖ **Calcul du débit de saturation (Qs) :**

➢ Calcul de la surface mouillée

$$S_m = b.h + 2.\frac{e.h}{2}$$

$\tan\alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n}$ D'où : $e = n.h$

$$S_m = b.h + n.h^2 = h.(b + n.h)$$

$$S_m = h.(b + n.h)$$

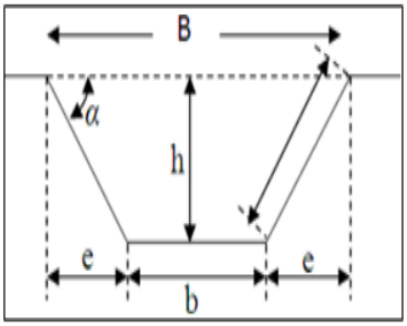


Figure VIII-10:Dimensions de fossé

➢ Calcul du périmètre mouille

Pm= b + 2B avec : $B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2.h^2} = h.\sqrt{1 + n^2}$

$P_m = b + 2.h.\sqrt{1 + n^2}$

❖ Calcul du rayon hydraulique

$$R_h = {S_m}/{P_m} = \frac{h.(b + n.h)}{b + 2.h.\sqrt{1 + n^2}}$$

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivant :

$Q_a = Q_s \quad K \cdot I \cdot C \cdot A = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_H^{2/3} \cdot J^{1/2}$

$$Q_a = K_{ST}.h.(b + n.h).\left[\frac{h.(b+n.h)}{b+2.h.\sqrt{1+n^2}}\right]^{2/3}.J^{1/2}$$

Pour la pente hydraulique du fossé « I », on a : I=2. % ;

Kst = 70 (au béton coulé sur place).

On pose :

b=0.5 et Pour un angle de 45° => n = 1
On obtient :

$h = \left(\frac{= 0.586}{Kst\ 0.5.\sqrt{i}}\right)^{3/5} \frac{(1+2\sqrt{2}\,2h)^{2/5}}{1+\frac{h}{0,5}}$ ⬚

Par calcul itératif on a obtenu la valeur : h = 0.46 m ⇒ Pour des raisons de sécurités on prend un fossé standard (b=50 cm, h=50cm B =150 cm).

❖ **Détermination de la hauteur critique**

Nombre de Froude Fr =1 :

$\frac{BQ^2}{gS^3} = 1 \quad$ Avec $\quad B = \frac{ds}{dh} \quad$ avec : $Sm = {h_c}^2 + bh_c \Rightarrow B = 2h_c + b$

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{S^3}{B} \Rightarrow \frac{Q^2}{g} = \frac{({h_c}^2 + bh_c)^3}{2h_c + b} \Rightarrow \frac{Q^2}{g} = \frac{b^2\,{h_c}^3\left(1+\frac{h_c}{b}\right)^3}{1+\frac{2h_c}{b}}$$

$$h_c = \left(\frac{Q^2}{gb^2}\right)^{1/3} \frac{\left(1+\frac{2h_c}{b}\right)^{1/3}}{1+\frac{h_c}{b}}$$

Par calcul itératif on a obtenu la valeur :
hc = 0.40 m hc < h Donc **Vérifie**

Chapitre IX :

CUBATURES ET ETUDE DE STABILITE DES TALUS

CHAPITRE IX :CUBATURES ET ETUDE DE STABILITE DES TALUS

IX.1 CUBATURES

IX.1.1 INTRODUCTION:

La cubature des terrassements est une opération visant à calculer les volumes de terre déplacés (déblais et remblais) dans le cadre d'un projet. En d'autres termes, il s'agit de déterminer la quantité de terre à enlever pour les déblais ou à ajouter pour les remblais dans un projet routier. Les éléments clés permettant de réaliser ces calculs sont :

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

IX.1.2 Méthodes de calcul des cubatures :

Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures parmi lesquelles on cite :

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

IX.1.3 Description de la méthode :

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

$$V = (Hm / 6) (S1 + S2 + 4S\,moy)$$

Hm : hauteur entre deux profils en (m).
S1 : surface de profil en travers P1 en (m2).
S2 : surface de profil en travers P2 en (m2).
Smoy : surface limitée à mi- distances des profils en (m2).

IX.1.4 Application :

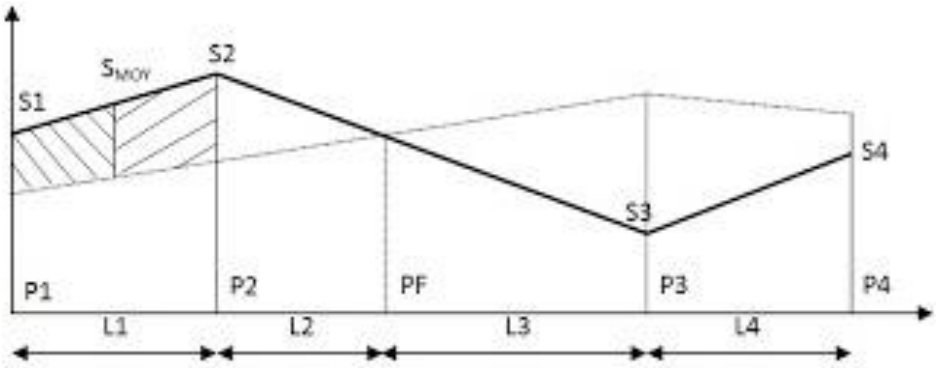


Figure IX-1:Section des profils d'un tracé routier

Avec :

- Pf : profil fictif (surface nulle).
- S1 et S2 : surface des deux profils en travers P1 et P2.
- Li : distance entre ces deux profils.
- S : Base intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance de P1 et P2).

Le volume compris entre deux profils en travers P_i et P_{i+1} de section S_i, S_{i+1} est égal A :

$V = (Li / 6) (S_i + S_{i+1} + 4Sm)$

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions Smoy et $(S1+S2) / 2$

Ceci donne : **Sm=(Si+Si+1) / 2**

Donc:

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

Le volume total V: V =V1+ V2+ V3+V4

En additionnant membres à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

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

cubatures de projet

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide de logiciel CIVIL3D, et les résultats complets de calcul sont joints en annexe.

IX.2 Etude de stabilité des talus:

IX.2.1 Introduction :

La stabilité d'un talus dépend de plusieurs facteurs, notamment son angle d'inclinaison, la nature du sol, l'humidité, etc.

Un angle trop raide peut entraîner des glissements de terrain ou des ruptures.

Pour prévenir ces incidents, il est nécessaire de réaliser des études et des analyse approfondies et de mettre en œuvre des mesures de protection adéquates, Cette analyse vise à garantir que ces structures restent stables sous l'action de leur propre poids, ainsi que sous celui des surcharges potentielles telles que le trafic routier ou d'autres charges externes.

IX.2.2 La Méthode de calcul :

Le calcul de la stabilité est fait avec les coefficients partiels à l'aide du logiciel TALREN 4. Il est basé sur la méthode des tranches qui donne un coefficient de sécurité pour l'ensemble des zones étudiées en considérant un comportement rigide plastique du sol.

IX.2.3 Analyse de la stabilité des talus :

IX.2.3.1 Facteur de sécurité :

La stabilité du talus est appréciée par rapport à un facteur de sécurité admissible.

Si FS≥1La stabilité est théoriquement assurée, mais en considérant l'incertitude de la conception et de la réalisation du talus, nous avons appliqué le facteur de sécurité admissible.

Tableau IX-1:Facteur de sécurité

Catégorie		Facteur de sécurité standard
Déblai	Long terme	FS>1.5
	Court terme	FS>1.3
	Sismique	FS>1

IX.2.3.2 Caractéristiques du déblai :

Nous allons vérifier la stabilité du profil qui représente la hauteur du déblai la plus importante, à savoir au PK74+330 et PK 74+680, cette hauteur est de 14 m pour cela on utilise le logiciel TALREN 4 .

- Les remblayages ont été modélisés avec une inclinaison de 2H : 1V.
- Les surfaces de ruptures supposées circulaires.

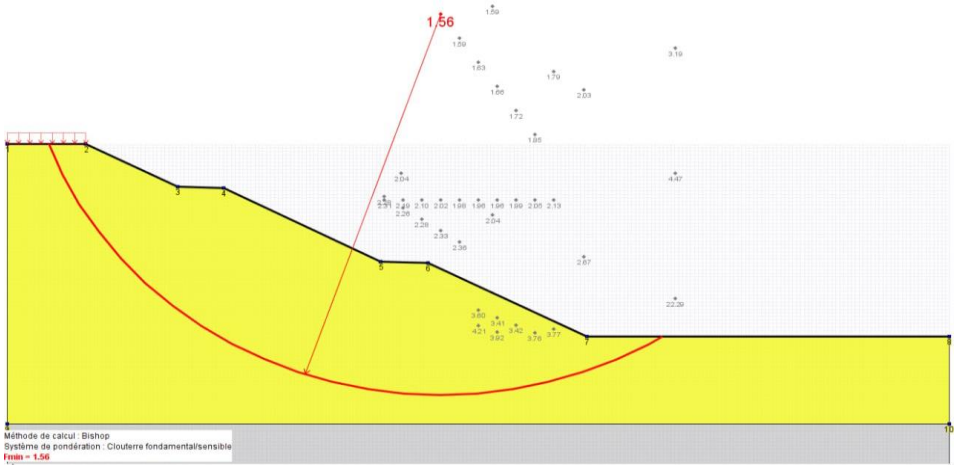
Dans notre projet, nous avons été confrontés à un manque de données et d'informations. Par conséquent, nous avons utilisé un tableau d'aides issu des normes utilisées dans les laboratoires

Tableau IX-2:Paramètres Géotechniques

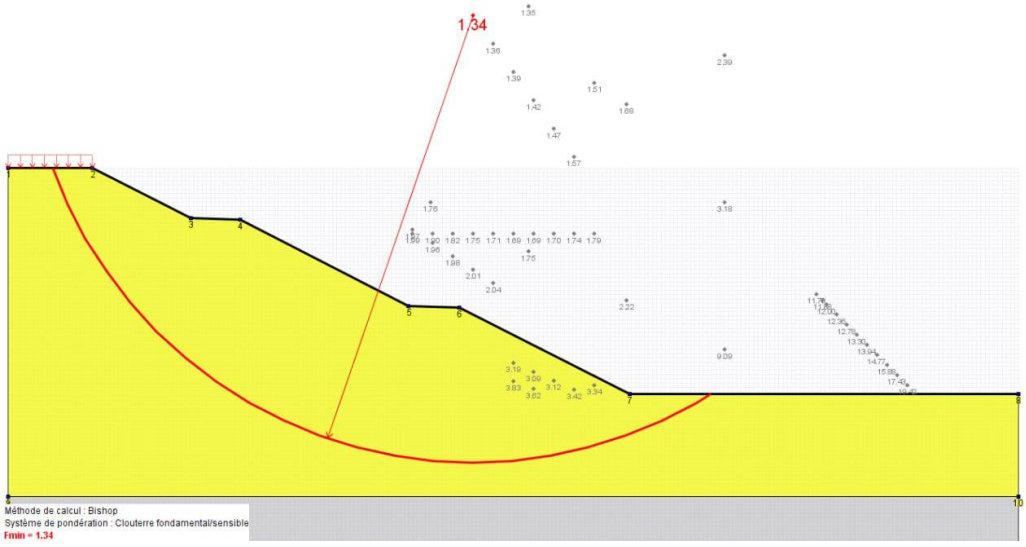
PK début-fin	Profondeur(m)	Nature du terrain	Paramètres géotechnique		
			ɣh ($KN/m3$)	C'($KN/m3$)	Φ' ◦
PK74+330 PK 74+680	17 m	Sabel	20	0	30-40

IX.2.3.3 Résultats d'analyse par logiciel :

Cas courante



Cas sismique :



Chapitre X :

OUVRAGE D'ART

CHAPITRE X :OUVRAGE D'ART

X.1 Introduction :

Un pont est un ouvrage qui permet de franchir un obstacle naturel tel qu'une rivière, un fleuve, une vallée, ou une autre voie de circulation comme une route ou une voie ferrée.
Dans ce chapitre, nous présentons les points kilométriques (PK) des ouvrages ainsi que leurs types selon les différentes exigences. On distingue notamment :

- Pont-route
- Pont-rail
- Pont-canal

Ces différents types de ponts sont conçus en fonction des besoins spécifiques de chaque projet et des contraintes liées à l'obstacle à franchir et au type de circulation concerné.

X.2 Présentation des ouvrages :

Tableau X-1:Ouvrages de franchissement de notre tronçon

N° ouvrages d'arts	Localisation	Type	Description
1	PK 74+850	Pont	Pont sur OUED ARRAGA a L= 85 m
2	PK81+150	Pont	Pont sur OUED MAITAR L= 101 m
3	PK 82+225	Pont mixte	Pont sur OUED BOU SAADA L= 100 m
4	PK82+390	Passage inferieur	Pont Cadre L= 30 m
5	PK 82+575	Pont mixte	Pont sur OUED BOU SAADA L= 105 m
6	PK 85+950	Pont a poutre	Pont sur OUED ELGAARA L= 134 m

X.3 Choix de type d'ouvrage :

Le choix d'un type d'ouvrage implique la prise en compte de divers facteurs afin d'optimiser à la fois les aspects techniques et économiques de la conception, tout en tenant compte des contraintes naturelles et fonctionnelles spécifiques. Les paramètres qui interviennent dans ce choix peuvent inclure :

- Les profils de la chaussée de la route (en long, en travers, en plan).
- Les positions possibles des appuis.
- La nature du sol de fondation.
- Le gabarit à respecter.
- Les conditions d'exécution et d'accès à l'ouvrage.

X.4 Variantes proposées pour notre tracé :

X.4.1 Variante N°1 : Pont a poutre type VIPP

Introduction :

Les ponts VIPP (Viaduc à travées Indépendantes à Poutres Préfabriqués précontraintes) sont constitués de poutres précontraintes solidarisées par un hourdis en béton coulé en place (sur des coffrages perdus non participants).

Les poutres sont reliées entre elles par des entretoises uniquement au niveau des appuis.

Les avantages :

- Le principal avantage de ce type de structure est lié à son mode de construction qui permet d'éviter le recours aux cintres s'appuyant sur le sol.
- Le recours à la préfabrication apporte un intérêt évident, tant sur le plan technique que sur le plan économique.
- En particulier, il permet d'envisager des formes de poutres assez élaborées, plus difficiles à coffrer, mais permettant de faire travailler au mieux la matière. Toutefois, l'amortissement des coffrages correspondants ne pourra être réalisé que sur un nombre important de poutres.
- Un autre intérêt de ce type de structure provient de son fonctionnement isostatique qui la rend pratiquement insensible aux déformations imposées, en particulier aux tassements différentiels des appuis et aux effets d'un gradient thermique.

Les inconvénients :

- Par ailleurs, ce type de tablier, constitué de poutres rectilignes, est naturellement bien adapté aux franchissements rectilignes. En revanche, il ne s'adapte que plus difficilement aux franchissements biais ou courbes.

- Besoin de joints de dilatation : Comme pour la plupart des ponts en béton, les ponts à poutres de type VIPP peuvent nécessiter des joints de dilatation pour compenser les mouvements dus à la dilatation thermique, ce qui peut nécessiter un entretien périodique.
- Esthétique limitée : En raison de leur conception fonctionnelle, les ponts à poutres préfabriquées peuvent manquer de l'aspect esthétique et de la flexibilité de conception offerts par d'autres types de ponts, tels que les ponts suspendus ou en arc.
- Contraintes de transport : Les poutres préfabriquées peuvent être plus difficiles à transporter sur de longues distances en raison de leur taille et de leur poids, ce qui peut entraîner des défis logistiques lors de la livraison sur le site de construction.

X.4.2 Variante N° 2 : PONTE DALLE

Les avantages :

- Tablier mince : esthétique donc emploi en zone urbaine (en ville et sur autoroute) , Gain de terrassement (moins de remblai d'accès)
- Economie sur la main d'oeuvre
- Bonne résistance au cisaillement et a la torsion

Les inconvénients :

- Actuellement pas de préfabrication
- Consomme plus de matière
- Inconvénients des travées continues

X.4.3 Variante N°3 : pont mixte

Les avantages :

- Légèreté par rapport aux tabliers des autres types de ponts qui va rendre le transport aisé, on raison du poids peu élevé qui permet de transporter loin en particulier à l'exécution ;
- La précision dimensionnelle des structures ;
- Simplicité d'usinage des poutres à âmes pleines ;
- Les ponts métalliques présents une rigidité à la torsion élevée permettent l'utilisation de poutres dans des ponts et des échangeurs horizontalement courbes.
- Des possibilités d'extension et de réparation.

Les inconvénients :

- Le problème majeur des ponts métallique et mixte c'est l'entretient contre la corrosion et le phénomène de fatigue dans les assemblages ;

- Le risque de flambement des pièces comprimées, et le risque du renversement ou le voilement lors du montage ainsi qu'en service ;
- Les sollicitations climatiques la différence de température entre le béton et l'acier surtout lorsque les poutres ne sont pas encore protégées par le tablier en béton ;
- Une surveillance avec visite périodique ;
- La main d'oeuvre doit être qualifiée surtout (les soudeurs) ;
- Le coût est très élevé

CONCLUSION :

Suite à une analyse approfondie des différentes options d'ouvrages disponibles, nous avons décidé d'adopter la variante en pont à poutre en béton précontraint. Cette décision repose sur les nombreux avantages économiques qu'elle offre ainsi que sur sa facilité de construction, en plus de sa compatibilité avec les compétences techniques des entreprises algériennes

.

Chapitre XI : Conception de l'échangeur

CHAPITRE XI Conception de l'échangeur

XI.1 Introduction

Un échangeur est un croisement sur plusieurs niveaux (carrefour dénivelé) entre deux routes, permettant la circulation entre les voies qui se croisent. Sa fonction principale est de maintenir la continuité des réseaux autoroutiers tout en desservant plusieurs directions simultanément. Il doit être implanté de manière à respecter les conditions générales de visibilité et à assurer une perception claire du point d'échange. La conception d'un échangeur est une étape cruciale, car elle prend en compte le coût du projet et sa durabilité. Différents types d'échangeurs sont utilisés en fonction de l'intensité du trafic entre les deux voies et de la configuration du site.

On désigne les échangeurs par :

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

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

XI.2 Role de l'échangeur

L'échangeur a pour rôle de :

- D'assurer la continuité du réseau autoroutier.
- De desservir plusieurs directions.
- Distribuer les flux dans les différentes directions, selon l'ordre d'importance.
- Faciliter aux usagers un déplacement dans de bonnes conditions.
- D'éviter les contraintes d'arrêt et de reprise.
- De diminuer le problème d'accidents en évitant le point de conflit.

XI.3 Règles de conception

Une bonne conception d'échangeur nécessite :

- La détermination de tracé.
- La projection de plusieurs variantes d'échangeurs.
- L'analyse et le choix en évitant :
  - Le passage sur les terrains agricole.
  - Passage au voisinage des habitations et des maisons publiques.
  - Passages sur les oueds ou leur voisinage pour ne pas avoir d'ouvrage d'art à construire et de murs de soutènement.
  - Les longs alignements droits.
  - Les terrassements importants.
  - Les sections à forte déclivité.
  - Les sites en courbures à faibles rayons.

XI.4 Type des échangeurs

- • Échangeur majeur : raccordement Autoroute- Autoroute. (Trèfle complet, bifurcation « Y» ;
- • Échangeur mineur : raccordement Autoroute -Route. (Losange, Demi-trèfle, Trompette).

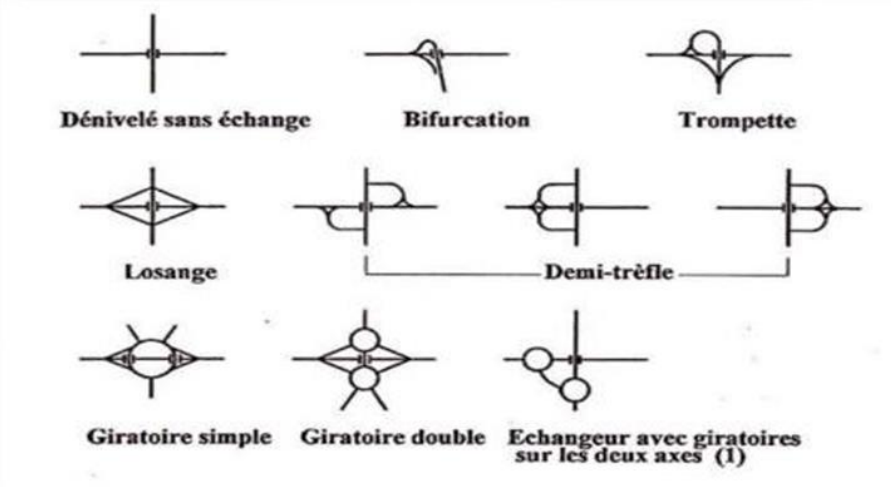


Figure XI-1:différente type d'échangeur

XI.4.1 Echangeur majeur :

Il s'agit d'un raccordement autoroute-autoroute.
L'échangeur majeur raccorde deux routes ou autoroutes de niveau de service élevé ; les cisaillements ne sont pas dans ces cas tolérés.
Ce sont les configurations suivantes :

- **Trèfles complets :** pour des raccordements à quatre branches : c'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise et justifié par un trafic important équilibré.

XI.4.2 Echangeur mineur :

Il s'agit d'un raccordement autoroute-route ordinaire.

- **Trompette :** pour les raccordements à trois branches : il est utilisé dans le cas de raccordement entre trois branches et comporte : alignement droit commun à toutes les bretelles, une boucle « entrée ou sortie », une diagonale de sortie.
- **Losange :** Il est composé de quatre diagonales unidirectionnelles symétriques entre elles par rapport à l'axe de l'autoroute et un carrefour à niveau sur la route secondaire. Il est adapté principalement pour une distribution symétrique des trafics d'échange.
- **Demi – trèfle :** La configuration en demi – trèfle à quatre (04) branches se présente comme le cas du type losange mais avec une différence majeure, qui est une distribution des trafics d'échange nettement dissymétrique.

XI.5 Les éléments de l'échangeur

Peu importe l'importance, la classification ou la forme d'un échangeur, celui-ci est composé de trois éléments assemblés, à savoir :

- L'ouvrage d'art (pont) ;
- Les carrefour (s) plan (s) (cas de raccordement routiers ordinaires) ;
- Les bretelles.

XI.6 Choix du type d'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 présente.
Donc le choix du type d'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 :

1ère Etape : 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.

2éme Etape : Configuration du tracé à adopter

L'échangeur à préconiser doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garant en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume en :

- Un tracé respectant les valeurs limitées de conception (valeur de rayon, d'alignements)
- Des longueurs des voies réglementaires (Insertion & décélération).

3éme Etape : Analyse

C'est cette dernière étape qui valide le choix sous la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilité, de confort et de sécurité.

XI.7 Application a notre projet

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

- Type de terrain : le terrain de notre projet est un terrain vallonné
- Type de route a raccordé : Nous créerons deux échangeurs qui relient notre autoroute a la RN 8 et RN 46 Donc l'échangeur est de type **mineur.**
- Vitesse sur les bretelles :
  - La vitesse maximale sur l'autoroute est de 130 km/h.
  - La vitesse sur la RN 8et RN46 est de 80 km/h.
  - La vitesse sur l'échangeur est :
    Sur la boucle 40km/h
    Sur la brettèle 60km/h

Pour RN 8 l'échangeur qui répond à tous ces critères est l'échangeur **Demi – trèfle**

Et pour RN 46 l'échangeur **Trompette**.

XI.7.1 Caractéristiques géométriques des bretelles

XI.7.1.1 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'ICTAAL2000) sont les suivantes

Tableau XI-1:: valeur limite de rayons de bretelle

Rayon	Voie de sortie	Voie de boucle
Rayon minimal Rm(m)	40 et 100 (le premier rayon rencontré)	40
Rayon minimal non déversé Rnd(m)	300	
Rayon maximal dans la boucle Rmax(m)		60

XI.7.1.2 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≤ 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.7.1.3 Raccordements progressifs :

- Une courbe circulaire est encadrée par deux arcs de clothoïde de longueur égale à la plus grande des deux valeurs : $\boldsymbol{6R^{0.4}}$et $7|\boldsymbol{\Delta}\delta|$; 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.7.1.4 Zones d'accélération et de décélération :

La connexion entre une bretelle et une autoroute se fait en utilisant une voie d'insertion pour l'entrée, et une voie de décélération pour la sortie..

- **Zone de décélération :**

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

  - Le musoir de divergence atteint une largeur de 1 m.
  - Un biseau long de 130 m .

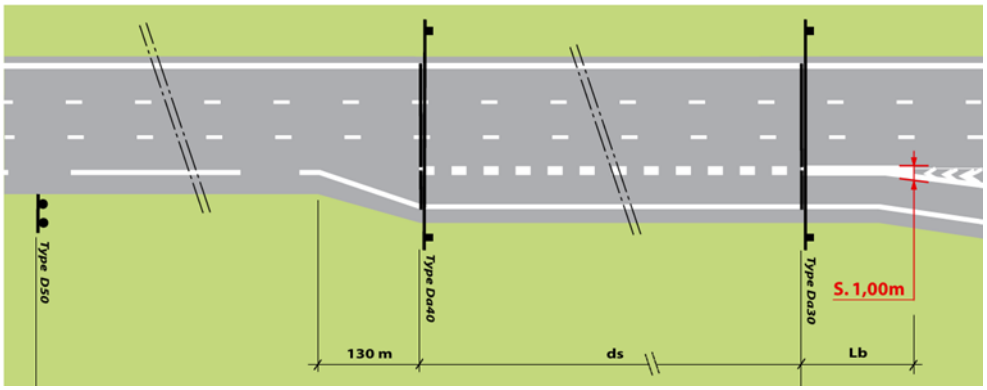


Figure XI-2:Dispositif de sortie d'autoroute

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"

Par convention, la vitesse au point S.1,00 m est de :

- 60 km/h pour une sortie depuis une bretelle/branche à une voie ;
- Un biseau long de 75 m.

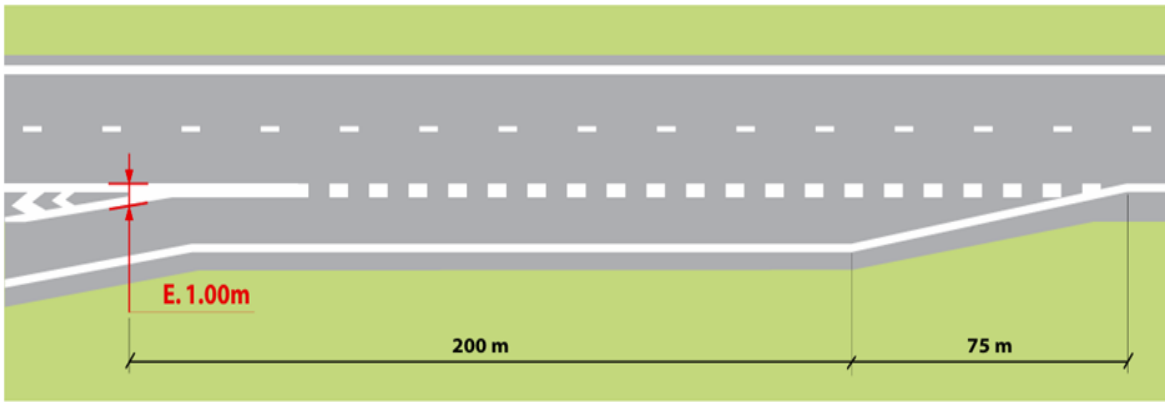


Figure XI-3:Dispositif d'entre à l'autoroute

XI.7.2 Profil en long d'une bretelle

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

Déclivité maximale	6 %
rayon minimal en angle saillant	2700 m
rayon minimal en angle rentrant	1900m

XI.7.3 Profil en travers d'une bretelle

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

Tableau XI-3:Les largeurs des composants du profil en travers

Berme	BDG	Chaussée	BDD
1	0.5	3.5+S	1

XI.8 Visibilité

XI.8.1 Visibilité sur une entrée d'autoroute

La distance de visibilité pour la voie de droite de l'autoroute doit être au moins égale à la distance d'arrêt sur l'arrière d'un véhicule entrant

Distance d'arrêt : da= distance de freinage + distance de perception/réaction

$$\mathbf{da = 2V+V2/2g\ (\gamma(v) +p)}$$

Avec :

- V en m/s.
- γ (v) : décélération moyenne exprimée en fraction de g.
- p : la déclivité, en valeur algébrique.

Pour les rayons R < 5V, (V en Km/h et R rayon de la courbe en m) : la distance de freinage est majorée de 25%

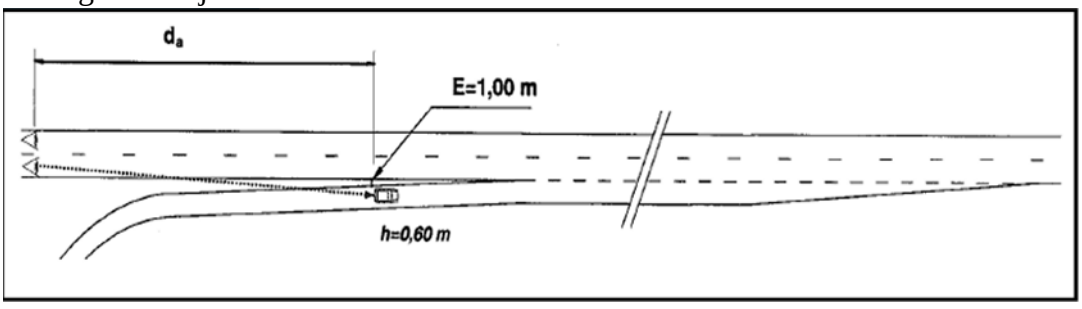


Figure XI-4:Règle de visibilité sur une entrée d'autoroute

XI.8.2 Visibilité sur une sortie d'autoroute

Distance de manœuvre de sortie dms : qui permet de définir également les changements de files en section courante : dms = 6V (V en m/s)

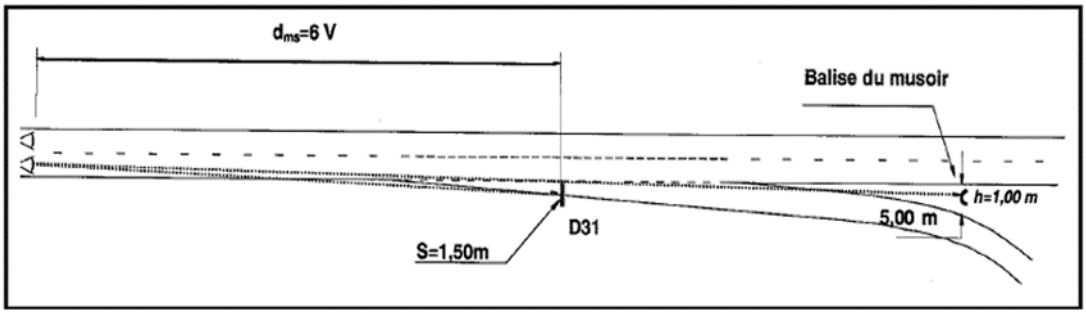


Figure XI-5:Visibilité sue une sortie d'autoroute

XI.8.3 Distance de visibilité sur marquage dvm

Une distance de visibilité dvm est nécessaire sur les marquages limitant sa voie au début de l'arc circulaire dvm = 3V (V en m/s)

XI.8.4 Distance de lecture (Lc)

Définissant la distance minimale permettant à l'usager de lire les informations sur les panneaux de signalisation : Lc =5V avec V en m/s

XI.8.5 Résumé

Tableau XI-4: les Principales distances de visibilité.

Vitesse(km/h)	130
Vitesse(m/s)	36.1
Décélération moyenne γ(v)	0.32(m/s2)
Distance d'arrêt en palier (p=0)	280
Distance d'arrêt en courbe pour R	335
Distance de manœuvre en sortie dms (et changement de file	220
Distance de visibilité sur marquage dvm	110
Distance de lecture lc	180



Figure XI-6: echangeur Pk 75+275



Figure XI-7:Echangeur Pk 88+000

CHAPITRE XII :

SIGNALISATION

CHAPITRE XII SIGNALISATION

XII.1 Introduction:

La signalisation routière est un moyen essentiel de communication avec les usagers de la route. Bien signaler, c'est bien communiquer. Une signalisation claire et précise permet d'informer, de guider et de protéger les conducteurs, piétons et autres usagers en fournissant des indications indispensables pour une circulation sûre et efficace.
Type des signalisations routière comprend deux types :
• La signalisation verticale
• La signalisation horizontale

XII.2 L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :

Rendre plus sûre la circulation routière
Faciliter la circulation :
Indiquer ou rappeler diverses prescriptions particulières de police :
Donner des informations relatives à l'usage de la route :

XII.3 Règles a respecter pour la signalisation

1. Crédibilité
2. Uniformité et homogénéité
3. Visibilité
4. Lisibilité
5. Clarté
6. Adaptation

XII.4 CATEGORIES DE SIGNALISATION

Sont :
• La signalisation par panneaux.
• La signalisation par feux.
• La signalisation par marquage des chaussées.
• La signalisation par balisage.
• La signalisation par bornage.

XII.5 Type de signalization:

1. La signalisation horizontale
2. La signalisation verticale

XII.5.1 SIGNALISATION HORIZONTALE

La signalisation horizontale a pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou à certaines catégories d'usages.
Son rôle essentiel est de délimiter les voies de circulation pour augmenter la sécurité routière et de complémenter la signalisation verticale.

XII.5.1.1 Catégories de marques de chaussée

1) Lignes longitudinales

1. Continues, de largeur variable.
2. Discontinues, de largeur et modulation variables.

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U »

1. U = 7.5 cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.
2. U = 6 cm sur les routes et voies urbaines.
3. U = 5 cm sur les autres routes.

Pour notre projet la route est de type "autoroute". Donc la valeur de U est 7. 5 cm.

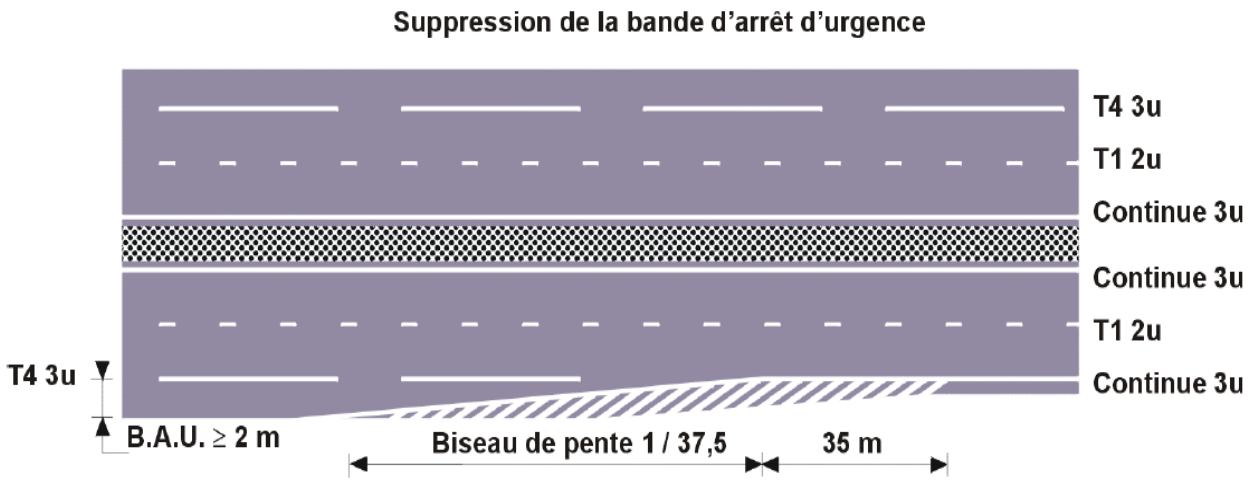


Figure XII-1:Les lignes de délimitation de voies dans le tracé.

Tableau XII-1:caractéristiques des lignes

Les

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

modulations des lignes discontinues sont recapitalisées dans le tableau suivant :

Tableau XII-2:Type de modulation

TYPE DE MODULATION	LONGUEUR DU TRAIT (m)	INTERVALLE ENTRE TRAITS SUCCESSIFS (m)	RAPPORT PLEIN VIDE
T1 T'1	3.00 1.50	10.00 5.00	Environ 1/3
T2 T'2	3.00 0.50	3.50 0.5	Environ 1
T3 T'3	3.00 20.00	1.33 6.00	Environ 3

2) **<u>Lignes transversales</u>** :

1. Lignes d'arrêt.

2. Lignes « céder le passage ».
3. Passage pour piétons.

3) Flèches

1. Flèches de rabattement.
2. Flèches de sélection unidirectionnelle.
3. Flèches de sélection bidirectionnelle.

4) autres marques

1. Marquage spécial Pour stationnement ou aires d'arrêt d'appel d'urgence.
2. Marquage d'ilots séparateurs avec hachures.
3. es flèches de rabattement : elles sont légèrement incurvées vers la voie que les usagers doivent emprunter

Schémas de marquage avec hachures.

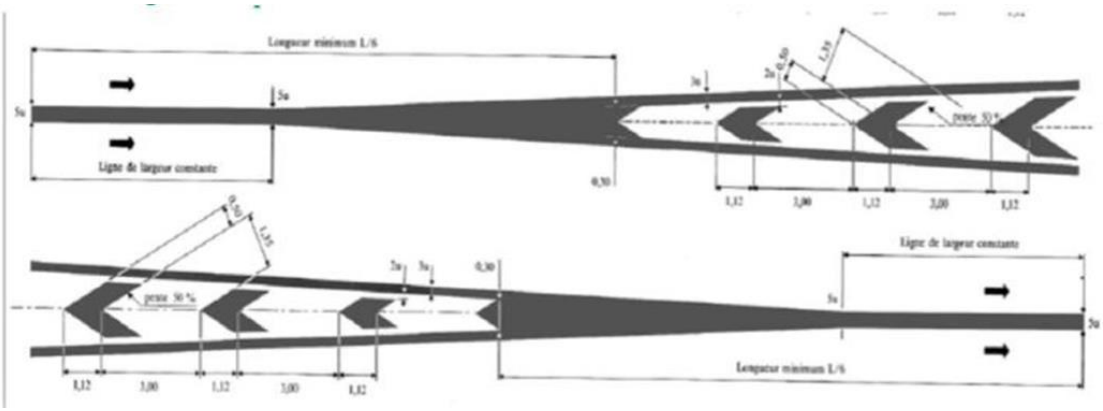


Figure XII-2:Schémas de marquage avec hachures.

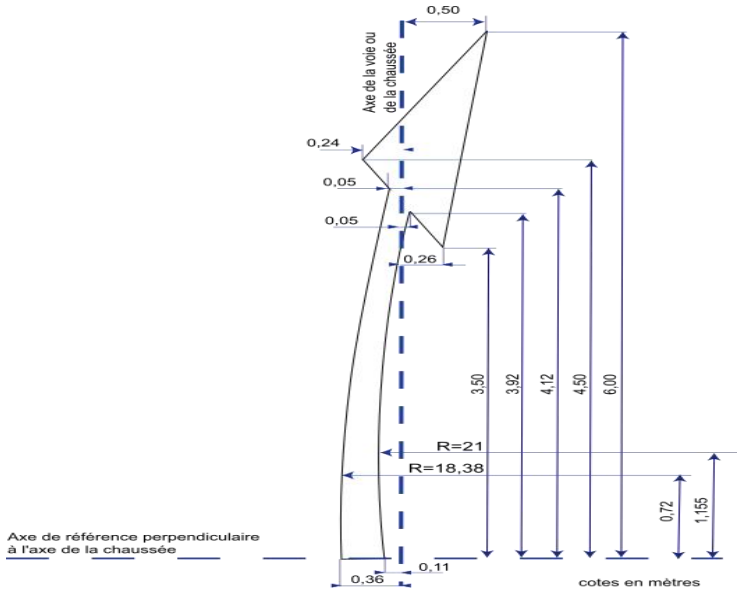


Figure XII-3:flèche de rabattement

XII.5.2 SIGHNALISTION VERTICALE :

La signalisation verticale, peut-être de:

- Police, comme pour les divers signaux de danger, d'interdiction ou d'obligation,
- Direction (signalisation de direction).

XII.5.2.1 Signalisation de Police

La signalisation de police est destinée à alerter les usagers des différents dangers, à indiquer ou rappeler les diverses prescriptions ou encore à donner les informations relatives à la bonne compréhension de la route. Les panneaux seront conformes aux normes internationales.
Les panneaux seront conformes aux normes internationales et indiqueront les informations suivantes :

1. La vitesse légale de circulation
2. Le régime de priorité
3. Les dangers rencontrés (par exemple, à la sortie de la section autoroutière)
4. Le péage
5. Les utilités disponibles (aires de services, réseau d'appel d'urgence, etc.)

Le dimensionnement des panneaux concorde avec le type de route, comme suit :

1. Dimension grande gamme pour les voies rapides de l'autoroute.
2. Dimension normale pour les entrées et les sorties de l'autoroute, ainsi que pour les bretelles d'accès aux gares de péage et aux routes nationales.

À part les panneaux et les panonceaux utilisés pour la signalisation verticale, la signalisation de danger est réalisée avec des balises.

Tableau XII-3:Les dimensions détaillées des panneaux

Dimensions	Cote du triangle(mm)	Diametre du rond(mm)	Double de lapotheme de Loctogone (mm)	Cote du carre (mm)
TGG	1500	1250	1200	1050
GG	1250	1050	1000	900
GN	1000	850	800	700

TGG : Taille des panneaux sur autoroute : Très Grande Gamme
GG : Sur entrées et sortie : Grande Gamme
GN : Bretelle d'accès aux gares de péage et rétablissements : Gamme Normale

XII.5.2.2 Signalisation de Direction

De façon générale, ce type de signalisation est mis en place dans des potences indiquant les différentes directions (les centres urbains prochains et les grandes villes et wilayas limitrophes).
Signalisation du projet :

XII.5.2.3 Signalisation de Localisation

Cette signalisation permet de porter à la connaissance de l'usager le nom d'un lieu traversé par la route et de se repérer. Elle est réalisée par des panneaux de type E30 implantée en position. Dans notre projet, il s'agit essentiellement des franchissements des écoulements.

XII.5.3 Signalisation verticale du projet

Il est joint au présent rapport les plans de signalisation verticale du plein parcours et des cinq carrefours aménagés

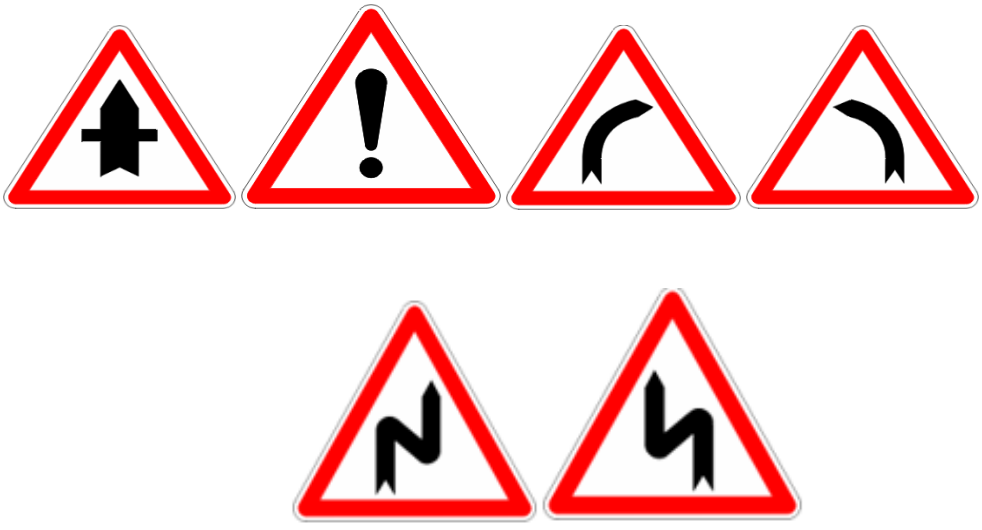
Caractéristiques des panneaux :

Les panneaux et panonceaux sont rétro-réfléchissants haute intensité.

Panneaux types :

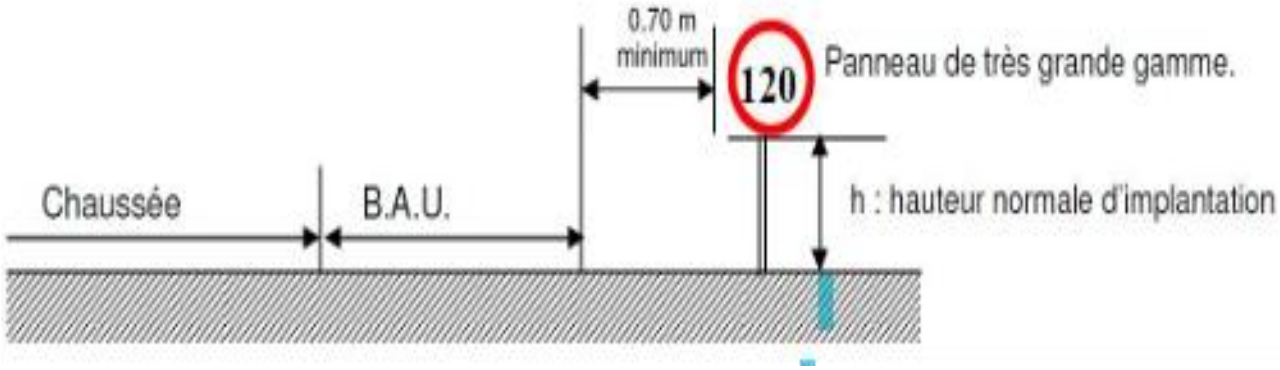
1. Panneau de signalisation d'avertissement de danger : type A.
2. Panneau de signalisation priorité : type B.
3. Panneau de signalisation d'interdiction ou de restriction : type C.
4. Panneau de signalisation d'obligation : type D.
5. Panneau de signalisation de pré signalisation : type E.
6. Panneau de signalisation de direction : type E/B.
7. Panneau de signalisation donnant des indications utiles pour la conduite des
8. véhicules : type E.
9. Panneau de signalisation spéciale (panneau de confirmation de direction des
10. échangeurs).

Panneau de Danger



Panneau de prestriction

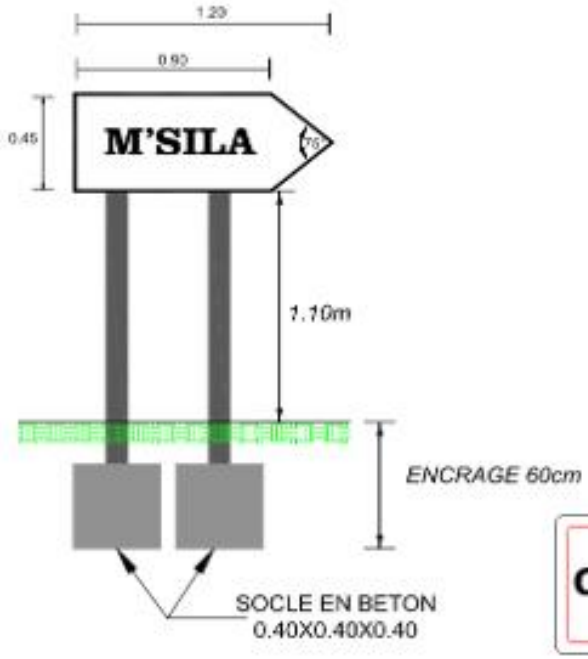




signaux de priorité



Signalisation de direction







XII.6 Signalisation de l'échangeur

Tableau XII-4:Implantation de la signalisation directionnelle sur une sortie

	Distance d'implantation	**But**
V (km/h)	120	
Avertissement D(a)50	2000 m	pour attirer l'attention des usagers
PrésignalisationD(a)40	1000 m	pour marquer le début de la manœuvre de Sortie et notamment inciter les usagers à gagner la voie de droite
Signalisation avancée D30	au point S= 1.50 m	pour marquer la fin de la manœuvre de sortie sur la chaussée émettrice.

Chapitre XIII :

ETUDE D'IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMET

CHAPITRE XIII ETUDE D'IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMET

XIII.1 Introduction

L'étude d'impact sur l'environnement doit porter sur les différents aspects à différentes phases du projet. En phase APD, il y a lieu distinguer de trois (03) phases d'analyse qui sont :

1- Analyse de l'état initial
2- Analyse des impacts
3- Mesures d'atténuation des impacts

La réalisation de la pénétrante de M'sila s'accompagnera certainement d'impacts positifs et négatifs sur le milieu existant, que ce soit pendant les travaux ou pendant L'exploitation de la nouvelle infrastructure.

XIII.2 Etude d'impact

L'étude d'impact sur l'environnement du projet de la pénétrante de M'sila du PK 74+000 au PK 88+000 est détaillé selon la démarche suivante :

XIII.2.1 Analyse de l'état initial

XIII.2.1.1 Milieu Physique

1. **Relief**

Le relief de la zone du projet est relativement plat, représentatif de cette zone des hauts plateaux délimitée au Sud par l'Atlas saharien. Toutefois, on notera la présence de monticules au nord.

2. **Nature juridique des terres**

Les terres de la zone d'étude appartiennent à 83% à des propriétaires privés et 17% à la commune d'El Houamed.

3. **Climat**

Le climat de la zone d'étude ne peut être dissocié de celui du Hodna. C'est un climat méditerranéen qui comporte deux saisons : l'une humide et fraîche en hiver, attirée surtout par les anticyclones du front Nord ; l'autre sèche et chaude en été, installée par l'effet des anticyclones Sud.

4. **Sismicité**

La zone du projet fait partie d'un espace de sismicité faible. Selon la classification du RPOA des zones sismiques, La zone du projet est classée en zone I.

XIII.2.1.2 Milieu naturel

1. Couvert végétal

La végétation naturelle de la région de Bou Saada tout comme une bonne partie du territoire de la wilaya de M'sila notamment vers le Sud et est caractéristique de la bande des hauts plateaux et de l'Atlas saharien, adaptée à un climat semi-aride sec et chaud en été et froid en hivers.
Deux grands ensembles de facteurs édaphiques ont une influence déterminante sur la végétation :

1. Les facteurs du bilan hydrique, en particulier la capacité de rétention en eau du sol liée à la texture, à la teneur en matière organique et au type de substrat) ainsi que la valeur des apports complémentaires (ruissellement, nappe phréatique).
2. Les facteurs chimiques, principalement le rôle des horizons d'accumulation des sels.

La végétation des zones semi arides, est très clairsemée, à aspect en général nu , les arbres sont aussi rares que dispersés et les herbes n'y apparaissent que Pendant une période très brèves de l'année



Figure XIII-1:La steppe domine la région

2. Couvert faunistique

La faune est composée principalement d'oiseaux, de mammifères, de reptiles, d'insectes qui sont largement représentés

XIII.2.1.3 Milieu humain

La zone d'étude de notre tronçon témoigne une Très faible population du tracé, néanmoins on constate quelques habitations éparses au début.

XIII.2.1.4 Réseaux divers

Les différentes visites effectuées sur le couloir du projet n'ont pas mis en évidence une importante densité de réseaux divers. Toutefois, il a été localisé deux conduites de gaz traversées par le projet.
La conduite de gaz sera traversée juste après le début notre tronçon.
La conduite de gaz sera traversée juste avant oued El Garaa

XIII.2.2 Analyses des impacts

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 et post exploitation du projet. Avec les différentes composantes du milieu susceptibles d'être affectées.

XIII.2.2.1 Types d'impacts

1. **Impact temporaire**

Un impact temporaire est un impact lié à la phase de réalisation des travaux qui, par conséquent, s'atténue progressivement jusqu'à disparaître quand les travaux sont achevés. Une partie indépendante leur sera consacrée dans ce document de manière à bien séparer les impacts de la phase réalisation des impacts permanents. En effet, une législation particulière en la matière s'applique pour réduire ces impacts.

2. **Impact permanent**

Un impact permanent est un impact durable, qui perdure après la mise en service pendant la phase d'exploitation, et que le projet doit s'efforcer d'éliminer, de réduire ou, à défaut, de compenser.

3. **Impact direct**

Un impact direct est un effet directement attribuable aux travaux et aux aménagements projetés sur une des composantes de l'environnement.

4. **Impact indirect**

Un impact indirect est un effet généralement différé dans le temps, l'espace, ou qui résulte d'interventions ou d'aménagements destinés à prolonger ou corriger les conséquences directement imputables à la réalisation des travaux.

XIII.2.3 Nature de l'impacts

1. **Impacts pendant la phase de travaux**

Pendant la phase de construction les impacts négatifs sur le milieu naturel sont essentiellement les impacts classiques d'un chantier de construction d'infrastructures routières.
Les différentes sources sont présentées ci-après :

- Installation de chantier,
- Ouverture et aménagement des pistes d'accès temporaires,
- Protections des réseaux,

- Dégagements des emprises et démolitions diverses,
- Ouvrages d'assainissements,
- Exécution des fondations et structures d'ouvrages.

Les principaux impacts négatifs peuvent être énumérés comme suit :

- Impacts dus à la pollution de l'air,
- Impacts sur les sols,
- Impact sur les eaux de surfaces et les eaux souterraines,
- Impacts dus à l'accroissement du bruit et vibrations,
- Impact des émissions de gaz sur le climat,
- Impacts des travaux sur le paysage,
- Impacts sur la faune, la flore, l'espace naturel et les équilibres biologiques,

2. Impacts pendant la phase d'exploitation :

Il s'agit d'impacts permanents, directs ou indirects, irréversibles, de l'exploitation de l'infrastructure sur l'environnement.

- Dégradation de la qualité des habitats de différentes espèces, disparition de certaines zones écologiques sensibles (zones humides en vallées), diminution de la diversité écologique aux points de franchissement des oueds, risque d'incendie,
- Altération de la qualité, de la cohésion et/ou des devenirs des tissus urbains limitrophes, risque de développements urbains non maîtrisés,

1. Impact visuel.

XIII.2.4 Evaluation des effets du projet sur l'environnement

XIII.2.4.1 Impacts temporaires liés aux travaux

L'analyse et l'évaluation des impacts sur les composantes environnementales sensibles sont conduites de manière à décrire les effets sur chacune des composantes, depuis l'ouverture du chantier jusqu'à la mise en service de l'infrastructure.

A chacune des activités liées aux travaux correspond un effet positif ou négatif sur une ou plusieurs composantes de l'environnement.

1. Impacts positifs

Le principal impact positif attendu dans la phase des travaux est la création d'emplois temporaires.

2. .Impacts négatifs

Les principaux impacts négatifs peuvent être énumérés comme suit :

1. **Impacts dus à la pollution de l'air** :Pendant les travaux, la poussière est en suspension sous l'effet des vents soufflant sur les stocks de réserves de matériaux et autres surfaces poussiéreuses, ou suite à une action mécanique, par exemple le crissement de pneus sur le

sable ou route poussiéreuse. La construction en général provoque des poussières occasionnelles.

a. Les émissions de poussière se feront ressentir d'une façon accrue en phase de terrassements.
b. Aussi, le chantier imposera l'utilisation d'engins qui produiront des émissions de CO2
c. …etc. L'intensité de ces émissions dépendra du type et nombre d'engins mis à disposition du chantier qui vont affecter sur la qualité de l'air ambiant qui causera :

Une diminution de visibilité localisée et temporaire,
Une élévation temporaire du taux de brouillard,

L'impact dépendra de la direction des vents et de la proximité des récepteurs.
Dans notre cas, le projet est loin des habitations (ville de Bou Saada).
Par ailleurs, les installations de chantier seront loin des zones urbaines.

2. **Impacts sur les sols :**D'une façon générale, les impacts seront liés à la hauteur des terrassements (déblais et remblais) qui ont un effet notable sur l'apparition du phénomène d'érosion mécanique par les eaux pluviales.

   a. Le projet est caractérisé par une zone à terrassements importants qui est la première section (soit sur 1.5 km). Pour le reste du projet, il n y a pas de terrassements importants A cet effet, l'impact du projet sur le sol est moyen.

3. **Impact sur le climat :**Pendant les travaux, le microclimat sur la zone du projet peut être altéré par les travaux de réalisation, l'utilisation d'engins et le trafic de chantier entraineront une faible augmentation des émissions polluantes dues aux gaz de combustion et à l'apparition de poussières.
4. **Impacts sur la faune, la flore, l'espace naturel et les équilibres biologiques :**Les travaux de construction produiront des perturbations dans le milieu faunique provoquées par la présence des engins et équipements générateur de bruits qui provoqueront une modification dans le comportement des espèces entrainant leur déplacement temporaire. L'impact sur la faune est généralement non significatif. Concernant la flore, la zone d'étude est implantée sur une région steppique, à sol peu évolué et très peu fertile.

   Aucune espèce végétale sensible n'a été observée au niveau de la zone du projet mais la perte des espaces sera constatée par la mise en œuvre de la plateforme du projet. L'influence du projet sur la flore est limitée et son impact apparait faible dans l'ensemble pour le projet.

5. **Impacts sur l'agriculture** La réalisation du projet aura un impact minime sur le rendement agricole au vu de la faiblesse des sols du point de vue pédologique et la dimension très déduite d'exploitations agricoles. La nature juridique des terrains traversés

fait apparaître une prédominance de terres appartenant à des particuliers et à la commune d'El Houamed. La procédure d'indemnisation et d'expropriation pour cause d'utilité publique est nécessaire, elle constitue un élément exceptionnel pour l'acquisition de ces surfaces.

6. **Impacts sur le bâti** Au vu des espaces offerts et des choix de conception judicieux, aucun impact sur le bâti n'est à signaler. L'importance de l'impact sur le bâti est jugée insignifiante.

XIII.2.4.2 Impacts durables liés à l'exploitation

1. **Impacts positifs**

Les principaux impacts positifs attendus de l'exploitation de l'évitement de la ville de Bou Saada sont comme suit :

1. **Amélioration du confort et de la sécurité des usagers** L'un des objectifs de la réalisation du projet est l'amélioration du niveau de service offert à l'usager, comprenant évidemment les aspects liés au confort et à la sécurité. En effet, l'évitement de la ville de Bou Saada met l'usager dans de meilleures conditions de circulation loin des ralentissements et points d'arrêt en site urbain imposés par les mouvements et cisaillements du trafic local.

2. **Diminution du temps de parcours** La réalisation du projet permettra une meilleure fluidité des flux de trafic et un gain en temps de parcours pour les usagers, dont les retombées économiques sont palpables que ce soit pour l'usager ou pour l'Etat.

3. **Diminution de la pollution** de l'air L'éloignement du trafic de transit notamment les poids lourds réduira considérablement la pollution de l'air en milieu urbain de l'agglomération de Bou Saada.
4. **Diminution des nuisances sonores et acoustiques** Les nuisances sonores et acoustiques sont directement liées à l'intensité du trafic. Ainsi l'évitement de la ville de Bou Saada, qui éloignera près de 80 % du trafic qui passe habituellement par la ville, permettra de réduire très sensiblement les nuisances sonores et acoustiques dans la zone urbaine de Bou Saada.

2. **Impacts négatifs**

Les principaux impacts négatifs générés par la réalisation du projet de pénétrante de la concernent :

1. **Impacts sur les terres** La réalisation de l'infrastructure engendre une perte définitive des terres occupée par cette dernière. La majorité des terres affectées par le projet appartient à des particuliers et la commune d'El Houamed. La procédure d'indemnisation et d'expropriation pour cause d'utilité publique est nécessaire, elle constitue un élément exceptionnel pour l'acquisition de ces surfaces.

2. **Impacts sur l'agriculture** Étant donné que la zone du projet est à très faible rendement agricole, l'évitement de la ville de Bou Saada se fera sur des terrains de faible fertilité. Ceci étant, la perte en termes de valeur agricole est insignifiante. L'importance de l'impact est jugée faible**.**

XIII.2.5 Mesures d'atténuation des impacts

Différents impacts ont été identifiés dans l'analyse des impacts que ce soit en phase travaux ou en phase exploitation de la route.
Pour cela des mesures sont proposées pour réduire, supprimer ou maitriser à compenser les quelques effets négatifs du projet de l'évitement de la ville de Bou Saada sur l'environnement.

XIII.2.5.1 Mesures temporaires liées à la phase travaux

1. Mesures liées à l'organisation de chantier
2. Mesures d'ordre et de sécurité durant les travaux
3. Mesures relatives à la pollution de l'air et de l'eau
4. Mesures réductrices de la pollution par le bruit
5. Mesures liées à l'impact paysager
6. Mesures liées à la faune et à la flore

XIII.2.5.2 Mesures durables liées à l'existence de la route

- Rétablissement des écoulements naturels

1. Mesures liées à la faune
2. Mesures vis-à-vis des réseaux divers
3. Mesures vis-à-vis de l'occupation des terres

XIII.2.5.3 Mesures durables liées à l'exploitation de la route

1. Mesures liées à la Pollution atmosphérique
2. Mesures relatives à la pollution des eaux
3. Mesures liées au bruit

Conclusion

Le projet de la pénétrante de Msila est un projet de grand intérêt économique et social, Pour assurer son intégration dans l'environnement il est nécessaire de réaliser un suivi et une surveillance des mesures de préservation dans la phase de construction et exploitation future de ce projet**.**

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire (DA)	Prix Total (DA)
1. Opérations préliminaires				
Installation du chantier	Forfait	3% (2+3+4)	/	181 566 498.8
Contrôle (Bureau d'Etudes et Laboratoire)	Forfait	2% (2+3+4)	/	121 044 332.5
Total partiel 1				302 610 831.3
2. Travaux de préparation				
Préparation du terrain	m2	448 000	1 200	537 600 000
Total partiel 2				537 600 000
3. Terrassements				
Décapage de terre végétale sur 30 cm	m3	134 400	150	20 160 000
Mise en place des remblais	m3	660 744.31	1 200	792 893 172
Extraction des déblais	m3	552 784.97	1 000	552 784 970
Total partiel 3				1 365 838 142
4. Construction de corps de chaussée				
Couche de forme (40cm TUF) y compris arrosage et compactage	m3	215 412.28	2 500	538 530 700

Couche de fondation (25 cm GNT)	m3	112 192	3 000	336 576 000
F.M.O d'une couche de base en (25 cm GB)	T	257 873.976	9 000	2 320 865 784
F.M.O d'une couche de revêtement en (8 cm BB)	T	81 105.6	10 000	811 056 000
Couche d'imprégnation	m2	477 400	250	119 350 000
Couche d'accrochage	m2	462 000	250	115 500 000
Total partiel 4				4 148 778 484
5. Assainissement				
Fossés trapézoïdaux en béton (b=50 cm, h=50 cm) ép=10cm	ml	1400	500	700 000
Buse Φ 1500	ml	211.14	10 000	2 111 400
Dalots en béton armé 350 kg/m3	$m3$	952.2	50 000	47 610 000
Total partiel 5				50 421 400
6. Signalisation et équipements				
Signalisation et équipement routières	Forfait	5% (2+3+4)	/	302 610 831.3

Total partiel 6				302 610 831.3
7. Ouvrage d'art				
Ouvrage d'art	m2	95 681.25	250 000	3 543 750 000
Echangeur		2	500 000 000	1 000 000 000
Total partiel 7				4 543 750 000
8. Environnement et paysage				
Impact sur l'environnement	Forfait	1% (2+3+4)	/	60 522 166.26
Total partiel 8				60 522 166.26
Total HT				11,405,231,854.86
TVA 19 %				2,166,994,052.42
TOTAL TTC				13,572,225,907.28

Le montant total est estimé à

treize milliards quatre cent soixante et un millions quatre cent trente-six mille neuf cent sept dinars algériens.

Conclusion général

Conclusion général

Notre projet porte sur l'étude en Avant-Projet Détaillé (APD) d'un tronçon de 14 km de la la liaison autoroutière entre la 4ème rocade et Msila, précisément du point kilométrique (PK) 74+000 au PK 88+000. En outre, la conception d'un Deux échangeurs reliant cette liaison à la Route Nationale (RN08) et la Route Nationale (RN46) fait également partie intégrante du projet.

Pour la partie technique, nous avons réalisé une étude complète englobant plusieurs aspects essentiels :

Étude géométrique : Incluant le tracé en plan, le profil en long, Profil on travers.

Étude géotechnique : Focalisée notamment sur les déblais et remblais.

Étude hydraulique : Avec la proposition de solutions concernant les ouvrages hydrauliques.

Cette étude d'Avant-Projet Détaillé (APD) nous a permis de cerner tous les problèmes techniques susceptibles de se présenter dans un projet routier.Elle a été l'occasion de tirer profit de l'expérience de personnes du domaine et d'apprendre une méthodologie rationnelle pour élaborer un projet de travaux publics en général, et un projet routier en particulier.

Il était pour nous d'une part, l'occasion d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet de travaux publics. De plus, ce fut une opportunité pour approfondir nos connaissances et mieux maîtriser l'outil informatique, en l'occurrence les logiciels Civil 3D, AUTOCAD, et COVADIS.

Enfin, l'élaboration de ce travail nous a permis non seulement d'exprimer et d'appliquer les connaissances acquises durant nos cinq années de formation, mais aussi de mieux appréhender notre avenir professionnel. Nous serons ainsi prêts à contribuer au développement de notre pays en édifiant des infrastructures de qualité.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQE

BIBLIOGRAPHIE

Cours

- Cours de route ENSTP 2ème et 3ème année.
- Cours de dimensionnement des chaussées ENSTP 2ème année.
- Cours de géotechnique routière ENSTP 2ème année.
- Cours de mécanique des sols ENSTP 1ème année.
- Cours d'hydraulique ENSTP 2ème année.

Documents

- ICTAAL 2000: Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des
- Autoroutes de liaison.
- Guide des terrassements routiers GTR.
- Assainissement Routier-Setra 2006
- LES ECHQNGEURS SUR ROUTES DE TYPE « Autoroute » SETRA
- ICTAAL 2000 Guide Echangeur.
- B40: Normes techniques d'aménagement des routes.
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTTP».
- Signalisation routière.

Autres

- Site web : wikipedia.com
- Thèses de route des années passées.

Logiciels utilisés :

- AUTOCADE 2022
- CIVIL 3D 2022
- Alise LCPC
- TALREN 4
- Microsoft office 2024

ANNEXE

ANNEXE

Axe en plan: axe principale

Axe en plan: TN
Description:
Plage d'abscisse : Début: 74000.00, Fin: 88080.76

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			74000.00	607660.1522	3908386.5224
DR1	ANG=161.2695 (g)	962.920			
			74962.92	608210.4963	3907596.3724
ARC2	XC=610261.9380				
	YC=3909025.2136				
	R=2500.000	378.759			
			75341.68	608449.6425	3907303.1261
DR3	ANG=151.6245 (g)	490.310			
			75831.99	608787.3849	3906947.6918
ARC4	XC=623285.7483				
	YC=3920724.3916				
	R=20000.000	291.675			
			76123.66	608989.8353	3906737.7241
DR5	ANG=150.6961 (g)	1252.300			
			77375.96	609865.6104	3905842.5856
CLO6	A=282.489				
	R=600.000	133.000			
			77508.96	609954.9984	3905744.2012
ARC7	XC=609482.3419				
	YC=3905374.6124				
	R=600.000	462.811			
			77971.77	610078.8642	3905310.1054
CLO8	A=282.489				
	R=600.000	133.000			
			78104.77	610054.8554	3905179.3642
DR9	ANG=213.9135 (g)	1310.704			
			79415.48	609770.6720	3903899.8391
ARC10	XC=611332.6115				
	YC=3903552.9313				
	R=1600.000	34.014			
			79449.49	609763.6508	3903866.5586
DR11	ANG=212.5602 (g)	959.517			
			80409.01	609575.5690	3902925.6554
CLO12	A=282.489				

	R=600.000	133.000			
			80542.01	609554.3448	3902794.4334
ARC13	XC=610152.1035				
	YC=3902742.6212				
	R=600.000	445.569			
			80987.58	609676.6967	3902376.5770
CLO14	A=282.489				
	R=600.000	133.000			
			81120.58	609765.3466	3902277.5270
DR15	ANG=151.1721 (g)	888.211			
			82008.79	610381.7377	3901638.0106
ARC16	XC=611461.7449				
	YC=3902678.9642				
	R=1500.000	368.748			
			82377.54	610667.5377	3901406.4726
DR17	ANG=135.5219 (g)	1563.597			
			83941.13	611993.9804	3900578.5927
ARC18	XC=612841.1347				
	YC=3901935.9170				
	R=1600.000	528.852			
			84469.99	612480.3523	3900377.1239
DR19	ANG=114.4796 (g)	697.946			
			85167.93	613160.3231	3900219.7448
CLO20	A=334.664				
	R=1000.000	112.000			
			85279.93	613268.9331	3900192.4615
ARC21	XC=612989.2683				
	YC=3899232.3638				
	R=1000.000	423.514			
			85703.45	613638.7925	3899992.7047
CLO22	A=334.664				
	R=1000.000	112.000			
			85815.45	613721.1646	3899916.8407
DR23	ANG=148.5715 (g)	1077.852			
			86893.30	614500.2305	3899171.9769
CLO24	A=282.489				
	R=600.000	133.000			
			87026.30	614592.8515	3899076.6300
ARC25	XC=614132.7904				
	YC=3898691.4758				
	R=600.000	905.089			
			87931.39	614545.8470	3898256.2929
CLO26	A=282.489				

	R=600.000	133.000			
			88064.39	614442.9414	3898172.1494
DR27	ANG=258.7161 (g)	16.370			
			88080.76	614429.8946	3898162.2623

Calcul de L :
Selon l'ARP, voici la formule de la longueur de la clothoïde :
MAX : {14 |Δδ| et R/9}
Tel que : |Δδ | = | δ1 – δ0|
Si Rm < R < 1.5Rnd :
dmax= 7 %
dRnd = -2.5 %
Rm = 600 m < R = 1000 m < 1.5Rnd = 1500 m
δ1=0.07+(1/600-1/600)(0.07+0.025)/(1/600-1/600) = 7 %
|Δδ| = | 7 + 2.5 |= 9.5 %
MAX : {133 m et 111.11 m}
Alors L = 133 m
Calcul des gisements :
P1-P2 :
| ΔX1 | = | XP2 –XP1 | = 274.2819 m
| ΔY1 | = | YP2 –YP1 | = 280.3463 m
G_P2^P1=200+arctg | ΔX1/(ΔY1) |= 249.30 grades
G_P1^P2 = arctg | ΔX1/(ΔY1) |= 49.30 grades
P2-P3 :
| ΔX2 | = | XP3 –XP2 | = 72.9729 m 85.0369
| ΔY2 | = | YP3 –YP2 | = 189.5757 m 382.8751
G_P3^P2=200+arctg | ΔX2/(ΔY2) |= 213.91 grades
G_P2^P3 = arctg | ΔX2/(ΔY2) |= 23.39 grades 13.91
P1-P3 :
| ΔX3 | = | XP3 –XP1 | = 189.245 m
| ΔY3 | = | YP3 –YP1 | = 663.2214 m
G_P3^P1=200+arctg | ΔX3/ΔY3 |= 217.70 grades
G_P1^P3=arctg | ΔX3/ΔY3 |= 17.70 grades
Calcul des angles :
γ =G_P2^P1 -G_P3^P2 = | 249.30 - 213.91| = 35.39 grades
Calcul de tangente :
T=tan (γ/2) ×R = tan (35.39/2) × 1000 = 171.203 m
Calcul la longueur d'arc :
Larc = π × R (γ/(200)) = π × 1000 (24.91/(200)) = 333.54 m
Calcul des coordonnées des points singuliers :
KA1=Xk1 = XP2 -T Sin (G_P1^P2) = 610020.1719 m
KA1= Yk1 = YP2 – T cos (G_P1^P2) = 3905439.857 m
KA1= (Xk1 ; Yk1) = (610020.1719 m ; 3905439.857 m)

ANNEXE

KE1=XE1= X P2 -T Sin (G_P2^P3) = 610102.7818 m
KE1=YE1= Y P2 -T Cos (G_P2^P3) = 3905395.107 m
KE1= (XE1 : YE1) = (610102.7818 m ; 3905395.107 m)

ANNEXE

Profil En Long

Profil en long : PL
Description:
Plage d'abscisse : Début: 74000.00, Fin: 88080.76
LONGUEUR DE L'AXE : 14080.760m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			74000.00	476.945
D1	PENTE= 4.04%	545.251		
			74545.25	498.996
PAR1	S= 74941.50 Z=515.021			
	R= 10311.103	792.504		
			75337.75	500.591
D2	PENTE= -3.64%	41.158		
			75378.91	499.092
PAR2	S= 75588.42 Z=491.462			
	R= 10000.000	419.012		
			75797.92	492.611
D3	PENTE= 0.55%	412.396		
			76210.32	494.872
PAR3	S= 76300.00 Z=495.364			
	R= 12500.000	179.359		
			76389.68	494.569
D4	PENTE= -0.89%	783.232		
			77172.91	487.625
PAR4	S= 77212.37 Z=487.275			
	R= 5000.000	78.922		
			77251.83	487.548
D5	PENTE= 0.69%	484.792		
			77736.63	490.903
PAR5	S= 77808.01 Z=491.397			
	R= 12500.000	142.776		
			77879.40	491.075
D6	PENTE= -0.45%	146.888		
			78026.29	490.414
PAR6	S= 78064.32 Z=490.243			
	R= 4200.000	76.062		
			78102.35	490.760
D7	PENTE= 1.36%	387.237		
			78489.59	496.029
PAR7	S= 78525.00 Z=496.511			

ANNEXE

	R= 12500.000	70.824		
			78560.41	496.792
D8	PENTE= 0.79%	1502.419		
			80062.83	508.723
PAR8	S= 80135.95 Z=509.304			
	R= 20000.000	146.247		
			80209.08	509.350
D9	PENTE= 0.06%	1544.767		
			81753.85	510.321
PAR9	S= 81775.00 Z=510.334			
	R= 4200.000	42.310		
			81796.15	510.561
D10	PENTE= 1.07%	189.003		
			81985.16	512.584
PAR10	S= 82222.76 Z=515.127			
	R= 29000.000	475.196		
			82460.35	513.776
D11	PENTE= -0.57%	728.295		
			83188.65	509.637
PAR11	S= 83234.72 Z=509.375			
	R= 20000.000	92.153		
			83280.80	509.325
D12	PENTE= -0.11%	765.664		
			84046.47	508.502
PAR12	S= 84107.08 Z=508.436			
	R= 30000.000	121.235		
			84167.70	508.126
D13	PENTE= -0.51%	893.902		
			85061.60	503.552
PAR13	S= 85086.89 Z=503.423			
	R= 4200.000	50.568		
			85112.17	503.598
D14	PENTE= 0.69%	2267.712		
			87379.88	519.297
PAR14	S= 87568.00 Z=520.599			
	R= 11000.000	376.233		
			87756.12	528.336
D15	PENTE= 4.11%	324.641		
			88080.76	541.687

Calcul des pentes :

P1 = (Zs-Za)/(Xs-Xa) = 0.98%

P2 = (Zd-Zs)/(Xd-Xs) = 1.26%

ANNEXE

Calcul des tangentes :

$T = (R)/2 \times (|P1| \pm |P2|) = 112$

NB : on prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires,
(-) lorsque les deux pentes sont de même sens.

Calcul de la flèche BX :

$Bx = (T^2)/2R \quad \Rightarrow \quad Bx = 0.63$

Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$Xb = Xs - T = 611830.818$

$Zb = Zs + T \times |P1| = 491.3326$

$B = (611830.818; 491.3326)$

$Xc = Xs + T = 612054.818$

$Zc = Zs - T \times |P2| = 488.824$

$C = (612054.818; 488.824)$

Calcul de la longueur de raccordement :

$L = 2 \times T \quad \Rightarrow \quad L = 224$ m

Calcul des cordonnées du point J :

$Xj/a = R \times P1 = 98$

$Zj/a = Xj/a \times P1 - (〚Xj/a〛^2)/2R = 0.4802$

$Xj = Xb + Xj/a = 611928.818$

$Zj = Zb + Zj/a = 491.8128$ $\qquad$ $J = (611928.818 ; 491.8128)$

Les résultats obtenus par le calcul manuel sont confirmés par le calcul automatique (CIVIL3D).

CUBATURES

Alignment: TN

Sample Line Group: Groupe de tabulations - 1

Start Sta: 74+000.000

End Sta: 88+080.757

Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
74+000.000	5.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
74+025.000	34.99	503.10	0.00	0.00	503.10	0.00	503.10
74+050.000	9.10	551.04	3.09	38.64	1054.14	38.64	1015.51
74+075.000	1.94	137.93	11.46	181.86	1192.07	220.50	971.57
74+100.000	0.02	24.53	27.45	486.32	1216.61	706.83	509.78
74+125.000	0.00	0.30	40.70	851.79	1216.91	1558.62	-341.71
74+150.000	0.00	0.00	57.52	1227.67	1216.91	2786.29	-1569.39
74+175.000	0.00	0.00	71.75	1615.85	1216.91	4402.14	-3185.24
74+200.000	0.09	1.13	84.08	1947.88	1218.03	6350.02	-5131.99
74+225.000	0.00	1.13	84.52	2107.45	1219.16	8457.47	-7238.30
74+250.000	0.00	0.01	54.98	1743.75	1219.18	10201.21	-8982.04
74+275.000	8.41	105.20	56.17	1389.46	1324.38	11590.68	-10266.30
74+300.000	56.92	816.66	36.97	1164.30	2141.03	12754.98	-10613.94
74+325.000	183.19	3001.38	13.08	625.60	5142.41	13380.57	-8238.16

ANNEXE

74+350.000	545.19	9104.72	0.00	163.45	14247.14	13544.03	703.11
74+375.000	859.97	17564.40	0.00	0.00	31811.54	13544.03	18267.51
74+400.000	1030.85	23635.24	0.00	0.00	55446.78	13544.03	41902.75
74+425.000	1054.51	26067.09	0.00	0.00	81513.87	13544.03	67969.84
74+450.000	997.81	25654.07	0.00	0.00	107167.94	13544.03	93623.92
74+475.000	852.05	23123.23	0.00	0.00	130291.18	13544.03	116747.15
74+500.000	1024.78	23460.33	0.00	0.00	153751.51	13544.03	140207.48
74+525.000	1010.62	25442.50	0.00	0.00	179194.01	13544.03	165649.98
74+550.000	743.72	21929.29	0.00	0.00	201123.30	13544.03	187579.27
74+575.000	432.48	14702.54	0.00	0.00	215825.84	13544.03	202281.81
74+600.000	229.90	8279.71	0.00	0.00	224105.55	13544.03	210561.52
74+625.000	118.51	4355.09	0.00	0.00	228460.64	13544.03	214916.61
74+650.000	13.93	1655.50	3.82	47.75	230116.14	13591.77	216524.36
74+675.000	0.00	174.11	65.36	864.74	230290.25	14456.51	215833.74
74+700.000	0.00	0.00	169.04	2929.99	230290.25	17386.50	212903.75
74+725.000	0.00	0.00	242.11	5139.33	230290.25	22525.83	207764.42
74+750.000	0.00	0.00	302.77	6810.97	230290.25	29336.80	200953.45
74+775.000	0.00	0.00	354.33	8213.71	230290.25	37550.51	192739.74
74+800.000	0.00	0.00	404.97	9491.21	230290.25	47041.72	183248.53
74+825.000	0.00	0.00	284.80	8622.18	230290.25	55663.90	174626.35
74+850.000	0.00	0.00	300.58	7317.26	230290.25	62981.16	167309.09
74+875.000	0.00	0.00	324.86	7817.96	230290.25	70799.12	159491.13
74+900.000	0.00	0.00	561.27	11076.63	230290.25	81875.75	148414.50
74+925.000	0.00	0.00	562.09	14042.05	230290.25	95917.80	134372.45
74+950.000	0.00	0.00	583.55	14320.48	230290.25	110238.28	120051.97
74+975.000	0.00	0.00	617.74	15016.08	230290.25	125254.36	105035.89
75+000.000	0.00	0.00	610.05	15347.39	230290.25	140601.75	89688.50
75+025.000	0.00	0.00	592.36	15030.19	230290.25	155631.94	74658.31
75+050.000	0.00	0.00	733.46	16572.75	230290.25	172204.69	58085.56
75+075.000	0.00	0.00	535.75	15865.09	230290.25	188069.77	42220.48
75+100.000	0.00	0.00	514.07	13122.78	230290.25	201192.55	29097.70
75+125.000	0.00	0.00	484.08	12476.89	230290.25	213669.44	16620.81
75+150.000	0.00	0.00	459.48	11794.53	230290.25	225463.97	4826.28
75+175.000	0.00	0.00	437.60	11213.55	230290.25	236677.52	-6387.27
75+200.000	0.00	0.00	404.14	10521.82	230290.25	247199.35	-16909.10
75+225.000	0.00	0.00	363.50	9595.53	230290.25	256794.88	-26504.63
75+250.000	0.00	0.00	312.44	8449.30	230290.25	265244.17	-34953.92
75+275.000	0.00	0.00	271.36	7297.57	230290.25	272541.74	-42251.49
75+300.000	0.00	0.00	233.03	6304.87	230290.25	278846.61	-48556.36
75+325.000	0.00	0.00	196.28	5366.38	230290.25	284212.99	-53922.74
75+350.000	0.00	0.00	162.49	4484.69	230290.25	288697.68	-58407.43
75+375.000	0.00	0.00	130.94	3667.97	230290.25	292365.65	-62075.40
75+400.000	0.00	0.00	105.16	2951.28	230290.25	295316.93	-65026.68
75+425.000	0.00	0.00	80.70	2323.25	230290.25	297640.17	-67349.92
75+450.000	0.00	0.00	62.72	1792.81	230290.25	299432.99	-69142.74
75+475.000	0.00	0.00	51.46	1427.29	230290.25	300860.28	-70570.03
75+500.000	0.00	0.00	42.99	1180.65	230290.25	302040.93	-71750.68
75+525.000	0.00	0.00	35.76	984.46	230290.25	303025.38	-72735.13
75+550.000	0.00	0.00	31.34	838.80	230290.25	303864.18	-73573.93
75+575.000	0.00	0.00	28.41	746.85	230290.25	304611.03	-74320.78
75+600.000	0.00	0.00	27.74	701.83	230290.25	305312.86	-75022.61
75+625.000	0.15	1.93	13.72	518.23	230292.18	305831.09	-75538.91
75+650.000	5.59	71.78	4.39	226.43	230363.96	306057.52	-75693.56
75+675.000	16.49	275.98	0.22	57.66	230639.94	306115.18	-75475.24

ANNEXE

75+700.000	28.86	566.87	0.00	2.74	231206.81	306117.92	-74911.11
75+725.000	23.54	655.04	0.00	0.00	231861.84	306117.92	-74256.07
75+750.000	7.45	387.41	2.50	31.26	232249.25	306149.17	-73899.92
75+775.000	0.25	96.20	12.76	190.79	232345.45	306339.97	-73994.52
75+800.000	0.00	3.09	28.42	514.83	232348.54	306854.80	-74506.26
75+825.000	0.00	0.00	38.93	841.92	232348.54	307696.72	-75348.17
75+850.000	0.00	0.00	48.15	1088.46	232348.54	308785.18	-76436.64
75+875.000	0.00	0.00	52.04	1252.39	232348.54	310037.57	-77689.03
75+900.000	0.00	0.00	57.72	1372.06	232348.54	311409.63	-79061.09
75+925.000	0.00	0.00	41.09	1235.11	232348.54	312644.75	-80296.20
75+950.000	0.00	0.00	29.29	879.74	232348.54	313524.49	-81175.95
75+975.000	0.00	0.00	26.03	691.55	232348.54	314216.04	-81867.50
76+000.000	0.12	1.47	15.69	521.52	232350.01	314737.56	-82387.54
76+025.000	3.23	41.86	6.36	275.58	232391.88	315013.14	-82621.26
76+050.000	8.59	147.77	3.10	118.22	232539.65	315131.36	-82591.71
76+075.000	13.78	279.66	1.90	62.49	232819.31	315193.85	-82374.54
76+100.000	14.29	350.95	2.14	50.53	233170.26	315244.38	-82074.12
76+125.000	17.56	398.20	0.36	31.32	233568.47	315275.70	-81707.23
76+150.000	21.34	486.27	0.01	4.65	234054.74	315280.35	-81225.61
76+175.000	25.80	589.18	0.00	0.13	234643.92	315280.48	-80636.56
76+200.000	28.91	683.88	0.00	0.00	235327.80	315280.48	-79952.68
76+225.000	22.78	646.20	0.00	0.00	235974.00	315280.48	-79306.48
76+250.000	18.29	513.43	0.21	2.66	236487.42	315283.13	-78795.71
76+275.000	9.49	347.24	2.55	34.54	236834.66	315317.68	-78483.02
76+300.000	0.00	118.57	27.65	377.53	236953.23	315695.21	-78741.98
76+325.000	8.06	100.73	11.29	486.78	237053.96	316181.99	-79128.02
76+350.000	0.00	100.73	12.20	293.62	237154.69	316475.61	-79320.91
76+375.000	0.00	0.00	17.17	367.11	237154.69	316842.72	-79688.02
76+400.000	0.00	0.00	27.93	563.68	237154.69	317406.40	-80251.71
76+425.000	2.48	30.99	15.47	542.43	237185.68	317948.84	-80763.16
76+450.000	17.92	254.99	2.88	229.36	237440.67	318178.20	-80737.53
76+475.000	40.40	728.96	0.08	37.04	238169.63	318215.23	-80045.61
76+500.000	57.80	1227.44	0.00	1.04	239397.06	318216.28	-78819.21
76+525.000	59.37	1464.56	0.00	0.00	240861.63	318216.28	-77354.65
76+550.000	51.02	1379.86	0.00	0.00	242241.49	318216.28	-75974.79
76+575.000	50.33	1266.92	0.00	0.00	243508.41	318216.28	-74707.86
76+600.000	100.60	1886.69	0.00	0.00	245395.11	318216.28	-72821.17
76+625.000	152.20	3160.00	0.00	0.00	248555.11	318216.28	-69661.17
76+650.000	161.59	3922.26	0.00	0.00	252477.36	318216.28	-65738.92
76+675.000	180.27	4273.15	0.00	0.00	256750.51	318216.28	-61465.76
76+700.000	184.69	4561.99	0.00	0.00	261312.50	318216.28	-56903.78
76+725.000	164.62	4366.37	0.00	0.00	265678.87	318216.28	-52537.41
76+750.000	169.19	4172.62	0.00	0.00	269851.49	318216.28	-48364.79
76+775.000	208.93	4726.53	0.00	0.00	274578.02	318216.28	-43638.26
76+800.000	169.10	4725.33	0.00	0.00	279303.35	318216.28	-38912.93
76+825.000	131.56	3758.19	0.00	0.00	283061.54	318216.28	-35154.74
76+850.000	111.71	3040.83	0.00	0.00	286102.37	318216.28	-32113.91
76+875.000	97.22	2611.58	0.00	0.00	288713.94	318216.28	-29502.33
76+900.000	81.23	2230.58	0.00	0.00	290944.53	318216.28	-27271.75
76+925.000	65.16	1829.78	0.16	1.94	292774.31	318218.22	-25443.91
76+950.000	36.92	1275.99	1.75	23.79	294050.31	318242.01	-24191.70
76+975.000	18.01	686.63	8.59	129.23	294736.94	318371.24	-23634.30
77+000.000	15.02	412.81	5.63	177.79	295149.75	318549.03	-23399.28
77+025.000	5.56	257.18	12.90	231.65	295406.93	318780.69	-23373.75

ANNEXE

77+050.000	0.65	77.53	24.74	470.46	295484.46	319251.15	-23766.69
77+075.000	0.00	8.08	46.26	887.49	295492.54	320138.64	-24646.10
77+100.000	0.00	0.00	59.76	1325.32	295492.54	321463.96	-25971.42
77+125.000	0.00	0.00	68.47	1602.87	295492.54	323066.83	-27574.29
77+150.000	0.00	0.00	62.29	1634.40	295492.54	324701.22	-29208.68
77+175.000	0.00	0.00	60.33	1532.64	295492.54	326233.86	-30741.32
77+200.000	0.00	0.00	52.17	1406.13	295492.54	327640.00	-32147.46
77+225.000	0.00	0.00	48.46	1257.82	295492.54	328897.81	-33405.27
77+250.000	0.00	0.00	45.08	1169.22	295492.54	330067.03	-34574.49
77+275.000	0.00	0.00	39.41	1056.07	295492.54	331123.11	-35630.57
77+300.000	0.00	0.00	37.16	957.09	295492.54	332080.20	-36587.66
77+325.000	0.00	0.00	32.35	868.92	295492.54	332949.11	-37456.57
77+350.000	0.00	0.00	28.56	761.45	295492.54	333710.56	-38218.02
77+375.000	0.00	0.00	22.41	637.21	295492.54	334347.77	-38855.23
77+400.000	0.00	0.00	16.57	487.33	295492.54	334835.10	-39342.56
77+425.000	0.00	0.00	11.52	351.18	295492.54	335186.28	-39693.74
77+450.000	0.07	0.84	3.86	193.15	295493.38	335379.43	-39886.05
77+475.000	8.42	105.11	0.84	59.45	295598.48	335438.88	-39840.39
77+500.000	8.05	202.98	1.68	32.23	295801.47	335471.11	-39669.64
77+525.000	4.87	158.21	1.36	39.00	295959.68	335510.11	-39550.43
77+550.000	4.95	120.04	1.87	41.36	296079.71	335551.47	-39471.75
77+575.000	2.13	86.41	5.85	98.61	296166.12	335650.08	-39483.96
77+600.000	1.68	46.35	5.69	147.12	296212.47	335797.20	-39584.73
77+625.000	0.00	20.48	13.33	240.22	296232.95	336037.43	-39804.48
77+650.000	0.00	0.00	26.33	497.72	296232.95	336535.14	-40302.20
77+675.000	0.00	0.00	33.81	753.93	296232.95	337289.07	-41056.13
77+700.000	0.00	0.00	41.08	938.81	296232.95	338227.88	-41994.94
77+725.000	0.00	0.00	47.30	1107.44	296232.95	339335.32	-43102.37
77+750.000	0.00	0.00	50.73	1228.03	296232.95	340563.35	-44330.40
77+775.000	0.00	0.00	50.82	1271.77	296232.95	341835.12	-45602.17
77+800.000	0.00	0.00	48.57	1244.50	296232.95	343079.62	-46846.67
77+825.000	0.00	0.00	45.09	1172.85	296232.95	344252.47	-48019.52
77+850.000	0.00	0.00	39.05	1053.78	296232.95	345306.25	-49073.30
77+875.000	0.00	0.00	31.37	881.99	296232.95	346188.24	-49955.30
77+900.000	0.00	0.00	22.74	677.21	296232.95	346865.46	-50632.51
77+925.000	0.00	0.00	12.78	444.97	296232.95	347310.42	-51077.48
77+950.000	0.77	9.34	2.93	198.06	296242.28	347508.48	-51266.20
77+975.000	10.19	135.89	0.00	37.40	296378.17	347545.88	-51167.71
78+000.000	21.96	400.57	0.00	0.00	296778.74	347545.88	-50767.14
78+025.000	37.93	747.73	0.00	0.00	297526.47	347545.88	-50019.41
78+050.000	53.28	1139.55	0.00	0.00	298666.03	347545.88	-48879.86
78+075.000	60.10	1417.30	0.00	0.00	300083.33	347545.88	-47462.55
78+100.000	60.26	1504.53	0.00	0.00	301587.86	347545.88	-45958.03
78+125.000	53.60	1423.24	0.00	0.00	303011.10	347545.88	-44534.78
78+150.000	45.33	1236.58	0.00	0.00	304247.68	347545.88	-43298.20
78+175.000	41.52	1085.61	0.00	0.00	305333.29	347545.88	-42212.59
78+200.000	41.15	1033.46	0.00	0.00	306366.74	347545.88	-41179.14
78+225.000	38.20	991.87	0.00	0.00	307358.61	347545.88	-40187.27
78+250.000	27.69	823.63	0.00	0.00	308182.24	347545.88	-39363.64
78+275.000	14.04	521.64	0.00	0.00	308703.89	347545.88	-38842.00
78+300.000	3.81	223.09	0.00	0.00	308926.97	347545.88	-38618.91
78+325.000	1.34	64.43	0.27	3.39	308991.40	347549.27	-38557.87
78+350.000	1.87	40.21	0.74	12.59	309031.62	347561.87	-38530.25
78+375.000	0.28	26.91	3.04	47.19	309058.53	347609.06	-38550.53

ANNEXE

78+400.000	0.00	3.50	12.11	189.33	309062.03	347798.39	-38736.36
78+425.000	0.00	0.00	21.63	421.73	309062.03	348220.12	-39158.09
78+450.000	0.00	0.00	32.85	680.98	309062.03	348901.09	-39839.07
78+475.000	1.27	15.94	7.59	505.49	309077.96	349406.59	-40328.62
78+500.000	0.00	15.94	27.33	436.56	309093.90	349843.15	-40749.25
78+525.000	0.00	0.00	42.72	875.69	309093.90	350718.84	-41624.94
78+550.000	0.00	0.00	45.05	1097.15	309093.90	351815.99	-42722.09
78+575.000	0.00	0.00	45.50	1131.91	309093.90	352947.90	-43854.00
78+600.000	0.00	0.00	42.10	1094.99	309093.90	354042.88	-44948.99
78+625.000	0.00	0.00	37.01	988.82	309093.90	355031.71	-45937.81
78+650.000	0.00	0.00	40.09	963.68	309093.90	355995.39	-46901.49
78+675.000	0.00	0.00	22.08	777.10	309093.90	356772.49	-47678.59
78+700.000	0.00	0.00	39.47	769.35	309093.90	357541.84	-48447.94
78+725.000	0.00	0.00	53.29	1159.47	309093.90	358701.31	-49607.41
78+750.000	0.00	0.00	55.25	1356.80	309093.90	360058.10	-50964.20
78+775.000	0.00	0.00	58.23	1418.46	309093.90	361476.57	-52382.67
78+800.000	0.00	0.00	58.64	1460.78	309093.90	362937.34	-53843.44
78+825.000	0.00	0.00	40.04	1233.52	309093.90	364170.86	-55076.96
78+850.000	12.92	161.47	0.02	500.75	309255.37	364671.61	-55416.24
78+875.000	16.67	369.85	0.00	0.19	309625.22	364671.80	-55046.58
78+900.000	0.00	208.38	5.56	69.54	309833.60	364741.34	-54907.74
78+925.000	0.44	5.55	7.50	163.31	309839.15	364904.65	-55065.50
78+950.000	1.15	19.92	13.76	265.78	309859.07	365170.43	-55311.36
78+975.000	5.25	79.93	7.11	260.88	309939.00	365431.31	-55492.31
79+000.000	5.93	139.68	0.70	97.64	310078.68	365528.94	-55450.27
79+025.000	9.16	188.63	0.00	8.77	310267.30	365537.71	-55270.41
79+050.000	0.00	114.52	17.17	214.60	310381.82	365752.32	-55370.50
79+075.000	0.00	0.00	15.82	412.31	310381.82	366164.62	-55782.80
79+100.000	0.00	0.00	15.02	385.41	310381.82	366550.04	-56168.22
79+125.000	0.00	0.00	9.96	312.20	310381.82	366862.24	-56480.42
79+150.000	0.00	0.00	9.53	243.57	310381.82	367105.82	-56723.99
79+175.000	0.00	0.00	15.84	317.11	310381.82	367422.93	-57041.11
79+200.000	0.00	0.00	22.50	479.34	310381.82	367902.27	-57520.44
79+225.000	0.00	0.00	27.38	623.57	310381.82	368525.84	-58144.02
79+250.000	0.00	0.00	16.78	551.96	310381.82	369077.80	-58695.98
79+275.000	0.43	5.41	10.33	338.83	310387.23	369416.62	-59029.39
79+300.000	0.00	5.41	23.40	421.64	310392.65	369838.26	-59445.61
79+325.000	0.00	0.00	23.40	584.97	310392.65	370423.23	-60030.59
79+350.000	0.00	0.00	21.28	558.51	310392.65	370981.74	-60589.09
79+375.000	0.00	0.00	18.59	498.40	310392.65	371480.13	-61087.49
79+400.000	2.51	31.42	7.07	320.68	310424.06	371800.82	-61376.75
79+425.000	11.30	172.69	0.00	88.33	310596.75	371889.15	-61292.39
79+450.000	0.00	141.27	8.96	112.04	310738.02	372001.18	-61263.17
79+475.000	0.00	0.00	20.98	374.27	310738.02	372375.45	-61637.43
79+500.000	0.00	0.00	18.73	496.39	310738.02	372871.84	-62133.82
79+525.000	12.83	160.36	0.08	235.19	310898.38	373107.03	-62208.65
79+550.000	36.94	622.15	0.00	1.03	311520.52	373108.06	-61587.54
79+575.000	36.39	916.69	0.00	0.00	312437.21	373108.06	-60670.84
79+600.000	39.28	945.86	0.36	4.51	313383.07	373112.57	-59729.50
79+625.000	117.96	1965.41	0.00	4.51	315348.49	373117.08	-57768.59
79+650.000	72.69	2383.07	0.00	0.00	317731.56	373117.08	-55385.52
79+675.000	10.58	1040.81	0.01	0.12	318772.37	373117.20	-54344.83
79+700.000	33.78	554.41	0.00	0.12	319326.78	373117.32	-53790.54
79+725.000	37.61	892.37	0.00	0.00	320219.15	373117.32	-52898.17

ANNEXE

79+750.000	18.89	706.33	0.17	2.10	320925.48	373119.42	-52193.94
79+775.000	12.02	386.46	0.00	2.10	321311.94	373121.52	-51809.58
79+800.000	12.56	307.30	0.00	0.00	321619.24	373121.52	-51502.28
79+825.000	13.48	325.54	6.56	82.04	321944.78	373203.56	-51258.78
79+850.000	0.00	168.53	17.02	294.81	322113.31	373498.37	-51385.06
79+875.000	1.28	16.02	0.77	222.44	322129.33	373720.82	-51591.49
79+900.000	0.00	16.02	27.39	352.03	322145.35	374072.85	-51927.50
79+925.000	0.00	0.00	23.01	629.94	322145.35	374702.79	-52557.44
79+950.000	3.85	48.17	3.33	329.24	322193.51	375032.03	-52838.52
79+975.000	20.19	300.50	0.00	41.66	322494.01	375073.70	-52579.69
80+000.000	20.19	504.71	0.00	0.00	322998.72	375073.70	-52074.97
80+025.000	4.41	307.54	2.88	35.97	323306.26	375109.66	-51803.40
80+050.000	25.46	373.44	0.00	35.97	323679.70	375145.63	-51465.93
80+075.000	24.33	622.35	0.00	0.00	324302.05	375145.63	-50843.58
80+100.000	0.00	304.07	33.26	415.75	324606.12	375561.38	-50955.26
80+125.000	0.00	0.00	42.95	952.64	324606.12	376514.02	-51907.90
80+150.000	0.00	0.00	47.83	1134.81	324606.12	377648.84	-53042.71
80+175.000	0.00	0.00	49.61	1218.11	324606.12	378866.94	-54260.82
80+200.000	0.00	0.00	44.67	1178.51	324606.12	380045.45	-55439.33
80+225.000	0.00	0.00	25.29	874.39	324606.12	380919.84	-56313.72
80+250.000	0.00	0.00	17.47	534.48	324606.12	381454.32	-56848.20
80+275.000	0.00	0.00	14.43	398.81	324606.12	381853.13	-57247.01
80+300.000	0.00	0.00	8.02	280.62	324606.12	382133.75	-57527.63
80+325.000	0.26	3.27	0.71	109.10	324609.39	382242.85	-57633.46
80+350.000	6.86	89.06	0.00	8.89	324698.45	382251.73	-57553.28
80+375.000	17.39	303.18	0.00	0.00	325001.64	382251.73	-57250.10
80+400.000	29.65	588.02	0.00	0.00	325589.66	382251.73	-56662.07
80+425.000	53.58	1040.43	0.00	0.00	326630.09	382251.73	-55621.65
80+450.000	75.47	1613.13	0.00	0.00	328243.22	382251.73	-54008.52
80+475.000	87.34	2035.10	0.00	0.00	330278.32	382251.73	-51973.41
80+500.000	102.16	2372.03	0.00	0.00	332650.35	382251.73	-49601.38
80+525.000	108.95	2642.41	0.00	0.00	335292.76	382251.73	-46958.97
80+550.000	113.55	2782.05	0.00	0.00	338074.81	382251.73	-44176.92
80+575.000	109.27	2785.56	0.00	0.00	340860.37	382251.73	-41391.36
80+600.000	122.72	2900.91	0.00	0.00	343761.28	382251.73	-38490.45
80+625.000	141.48	3304.36	0.00	0.00	347065.64	382251.73	-35186.09
80+650.000	158.03	3747.40	0.00	0.00	350813.04	382251.73	-31438.70
80+675.000	175.32	4171.36	0.00	0.00	354984.40	382251.73	-27267.34
80+700.000	187.25	4536.84	0.00	0.00	359521.24	382251.73	-22730.49
80+725.000	172.99	4509.86	0.00	0.00	364031.10	382251.73	-18220.63
80+750.000	122.77	3720.98	0.00	0.00	367752.08	382251.73	-14499.65
80+775.000	19.62	1806.14	12.71	156.25	369558.22	382407.99	-12849.76
80+800.000	0.00	252.22	22.05	429.39	369810.44	382837.38	-13026.94
80+825.000	0.00	0.00	28.10	624.60	369810.45	383461.98	-13651.53
80+850.000	0.00	0.00	6.61	433.98	369810.45	383895.95	-14085.51
80+875.000	10.73	135.90	0.38	87.12	369946.35	383983.07	-14036.72
80+900.000	0.00	135.90	19.20	243.71	370082.25	384226.78	-14144.53
80+925.000	0.00	0.00	30.55	619.75	370082.25	384846.53	-14764.28
80+950.000	0.00	0.00	37.87	852.12	370082.25	385698.65	-15616.40
80+975.000	0.00	0.00	52.95	1130.68	370082.25	386829.33	-16747.08
81+000.000	0.00	0.00	76.39	1611.12	370082.25	388440.45	-18358.20
81+025.000	0.00	0.00	90.60	2082.94	370082.25	390523.39	-20441.13
81+050.000	0.00	0.00	118.67	2613.04	370082.25	393136.43	-23054.18
81+075.000	0.00	0.00	155.13	3422.79	370082.25	396559.22	-26476.97

ANNEXE

81+100.000	0.00	0.00	218.72	4673.16	370082.25	401232.38	-31150.13
81+125.000	0.00	0.00	231.62	5629.28	370082.25	406861.66	-36779.40
81+150.000	0.00	0.00	238.03	5870.55	370082.25	412732.21	-42649.96
81+175.000	0.00	0.00	129.80	4597.85	370082.25	417330.06	-47247.81
81+200.000	0.00	0.00	69.15	2486.93	370082.25	419817.00	-49734.75
81+225.000	0.00	0.00	63.21	1654.49	370082.25	421471.49	-51389.24
81+250.000	2.43	30.34	21.24	1055.61	370112.60	422527.10	-52414.51
81+275.000	135.69	1726.50	0.00	265.51	371839.09	422792.61	-50953.52
81+300.000	134.40	3376.18	0.00	0.00	375215.27	422792.61	-47577.34
81+325.000	126.75	3264.41	0.00	0.00	378479.68	422792.61	-44312.93
81+350.000	123.60	3129.36	0.00	0.00	381609.04	422792.61	-41183.57
81+375.000	146.58	3377.27	0.00	0.00	384986.31	422792.61	-37806.30
81+400.000	157.66	3802.98	0.00	0.00	388789.30	422792.61	-34003.31
81+425.000	121.44	3488.64	0.00	0.00	392277.94	422792.61	-30514.68
81+450.000	96.83	2728.37	0.00	0.00	395006.31	422792.61	-27786.30
81+475.000	94.53	2392.10	0.00	0.00	397398.41	422792.61	-25394.20
81+500.000	22.90	1467.96	4.09	51.18	398866.37	422843.80	-23977.42
81+525.000	5.86	359.57	17.70	272.42	399225.94	423116.21	-23890.27
81+550.000	12.94	234.99	11.20	361.24	399460.93	423477.46	-24016.53
81+575.000	72.70	1070.50	0.00	140.01	400531.42	423617.47	-23086.04
81+600.000	116.00	2358.80	0.00	0.00	402890.23	423617.47	-20727.24
81+625.000	161.32	3466.48	0.00	0.00	406356.71	423617.47	-17260.76
81+650.000	156.49	3972.55	0.00	0.00	410329.26	423617.47	-13288.21
81+675.000	98.84	3191.56	0.00	0.00	413520.82	423617.47	-10096.65
81+700.000	71.70	2131.67	0.00	0.00	415652.49	423617.47	-7964.98
81+725.000	57.04	1609.24	0.00	0.00	417261.73	423617.47	-6355.74
81+750.000	30.50	1094.28	0.00	0.00	418356.00	423617.47	-5261.46
81+775.000	23.61	676.33	1.72	21.46	419032.34	423638.93	-4606.59
81+800.000	61.65	1065.78	0.00	21.46	420098.12	423660.39	-3562.28
81+825.000	25.21	1085.86	0.00	0.00	421183.98	423660.39	-2476.42
81+850.000	13.31	481.51	2.96	36.99	421665.49	423697.39	-2031.90
81+875.000	8.95	278.16	5.25	102.67	421943.65	423800.06	-1856.42
81+900.000	7.30	203.07	5.63	136.09	422146.72	423936.16	-1789.44
81+925.000	7.55	185.57	5.08	133.96	422332.29	424070.12	-1737.83
81+950.000	9.43	212.25	4.01	113.66	422544.54	424183.77	-1639.24
81+975.000	6.84	203.40	4.99	112.50	422747.94	424296.27	-1548.34
82+000.000	2.94	122.19	7.99	162.22	422870.12	424458.49	-1588.36
82+025.000	0.00	36.71	18.18	327.05	422906.83	424785.54	-1878.71
82+050.000	0.00	0.00	28.70	585.97	422906.83	425371.51	-2464.68
82+075.000	0.00	0.00	57.12	1072.79	422906.83	426444.31	-3537.47
82+100.000	0.00	0.00	111.50	2107.81	422906.83	428552.12	-5645.29
82+125.000	0.00	0.00	124.91	2955.14	422906.83	431507.26	-8600.43
82+150.000	0.00	0.00	120.52	3067.87	422906.83	434575.14	-11668.30
82+175.000	0.00	0.00	102.01	2781.68	422906.83	437356.81	-14449.98
82+200.000	0.00	0.00	130.58	2907.44	422906.83	440264.25	-17357.42
82+225.000	0.00	0.00	80.38	2636.99	422906.83	442901.24	-19994.41
82+250.000	0.00	0.00	112.12	2406.24	422906.83	445307.49	-22400.65
82+275.000	0.00	0.00	112.91	2812.94	422906.83	448120.42	-25213.59
82+300.000	0.00	0.00	87.95	2510.77	422906.83	450631.19	-27724.36
82+325.000	0.00	0.00	65.11	1913.18	422906.83	452544.38	-29637.54
82+350.000	0.00	0.00	46.23	1391.70	422906.83	453936.07	-31029.24
82+375.000	0.00	0.00	25.47	896.28	422906.83	454832.35	-31925.52
82+400.000	0.00	0.00	28.12	669.89	422906.83	455502.24	-32595.41
82+425.000	0.00	0.00	40.76	860.96	422906.83	456363.20	-33456.37

ANNEXE

82+450.000	0.00	0.00	50.96	1146.50	422906.83	457509.70	-34602.87
82+475.000	0.00	0.00	50.91	1273.43	422906.83	458783.13	-35876.30
82+500.000	0.00	0.00	54.48	1317.37	422906.83	460100.50	-37193.67
82+525.000	0.00	0.00	75.66	1626.74	422906.83	461727.24	-38820.41
82+550.000	0.00	0.00	115.27	2386.69	422906.83	464113.93	-41207.09
82+575.000	0.00	0.00	184.97	3752.99	422906.83	467866.91	-44960.08
82+600.000	0.00	0.00	146.57	4144.26	422906.83	472011.17	-49104.34
82+625.000	0.00	0.00	126.00	3407.12	422906.83	475418.29	-52511.46
82+650.000	0.00	0.00	146.37	3404.56	422906.83	478822.85	-55916.02
82+675.000	0.00	0.00	129.98	3454.35	422906.83	482277.20	-59370.37
82+700.000	0.00	0.00	126.31	3203.69	422906.83	485480.89	-62574.06
82+725.000	0.00	0.00	110.68	2962.38	422906.83	488443.28	-65536.44
82+750.000	0.00	0.00	95.55	2577.77	422906.83	491021.05	-68114.21
82+775.000	0.00	0.00	88.96	2306.37	422906.83	493327.42	-70420.59
82+800.000	0.00	0.00	83.05	2150.19	422906.83	495477.61	-72570.77
82+825.000	0.00	0.00	77.78	2010.33	422906.83	497487.93	-74581.10
82+850.000	0.00	0.00	61.17	1736.79	422906.83	499224.72	-76317.89
82+875.000	0.00	0.00	51.38	1406.83	422906.83	500631.56	-77724.72
82+900.000	0.00	0.00	33.62	1062.51	422906.83	501694.07	-78787.24
82+925.000	0.14	1.73	16.96	632.27	422908.56	502326.34	-79417.77
82+950.000	1.63	22.13	8.64	319.97	422930.69	502646.31	-79715.62
82+975.000	9.46	138.68	0.46	113.69	423069.38	502760.00	-79690.62
83+000.000	23.48	411.79	0.00	5.71	423481.17	502765.71	-79284.54
83+025.000	33.97	718.16	0.00	0.00	424199.33	502765.71	-78566.38
83+050.000	40.56	931.61	0.00	0.00	425130.94	502765.71	-77634.77
83+075.000	45.95	1081.28	0.00	0.00	426212.22	502765.71	-76553.48
83+100.000	50.23	1202.20	0.00	0.00	427414.43	502765.71	-75351.28
83+125.000	52.22	1280.62	0.00	0.00	428695.05	502765.71	-74070.66
83+150.000	54.93	1339.41	0.00	0.00	430034.46	502765.71	-72731.25
83+175.000	54.66	1369.86	0.00	0.00	431404.32	502765.71	-71361.38
83+200.000	56.85	1393.81	0.00	0.00	432798.14	502765.71	-69967.57
83+225.000	59.35	1452.52	0.00	0.00	434250.66	502765.71	-68515.05
83+250.000	59.69	1487.97	0.00	0.00	435738.63	502765.71	-67027.08
83+275.000	63.56	1540.60	0.00	0.00	437279.22	502765.71	-65486.49
83+300.000	70.88	1680.50	0.00	0.00	438959.72	502765.71	-63805.99
83+325.000	71.82	1783.75	0.00	0.00	440743.46	502765.71	-62022.24
83+350.000	73.90	1821.57	0.00	0.00	442565.03	502765.71	-60200.67
83+375.000	73.92	1847.77	0.00	0.00	444412.80	502765.71	-58352.90
83+400.000	69.11	1787.87	0.00	0.00	446200.67	502765.71	-56565.04
83+425.000	71.23	1754.21	0.00	0.00	447954.88	502765.71	-54810.83
83+450.000	76.03	1840.70	0.00	0.00	449795.58	502765.71	-52970.13
83+475.000	77.54	1919.60	0.00	0.00	451715.18	502765.71	-51050.53
83+500.000	79.77	1966.29	0.00	0.00	453681.46	502765.71	-49084.24
83+525.000	79.63	1992.45	0.00	0.00	455673.92	502765.71	-47091.79
83+550.000	77.23	1960.75	0.00	0.00	457634.66	502765.71	-45131.04
83+575.000	69.99	1840.21	0.00	0.00	459474.88	502765.71	-43290.83
83+600.000	64.38	1679.64	0.00	0.00	461154.51	502765.71	-41611.19
83+625.000	63.05	1592.88	0.00	0.00	462747.39	502765.71	-40018.32
83+650.000	64.45	1593.66	0.00	0.00	464341.05	502765.71	-38424.65
83+675.000	66.76	1640.02	0.00	0.00	465981.07	502765.71	-36784.64
83+700.000	68.18	1686.65	0.00	0.00	467667.72	502765.71	-35097.99
83+725.000	77.00	1814.73	0.00	0.00	469482.45	502765.71	-33283.26
83+750.000	89.90	2086.27	0.00	0.00	471568.71	502765.71	-31196.99
83+775.000	105.65	2444.42	0.00	0.00	474013.13	502765.71	-28752.57

ANNEXE

83+800.000	69.73	2192.27	0.00	0.00	476205.40	502765.71	-26560.31
83+825.000	46.47	1452.49	0.00	0.00	477657.89	502765.71	-25107.82
83+850.000	36.33	1035.06	0.00	0.00	478692.95	502765.71	-24072.76
83+875.000	28.27	807.49	0.00	0.00	479500.44	502765.71	-23265.27
83+900.000	26.73	687.39	0.00	0.00	480187.83	502765.71	-22577.87
83+925.000	23.84	632.10	0.00	0.00	480819.93	502765.71	-21945.78
83+950.000	25.23	613.38	0.00	0.00	481433.31	502765.71	-21332.40
83+975.000	18.56	547.33	0.00	0.00	481980.64	502765.71	-20785.07
84+000.000	16.81	442.13	0.00	0.00	482422.77	502765.71	-20342.94
84+025.000	20.44	465.64	0.05	0.66	482888.41	502766.36	-19877.95
84+050.000	37.50	724.22	0.00	0.66	483612.62	502767.02	-19154.39
84+075.000	54.56	1150.76	0.00	0.00	484763.38	502767.02	-18003.64
84+100.000	66.89	1518.09	0.00	0.00	486281.47	502767.02	-16485.54
84+125.000	70.05	1711.72	0.00	0.00	487993.19	502767.02	-14773.82
84+150.000	50.99	1512.97	0.00	0.00	489506.16	502767.02	-13260.86
84+175.000	40.10	1138.63	0.00	0.00	490644.79	502767.02	-12122.23
84+200.000	41.55	1020.63	0.00	0.00	491665.41	502767.02	-11101.60
84+225.000	24.49	825.49	0.00	0.00	492490.90	502767.02	-10276.12
84+250.000	9.28	422.15	1.89	23.65	492913.05	502790.66	-9877.61
84+275.000	25.36	432.94	0.00	23.65	493345.99	502814.31	-9468.32
84+300.000	29.73	688.64	0.00	0.00	494034.63	502814.31	-8779.68
84+325.000	34.87	807.60	0.00	0.00	494842.24	502814.31	-7972.07
84+350.000	32.94	847.66	0.00	0.00	495689.89	502814.31	-7124.41
84+375.000	27.03	749.56	0.00	0.00	496439.46	502814.31	-6374.85
84+400.000	23.82	635.60	0.00	0.00	497075.06	502814.31	-5739.25
84+425.000	19.78	544.97	0.00	0.00	497620.03	502814.31	-5194.28
84+450.000	14.21	424.87	0.00	0.00	498044.91	502814.31	-4769.40
84+475.000	6.31	256.51	0.18	2.21	498301.41	502816.51	-4515.10
84+500.000	0.00	78.83	10.11	128.53	498380.24	502945.05	-4564.81
84+525.000	0.00	0.00	26.31	455.23	498380.24	503400.27	-5020.04
84+550.000	0.00	0.00	41.45	847.00	498380.24	504247.27	-5867.04
84+575.000	0.00	0.00	53.77	1190.27	498380.24	505437.54	-7057.30
84+600.000	0.00	0.00	56.54	1378.98	498380.24	506816.52	-8436.28
84+625.000	0.00	0.00	58.73	1440.94	498380.24	508257.46	-9877.22
84+650.000	0.00	0.00	53.33	1400.76	498380.24	509658.22	-11277.98
84+675.000	0.00	0.00	52.07	1317.46	498380.24	510975.67	-12595.43
84+700.000	0.00	0.00	47.08	1239.35	498380.24	512215.02	-13834.78
84+725.000	0.03	0.31	27.40	930.97	498380.55	513145.99	-14765.44
84+750.000	17.98	225.06	7.05	430.57	498605.62	513576.56	-14970.94
84+775.000	38.98	711.98	0.49	94.24	499317.59	513670.80	-14353.21
84+800.000	67.66	1333.02	0.00	6.12	500650.62	513676.92	-13026.30
84+825.000	85.48	1914.25	0.00	0.00	502564.87	513676.92	-11112.05
84+850.000	91.35	2210.39	0.00	0.00	504775.26	513676.92	-8901.66
84+875.000	86.25	2220.03	0.00	0.00	506995.29	513676.92	-6681.62
84+900.000	86.02	2153.39	0.00	0.00	509148.68	513676.92	-4528.23
84+925.000	77.22	2040.49	0.00	0.00	511189.18	513676.92	-2487.74
84+950.000	67.96	1814.71	0.00	0.00	513003.89	513676.92	-673.03
84+975.000	59.91	1598.32	0.00	0.00	514602.20	513676.92	925.29
85+000.000	42.00	1273.79	0.00	0.00	515875.99	513676.92	2199.07
85+025.000	17.84	747.96	0.00	0.00	516623.95	513676.92	2947.03
85+050.000	11.99	372.89	2.79	34.86	516996.84	513711.78	3285.06
85+075.000	13.45	318.08	9.48	153.33	517314.92	513865.11	3449.81
85+100.000	3.10	206.98	21.99	393.36	517521.91	514258.48	3263.43
85+125.000	17.88	262.26	0.00	274.89	517784.17	514533.37	3250.80

ANNEXE

85+150.000	28.76	582.91	5.88	73.46	518367.08	514606.83	3760.25
85+175.000	85.74	1431.18	0.27	76.85	519798.26	514683.68	5114.58
85+200.000	67.17	1911.30	0.00	3.39	521709.55	514687.07	7022.48
85+225.000	46.24	1417.50	0.00	0.00	523127.06	514687.07	8439.98
85+250.000	22.36	857.38	0.01	0.09	523984.44	514687.16	9297.28
85+275.000	15.03	466.61	0.00	0.09	524451.05	514687.25	9763.81
85+300.000	19.64	432.72	0.00	0.00	524883.78	514687.25	10196.53
85+325.000	39.48	736.33	0.00	0.00	525620.11	514687.25	10932.86
85+350.000	30.91	877.65	0.00	0.00	526497.76	514687.25	11810.51
85+375.000	8.38	491.57	1.35	16.52	526989.33	514703.77	12285.56
85+400.000	0.00	105.37	23.90	314.70	527094.70	515018.48	12076.22
85+425.000	0.00	0.00	51.95	947.66	527094.70	515966.13	11128.56
85+450.000	0.00	0.00	58.45	1380.89	527094.70	517347.02	9747.68
85+475.000	0.00	0.00	48.27	1335.59	527094.70	518682.61	8412.09
85+500.000	0.00	0.00	44.24	1157.90	527094.70	519840.50	7254.19
85+525.000	0.00	0.00	37.51	1022.82	527094.70	520863.33	6231.37
85+550.000	0.00	0.00	27.85	819.03	527094.70	521682.36	5412.34
85+575.000	10.06	124.63	3.31	391.84	527219.33	522074.20	5145.13
85+600.000	0.00	124.63	18.36	271.90	527343.96	522346.10	4997.87
85+625.000	0.00	0.00	59.89	979.07	527343.96	523325.17	4018.79
85+650.000	0.00	0.00	48.77	1359.58	527343.96	524684.76	2659.21
85+675.000	0.00	0.00	50.63	1245.52	527343.96	525930.28	1413.69
85+700.000	0.00	0.00	78.78	1619.41	527343.96	527549.69	-205.72
85+725.000	0.00	0.00	104.34	2287.21	527343.96	529836.90	-2492.93
85+750.000	0.00	0.00	97.29	2520.40	527343.96	532357.30	-5013.33
85+775.000	0.00	0.00	82.00	2241.16	527343.96	534598.46	-7254.50
85+800.000	0.00	0.00	51.72	1671.46	527343.96	536269.92	-8925.96
85+825.000	0.00	0.00	39.46	1139.67	527343.96	537409.59	-10065.63
85+850.000	0.00	0.00	58.97	1230.30	527343.96	538639.89	-11295.93
85+875.000	0.00	0.00	91.38	1879.31	527343.96	540519.20	-13175.24
85+900.000	0.00	0.00	99.11	2381.12	527343.96	542900.33	-15556.36
85+925.000	0.00	0.00	102.69	2522.58	527343.96	545422.90	-18078.94
85+950.000	0.00	0.00	104.70	2592.42	527343.96	548015.32	-20671.35
85+975.000	0.00	0.00	109.85	2681.87	527343.96	550697.19	-23353.23
86+000.000	0.00	0.00	103.76	2670.10	527343.96	553367.29	-26023.33
86+025.000	0.00	0.00	108.88	2658.03	527343.96	556025.32	-28681.35
86+050.000	0.00	0.00	87.16	2450.50	527343.96	558475.81	-31131.85
86+075.000	0.00	0.00	113.36	2506.51	527343.96	560982.32	-33638.35
86+100.000	0.00	0.00	137.04	3130.06	527343.96	564112.38	-36768.41
86+125.000	0.00	0.00	126.54	3294.72	527343.96	567407.10	-40063.13
86+150.000	0.00	0.00	111.07	2970.12	527343.96	570377.22	-43033.25
86+175.000	0.00	0.00	104.31	2692.25	527343.96	573069.47	-45725.50
86+200.000	0.00	0.00	104.98	2616.06	527343.96	575685.53	-48341.56
86+225.000	0.00	0.00	75.13	2251.33	527343.96	577936.86	-50592.90
86+250.000	0.00	0.00	28.73	1298.18	527343.96	579235.05	-51891.08
86+275.000	1.95	24.36	7.59	453.97	527368.33	579689.02	-52320.69
86+300.000	12.04	174.80	0.00	94.90	527543.12	579783.91	-52240.79
86+325.000	32.88	561.44	2.01	25.11	528104.57	579809.03	-51704.46
86+350.000	0.00	411.01	53.76	697.07	528515.57	580506.10	-51990.53
86+375.000	0.00	0.00	54.64	1354.90	528515.57	581860.99	-53345.42
86+400.000	0.69	8.64	69.80	1555.41	528524.21	583416.40	-54892.19
86+425.000	0.00	8.64	50.53	1504.09	528532.85	584920.49	-56387.65
86+450.000	0.00	0.00	43.52	1175.56	528532.85	586096.05	-57563.21
86+475.000	0.00	0.00	54.39	1223.83	528532.85	587319.88	-58787.04

ANNEXE

86+500.000	0.00	0.00	57.43	1397.79	528532.85	588717.67	-60184.82
86+525.000	0.00	0.00	54.69	1401.54	528532.85	590119.21	-61586.36
86+550.000	3.49	43.66	17.33	900.24	528576.50	591019.44	-62442.94
86+575.000	31.48	437.18	2.96	253.64	529013.68	591273.08	-62259.40
86+600.000	28.62	751.23	3.22	77.31	529764.92	591350.39	-61585.48
86+625.000	0.00	357.71	14.62	223.02	530122.63	591573.41	-61450.79
86+650.000	0.00	0.00	60.74	942.04	530122.63	592515.45	-62392.83
86+675.000	0.00	0.00	106.86	2095.05	530122.63	594610.50	-64487.88
86+700.000	0.00	0.00	102.48	2616.72	530122.63	597227.22	-67104.59
86+725.000	0.00	0.00	87.55	2375.39	530122.63	599602.61	-69479.99
86+750.000	0.00	0.00	70.61	1977.02	530122.63	601579.63	-71457.01
86+775.000	0.00	0.00	48.92	1494.09	530122.63	603073.73	-72951.10
86+800.000	0.00	0.00	26.33	940.65	530122.63	604014.37	-73891.75
86+825.000	0.00	0.00	7.29	420.29	530122.63	604434.66	-74312.03
86+850.000	11.54	144.23	0.00	91.15	530266.86	604525.81	-74258.95
86+875.000	25.27	460.11	0.00	0.00	530726.97	604525.81	-73798.84
86+900.000	13.51	484.75	0.00	0.00	531211.72	604525.81	-73314.09
86+925.000	0.00	168.86	15.51	193.83	531380.58	604719.64	-73339.05
86+950.000	0.81	10.17	11.57	338.40	531390.75	605058.03	-73667.29
86+975.000	4.19	62.09	1.41	163.27	531452.83	605221.31	-73768.47
87+000.000	2.59	85.02	3.88	65.47	531537.85	605286.78	-73748.93
87+025.000	0.00	33.20	23.45	340.54	531571.06	605627.32	-74056.26
87+050.000	0.00	0.00	32.60	700.19	531571.06	606327.51	-74756.45
87+075.000	0.00	0.00	28.33	761.51	531571.06	607089.02	-75517.97
87+100.000	0.00	0.00	30.26	730.10	531571.06	607819.13	-76248.07
87+125.000	0.00	0.00	46.09	950.00	531571.06	608769.13	-77198.08
87+150.000	2.11	25.56	14.78	760.06	531596.61	609529.20	-77932.58
87+175.000	30.92	406.66	0.00	185.97	532003.27	609715.16	-77711.89
87+200.000	54.45	1060.05	0.00	0.00	533063.32	609715.16	-76651.84
87+225.000	42.40	1210.56	0.00	0.00	534273.88	609715.16	-75441.28
87+250.000	60.32	1287.04	0.00	0.00	535560.92	609715.16	-74154.24
87+275.000	64.09	1556.42	0.00	0.00	537117.34	609715.16	-72597.82
87+300.000	48.97	1411.67	0.00	0.00	538529.01	609715.16	-71186.15
87+325.000	18.18	834.15	0.00	0.00	539363.16	609715.16	-70352.00
87+350.000	8.14	322.78	5.81	74.44	539685.94	609789.60	-70103.66
87+375.000	12.37	250.78	4.59	133.13	539936.72	609922.73	-69986.01
87+400.000	11.41	290.59	9.70	182.50	540227.31	610105.23	-69877.93
87+425.000	13.39	302.67	7.16	215.23	540529.98	610320.47	-69790.49
87+450.000	14.36	339.37	4.83	153.42	540869.36	610473.89	-69604.54
87+475.000	9.70	294.75	1.47	80.97	541164.11	610554.86	-69390.76
87+500.000	0.00	118.94	11.27	159.43	541283.05	610714.30	-69431.25
87+525.000	15.91	199.78	0.00	140.47	541482.83	610854.76	-69371.94
87+550.000	37.85	676.19	0.00	0.00	542159.01	610854.76	-68695.75
87+575.000	70.99	1371.86	0.00	0.00	543530.87	610854.76	-67323.89
87+600.000	87.90	2006.86	0.00	0.00	545537.73	610854.76	-65317.03
87+625.000	77.54	2096.32	0.00	0.00	547634.05	610854.76	-63220.71
87+650.000	55.72	1692.77	0.00	0.00	549326.82	610854.76	-61527.94
87+675.000	39.73	1209.16	0.00	0.00	550535.98	610854.76	-60318.79
87+700.000	37.42	972.97	0.00	0.00	551508.94	610854.76	-59345.82
87+725.000	23.86	774.27	0.02	0.26	552283.22	610855.03	-58571.81
87+750.000	6.93	391.66	12.35	152.00	552674.88	611007.03	-58332.15
87+775.000	0.52	95.75	34.12	572.93	552770.63	611579.95	-58809.32
87+800.000	0.30	10.52	57.14	1127.39	552781.15	612707.34	-59926.19
87+825.000	0.00	3.82	71.60	1591.47	552784.97	614298.81	-61513.84

ANNEXE

87+850.000	**0.00**	**0.00**	**96.64**	**2081.06**	**552784.97**	**616379.87**	**-63594.90**
87+875.000	**0.00**	**0.00**	**153.83**	**3100.97**	**552784.97**	**619480.84**	**-66695.87**
87+900.000	**0.00**	**0.00**	**220.63**	**4645.16**	**552784.97**	**624126.00**	**-71341.03**
87+925.000	**0.00**	**0.00**	**311.73**	**6617.14**	**552784.97**	**630743.14**	**-77958.17**
87+950.000	**0.00**	**0.00**	**412.16**	**8993.58**	**552784.97**	**639736.72**	**-86951.75**
87+975.000	**0.00**	**0.00**	**534.85**	**11782.63**	**552784.97**	**651519.35**	**-98734.38**
88+000.000	**0.00**	**0.00**	**590.30**	**14050.24**	**552784.97**	**665569.59**	**-112784.62**
88+025.000	**0.00**	**0.00**	**596.75**	**14838.14**	**552784.97**	**680407.72**	**-127622.76**
88+050.000	**0.00**	**0.00**	**580.64**	**14717.40**	**552784.97**	**695125.12**	**-142340.15**
88+075.000	**0.00**	**0.00**	**568.50**	**14364.29**	**552784.97**	**709489.41**	**-156704.44**
88+080.757	**0.00**	**0.00**	**564.40**	**3260.90**	**552784.97**	**712750.31**	**-159965.34**

ANNEXE

Alizé-Lcpc – Dimensionnem²ent des structures de chaussées

selon la méthode rationnelle Lcpc-Sétra

Signalement du calcul :

- données Structure : saisie écran

- origine fichier C:\...\...\Desktop\MOKHTAR\ALIZE\L.dat

- titre de l'étude : sans titre

- données Chargement :

- jumelage standard de 65 kN

- pression verticale : 0.6620 MPa

- rayon de contact : 0.1250 m

- entraxe jumelage : 0.3750 m

unités : m, MN et MPa ; déformations en µdéf ; déflexions en mm/100

Tableau 1 (synthèse) :

tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et

compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale

niveau EpsilonT SigmaT EpsilonZ SigmaZ

calcul horizontale horizontale verticale verticale

---------- surface (z=0.000) ----------

h= 0.080 m 0.000m 8.3 0.110 82.1 0.658

E= 2450.0 MPa

nu= 0.350 0.080m -4.6 0.153 146.8 0.567

---------- collé (z=0.080m) ----------

h= 0.250 m 0.080m -4.6 0.198 103.5 0.567

E= 3500.0 MPa

nu= 0.350 0.330m -66.2 -0.277 67.8 0.069

---------- collé (z=0.330m) ----------

h= 0.350 m 0.330m -66.2 -0.017 126.5 0.069

E= 600.0 MPa

ANNEXE

nu= 0.350 0.680m -64.1 -0.047 84.1 0.018

---------- collé (z=0.680m) ----------

h infini 0.680m -64.1 -0.002 160.6 0.018

E= 120.0 MPa

nu= 0.350

Déflexion maximale =23.6 mm/100 (entre-jumelage)

Rayon de courbure =696.9 m (entre-jumelage)

Calcul de Valeur admissible - matériau : bitumineux

données de trafic :

MJA = 3629 pl/j/sens/voie

accroisst arith. = 3.50%

période de calcul = 20.0 années

trafic cumulé NPL = 35,300,000 PL

données déduites :

accroisst géom. = 2.92%

trafic cumulé équivalent NE :

coefficient CAM = 1.00

trafic cumulé NE = 35,300,000 essieux standard

données sur le matériau :

Epsilon6 = 100.00 µdéf

pente inverse 1/b = -6.84

module E(10°C) = 12500 MPa

module E(TétaEq) = 7000 MPa

écart type Sh = 0.030 m

écart type SN = 0.450

risque = 5.0%

coefficient Kr = 0.7140

ANNEXE

coefficient Ks = 1/1.1

coefficient Kc = 1.3

Alizé-Lcpc - Calculs mécaniques page 1

EpsilonT admissible = 67.0 µdéf

ANNEXE

ASSINISEMENT
Carte d'Etat Major sur Autocad

